SKRIPSI

TINGKAT PENURUNAN KADAR BOD MENGGUNAKAN RBC (*ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR*) DENGAN METODE WAKTU PARUH PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE

Oleh:

SARAH DWI RAHMA

NIM: 201303046

PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN

PRODI KESEHATAN MASYARAKAT

STIKES BHAKTI HUSADA MULIA MADIUN

2017

SKRIPSI

TINGKAT PENURUNAN KADAR BOD MENGGUNAKAN RBC (*ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR*) DENGAN METODE WAKTU PARUH PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE

Diajukan untuk memenuhi
Salah satu persyaratan dalam mencapai gelar
Sarjana Kesehatan Masyarakat (S.KM)

Oleh:
SARAH DWI RAHMA
NIM: 201303046

PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN
PRODI KESEHATAN MASYARAKAT
STIKES BHAKTI HUSADA MULIA MADIUN
2017

PERSETUJUAN

Laporan Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing dan telah dinyatakan layak mengikuti Ujian Skripsi

SKRIPSI

TINGKAT PENURUNAN KADAR BOD MENGGUNAKAN RBC (*ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR*) DENGAN METODE WAKTU PARUH PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE

Menyetujui, Pembimbing II	Menyetujui, Pembimbing I
Riska Ratnawati, S.KM., M.Kes NIS. 2007 0040	Zaenal Abidin, S.KM., M.Kes., (Epid) NIS. 2016 0130

Mengetahui,
Kaprodi S1 Kesehatan Masyarakat

Avicena Sakufa Marsanti, S.KM., M.Kes
NIS. 2015 0114

PENGESAHAN

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Tugas Akhir/Skripsi dan dinyatakan telah memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat (S.KM)

Dewan Penguji

1. Ketua Dewan Penguji : Avicena Sakufa Marsanti, S.KM., M.Kes. (.....)
2. Penguji I : Zaenal Abidin, S.KM., M.Kes., (Epid) (.....)
3. Penguji II : Riska Ratnawati, S.KM., M.Kes. (.....)

Mengesahkan

STIKES Bhakti Husada Mulia Madiun

Ketua

SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN BHAKTI HUSADA MULIA MADIUN

Zaenal Abidin, S.KM., M.Kes., (Epid)

NIS. 2016 0130

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sarah Dwi Rahma

NIM : 201303046

Judul Skripsi : Tingkat Penurunan Kadar BOD Menggunakan RBC (*Rotating Biological Contactor*) dengan Metode Waktu Paruh pada Limbah Cair Industri Tempe

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari penulis sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan programing yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, penulis akan mencantumkan sumber secara jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan sanksi lain dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Madiun, Agustus 2017

Penyusun

METERAI TEMPEL

TGL. 20

2B9AAAEF504620895

6000

ENAM RIBU RUPIAH

Sarah Dwi Rahma

NIM. 201303046

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama	:	Sarah Dwi Rahma
Tempat, Tanggal Lahir	:	Magetan, 22 Mei 1995
Jenis Kelamin	:	Perempuan
Agama	:	Islam
Alamat	:	Ds. Banjarejo, Kec. Ngariboyo, Kab. Magetan
Riwayat Pendidikan	:	

1. Lulus RA Banjarejo Tahun 2001
2. Lulus MI Banjarejo Tahun 2007
3. Lulus MTsN Goranggareng Tahun 2010
4. Lulus MAN Takeran Tahun 2013
5. Menempuh pendidikan di Program Studi Kesehatan Masyarakat STIKES Bhakti Husada Mulia Madiun sejak Tahun 2013.

ABSTRAK

Sarah Dwi Rahma

TINGKAT PENURUNAN KADAR BOD MENGGUNAKAN RBC (*ROTATING BIOLOGICAL CONTRACTOR*) DENGAN METODE WAKTU PARUH PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE

67 halaman + 11 tabel + 7 gambar + 7 lampiran

Limbah merupakan suatu hasil buangan dari industri yang memerlukan penanganan khusus untuk mengendalikan dampak terhadap lingkungan. Limbah cair industri tempe mengandung zat-zat organik yang dapat mengalami perubahan fisik dan kimia. Kadar BOD dari limbah cair industri tempe di Kelurahan Sukosari, Kecamatan Kartoharjo, Kota Madiun yang terdiri dari empat industri tempe, memiliki rata-rata BOD sebesar 350,5 mg/L, bahkan di salah satu industri tempe memiliki kadar BOD limbah cair industri tempe sebesar 352,04 mg/L.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimen. Populasi adalah empat industri tempe di Kelurahan Sukosari, Kecamatan Kartoharjo, Kota Madiun. Sampel adalah salah satu industri tempe di Kelurahan Sukosari, Kecamatan Kartoharjo, Kota Madiun.

Nilai rata-rata kadar BOD pada kelompok hari ke 1 adalah sebesar 245,57 mg/L, nilai rata-rata kadar BOD pada kelompok hari ke 2 adalah sebesar 135,66 mg/L dan nilai rata-rata kadar BOD pada kelompok hari ke 3 adalah sebesar 66,02 mg/L. Hasil pengujian hipotesis menunjukkan hasil bahwa adanya penurunan kadar BOD pada limbah cair tempe terhadap perlakuan yang diberikan selama 1 hari, 2 hari dan 3 hari.

Kelompok yang memiliki kadar BOD paling rendah adalah kelompok dengan perlakuan selama 3 hari, dengan tingkat penurunan sebesar 75,24%. Sedangkan kelompok yang memiliki kadar BOD paling tinggi adalah kelompok dengan perlakuan selama 1 hari, dengan tingkat penurunan sebesar 29,94%.

Perlakuan selama 1 hari, 2 hari dan 3 hari dapat menurunkan kadar BOD pada limbah cair industri tempe. Setiap pengusaha industri tempe harus memiliki pengetahuan dan cara dalam menangani dan mengelola limbah industri tempe khususnya limbah cair industri tempe.

Kata kunci : Kadar BOD, RBC, Limbah Cair Industri Tempe
Kepustakaan : 32 (2005 – 2016)

ABSTRACT

Sarah Dwi Rahma

DECREASING RATE OF BOD LEVEL USING RBC (ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR) WITH VARIATION OF CONTACT TIME METHOD OF TEMPE INDUSTRIS LIQUID WASTE

67 pages + 11 tables + 7 images + 7 attachments

Waste is a waste product from industries that require special handling to control environmental impacts. Tempe industrial liquid waste contains organic substances that can undergo physical and chemical changes. BOD content of tempe wastewater in Sukosari Village, Kartoharjo Subdistrict, Madiun City, which consists of four tempe industries, has an BOD average of 350.5 mg/L, even in one tempe industry has a BOD content of industrial liquid waste tempe of 352 , 04 mg/L.

This research uses quantitative research method with experimental research type. The population is four tempe industries in Sukosari Village, Kartoharjo Sub-district, Madiun City. Sample is one of tempe industry in Sukosari Village, Kartoharjo Sub-district, Madiun City.

The mean value of BOD levels in the 1-day group was 245.57 mg/L, the mean value of BOD levels in the 2-day group was 2 at 135.66 mg/L and the mean BOD The 3rd day group was 66.02 mg/L. The result of hypothesis test showed that there was a decrease of BOD content in tempe liquid waste to treatment given for 1 day, 2 days and 3 days.

The group with the lowest BOD content was the treatment group for 3 days, with a decrease rate of 75.24%. While the group that has the highest BOD content is the group with treatment for 1 day, with a decrease of 29.94%.

Treatment for 1 day, 2 days and 3 days can decrease BOD content in tempe industrial liquid waste. Every tempe industry entrepreneur must have knowledge and how to handle and manage industrial waste tempe, especially tempe industry liquid waste.

Keywords : BOD content, RBC, Tempe Liquid Waste Industry
Bibliography : 32 (2005 – 2016)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar tanpa ada halangan apapun. Tersusunnya laporan ini tentu tidak lepas dari bimbingan, saran dan dukungan moral kepada saya, untuk itu saya sampaikan ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Zaenal Abidin, S.KM., M.Kes., (Epid) selaku Ketua STIKES Bhakti Husada Mulia Madiun dan pembimbing akademik I yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Avicena Sakufa Marsanti, S.KM., M.Kes., selaku Ketua Program Studi Sarjana Kesehatan Masyarakat dan penguji skripsi yang telah memberikan bimbingan masukan yang bermanfaat dalam skripsi ini.
3. Ibu Riska Ratnawati, S.KM., M.Kes., selaku pembimbing akademik II yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ibu tersayang yang selalu mendoakan, mendukung, menasehati memberi semangat dan menyayangiku lebih dari apapun engkaulah inspirasiku.
5. Kakak, adek dan saudaraku yang telah memberi inspirasi nasehat dukungan dan kasih sayang yang membuatku semangat.
6. Iim, dwi Nur, Wahyumur, Wiwik, Eka kalian adalah sahabat seperjuangan yang selalu mendukung dan menyemangati dalam penyelesaian skripsi ini.

7. Serta seluruh teman-teman S1 Kesehatan Masyarakat STIKES Bhakti Husada Mulia Madiun yang telah membantu dalam melakukan proses berlangsungnya proposal skripsi.

Saya menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun selalu di harapkan demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan proposal skripsi ini dapat menjadikan suatu manfaat yang baik khususnya bagi Mahasiswa, dan juga dapat bermanfaat bagi dosen pembimbing akademik, penguji dan berbagai pihak yang terkait.

Madiun, Agustus 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman

Sampul Dalam i
Lembar Persetujuan ii
Lembar Pengesahan iii
Lembar Pernyataan Keaslian Penelitian ii
Daftar Riwayat Hidup v
Abstrak vi
Abstract vii
Kata Pengantar viii
Daftar Isi x
Daftar Tabel xiii
Daftar Gambar xiv
Daftar Lampiran xv
Daftar Singkatan xvi
Daftar Istilah xvii
BAB 1 PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 6
1.3. Tujuan Penelitian 6
1.4. Manfaat Penelitian 7
1.5. Keaslian Penelitian 8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA
2.1. Limbah Cair 9
2.2. Proses Pembuatan Tempe 10
2.3. Limbah Cair Tempe 12
2.3.1. BOD (*Biological Oxygen Demand*) 12
2.3.2. Bau 13
2.3.3. Suhu (*Temperature*) 14
2.3.4. Kekeruhan (*Turbidity*) 15
2.3.5. Warna 15
2.3.6. pH (*Potensial of Hidrogen*) 16
2.4. Pengelolaan Limbah Cair 17
2.4.1. Prinsip Pengolahan RBC 17
2.4.2. Proses Pengolahan 19
2.4.3. Parameter Design RBC 27
2.5. Kerangka Teori Penelitian 34

BAB 3 KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN
3.1. Kerangka Konseptual 35
3.2. Hipotesa Penelitian 36
BAB 4 METODE PENELITIAN
4.1. Desain Penelitian 37
4.2. Populasi dan Sampel 38
4.2.1. Populasi 38
4.2.2. Sampel 38
4.3. Teknik Sampling 39
4.4. Kerangka Kerja Penelitian 40
4.5. Tahapan Penelitian 41
4.5.1. Tahap Sebelum Penelitian 41
4.5.2. Tahap Penelitian 42
4.5.3. Tahap Setelah Penelitian 44
4.6. Alur Kerja 44
4.7. Variabel Penelitian 46
4.7.1. Variabel Bebas 46
4.7.2. Variabel Terikat 46
4.8. Definisi Operasional 47
4.9. Instrumen Penelitian 48
4.9.1. Pengambilan Limbah Cair 48
4.9.2. Preparing Treatmen (Persiapan Perlakuan) 48
4.9.3. Pengukuran Kadar BOD 48
4.10. Prosedur Penelitian 48
4.10.1. Prosedur Pengambilan Sampel Limbah Cair 48
4.10.2. Prosedur Pelakuan 49
4.10.3. Prosedur Kerja Analisis BOD 50
4.10.4. Pengukuran Kadar BOD 53
4.11. Lokasi dan Waktu Penelitian 54
4.11.1. Lokasi Penelitian 54
4.11.2. Waktu Penelitian 54
4.12. Prosedur Pengumpulan Data 54
4.12.1. Sumber Data 54
4.12.2. Jenis Data 54
4.12.3. Pengumpul Data 55
4.12.4. Pengolahan Data 55
4.13. Teknik Analisis Data 56
4.13.1. Analisis Univariat 56
4.13.2. Analisis Bivariat 56

BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN
5.1. Gambaran Umum 57
5.2. Hasil Penelitian..... 59
5.3.1. Deskripsi Hasil Penelitian 59
5.3.2. Menghitung Penurunan Kadar BOD 59
5.3.3. Hasil Uji Hipotesis 60
5.3. Pembahasan 62
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN
6.1. Kesimpulan..... 67
6.2. Saran 67
DAFTAR PUSTAKA 69

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
Tabel 1.1.	Penelitian Terdahulu	8
Tabel 2.1.	Karakteristik Beberapa Limbah Cair Industri Kerupuk Kulit dan Industri Tahu Tempe	17
Tabel 2.2.	Hubungan antara Konsentrasi BOD Inlet dan Beban BOD untuk Mendapatkan Efisiensi Penghilangan BOD 90%	31
Tabel 2.3.	Hubungan antara Beban BOD dengan Efisiensi Penghilangan BOD untuk Air Limbah Domestik	31
Tabel 4.1.	Rancangan Percobaan	37
Tabel 4.2.	Alat dan Bahan	42
Tabel 4.3.	Definisi Operasional	47
Tabel 5.1.	Hasil Analisis Uji Laboratorium	59
Tabel 5.2.	Penurunan Kadar BOD	59
Tabel 5.3.	Tingkat Penurunan Kadar BOD pada Limbah Cair Tempe Menggunakan RBC	60
Tabel 5.4.	Hasil Analisis *One Way Anova*	61
Tabel 5.5.	Hasil Analisis Post Hoc	61

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
Gambar 1.	Rangkaian Alat Penelitian	19
Gambar 2.	Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem RBC	20
Gambar 3.	Kerangka Teori Penelitian	34
Gambar 4.	Kerangka Konseptual	36
Gambar 5.	Contoh Lokasi Pengambilan Sampel Berdasarkan BSN SNI.....	39
Gambar 6.	Kerangka Kerja Penelitian.....	40
Gambar 7.	Kerangka Tahapan Penelitian.....	41
Gambar 8.	Bagan Alur Kerja.....	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Lembar Konsultasi
Lampiran 2	Hasil Analisis Uji Laboratorium (Study Pendahuluan)
Lampiran 3	Hasil Analisis Uji Laboratorium Penelitian
Lampiran 4	Proses Pembuatan Alat RBC
Lampiran 5	Pengambilan Sampel Limbah Cair Industri Tempe
Lampiran 6	Proses Melakukan Uji Sampel BOD pada Limbah Cair Industri Tempe
Lampiran 7	Lembar Revisi

DAFTAR SINGKATAN

BOD	=	Biological Oxygen Demand
pH	=	Potensial of Hidrogen
PST	=	Protein Sel Tunggal
RBC	=	Rotating Biologicel Contractor
WHO	=	World Health Organization

DAFTAR ISTILAH

Analysis	=	Analisis
Control	=	Kontrol
Decomposable	=	Terdekomposisi
Design	=	Desain
Disc	=	Piringan
Eksperiment	=	Eksperimen
Filter	=	Saringan
Health	=	Sehat
Loading	=	Beban
Micro	=	Kecil
Only	=	Hanya
Organic	=	Organik
Organization	=	Organisasi
Random	=	Acak
Ready	=	Siap
Rhizopus	=	Nama Kapang
Rotating	=	Putar
Screen	=	Sarangan
Simple	=	Sederhana
Stage	=	Tahap
Temperature	=	Suhu
True	=	Benar
Turbidity	=	Kekeruhan
World	=	Dunia

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Limbah menurut WHO (*World Health Organization*) yaitu sesuatu yang tidak berguna, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia atau tidak terjadi dengan sendirinya (Chandra, 2006). Limbah merupakan salah satu produk sampingan atau buangan dari hasil aktifitas industri maupun domestik yang mana nantinya akan membutuhkan suatu penanganan yang tepat untuk mengendalikan agar meminimalisir dampak pemcemaran atau kerusakan yang akan ditimbulkan di kemudian hari. Di dunia permasalahan limbah masih menjadi masalah yang cukup serius khususnya di negara berkembang, karena dalam fakta yang ditemukan hampir sebagian besar kerusakan lingkungan disebabkan oleh adanya pencemaran yang diakibatkan oleh limbah.

Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan yang dapat menurunkan kualitas lingkungan. (Pergub Jatim No72 Tahun 2013). Salah satunya adalah Limbah Cair yang dihasilkan oleh Industri Tempe.

Sektor industri/usaha kecil pangan yang mencemari lingkungan antara lain: tahu, tempe, tapioka, dan pengolahan ikan (industri hasil laut). Limbah usaha kecil pangan dapat menimbulkan masalah dalam penanganannya karena mengandung sejumlah besar karbohidrat, protein, lemak, garam-garam, mineral,

dan sisa-sisa bahan kimia yang digunakan dalam pengolahan dan pembersihan. Sebagai contohnya limbah industri tahu, tempe, tapioka industri hasil laut dan industri pangan lainnya, dapat menimbulkan bau yang menyengat dan polusi berat pada air bila pembuangannya tidak diberi perlakuan yang tepat. Air buangan (*efluen*) atau limbah buangan dari pengolahan pangan dengan *Biological Oxygen Demand* (BOD) tinggi dan mengandung polutan seperti tanah, larutan alkohol, panas dan insektisida. Apabila *efluen* dibuang langsung ke suatu perairan akibatnya mengganggu seluruh keseimbangan ekologik dan bahkan dapat menyebabkan kematian ikan dan biota perairan lainnya.

Indutri tempe merupakan usaha kecil dan menegah dengan penanganan teknis yang masih sederhana. Tempe merupakan salah satu jenis makanan yang dibuat dari kedelai dengan memetakkan cairnya dihasilkan dari proses pencucian dan perebusan. Oleh karena itu limbah yang dihasilkan cukup besar. Limbah cair industri tempe mengandung zat-zat organik yaitu protein 40% - 60% karbohidrat 25% - 50%, lemak 10% dan padatan tersuspensi lainya yang dapat mengalami perubahan fisik dan kimia, yang akan meghasilkan zat toksik atau menciptakan media tumbuh bagi mikroorganisme patogen. Limbah cair industri tempe tersebut bila mengalami pembusukan mengalami bau yang tidak sedap dan mencemari perairan. Limbah cair tempe ini jika dialirkan ke sungai maka akan mencemari sungai dan bila masih digunakan akan menimbulkan gangguan kesehatan yang berupa penyakit gatal, kolera, radang usus, dan penyakit lainnya, khusunya yang berkaitan dengan air kotor dan sanitasi lingkungan yang tidak baik. (Rizki Wahistina, 2014).

Erry Wiryani (2010) menjelaskan bahwa limbah cair yang berasal dari proses perebusan dan perendaman kedelai, mempunyai nilai suhu, TDS, TSS, BOD, COD serta amoniak bebas yang melebihi standart baku mutu limbah cair, sehingga dapat mencemari lingkungan. Limbah cair dari rebusan kedelai memiliki suhu 75°C. TDS (*Total Dissolve Solid*) memiliki nilai rata-rata limbah 25.060 mg/L dari limbah cair rebusan kedelai dan 25.254 mg/L dari limbah cair rendaman kedelai. Nilai TSS (*Total Suspended Solid*) pada limbah cair dari rebusan kedelai adalah 4.012 mg/L dan pada limbah cair dari rendaman kedelai adalah 4.551 mg/L. BOD (*Biological Oxygen Demand*) pada limbah cair dari rebusan kedelai memiliki nilai rata-rata 1.302,03 mg/L dan pada limbah cair dari rendaman kedelai memiliki nilai rata-rata 31.380,87 mg/L. Nilai rata-rata COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada limbah cair dari rebusan kedelai adalah sebesar 4.188,27 mg/L dan pada limbah cair dari rendaman kedelai adalah sebesar 35.398,87 mg/L.

Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, tentang baku mutu air limbah bagi usaha dengan parameter dan kadar batas maksimum yang diijinkan sebesar BOD 75 mg/L.

Aktifitas mikroba aerob yang berlebihan menyebabkan kandungan oksigen terlarut di dalam perairan habis, kondisi perairan menjadi aerob. Proses penguraian bahan organik selanjutnya dilakukan oleh mikroba anaerob. Hasil dari aktifitas mikroba anaerob adalah gas-gas amonia, hidrogen sulfida, metana dan etana serta fosfin. Gas-gas tersebut umumnya bersifat racun bagi ikan dan biota air lainnya. Gas amonia, sulfida dan fosfin mempunyai bau yang menyengat dan

busuk sehingga air dan perairan yang tercemari bahan organik mudah diurai, nilai gunanya bagi peruntukan perikanan, rumah tangga, dan industri menurun atau tidak berguna lagi. (Hermanus, Polii dan Mandey, 2015).

Winda dan Suharto (2015) dalam penelitiannya yang berjudul Pengelolaan Air Limbah Tempe dengan Metode *Sequencing Batch Reactor* Skala Laboratorium dan Industri Kecil Tempe menyimpulkan bahwa (1) pada kepercayaan 95%, interaksi antara kecepatan pengadukan dan konsentrasi inokulum mampu mempengaruhi perolehan nilai BOD dari air limbah tempe, (2) kondisi terbaik dari penelitian mengenai pengolahan air limbah tempe dengan metode SBR yaitu pada kecepatan pengadukan 100 rpm dan konsentrasi inokulum 10% (2 gram) dengan nilai BOD yang dihasilkan sebesar 218,4 ppm, (3) pada pengolahan tersier dari penelitian ini didapatkan nilai BOD dari limbah tempe sebesar 93,6 ppm untuk air limbah tempe produksi industri kecil dan 60 ppm untuk industri tempe produksi sendiri, dan (4) analisa pendukung yang dilakukan dengan kondisi terbaik dari kecepatan pengadukan dan konsentrasi inokulum mampu memberikan nilai COD sebesar 128 ppm, nilai TTS 115 ppm, dan nilai TDS sebesar 3950 ppm.

Pada uji coba penelitian Suharjito (2005), menggunakan teknologi pengurai limbah cair industri dengan menggunakan Biofilm Disc Datar dan Baling-Baling, menggunakan media biofilm tersebut karena memiliki Disc berbagai bentuk varian sebagaimana yang dipergunakan mikroorganisme dapat tumbuh, menepel pada Disc dan memiliki waktu kontak dengan udara secara langsung. Pada uji

coba dengan menggunakan Biofilm Disc dapat menghasilkan efisiensi sebesar 35% - 38% terhadap penurunan kadar BOD dan COD.

Beberapa keunggulan proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC antara lain; (1) pengoperasian alat serta perawatannya mudah, (2) untuk kapasitas kecil atau paket, dibandingkan dengan proses lumpur aktif 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 ammonium lebih besar, dan (5) tidak terjadi *bulking* ataupun buih (*foam*) seperti pada proses lumpur aktif (Said, 2008).

Penelitian akan dilakukan di Kota Madiun. Terdapat lebih dari 25 industri tempe di Kota Madiun. 15 dari 25 industri tempe yang beroperasional belum memiliki sarana pengolahan air limbah. Limbah cair segar dari hasil produksi sebagian besar langsung dialirkan ke tempat sarana pembuangan aliran umum (parit atau selokan), karakteristik limbah cair yang dihasilkan cenderung berwarna kuning pekat dan berbau karena hasil perendaman dan perebusan kedelai.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan di Kelurahan Sukosari, Kecamatan Kartoharjo, Kota Madiun, bahwa di wilayah tersebut terdapat empat industri tempe. Dari keempat industri tempe tersebut memiliki limbah cair dengan kadar BOD rata-rata sebesar 350,5 mg/L. Di salah satu industri tempe, limbah cairnya memiliki kadar BOD sebesar 352,04 mg/L. Selain itu hasil studi pengamatan secara langsung yang dilakukan bahwa limbah industri tempe cenderung bersifat asam, bau, warna kunig pekat, keruh dikarenakan limbah mengandung bahan organik, serta kadar BOD yang dihasilkan terlalu tinggi serta

belum memiliki sarana pengolahan air limbah dan limbah masih dibuang secara langsung dialirkan ke aliran umum (parit atau selokan) yang berada di sekitar industri tempe. Apabila musim kemarau, aliran umum (parit atau sungai) mengeluarkan bau yang tidak sedap karena dampak dari pembuangan limbah cair tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, mengingat masih tingginya kadar BOD yang dihasilkan oleh limbah cair industri tempe dan sistem RBC memiliki banyak keunggulan dalam proses pengolahan limbah, maka dalam penelitian ini, peneliti akan melakuan penurunan kadar BOD pada limbah cair industri tempe, dengan menggunakan media biofilm aerob RBC, karena dengan menggunakan media biofilm aerob RBC lebih tepat, murah dan efesien.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh waktu masa tinggal (hari) air limbah terhadap menurunkan kadar BOD pada biofilm aerob RBC?
2. Pada kelompok perlakuan manakah yang menunjukkan waktu masa tinggal (hari) paling efektif untuk menurunkan kadar BOD pada biofilm aerob RBC?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui tingkat penurunan kadar BOD terhadap waktu masa tinggal (hari) pada biofilm aerob RBC.

2. Untuk mengetahui kelompok perlakuan yang menunjukkan waktu masa tinggal (hari) paling efektif untuk menurunkan kadar BOD pada biofilm aerob RBC.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Bagi Industri Tempe

1. Dapat menambah pengetahuan tentang pengolahan limbah cair industri tempe dengan menggunakan teknologi biofilm aerob RBC.
2. Diharapkan kepada industri tempe sebagai tambahan pengetahuan agar dapat menggunakan teknologi biofilm aerob RBC karena dapat menurunkan kadar BOD dan tidak akan mencemari lingkungan selain itu mengolah limbah cair dengan biaya yang murah.

1.4.2. Manfaat Bagi Kampus

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumbangan ilmiah dan bahan bacaan bagi mahasiswa lain.
2. Sebagai bahan informasi tentang pengolahan limbah cair industri tempe.

1.4.3. Manfaat Bagi Peneliti

1. Peneliti dapat memahami tentang penurunan kadar BOD pada limbah cair, khususnya limbah cair industri tempe.
2. Dapat memberikan pemahaman dan pengetahuan bagi calon tenaga Kesehatan Masyarakat.

1.5. Keaslian Penelitian

Tabel 1.1. Keaslian Penelitian

No.	Peneliti (Th)	Judul	Hasil
1.	Ananta A. N. & Novirina H. (2014)	Penyisihan Kandungan Organik Limbah Melalui Penentuan Konstanta Substrat dengan Menggunakan *Rotating Biological Contractor* (RBC)	Dari penelitian yang dilakukan diperoleh hasil yaitu penyisihan konsentrasi COD terbaik sebesar 96,21% untuk COD pada variasi COD yaitu 3852 mg/l dan konsentrasi TSS sebesar 90,96%, pada limbah 20%.
2.	Danang H., dkk (2014)	Efektivitas Penurunan Konsentrasi Limbah Cair Industri Tapioka dengan Metode *Rotating Biological Contactor*	Efektivitas penurunan BOD, TSS, Sianida untuk kecepatan putar 50 rpm adalah 89.56%, 74.93%, 90.78%. Sedangkan untuk kecepatan putar 100 rpm adalah 92.06%, 94.56%, 98.58%.

Penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan pipa PVC sebagai media melekatnya dan pertumbuhan mikro-organisme, dengan kecepatan 5/6 rpm sebagai penurunan kadar BOD menggunakan masa tinggal 1 hari, 2 hari, 3 hari

terhadap limbah cair di salah satu industri tempe di Kelurahan Sukosari, Kecamatan Kartoharjo, Kota Madiun.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Cair

Limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha atau kegiatan manusia. Limbah adalah bahan buangan tidak terpakai yang berdampak negatif jika tidak dikelola dengan baik. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan kegiatan yang berwujud cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga maupun industri.

Limbah berdasarkan nilai ekonomisnya dapat digolongkan dalam 2 golongan, yaitu:

1. Limbah yang memiliki nilai ekonomis, limbah yang dengan proses lebih lanjut/diolah dapat memberikan nilai tambah. Contohnya: limbah dari pabrik gula yaitu tetes, dapat dipakai sebagai bahan baku pabrik alkohol, ampas tebunya dapat dijadikan bubur pulp dan dipakai untuk pabrik kertas. Limbah pabrik tahu atau tempe masih banyak mengandung protein dapat dimanfaatkan sebagai media untuk pertumbuhan mikroba misalnya untuk produksi Protein Sel Tunggal/PST atau untuk alga, misalnya *Chorella sp*.
2. Limbah non ekonomis, limbah yang tidak akan memberikan nilai tambah walaupun sudah diolah, pengolahan limbah ini sifatnya untuk mempermudah sistem pembuangan. Contohnya: limbah pabrik tekstil yang biasanya terutama berupa zat-zat pewarna.

2.2. Proses Pembuatan Tempe

Tempe adalah makanan tradisional yang dihasilkan dari fermentasi biji kedelai atau beberapa bahan lainnya. Fermentasi menggunakan beberapa jenis kapang *Rhizopus*, seperti *Rhizopus Oligosporus*, *Rhizopus Oryzae*, *Rhizopus Stolonifier*, dan beberapa jenis kapang *Rhizopus* lainnya. Pada proses fermentasi tempe akan terjadi hidrolis senyawa-senyawa kompleks menjadi sederhana, sehingga baik untuk dicerna.

Astawan (2008) menjelaskan, untuk menghasilkan tempe yang baik, minimal harus memperhatikan tiga hal penting, yaitu: (1) faktor sanitasi lingkungan (ruang dan peralatan) yang baik dan bersih untuk mencegah terjadinya pencemaran dan kontaminasi mikroba, debu dan benda-benda asing lainnya, (2) penambahan ragi dilakukan setelah biji kedelai yang telah direbus mengalami prises penirisan secara sempurna, hal ini penting dilakukan untuk mencegah pertumbuhan bakteri pembusuk, dan (3) pemeraman dilakukan dengan suhu dan waktu yang terkontrol.

Tahap-tahap penting dalam proses pembuatan tempe adalah sebagai berikut:

1. Pembersih kedelai dalam kondisi masih kering, untuk membuang benda-benda asing yang menempel pada kedelai.
2. Pencucian kedelai dengan air hingga bersih dari semua partikel debu dan kotoran lainnya.
3. Perebusan kedelai dalam air mendidih bersuhu 100°C selama 30 menit agar kedelai menjadi lebih lunak dan kulitnya mudah dilepas.

4. Perendaman dengan cara membiarkan kedelai rebus beserta air perebusannya mendingin, kemudian dibiarkan pada suhu ruang selama 20 – 22 jam.
5. Pengupasan kulit kedelai dengan peremasan secara manual atau dengan menggunakan mesin pengupas dalam kondisi kedelai masih basah.
6. Pemisahan kulit kedelai dari bagian bijinya dan pencucian hingga bersih.
7. Perebusan kedelai tanpa kulit dalam air asam (asam cuka atau asam sitrat) selama 45 – 60 menit. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan zat antigizi pada kedelai, meningkatkan daya cerna, dan membunuh mikroba yang tidak dikehendaki.
8. Penirisan butir-butir kedelai secara tuntas dan pendinginan hingga mencapai suhu kamar (25^oC – 27^oC).
9. Pencampuran biji kedelai dengan ragi tempe (inokulum) yang masih aktif. Penambahan inokulum ke dalam kedelai masak sebaiknya dilakukan pada kondisi keasaman antara pH 4,8 – 5,0, kadar air 45 – 55% dan telah mencapai suhu kamar.
10. Pembungkusan campuran kedelai dan inokulum dengan kantong plastik PE (polietilen) yang telah diberi lubang, atau bisa juga menggunakan daun pisang. Ketebalan tempe sebaiknya sekitar 3 cm.
11. Pemeraman (inkubasi) pada suhu sekitar 30^oC – 37^oC dan kelembaban relatif (RH) 70 – 85%, selama 22 – 26 jam hingga seluruh permukaan tempe tertutupi oleh miselium kapang berwarna putih.

2.3. Limbah Cair Tempe

2.3.1. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD atau *Biological Oxygen Demand* adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikro-organisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Umaly dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy, 1991). Ditegaskan oleh Boyd (1990), bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (*readily decomposable organic matter*). Mays (1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian-pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan. (Widya Pranata, 2012).

Pada prakteknya, pengukuran BOD memerlukan kecermatan tertentu mengingat kondisi sampel atau perairan yang sangat bervariasi, sehingga kemungkinan diperlukan penetralan pH, pengenceran, aerasi atau penambahan populasi bakteri. Pengenceran dan/atau aerasi diperlukan agar masih cukup tersisa oksigen pada hari kelima. (Widya Pranata, 2012).

Karena melibatkan mikro-organisme (bakteri) sebagai pengurai bahan organik, maka analisis BOD memang cukup memerlukan waktu. Oksidasi biokimia adalah proses yang lambat. Dalam waktu 20 hari, oksidasi bahan organik karbon mencapai 95 – 99%, dan dalam waktu 5 hari sekitar 60 – 70% bahan organik telah terdekomposisi (Metcalf & Eddy, 1991). Lima hari inkubasi adalah kesepakatan umum dalam penentuan BOD. Bisa saja BOD ditentukan dengan menggunakan waktu inkubasi yang berbeda, asalkan dengan menyebutkan lama waktu tersebut dengan nilai yang dilaporkan (misal BOD_7, BOD_{10}) agar tidak salah dalam interpretasi atau memperbandingkan. Temperatur 20^oC dalam inkubasi juga merupakan temperatur standar. Temperatur 20^oC adalah nilai rata-rata temperatur sungai beraliran lambat di daerah beriklim sedang (Metcalf & Eddy, 1991) dimana teori BOD ini berasal. Untuk daerah tropik seperti Indonesia, bisa jadi temperatur inkubasi ini tidaklah tepat. Temperatur perairan tropik umumnya berkisar antara 25 – 30^oC, dengan temperatur inkubasi yang relatif rendah bisa jadi aktivitas bakteri pengurai juga lebih rendah dan tidak optimal sebagaimana yang diharapkan. Ini adalah salah satu kelemahan lain BOD selain waktu penentuan yang lama tersebut. (Widya Pranata, 2012).

2.3.2. Bau

Azhari (2016) menjelaskan bahwa bau merupakan sesuatu yang dapat dirasai oleh indra penciuman seperti anyir, busuk, sedap, dan harum. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa bau pada limbah tahu dan tempe berkurang setelah disaring dengan saringan pasir yang diprevarasi dengan suplemen arang sekam padi dan kapur. Bau limbah hasil saringan juga hilang jikia dibiarkan lebih

dari 6 (enam) hari. Bau limbah cair tahu dan tempe sebelum disaring memiliki bau yang busuk, anyir, atau tidak sedap sedangkan limbah cair tahu dan tempe hasil penyaringan juga masih memiliki bau akan tetapi baunya tidak setajam bau limbah cair tahu dan tempe sebelum disaring. Bau ini disebabkan oleh molekul-molekul organik seperti lipoksidase yang tidak bisa disaring secara efektif oleh saringan pasir dengan suplemen arang sekam padi.

Bau timbul karena adanya bahan-bahan organik yang terlarut di dalam air limbah. Selain itu, juga terjadinya proses penguraian (pemecahan protein) oleh bakteri yang mendregradasi bahan-bahan organik yang terlaur dalam limbah cair, sehingga dapat menimbulkan bau busuk. Adanya bau pada air lingkungan secara mutlak dapat mengindikasikan adanya tingkat pencemaran air yang cukup tinggi.

2.3.3. Suhu (*Temperature*)

Suhu sangat berpengaruh terhadap proses-proses yang terjadi dalam badan air. Suhu air buangan kebanyakan lebih tinggi daripada suhu badan air. Hal ini erat hubungannya dengan proses biodegradasi. Pengamatan suhu dimaksudkan untuk mengetahui kondisi perairan dan interaksi antara suhu dengan aspek kesehatan habitat dan biota air lainnya. Kenaikan suhu air akan menimbulkan beberapa akibat sebagai berikut : (1) jumlah oksigen terlarut di dalam air menurun. (2) kecepatan reaksi kimia meningkat. (3) kehidupan ikan dan hewan air lainnya terganggu.(4) jika batas suhu yang mematikan terlampaui, ikan dan hewan air lainnya akan mati. (Fardiaz, 2005).

Air limbah yang mempunyai suhu yang lebih tinggi daripada air asalnya, suhu berfungsi sebagai penanda adanya aktifitas kimiawi dan biologis. Tingkat

oksidasi (pembusukan) sering kali terjadi pada suhu tinggi, namun jarang sekali terjadi pembusukan pada suhu yang rendah (Sumantri, 2015).

2.3.4. Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan yang terjadi pada limbah cair tempe biasanya disebabkan oleh adanya proses penguraian bahan-bahan organik (protein dan karbohidrat), selain itu kekeruhan juga disebabkan oleh adanya benda atau koloid yang sukar larut dalam air (Sumantri, 2015).

Mahida (2006) mendefinisikan kekeruhan sebagai intensitas kegelapan di dalam air yang disebabkan oleh bahan-bahan yang melayang. Kekeruhan perairan umumnya disebabkan oleh adanya partikel-partikel suspensi seperti tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik terlarut, bakteri, plankton dan organisme lainnya. Effendi (2003), menyatakan bahwa tingginya nilai kekeruhan juga dapat menyulitkan usaha penyaringan dan mengurangi efektivitas desinfeksi pada proses penjernihan air.

2.3.5. Warna

Azhari (2016) menjelaskan bahwa warna limbah cair tahu adalah kuning sedangkan limbah cair tempe adalah berwarna coklat muda. Warna dalam air disebabkan adanya ion-ion logam besi dan mangan (secara alami), humus, plankton, tanaman air dan buangan industri. Warna timbul akibat suatu bahan terlarut atau tersuspensi dalam air, di samping adanya bahan pewarna tertentu yang kemungkinan mengandung logam berat. Warna limbah cair tahu dan tempe

sebelum disaring dengan saringan pasir adalah kuning sedangkan limbah cair tempe berwarna coklat muda. Warna limbah cair tahu dan tempe setelah disaring tampak bening. Setelah melakukan beberapa kali pengulangan, filtrat yang dihasilkan tetap memiliki warna yang sama atau tidak menimbulkan kejenuhan pada saringan pasir dan suplemen arang sekam padi yang digunakan.

2.3.6. pH (*Potensial of Hidrogen*)

Konsentrasi ion hidrogen (pH) merupakan parametrik penting untuk kualitas air dan air limbah. Baku mutu yang ditetapkan 6-9. pH sangat berpengaruh dalam proses pengolahan air limbah, jika terlalu rendah menyebabkan penurunan oksigen terlarut, konsumsi oksigen menurun, peningkatan aktifitas pernafasan serta penurunan selera makan.

pH merupakan faktor kunci bagi pertumbuhan mikroorganisme. Sama dengan proses anaerob bakteri aerob memiliki lingkungan pH yang optimum bila ph netral dapat bertahan hidup dalam kisaran 6-8.

Derajat keasaman merupakan gambaran jumlah atau aktivitas ion hydrogen dalam perairan. Secara umum nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaan suatu perairan. Perairan dengan nilai pH = 7 adalah netral, pH < 7 dikatakan kondisi perairan bersifat asam, sedangkan pH > 7 dikatakan kondisi perairan bersifat basa (Effendi, 2003). Adanya karbonat, bikarbonat dan hidroksida akan menaikkan kebasaan air, sementara adanya asam-asam mineral bebas dan asam karbonat menaikkan keasaman suatu perairan. Sejalan dengan pernyataan tersebut, Mahida (2006) menyatakan bahwa limbah buangan industri dan rumah tangga dapat mempengaruhi nilai pH perairan. Nilai

pH dapat mempengaruhi spesiasi senyawa kimia dan toksisitas dari unsur-unsur renik yang terdapat di perairan, sebagai contoh H_2S yang bersifat toksik banyak ditemui di perairan tercemar dan perairan dengan nilai pH rendah.

2.4. Pengelolahan Limbah Cair

Limbah cair industri pangan merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Jumlah dan karakteristik air limbah industri bervariasi menurut jenis industrinya. Industri tahu dan tempe mengandung banyak bahan organik dan padatan terlaut. Untuk memproduksi 1 ton tahu atau tempe dihasilkan limbah sebanyak 3.000 – 5.000 Liter.

Tabel 2.1. Karakteristik Beberapa Limbah Cair Industri Kerupuk Kulit dan Industri Tahu Tempe

No.	Parameter	Industri	
		Kerupuk Kulit	Tahu – Tempe
1.	BOD (mg/L)	2.850	950
2.	COD (mg/L)	8.430	1.534
3.	TSS (mg/L)	6.291	309
4.	pH (-)	13	5
5.	Volume (m^3/ton)	2,5	3 – 5

Sumber: Wenas, Sunaryo dan Sutyasmi (2002)

Sebagian besar limbah cair industri pangan dapat ditangani dengan mudah dengan sistem biologis, karena polutan utamanya berupa bahan organik, seperti karbohidrat, lemak, protein, dan vitamin. Polutan tersebut umumnya dalam bentuk tersuspensi atau terlarut.

2.4.1. Prinsip Pengolahan RBC

Reaktor kontak biologis putar atau *rotating biological contractor* disingkat RBC merupakan adaptasi dari proses pengolahan air limbah dengan biakan melekat (*attached growth*). Media yang dipakai berupa piring (*disk*) 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. (Sholichin, 2012).

Media yang digunakan biasanya terdiri dari lembaran plastik dengan diameter 2 – 4 meter, dengan ketebalan 0,8 sampai beberapa milimeter. Material yang lebih tipis dapat digunakan dengan cara dibentuk bergelombang atau berombak dan ditempelkan diantara *disk* yang rata dan dilekatkan menjadi satu unit modul. Jarak antara dua *disk* yang rata berkisar antara 30 – 40 milimeter. *Disk* atau piringan tersebut diletakkan 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. (Sholichin, 2012).

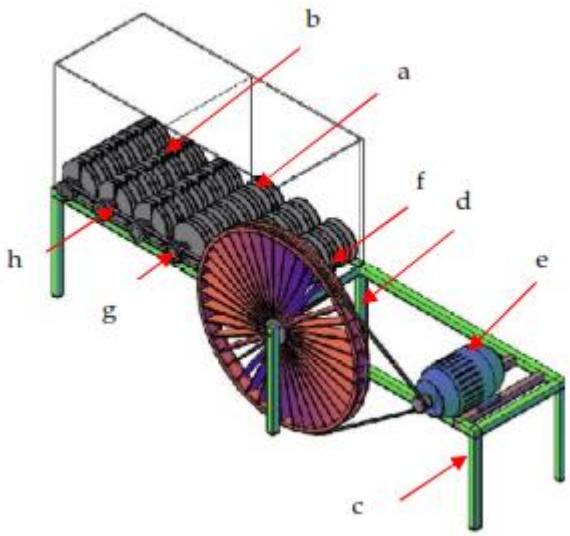
Proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC adalah merupakan proses yang relatif baru dari seluruh proses pengolahan air limbah yang ada, oleh karena itu pengalaman dengan penggunaan skala penuh masih terbatas, dan proses ini banyak digunakan untuk pengolahan air limbah domestik atau perkotaan. Satu modul dengan diameter 3,6 meter dan panjang poros 7,6 meter mempunyai luas permukaan media mencapai 10.000 m^2 untuk pertumbuhan mikro-organisme. Hal ini memungkinkan sejumlah besar dari biomasa dengan air limbah dalam waktu

yang relatif singkat, dan dapat tetap terjaga dalam keadaan stabil serta dapat menghasilkan hasil air olahan yang cukup baik. Resirkulasi air olahan ke dalam reaktor tidak diperlukan. Biomasa yang terkelupas biasanya merupakan biomasa yang relatif padat sehingga dapat mengendap dengan baik di dalam bak pengendap akhir. Dengan demikian sistem RBC konsumsi energinya lebih rendah. Salah satu kelemahan dari sistem ini adalah lebih sensitif terhadap perubahan suhu. (Sholichin, 2012).

2.4.2. Proses Pengolahan

Secara garis besar proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC terdiri dari bak pemisah pasir, bak pengendap awal, bak kontrol aliran, reaktor/kontraktor biologis putar (RBC), bak pengendap akhir, bak khlorinasi, serta unit pengolahan lumpur. Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC adalah seperti pada Gambar 2. di bawah ini.

Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian



Sumber: Laili, et. al. (2014)

Keterangan gambar:

a = Reaktor disk datar

b = Reaktor disk baling-baling

c = Penyangga

d = Belt

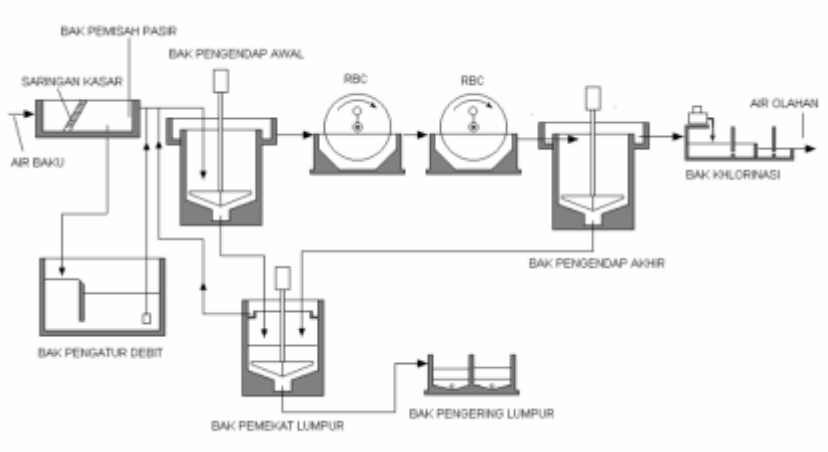
e = Motor penggerak 5/6 rpm

f = Pully pereduksi pitaran

g = Gir

h = Rantai

Gambar 2. Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem RBC



Sumber: Sholichin (2012)

2.4.2.1. 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. (Sholichin, 2012).

Pada penelitian ini menggunakan bak berukuran panjang 30 cm lebar 25 cm dan tinggi 16 cm, kapasitas dalam bak pemisah dapat menampung limbah cair sebanyak:

$$Volume = (P \times L \times T)$$

Keterangan:

P = Panjang bak pemisah

L = Luas bak pemisah

T = Tinggi bak pemisah

Volume = 30 cm x 25 cm x 16 cm

= 12000 cm^3

= 12 liter

Pada desain bak pemisah yang akan digunakan dapat mampu menanpung hasil olahan limbah cair, maka debit air limbah yang dapat dihasilkan dalam bak, sebesar:

Debit = Volume : Waktu

Keterangan:

Volume = Volume/daya tampung bak pemisah

Waktu = Waktu yang diperlukan dalam tiap jam

Volume = 12 liter

= 12000 cm^3

Waktu = 1 jam

= 3600 detik

Volume = 12000 : 3600

= 3,3 liter dalam tiap jam

2.4.2.2. 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/kecil, maka air limbah yang ada di dalam bak kontrol dipompa ke bak pengendap awal bersama-sama air limbah yang baru sesuai dengan debit yang diinginkan. (Sholichin, 2012).

Pada bak penampungan kontrol, memiliki daya tampung berkapasitas 8 liter limbah cair, dengan dimensi panjangan 20 cm, lebar 25 dan tinggi 20 cm.

$$Volume = (P \times L \times T)$$

Keterangan:

P = Panjangan bak pemisah

L = Luas bak pemisah

T = Tinggi bak pemisah

Volume = 20 cm x 25 cm x 20 cm

= 10000 cm^3

= 10 liter

Bak kontrol penampungan dalam penilitan yang akan digunakan memiliki kemampuan untuk menampung debit air limbah yang dihasilkan sebanyak 3,3 liter dalam tiap jamnya.

Debit air yang dihasilkan :

Debit = Volume : Waktu

Keterangan:

Volume = Volume/daya tampung bak kontrol penampung

Waktu = Waktu yang diperlukan dalam tiap jam

Volume = 10 liter

= 10000 cm^3

Waktu = 1 jam

= 3600 detik

Volume = 10000 : 3600

= 2,7 liter dalam tiap jam

2.4.2.3. Kontraktor (Reaktor) Biologis Putar

Di dalam bak kontraktor ini, media berupa piringan (*disk*) 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 kontraktor kira-kira 2,5 jam. Dalam kondisi demikian, mikro-organisme akan tumbuh pada permukaan media yang berputar tersebut, membentuk suatu lapisan (film) biologis. Film biologis tersebut terdiri

dari berbagai jenis/spesies mikro-organisme misalnya bakteri, protozoa, fungi, dan lainnya. Mikro-organisme 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. (Sholichin, 2012).

Bak kontaktor RBC yang digunakan berkapasitas 7,2 liter limbah cair, dan memiliki dimensi panjang 20 cm, lebar 25 dan tinggi 20 cm, sehingga dapat diperoleh:

$$Volume = (P \times L \times T)$$

Keterangan:

P = Panjangan bak pemisah

L = Luas bak pemisah

T = Tinggi bak pemisah

Volume = 30 cm x 25 cm x 16 cm

= 12000 cm^3

= 12 liter

Maka Debit air yang dihasilkan pada bak kontaktor sebesar 2 liter dalam tiap jam, dapat diperoleh hasil sebagai berikut :

Debit = Volume : Waktu

Keterangan:

Volume = Volume/daya tampung bak pemisah

Waktu = Waktu yang diperlukan dalam tiap jam

Volume = 12 liter

= 12000 cm^3

Waktu = 1 jam

= 3600 detik

Volume = 12000 : 3600

= 3,3 liter dalam tiap jam

2.4.2.4. Bak Pengendap Akhir

Air limbah yang keluar dari bak kontraktor (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. (Sholichin, 2012).

Media bak akhir yang akan digunakan berupa bak kecil yang memiliki panjang 25 cm, luas 20 cm sedangkaan untuk tingginya 13 cm, dimana volume bak akhir:

$$Volume = (P \times L \times T)$$

Keterangan:

P = Panjangan bak pemisah

L = Luas bak pemisah

T = Tinggi bak pemisah

Volume = 25 cm x 20 cm x 13 cm

= 6500 cm^3

= 6,5 liter

Dengan desain bak akhir yang demikian diharapkan dapat mampu menanpung hasil olahan limbah cair, maka debit air limbah dapat yang dihasilkan sebesar:

Debit = Volume : Waktu

Keterangan:

Volume = Volume/daya tampung bak pemisah

Waktu = Waktu yang diperlukan dalam tiap jam

Volume = 6,5 liter

= 6500 cm^3

Waktu = 1 jam

= 3600 detik

Volume = 6500 : 3600

= 1,8 liter dalam tiap jam

2.4.2.5. 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 mikro-organisme patogen yang ada dalam air. Di dalam bak khlorinasi, air limbah dibubuhi dengan senyawa khlorine dengan dosis dan waktu kontak tertentu sehingga seluruh mikro-organisme patogennya dapat dimatikan. Selanjutnya dari bak khlorinasi air limbah sudah boleh dibuang ke badan air. (Sholichin, 2012).

2.4.2.6. Bak Pemekat Lumpur

Lumpur yang berasal dari bak pengendap awal maupun bak pengendap akhir dikumpulkan di bak pemekat lumpur. Di dalam bak tersebut lumpur di aduk secara pelan kemudian di pekatkan 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 pekat dipompa ke bak pengering lumpur atau ditampung pada bak tersendiri dan secara periodik dikirim ke pusat pengolahan lumpur di tempat lain. (Sholichin, 2012).

2.4.3. Parameter Design RBC

Sholichin (2012) menjelaskan 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:

2.4.3.1. 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.

$$G = \frac{V}{A} \times 10^3 \text{ (liter/m}^2\text{)}$$

Dimana:

V = Volume efektif reaktor (m^3)

A = Luas permukaan media RBC (m^2)

Harga G yang digunakan untuk perencanaan biasanya berkisar antara 5 – 9 liter per m^2. (Sholichin, 2012).

Sesuai dengan luas permukaan media, maka volume efektif reaktor RBC sebagai berikut :

$$Volume = (P \times L \times T)$$

Keterangan:

P = Panjangan bak pemisah (cm)

L = Luas bak pemisah (cm)

T = Tinggi bak pemisah (cm)

Volume = (30 x 25 x 16)

= 12000 cm^3

= 12 liter

Untuk mengetahui kebutuhan disk dan luas permukaan media agar sesuai dengan perencanaan maka sebagai berikut :

Luas permukaan media RBC,

Luas Permukaan = (P x L)

Keterangan:

P = Panjang media PVC (cm)

L = Luas media PVC (cm)

Luas Permukaan = (P x L)

= (20 x 20)

= 400 cm^2

Mengetahui Jumlah kebutuhan disk pada rangkaian media RBC,sebagai berikut:

Jumlah disk rangkaian media RBC,

Jumlah Disk = Luas Permukaan : Luas Disk

Keterangan:

Luas Permukaan = Luas permukaan media RBC

Luas disk = Luas media RBC

Jumlah Disk = Luas Permukaan : Luas Disk

= 400 : 20

= 20 keping

Ratio kepadatan media yang hitung terhadap volume reaktor (wadah RBC) per luas permukaan media kontaktor yang dipergunakan atau dilambangkan sebagai (G *value*).

Maka, G = (V/A) x 10^3 (liter/m^2)

Keterangan:

V = Volume efektif reaktor (m^3)

A = Luas permukaan media RBC (m^2)

Ratio. G = (V/A) x 103 (liter/m^2)

= (0,00012 / 0,04) x 103 (liter/m^2/hari)

= 3 liter/m^2/hari

2.4.3.2. Beban BOD (BOD Surface Loading)

$$BOD_{Loading} = L_A = \frac{Q \times C_0}{A} \text{ (gr/m}^2\text{.hari)}$$

Dimana:

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

C_0 = Konsentrasi BOD (mg/l)

A = Luas permukaan media RBC (m^2)

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

Maka beban BOD loading,

LA = (Q x C0) / 1000 (gr /m^2 /hari)

= (0,0505 x 1075) / 1000

= 2,1715 gr /m^2 /hari.

Maka beban BOD loading yang digunakan untuk perencanaan sistem RBC yakni 2,1715 gr /m^2 /hari.

Hubungan antara beban konsentrasi BOD inlet dan beban BOD terhadap efisiensi pemisahan BOD untuk air limbah domestik ditunjukkan seperti pada Tabel 2.2., sedangkan hubungan antara beban BOD terhadap efisiensi penghilangan BOD ditunjukkan seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.2. 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

Tabel 2.3. 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: Ebie Kunio dan Ashidate Noriatsu, “Eisei Kougaku Enshu – Jousuidou to Gesuidou”, Morikita Shuppan, 1992.

2.4.3.3. Beban Hidrolik (Hydraulic Loading, HL)

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

$$H_L = \frac{Q}{A} \times 1000 \text{ (liter/m}^2\text{.hari)}$$

Di dalam sistem RBC, parameter ini relatif kurang begitu penting dibandingkan dengan parameter beban BOD, tetapi jika beban hidrolik terlalu besar maka akan mempengaruhi pertumbuhan mikro-organisme pada permukaan media. Selain itu jika beban hidrolik terlalu besar maka mikro-organisme yang melekat pada permukaan media dapat terkelupas. (Sholichin, 2012).

2.4.3.4. Waktu Tinggal Rata-Rata (Average Detention Time, T)

$$T = \frac{Q}{V} \times 24 \text{ (Jam)}$$

$$T = \frac{Q}{V} \times 24$$

$$= 24.000 \times \frac{V}{A} \times \frac{1}{H_L}$$

$$= 24 \frac{G}{H_L}$$

Dimana:

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

V = Volume efektif reaktor (m^3)

2.4.3.5. Jumlah Stage (Tahap)

Di dalam sistem 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 mikro-organisme pada tiap-tiap tahap umumnya juga berbeda. Keanekaragaman mikro-organisme tersebut mengakibatkan efisiensi RBC menjadi lebih besar. (Sholichin, 2012).

2.4.3.6. Diameter Disk

Diameter RBC umumnya berkisar antara 1 m sampai 3,6 m. 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. (Sholichin, 2012).

2.4.3.7. Kecepatan Putaran

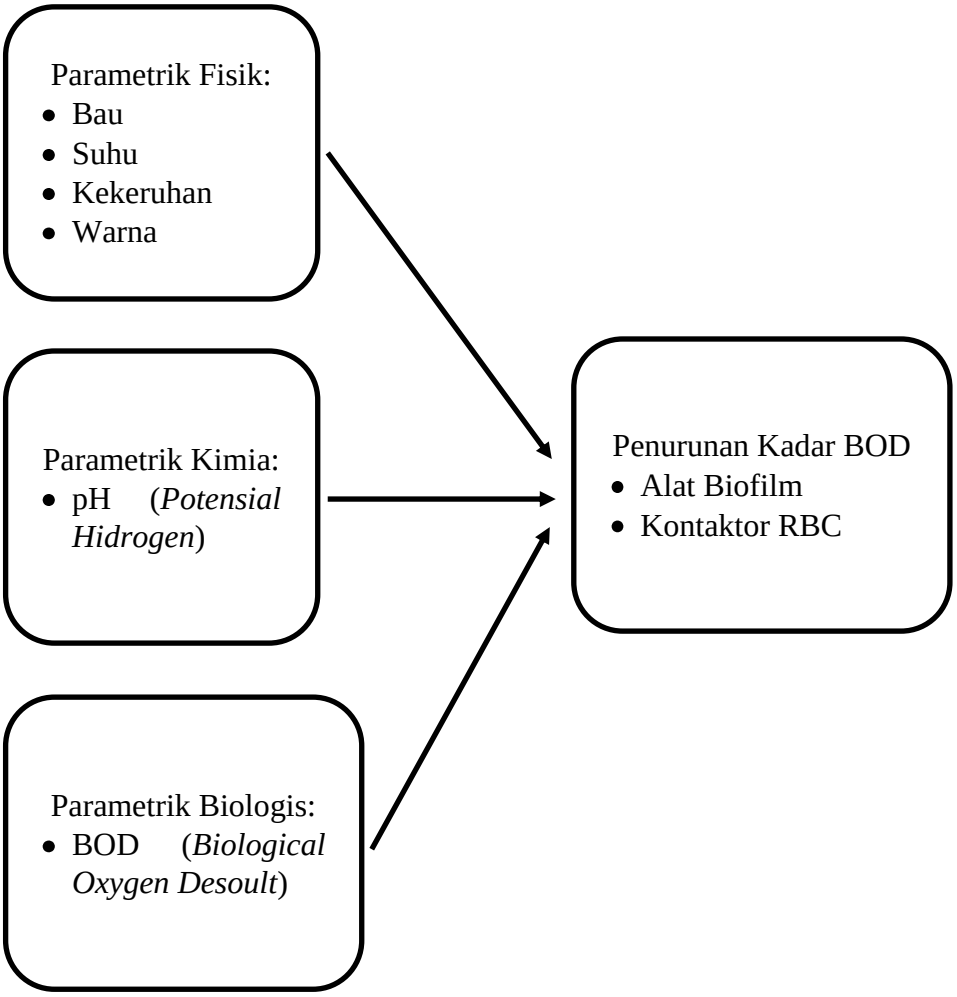
Kecepatan putaran umumnya ditetapkan berdasarkan kecepatan peripheral. Biasanya untuk kecepatan peripheral berkisar antara 5 – 6 meter per menit atau kecepatan putaran 5/6 rpm. Apabila kecepatan putaran lebih besar maka transfer oksigen dari udara di dalam air limbah akan menjadi lebih besar, tetapi akan memerlukan energi yang lebih besar. Selain itu apabila kecepatan putaran terlalu cepat pembentukan lapisan mikro-organisme pada permukaan media RBC akan menjadi kurang optimal. (Sholichin, 2012).

2.4.3.8. 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 reaktor RBC. (Sholichin, 2012).

2.5. Kerangka Teori Penelitian

Gambar 3. Kerangka Teori Penelitian



Sumber: Danang H, dkk. (2014)

BAB 3

KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN

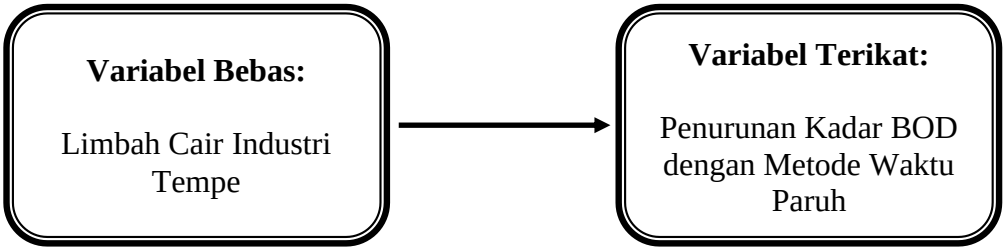
3.1. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual penelitian adalah suatu hubungan atau kaitan antara konsep satu terhadap konsep yang lainnya dari masalah yang ingin diteliti. Kerangka konsep ini gunanya untuk menghubungkan atau menjelaskan secara panjang lebar tentang suatu topik yang akan dibahas.

Kerangka konseptual diharapkan akan memberikan gambaran dan mengarahkan asumsi mengenai variabel-variabel yang akan diteliti. Kerangka konseptual memberikan petunjuk kepada peneliti di dalam merumuskan masalah penelitian. Peneliti akan menggunakan kerangka konseptual yang telah disusun untuk menentukan pertanyaan-pertanyaan mana yang harus dijawab oleh penelitian dan bagaimana prosedur empiris yang digunakan sebagai alat untuk menemukan jawaban terhadap pertanyaan tersebut. Kerangka konseptual diperoleh dari hasil sintesis dari proses berpikir deduktif (aplikasi teori) dan induktif (fakta yang ada, empiris), kemudian dengan kemampuan kreatif-inovatif, diakhiri dengan konsep atau ide baru yang disebut kerangka konseptual.

Berdasarkan teori-teori yang dikemukakan dan fakta-fakta yang ditemukan, maka kerangka konseptual pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4. di bawah ini.

Gambar 4. Kerangka Konseptual



3.2. Hipotesis Penelitian

Hipotesis adalah berarti pendapat yang kebenarannya masih dangkal dan perlu diuji, patokan duga, atau dalil sementara, yang kebenarannya akan dibuktikan dalam penelitian tersebut. Hipotesis adalah kesimpulan teoritis yang masih harus dibuktikan kebenarannya melalui analisis terhadap bukti-bukti empiris. Setelah melalui pembuktian dari hasil penelitian, maka hipotesis ini dapat benar atau salah, dapat diterima atau ditolak.

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

H1 : Ada penurunan kadar BOD pada limbah cair tempe terhadap perlakuan yang diberikan selama 1 hari, 2 hari dan 3 hari.

BAB 4

METODELOGI PENELITIAN

4.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimen. Penelitian *True Eksperiment Design* (eksperimen yang betul-betul) digunakan karena peneliti dapat mengontrol semua variabel luar yang dapat mempengaruhi jalannya eksperimen. Pada desain penelitian ini, sampel untuk ekaperimen maupun sebagai kelompok kontrol diambil secara *random* dari populasi.

Desain rancang yang digunakan pada penelitian ini adalah *Pretest-Posttest Control Design*, pengambilan sampel dilakukan dengan cara random, kelompok pertama diberi perlakuan (X/kelompok eksperimen) sedangkan kelompok yang lainnya tidak diberi perlakuan (kelompok kontrol). (Sugiyono, 2013).

Rancangan percobaan pada penelitian ini dapat dijelaskan pada Tabel 4.1. di bawah ini.

Tabel 4.1. Rancangan Percobaan

Random	Kelompok Perlakuan	Post Test
R	X	O

Keterangan:

R = Dilakukan secara random pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol

X = Perlakuan diberikan pada kelompok eksperimen

O = Penurunan kadar BOD dan COD pada *outlet*

Sampel diambil secara random, yakni melakukan proses pengambilan pada air dengan cara memperhatikan tingkat kedalaman (sedimen, pertengahan dan permukaan) pada air sampel yang akan diambil. Cara pengambilannya dengan cara menggunakan pipet volume dan dihisap menggunakan *bolt pipete*. (Lukum Astin, 2008).

4.2. Populasi dan Sampel

4.2.1. Populasi

Populasi adalah seluruh data yang menjadi perhatian peneliti dalam suatu ruang lingkup dan waktu yang ditentukan. (Zuriah, 2005). Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh limbah cair dari hasil produksi industri tempe di Kelurahan Sukosari, Kecamatan Kartoharjo, Kota Madiun, yang terdiri dari empat industri. Keempat industri tempe tersebut memiliki rata-rata limbah cair sebesar 90 L.

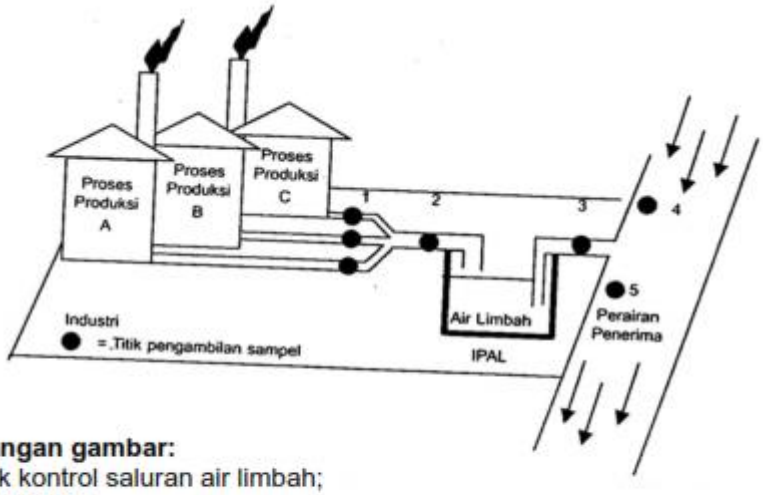
4.2.2. Sampel

Sampel adalah bagian dari populasi yang ingin diteliti. Sampel dianggap sebagai perwakilan dari populasi yang hasilnya mewakili keseluruhan populasi yang diamati. Menurut BSN SNI (59:2008) jumlah sampel yang digunakan pada parameter oksigen terlarut adalah minimum 300 mL. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 4 kali dalam satu waktu. Terdapat 3 kelompok perlakuan. Kelompok eksperimen 1 diberi perlakuan selama 1 hari, kelompok eksperimen 2

diberi perlakuan selama 2 hari dan kelompok eksperimen 3 diberi perlakuan selama 3 hari.

4.3. Teknik Sampling

Gambar 5. Contoh Lokasi Pengambilan Sampel Berdasarkan BSN SNI

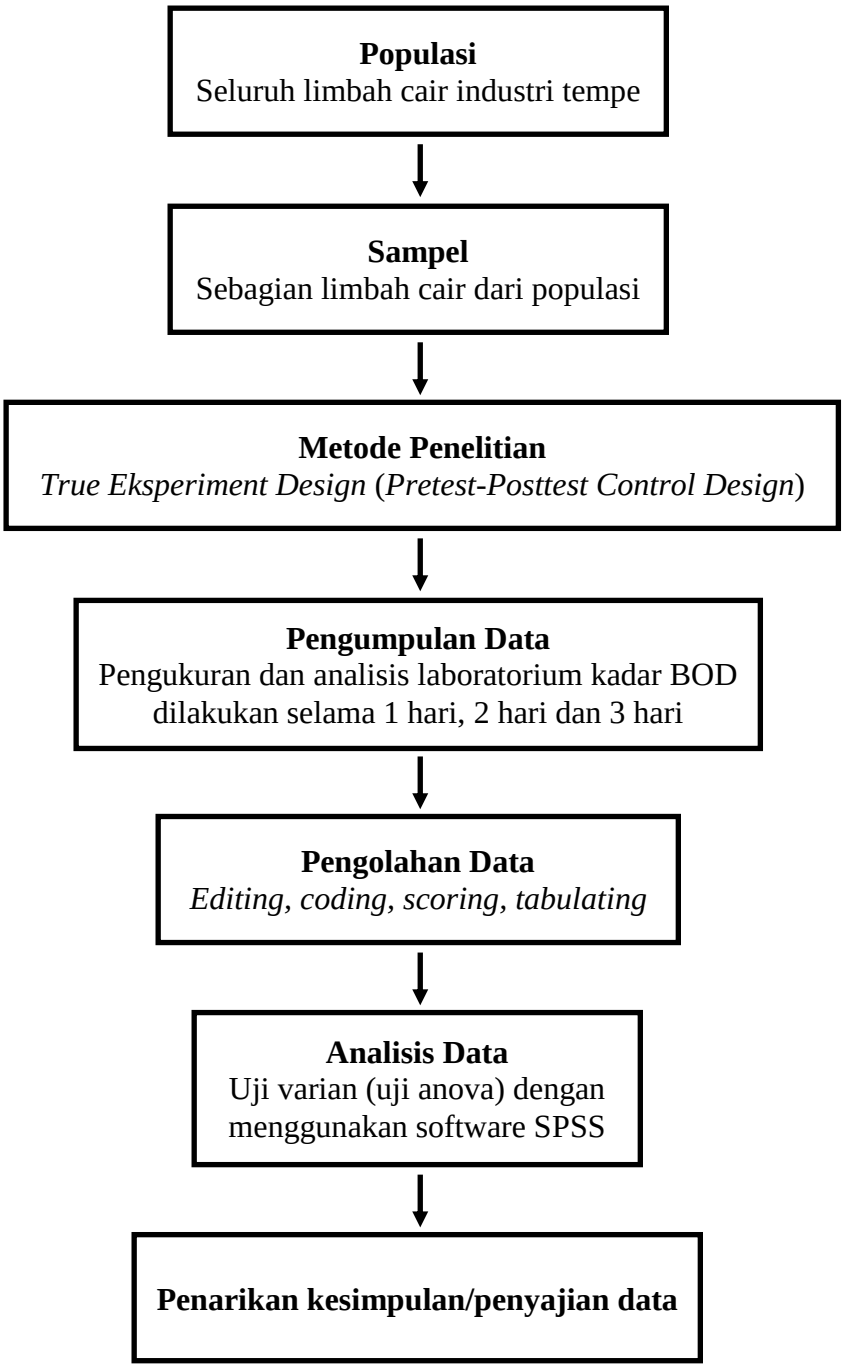


Keterangan gambar:
1) Bak kontrol saluran air limbah;
2) Inlet IPAL;
3) Outlet IPAL;
4) Perairan penerima sebelum air limbah masuk ke badan air;
5) Perairan penerima setelah air limbah masuk badan air.

Sampel diambil dalam empat titik, berdasarkan BSN SNI. Keempat titik tersebut, dimulai dari yang paling dekat dengan saluran keluar limbah cair sampai dengan yang paling jauh.

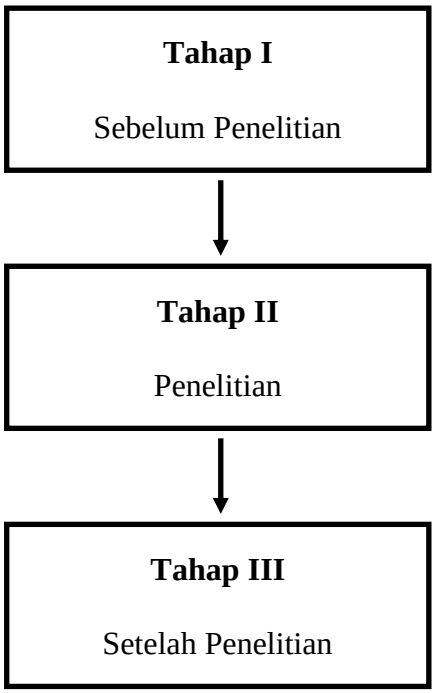
4.4. Kerangka Kerja Penelitian

Gambar 6. Kerangka Kerja Penelitian



4.5. Tahapan Penelitian

Gambar 7. Kerangka Tahapan Penelitian



4.5.1. Tahap Sebelum Penelitian

1. Tahap ini, peneliti menyiapkan bahan atau media keperluan sebagai kebutuhan penelitian yang bertujuan untuk menurunkan kadar BOD pada sampel limbah cair tempe menggunakan metode *Rotating Biological Contractor* (RBC). Pada limbah cair tempe akan mendapatkan perlakuan waktu (masa kontak) selama 1 hari, 2 hari dan 3 hari.

Tabel 4.2 Alat dan Bahan

Bahan	Alat
Limbah cair tempe sebanyak 50 Liter	Pipa PVC
	Kapas, ijuk, kawat kasa
	Kain
	Bak/loyang
	Motor listrik 5/6 rpm

2. Melakukan karakterisasi limbah cair tempe. Tahap karakterisasi ini akan dilakukan suatu pemisahan (limbah cair dengan sisa zat terlarut) antara partikel terlarut. Pemisahan dilakukan untuk bertujuan meminimalisir sumbatan yang terjadi pada aliran bak. Selain itu pada tiap-tiap bak juga dibekali screen (penyaring halus) untuk memaksimalkan hasil penyaringan.

4.5.2. Tahap Penelitian

Setelah limbah cair didapat, selanjutnya limbah cair dilakukan penyaringan terlebih dahulu. Selanjutnya, limbah cair yang sudah disaring tersebut, dituang ke dalam bak pemisah. Setelah selesai melewati proses bak pemisah, selanjutnya akan dialirkan menuju bak pengendap awal. Dari bak pengendap awal, limbah dialirkan menuju bak kontrol penampungan dan bak kontaktor, dalam bak kontaktor akan mengalami masa kontak selama 1 hari, 2 hari dan 3 hari. Setelah proses dari bak kontaktor selesai, selanjutnya limbah dapat dialirkan menuju bak akhir.

4.5.2.1. Bak Pemisah

Dari bak pemisah diharapkan sisa kotoran dari penyaringan yang sebelumnya dilakukan tersebut, dapat terendapkan dengan baik.

4.5.2.2. Bak Pengendap Awal

Di dalam bak awal ini, apabila terdapat lumpur atau padatan yang tersuspensi diharapkan sebagian besar lumpur maupun padatan tersebut dapat mengendap dengan baik.

4.5.2.3. Bak Kontrol Penampungan

Keberadaan dari bak kontrol untuk menampung debit aliran air limbah yang berlebih dari kapasitas bak pengendap awal, jika debit aliran kurang maka dapat dialirkan kembali (menuju bak pengendap awal) limbah yang ada di bak kontrol untuk memenuhi kembali debit pengolahan limbah tersebut.

4.5.2.4. Bak Kontaktor

Bak kontaktor atau bak reaktor RBC, dalam mendegradasi polutan secara biologis dengan cara memanfaatkan aktifitas mikro-organisme yang mampu menggunakan bahan organik pada limbah sebagai bahan makanan mikro-organisme (bakteri, protozoa, fungi).

4.5.2.5. Bak Akhir

Dari bak kontaktor, untuk selanjutnya air limbah dialirkan menuju ke bak pengendapan akhir, agar sisa-sisa lumpur dapat mengendap. Lukum Astin (2008) menjelaskan, setelah itu dapat dilakukan pengambilan sampel, dengan cara memperhatikan tingkat kedalaman air (sedimen, pertengahan dan permukiman air) sampel diambil dengan menggunakan pipet volume dan dihisap dengan menggunakan *bolt pipete*.

4.5.3. Tahap Setelah Penelitian

4.5.3.1. Pengumpulan Data

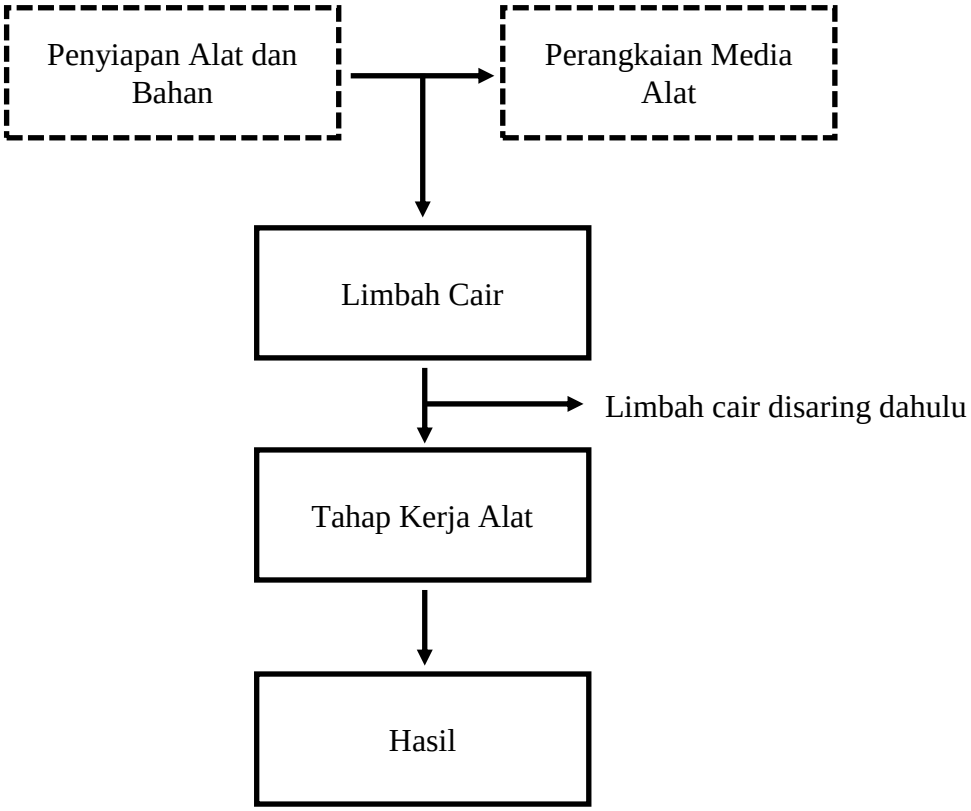
Pengumpulan data dan analisis laboratorium diperoleh selama perlakuan 1 hari, 2 hari dan 3 hari.

4.5.3.2. Analisis Akhir

Analisis data pada penelitian ini menggunakan Analisis Univariat dan Analisis Bivariat.

4.6. Alur Kerja

Gambar 8. Bagan Alur Kerja



1. Tahap persiapan, pada tahap persiapan ini terlebih dahulu menyiapkan bahan atau media keperluan sesuai dengan kebutuhan peneliti untuk menurunkan kadar BOD pada sampel limbah cair tempe menggunakan metode *Rotating Biological Contactor* (RBC).
2. Perangkaian media alat, setelah pipa PVC dipersiapkan dan dipotong sepanjang 20 cm, tahap selanjutnya melakukan perangkaian yakni dengan cara merekatkan media pipa PVC yang telah dipotong tadi dengan poros motor listrik (menggunakan lem G) sebagai bahan perekat kuat.
3. Limbah cair, sebelum dilakukan penuangan ke dalam bak pemisah, limbah cair dilakukan penyaringan terlebih dahulu agar sisa partikel atau endapan yang ada dari sisa proses produksi tempe tidak sepenuhnya ikut larut dalam proses pendegradasian biofilm. Untuk media penyaringannya dapat menggunakan kain halus.
4. Tahap kerja alat, yang terjadi pada proses pendegradasian biofilm RBC, dengan cara memanfaatkan aktifitas mikro-organisme pengurai bahan organik pada limbah cair sebagai makananya. Sebagian 40% disc terendam ke dalam limbah cair secara bergantian, proses kinerja pada RBC yakni baling-baling motor listrik berputar (searah) ke bawah sesuai daerah yang tercelup (Resa, 2014). Marsono (2009) menjelaskan, untuk mempercepat proses pendegradasian bahan organik dapat juga menggunakan sistem injeksi, yakni dengan memasukkan udara ke dalam air limbah.

5. Hasil olahan limbah cair (*output*) yang mana nantinya akan dilakukan pengukuran di laboratorium dalam penetapan uji kadar BOD pada sampel.

4.7. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentuyang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. (Sugiyono, 2012).

4.7.1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas atau *independent* adalah variabel yang mempengaruhi, yang menyebabkan timbulnya atau berubahnya variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah limbah cair industri tempe.

4.7.2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat atau *dependen* adalah variabel yang dipengaruhi karena adanya variabel bebas. Pada penelitian ini, yang menjadi variabel terikat adalah penurunan kadar BOD pada limbah cair industri tempe dengan menggunakan RBC.

4.8. Definisi Operasional

Tabel 4.3 Definisi Operasional

No.	Variabel	Definisi Operasional	Parameter	Alat Ukur	Skala
	Variabel Bebas				
1.	Kadar BOD awal dari limbah cair industri tempe	Kadar BOD yang terkandung di dalam limbah cair industri tempe	• Suhu • pH • Bau • Warna	• Termometer • Kertas lakmus • Organoleptik • Kolorimeter	• ^{o}C • 0 – 14
	Variabel Terikat				
2.	Kadar BOD akhir dari limbah cair industri tempe	BOD merupakan Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB) yang diperlukan oleh bakteri pengurai zat organik dalam air yang dieramkan selama 1 hari, 2 hari dan 3 hari.	Lamanya waktu kontak	• RBC • Laboratorium	Rasio (mg/L)

4.9. Instrumen Penelitian

4.9.1. Pengambilan Limbah Cair

1. Menggunakan wadah gelap (botol gelap) sebagai wadah limbah.
2. Menggunakan pula jurigen gelap sebagai wadah limbah (bila perlu).
3. Mempersiapkan alat tulis.
4. Mempersiapkan kertas label.

4.9.2. Preparing Treatmen (Persiapan Perlakuan)

1. Menyiapkan wadah khusus (botol) sebanyak 24 buah, yang nantinya akan dipergunakan sebagai wadah pada sampel replikasi.
2. Untuk setiap treatmen (perlakuan), dibutuhkan limbah cair sebanyak 12 liter (sesuai kapasitas desain alat). Pada penelitian ini, menggunakan 4 kelompok perlakuan, jadi untuk limbah cair secara keseluruhannya yang akan digunakan sebanyak 48 liter.

4.9.3. Pengukuran Kadar BOD

Pemeriksaan kadar BOD dilakukan di Laboratorium Instrumen Analisis Kimia, SMK Negeri 3 Kimia Madiun.

4.10. Prosedur Penelitian

4.10.1. Prosedur Pengambilan Sampel Limbah Cair

1. Mempersiapkan peralatan (botol sampel dan pemberat) yang sebelumnya telah dibilas terlebih dahulu dengan limbah cair.

2. Setelah botol selesai dibilas, botol dimasukkan ke dalam bak limbah cair industri secara perlahan-lahan. Saat botol sudah benar-benar penuh, botol diangkat secara perlahan-lahan.
3. Setelah botol penuh, tuang ke dalam jurigen (untuk menghindari aerasi). Sebenarnya bila memungkinkan untuk dilakukan pengambilan sampel secara langsung (menggunakan jurigen), hal ini harus dilakukan secara hati-hati agar meminimalisir terjadinya kontak udara (aerasi).

4.10.2. Prosedur Perlakuan (*Treatment Procedure*)

1. 12 liter limbah cair, diperoleh dari hasil proses produksi industri tempe.
2. Setelah limbah diperoleh, limbah kemudian dituangkan kedalam bak pemisah sementara (yang telah didesain). Sebelum air limbah dituangkan ke dalam bak pemisah, limbah di saring terlebih dahulu dengan menggunakan (kain halus).
3. Dari bak pemisah, limbah akan mengalir menuju bak pengendap awal, dimana limbah sebelumnya akan melewati proses penyaringan yang berbahan (ijuk dan kapas), setelah melewati penyaringan limbah akan tertampug di bak pengendap awal. Namun apabila volume bak pengendap mengalami penuh, sisa air limbah akan dialirkan menuju bak kontrol penampung sementara (limbah cadangan sementara).
4. Setelah air limbah melewati bak pengendap awal, selanjutnya limbah dialirkan menuju bak kontaktor (bak pengolah) dalam bak kontaktor limbah akan mengalami masa kontak (aerasi) selama 1 hari, 2 hari dan 3 hari. Sebelum limbah menuju bak pengolah, limbah terlebih dahulu akan melewati proses penyaringan yang berbahan halus (kapas halus). Jika jumlah debit air pada bak

pengolah kurang maka di alirkan sisa limbah cair tersebut dari bak pengendap awal menuju ke bak kontaktor (bak pengolah).

5. Dan setelah melewati proses pengolahan dari bak pengolah, limbah cair akan dialirkan menuju bak penampung akhir (sebagai outlet), selanjutnya hasil akhir (outlet) akan diujikan ke laboratorium.

4.10.3. Prosedur Kerja Analisis BOD

Metode pemeriksaan BOD: Winkler (Titrasi di laboratorium)

4.10.3.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam pemeriksaan BOD, diantaranya:

1. Botol-botol wikler (2 buah botol 350 ml dan 2 buah botol 150 ml) lengkap dengan tutupnya.
2. Inkubator.
3. Tabung erlemeyer.
4. Pipet tetes atau pipet volume.
5. 2 buah labu takar (500 ml).
6. H_2O murni.

Bahan yang digunakan dalam pemeriksaan BOD adalah:

1. Sampel air limbah industri tempe.
2. KI.
3. $MnSO_4$ 10%.
4. H_2SO_4 pekat.
5. Larutan thiosulfat.
6. Indikator amilum (kanji).

4.10.3.2. Prosedur Kerja

A. Pengenceran

1. Pipet sampel I sebanyak 25 ml, dan masukkan ke dalam labu takar 500 ml, lalu encerkan sebanyak 20x dengan H_2O sampai tanda miniskus (tanda batas) 500 ml.
2. Ambil 2 buah botol winkler (350 ml dan 150 ml), lalu pindahkan larutan tersebut kedalam botol winkler secara perlahan-lahan.
3. Pipet sampel II sebanyak 50 ml, dan masukkan ke dalam labu takar 500 ml, lalu encerkan 10x dengan H_2O sampai tanda miniskus (tanda batas) 500 ml.
4. Kemudian ambil 2 buah botol winkler (350 ml dan 150 ml), lalu pindahkan larutan tersebut kedalam botol winkler secara perlahan-lahan.
5. Kemudian lakukan hal yang sama pada sampel II seperti sampel I, dan begitupula dengan blanko.

B. Pada DO_0 (*Demand Oxygen*) hari ke 0

1. Pipet 0,5 ml KI (gunakan pipet volume ukuran 1 ml / 0,5 ml), dan masukkan kedalam botol winkler 150 ml yang sebelumnya telah berisikan sampel tadi.
2. Setelah itu, tambah Mangano Sulfat ($MnSO_4$) sebanyak 0,5 ml (gunakan pipet volume ukuran 1 ml/0,5 ml) gunakan pipet volume yang lain (yang masih bersih). Kemudian tutuplah botol

serapat mungkin (tutuplah botol dengan hati-hati), setelah itu kocoklah botol tersebut dengan cara membolak-balikkan.

3. Biarkan sampai terbentuk endapan.
4. Setelah terbentuknya endapan, buka tutup botol tersebut, lalu tambahkan Asam Sulfat pekat (H_2SO_4) sebanyak 0,5 ml (gunakan pipet volume yang lain). kemudian tutuplah botol kembali, dan kocoklah sampai semua endapan tersebut hilang atau larut.
5. Jika semua endapan sudah larut, selanjutnya pipet 100 ml atau pindahkan larutan tersebut kedalam tabung erlemeyer (gunakan erlemeyer 350 ml / 500 ml), sebanyak 100 ml.
6. Selanjutnya, tambahkan 2 – 3 tetes indikator amilum, sampai larutan berubah warna (menjadi hitam).
7. Jika sudah berubah warna (menjadi hitam), selanjutnya titrasilah dengan menggunakan larutan Thiosulfate sampai warna biru hilang.
8. Ulangi langkah 1 – 7, lakukan hal yang sama juga terhadap blanko.

C. Pada DO_5 (*Demand Oxygen*) hari ke 5

1. Bukalah tutup botol winkler. Ambilah Pipet volume 1 ml, lalu kemudian pipetlah larutan KI sebanyak 1 ml, dan masukkan kedalam botol winkler 350 ml (yang sebelumnya telah berisi sampel).

2. Setelah itu, tambah Mangano Sulfat ($MnSO_4$) sebanyak 1 ml (gunakan pipet volume ukuran 1 ml) gunakan pipet volume yang lain (yang masih bersih). Kemudian tutuplah botol serapat mungkin (tutuplah botol dengan hati-hati), setelah itu kocoklah botol tersebut dengan cara membolak-balikkan.
3. Biarkan hingga terbentuknya endapan.
4. Setelah terbentuknya endapan, buka tutup botol tersebut, lalu tambahkan Asam Sulfat pekat (H_2SO_4) sebanyak 10 ml (gunakan pipet volume yang lain). kemudian tutuplah botol kembali, dan kocoklah sampai semua endapan tersebut hilang atau larut.
5. Jika semua endapan sudah larut, selanjutnya pipet 100 ml atau pindahkan larutan tersebut kedalam tabung erlemenyer (gunakan erlemeyer 350 ml/500 ml), sebanyak 100 ml.
6. Selanjutnya, tambahkan 2 – 3 tetes indikator amilum, sampai larutan berubah warna (menjadi hitam).
7. Jika sudah berubah warna (menjadi hitam), selanjutnya titrasilah dengan menggunakan larutan Thiosulfate sampai warna biru hilang.
8. Ulangi langkah 1 – 7, lakukan hal yang sama juga terhadap blanko.

4.10.4. Pengukuran Kadar BOD

1. Mengambil sampel air limbah yang telah usai mendapat perlakuan.

2. Kemudian air limbah dilakukan pemeriksaan kadar BOD di Laboratorium Instrumen Analisis Kimia, SMK Negeri 3 Kimia Madiun.

4.11. Lokasi dan Waktu Penelitian

4.11.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di salah satu industri tempe, yang terletak di Kelurahan Sukosari, Kecamatan Kartoharjo, Kota Madiun. Sedangkan untuk pemeriksaan kadar BOD dilakukan di Laboratorium Instrumen Analisis Kimia, SMK Negeri 3 Kimia Madiun.

4.11.2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus tahun 2017.

4.12. Prosedur Pengumpulan Data

Dalam prosedur pengumpulan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

4.12.1. Sumber Data

Sumber data penelitian ini diperoleh dari pengukuran hasil laboratorium dan studi pustaka terkait.

4.12.2. Jenis Data

4.12.2.1. Data Primer

Data primer diperoleh dari hasil suatu pemeriksaan, pengamatan dan pengukuran terhadap obyek yang diteliti baik secara fisik (bau, suhu, warna dan kekeruhan) maupun secara kimia (pH dan BOD) sebelum dan setelah perlakuan.

4.12.2.2. Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian data diperoleh dari studi kepustakaan terkait, berupa pada data-data peneliti terdahulu dan data dari persyaratan peraturan kemenkes.

4.12.3. Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dipergunakan dalam penelitian ini ialah dengan melakukan pengukuran dan analisa hasil dari laboratorium.

4.12.4. Pengolahan Data

Setelah mendapatkan data atau terkumpulnya data yang diperlukan, maka dapat dilakukan pengolahan data dengan melalui beberapa tahap diantaranya:

4.12.4.1. Editing

Hidayat (2007) menjelaskan bahwa peneliti melakukan pemeriksaan ulang terhadap kebenaran data yang diperoleh atau dikumpulkan, hal ini digunakan untuk suatu keperluan penelitian, setelah terkumpulnya data dari laboratorium.

4.12.4.2. Coding

Merupakan suatu bentuk pemberian kode berupa angka terhadap data, pada pemberian kode ini sangat penting, dikarenakan pada saat pengolahan data dan melakukan analisis data menggunakan komputer. Pada penggunaan data biasanya digunakan daftar kode, untuk memudahkan kembali melihat lokasi dan arti kode dari suatu variabel. (Hidayat, 2007).

4.12.4.3. Skoring

Skoring merupakan pemberian skor terhadap item-item yang perlu diberi skor. Pada pemberian nilai tertinggi dapat dinyatakan dalam angka skor (4), bila pada hasil terendah dapat diberi nilai angka skor (0).

4.12.4.4. Tabulating

Merupakan suatu bentuk penyusunan data yang dituangkan atau disajikan kedalam bentuk tabel, agar mudah untuk dipahami.

4.13. Teknik Analisis Data

4.13.1. Analisis Univariat

Analisis univariat bertujuan untuk menjelaskan atau mendeskripsikan suatu karakteristik dari setiap variabel pada penelitian.

1. Analisis univariat, menggunakan data dalam bentuk tabel, pengukuran hasil kadar BOD limbah cair.
2. Analisis grafik, menganalisis data dalam bentuk grafik.

4.13.2. Analisis Bivariat

Untuk mengetahui hasil dan hipotesa yang telah ditentukan, dengan menggunakan analisa varian satu arah (*one way anova*). Yang diketahui apakah ada pengaruh terhadap kemampuan penurunan kadar BOD terhadap Biofilm RBC dalam penurunan kadar limbah tempe.

BAB 5

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Gambaran Umum

Di Desa Sukosari Kecamatan Kartoharjo terdapat Usaha Kecil Menengah (UKM) seperti usaha tempe. Salah satu UKM tempe telah beroperasi selama 25 tahun. Sejak tahun 1992, menggeluti usaha pembuatan tempe dengan modal yang tidak terlalu besar. Selama 25 tahun memproduksi tempe sudah banyak mengalami berbagai macam keadaan yang mempengaruhi produksi tempenya, mulai harga tempe yang mahal, menurunya daya beli dan minat pembeli yang naik turun sudah pernah dialami. Di awal produksinya/berdirinya usaha tempe hanya memproduksi tempe dengan jumlah sedikit, seiring perkembangannya sekarang bisa memproduksi 70 kg kedelai untuk diolah menjadi tempe pada hari biasa. Pada hari besar bisa memproduksi 90 kg kedelai untuk diolah menjadi tempe.

Peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan tempe adalah:

1. Dandang rebus.
2. Burner atau tungku.
3. Bak perendaman.
4. Mesin pemecah kulit.
5. Bak pencucian dan pemisah kulit.
6. Tempat pencampuran ragi.
7. Sealer.

8. Meja kerja.
9. Rak fermentasi.

Pembuatan tempe menggunakan kedelai impor karena biji kedelainya yang lebih besar daripada kedelai lokal dan menghasilkan tempe yang lebih enak. Saat ini rumah produksinya memiliki 4 orang karyawan dan menjalankan usaha ini bersama istri. Untuk proses produksi, dibutuhkan waktu 3 hari sampai tempe siap dipasarkan. Pada hari pertama, kedelai direndam selama ½ hari kemudian direbus. Untuk meminimalkan biaya produksi, menggunakan kayu bakar untuk proses perebusan yang didapat disekitar rumahnya. Selanjutnya kedelai direndam lagi dengan menggunakan biang tempe. Pada hari kedua, kedelai yang sudah direndam dengan biang tempe tadi kemudian digiling dan diberi ragi tempe. Untuk ragi tempe dapat dibeli dipasar dengan harga Rp. 12.000 per bungkus. Untuk 70 kilogram kedelai dibutuhkan sekitar 35 sendok ragi tempe. Setelah itu kedelai yang sudah diragi dimasukkan ke dalam plastik yang tiap ujung-ujungnya plastik direkatkan dengan cara dibakar api. Setelah selesai pengemasan dalam plastik ditusuk-tusuk mengunakan alat semacam besi yang tajam seperti jarum. Tujuan penusukan ini agar ada lubang-lubang kecil pada plastik tempe untuk proses fermentasi. Terkadang, kendala pembuatan tempe itu muncul. Pertama, modal yang pas-pasan. Kedua, cuaca yang selalu mendung, sangat tidak mendukung terhadap kulaitas tempe yang dihasilkan. Sebab, musim yang pas untuk pembuatan tempe ialah kemarau.

5.2. Hasil Penelitian

5.3.1. Deskripsi Hasil Penelitian

Pada penelitian ini, dilakukan pengambilan data sebanyak satu kali, dengan masing-masing diberi perlakuan paruh waktu 1 hari, 2 hari dan 3 hari. Berikut disajikan deskripsi data hasil penelitian.

Data hasil analisis uji laboratorium, dapat dilihat pada Tabel 5.1. di bawah ini.

Tabel 5.1. Hasil Analisis Uji Laboratorium

Hari ke	**Kadar BOD (mg/L) (NAB 75 mg/L)**							
	S1	**S2**	**S3**	**S4**	$\bar{x}$	**SD**	**Min**	**Max**
1	246,89	244,52	245,11	245,76	245,57	1,02	244,52	246,89
2	138,12	135,91	137,34	131,28	135,66	3,06	131,28	138,12
3	95,2	82,32	83	84,55	86,27	6,03	82,32	95,20
Total	**480,21**	**462,75**	**465,45**	**461,59**	**467,5**	**10,11**	**458,12**	**480,21**

Berdasarkan Tabel 5.1. di atas, terlihat bahwa nilai rata-rata kadar BOD paling tinggi adalah terjadi pada hari ke 1 yaitu sebesar 245,57 mg/L dan nilai rata-rata kadar BOD paling rendah adalah pada hari ke 3 yaitu sebesar 86,27 mg/L. Besarnya penurunan kadar BOD dari hari ke 1 sampai hari ke 3, secara rinci dapat dilihat pada Tabel 5.2. di bawah ini.

Tabel 5.2. Penurunan Kadar BOD

Hari ke	$\bar{x}$ **Kadar BOD (mg/L)**	**Penurunan Kadar BOD (mg/L)**		
		Hari ke 1 s/d 2	**Hari ke 2 s/d 3**	**Hari ke 1 s/d 3**
1	245,57	109,91	-	159,3
2	135,66		49,39	
3	86,27	-		

Berdasarkan Tabel 5.2. di atas, terlihat bahwa dari hari ke 1 sampai dengan hari ke 3, memiliki penurunan kadar BOD paling signifikan yaitu sebesar 159,3 mg/L.

5.3.2. Menghitung Penurunan Kadar BOD

Untuk mengetahui penurunan kadar BOD pada limbah cair tempe, maka perlu diketahui juga lamanya masa kontak limbah cair. Adapun langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$Rumus = \frac{\text{Kadar BOD awal} - \text{Kadar BOD sesudah perlakuan}}{\text{Kadar BOD awal}} \text{ x } 100\%$$

Tabel 5.3. Tingkat Penurunan Kadar BOD pada Limbah Cair Tempe Menggunakan RBC

No.	Sampel	Kadar BOD (mg/L) (NAB 75 mg/L)		
		Hari ke 1	Hari ke 2	Hari ke 3
1.	1	246,89	138,12	95,2
2.	2	244,52	135,91	82,32
3.	3	245,11	137,34	83
4.	4	245,76	131,28	84,55
Rata-Rata		**245,57**	**135,66**	**86,27**
Tingkat Penurunan		**29,94%**	**61,29%**	**75,24%**

Berdasarkan Tabel 5.3. di atas, terlihat bahwa tingkat penurunan kadar BOD pada limbah cair tempe dengan menggunakan RBC adalah pada hari ke 1 memiliki tingkat penurunan sebesar 29,94% dimana nilai ini merupakan tingkat penurunan kadar BOD pada limbah cair tempe paling rendah, pada hari ke 2 sebesar 61,29% dan pada hari ke 3 terjadi penurunan sebesar 75,25% dimana nilai

ini merupakan tingkat penurunan kadar BOD pada limbah cair tempe paling tinggi.

5.3.3. Hasil Uji Hipotesis

Hipotesis adanya penurunan kadar BOD pada limbah cair tempe terhadap perlakuan yang diberikan selama 1 hari, 2 hari dan 3 hari, dianalisis dengan menggunakan Analisis Varians satu jalur. Hasil perhitungan menunjukkan hasil seperti pada Tabel 5.4. di bawah ini.

Tabel 5.4. Hasil Analisis *One Way Anova*

Perlakuan	**n**	**Rerata ± s.b.**	**p**
Hari ke 1	4	245,57 ± 1,02	< 0,05
Hari ke 2	4	135,66 ± 3,06	
Hari ke 3	4	86,27 ± 6,03	

Berdasarkan Tabel 5.4. di atas, terlihat bahwa nilai $p < 0,05$ sehingga H_o ditolak dan H_a diterima. Jadi dapat disimpulkan bahwa, adanya penurunan kadar BOD pada limbah cair tempe terhadap perlakuan yang diberikan selama 1 hari, 2 hari dan 3 hari. Karena hasilnya adalah penolakan terhadap H_o maka pengujian dilanjutkan ke Post Hoc Tests, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.5. di bawah ini.

Tabel 5.5. Hasil Analisis Post Hoc

Perlakuan	**Perbedaan Rerata**	**IK 95%**		**p**
		Minimum	**Maksimum**	
Hari ke 1 vs Hari ke 2	109,91	102,11	117,7	< 0,05
Hari ke 1 vs Hari ke 3	159,3	151,51	167,09	< 0,05

Hari ke 2 vs Hari ke 3	49,39	41,6	57,19	< 0,05

Berdasarkan Tabel 5.5. di atas, terlihat bahwa semua waktu memiliki nilai p sama, yaitu < 0,05. Hal ini mengandung makna bhawa setiap perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda-beda. Penurunan yang paling efektif terjadi pada hari ke 1 sampai hari ke 3, dengan perbedaan rerata sebesar 159,3 mg/L.

5.3. Pembahasan

Rotating Biological Contactor disingkat RBC merupakan adaptasi dari proses pengolahan air limbah dengan biakan melekat (*attached growth*). Secara garis besar proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC terdiri dari bak pemisah pasir, bak pengendap awal, bak kontrol aliran, reaktor/kontraktor biologis putar (RBC), bak pengendap akhir, bak khlorinasi, serta unit pengolahan lumpur (Laili, et. al. (2014). Sholichin (2012) menjelaskan untuk merancang unit pengolahan air limbah dengan sistem RBC, beberapa parameter desain yang harus diperhatikan antara lain adalah parameter yang berhubungan dengan beban (*loading*). Beban BOD atau *BOD surface loading* yang biasa digunakan untuk perencanaan sistem RBC yakni 5 – 20 gram-BOD/m^2/hari.

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi penurunan kadar BOD. Prinsip pengolahan limbah cair dengan menggunakan metode RBC, memanfaatkan aktifitas dari mikroorganisme pengurai untuk melakukan pendegradasian pada beban senyawa organik yang terkandung di dalam limbah cair. Berputarnya media RBC, memberikan kesempatan waktu pada

mikroorganisme untuk melakukan kontak dengan udara yang memiliki kecepatan putar $^{5}/_{6}$ rpm dengan daya 220 volt. Selain itu, berputarnya biomasa juga merupakan bentuk mekanisme untuk mempertahankan dalam keadaan tersuspensi. Dengan kecepatan putar yang 5/6 rpm dan menggunakan 30 pipa, mampu memberikan daya dukung yang cukup bagi mikroorganisme, sehingga pada mikroorganisme memiliki waktu yang cukup lama untuk melakukan pelekatan (penempelan) terhadap permukaan media RBC. Namun, apabila kecepatan putar pada media RBC lebih cepat, maka sebaliknya yang akan terjadi penempelan mikroorganisme pada permukaan media RBC tidak dapat bertahan lama, yang terjadi adalah pengelupasan dini, sehingga pengolahan limbah cair dengan media RBC tidak dapat berlangsung dengan baik dengan beban dan kemampuan pengolahan limbah cair yang sudah ditentukan oleh peneliti. Hal tersebut akan berbeda lagi dengan pengolahan limbah cair RBC skala komunal, perlu disesuaikan dengan beban pengolahan yang akan dilakukan.

Penelitian yang dilakukan oleh Suharjito (2005), dimana hasilnya adalah pada uji coba dengan menggunakan Biofilm Disc dapat menghasilkan efisiensi sebesar 35% - 38% terhadap penurunan kadar BOD dan COD. Selain itu, Danang H., dkk (2014) juga mengungkapkan dalam penelitiannya yang berjudul Efektifitas Penurunan Konsentrasi Limbah Cair Industri Tapioka dengan Metode *Rotating Biological Contactor* adalah Efektivitas penurunan BOD, TSS, Sianida untuk kecepatan putar 50 rpm adalah 89.56%, 74.93%, 90.78%. Sedangkan untuk kecepatan putar 100 rpm adalah 92.06%, 94.56%, 98.58%.

Limbah cair tempe berasal dari proses pencucian kedelai, proses perendaman kedelai, proses perebusan, pencucian peralatan, dan pencucian lantai. Limbah cair tempe mengandung zat padat tersuspensi. Limbah cair tempe pada umumnya mengandung kadar protein yang tinggi. Limbah cair industri tempe merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Karakteristik air buangan yang dihasilkan berbeda karena berasal dari proses yang berbeda. Karakteristik buangan industri tempe 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.

Nilai BOD yang terkandung di dalam limbah cair industri tempe disebabkan oleh adanya senyawa protein yang merupakan kandungan zat organik di dalam limbah cair industri tempe sehingga membutuhkan oksigen terlarut untuk proses dekomposisinya. Untuk menurunkan kadar BOD dalam limbah cair industri tempe, digunakan alat RBC (*Rotating Biological Contactor*). Pada poros RBC, dikelilingi pipa sebanyak 30 buah, dengan masing-masing pipa diberi lubang sebanyak 40 titik. Cara kerjanya, limbah cair sebelumnya dilakukan penyaringan sebanyak tiga kali sebelum limbah cair masuk ke dalam RBC. RBC akan bekerja selama 3 hari, karena penggunaan waktu dalam penelitian ini adalah 1 hari, 2 hari, dan 3 hari. Pada hari ke 1 dilakukan pengambilan sampel sebanyak empat titik, yang kemudian dilakukan pengukuran kadar BOD. Keempat titik tersebut, diambil mulai dari titik yang paling dekat dengan sumber keluarnya limbah dari alat RBC sampai dengan titik yang paling jauh dari sumber keluarnya limbah. Pada hari ke 2 dan ke 3 dilakukan hal sama seperti pada hari ke 1.

Prinsip pengukuran BOD pada dasarnya cukup sederhana, yaitu mengukur kandungan oksigen terlarut awal (DO_i) dari sampel segera setelah pengambilan contoh, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang telah diinkubasi. selisih ini merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam miligram oksigen per liter (mg/L). pengukuran oksigen dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut DO meter. Pada prinsipnya dalam kondisi gelap, agar tidak terjadi fotosintesis yang menghasilkan oksigen, dan dalam suhu yang tetap, diharapkan hanya terjadi proses dekomposisi oleh mikroorganisme, sehingga yang terjadi hanyalah penggunaan oksigen, dan oksigen tersisa ditera sebagai DO_3. Yang penting diperhatikan dalam hal ini adalah mengupayakan agar masih ada oksigen tersisa pada pengamatan hari ke 3 sehingga DO_3 tidak nol. Bila DO_3 nol maka nilai BOD tidak dapat ditentukan.

Limbah cair tempe mengalami pengurangan bau pada saat terjadi kontak antara media dengan limbah cair. Hal ini dikarenakan adanya proses aktifitas penguraian atau pemecahan protein oleh bakteri yang mendegradasi bahan-bahan organik yang terlarut dalam limbah cair dan pada saat terjadi kontak antara media dengan limbah cair, mikroorganisme berkesempatan untuk melakukan pengambilan udara untuk menunjang keberlangsungan hidup dan proses pendegradasian senyawan organik dalam limbah cair.

Pertumbuhan mikroorganisme pada metode RBC ini, mikroorganisme tumbuh pada permukaan media RBC dengan sendirinya dan akan mengambil makanan (zat organik) yang terdapat didalam air limbah, dan akan mengambil oksigen (O_2) dari udara yang sengaja dikontakkan secara langsung. Pada

pertumbuhan mikroorganisme atau biofilm tersebut, makin lama akan semakin menebal dan sampai pada akhirnya menghasilkan gaya berat dari ketebalan biofilm itu sendiri, sehingga akan biofilm akan mengelupas dari mediumnya dengan sendirinya.

Pembuangan limbah di industri tempe, masih dilakukan secara langsung, artinya tanpa ada perlakuan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Hal ini akhirnya menyebabkan terjadinya pencemaran udara di sekitar pembuangan limbah cair industri tempe. Hasil pengujian hipotesis menunjukkan nilai *Sig.* adalah sebesar 0,000 dimana nilai ini lebih kecil dari nilai *Signifikansi* ketentuan yaitu 0,05. Hal ini dapat disimpulkan bahwa adanya penurunan kadar BOD pada limbah cair tempe terhadap perlakuan yang diberikan selama 1 hari, 2 hari dan 3 hari. Besar penurunan kadar BOD yang paling signifikan terjadi pada hari kie 1 sampai dengan hari ke 3, yaitu sebesar 159,49 mg/L.

Limbah industri tempe memerlukan perlakuan khusus sebelum dibuang ke lingkungan. Khususnya adalah limbah cair industri tempe. Apabila limbah cair industri tempe dibuang ke lingkungan langsung setelah proses produksi tempe, akan menimbulkan banyak dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan. Sistem RBC terbukti dapat menurunkan kadar BOD. Penurunan kadar BOD paling signifikan terjadi pada hari ke 3, yaitu tingkat penurunan sebesar 75,24%. Sehingga sistem RBC dapat digunakan oleh setiap indutri tempe pada khususnya untuk mengolah limbah cairnya sebelum dibuang ke lingkungan.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Adanya tingkat penurunan kadar BOD pada limbah cair tempe terhadap perlakuan yang diberikan selama 3 hari, dari hari ke 1 sampai hari ke 3 tingkat penurunannya mencapai 75,24%.
2. Efektifitas penurunan kadar BOD yaitu pada hari ke 3 yaitu mencapai 75,24% meskipun belum mencapai batas maksimum yang telah ditentukan yaitu 75% setidaknya hampir mendekati batas maksimum yang telah ditetapkan oleh peraturan Gubernur Jawa Timur.

6.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dikemukakan di atas, saran yang dapat disampaikan adalah:

6.2.1. Bagi Industri Tempe

1. Pengusaha industri tempe dapat melakukan pengolahan limbah cair hasil sisa peoses produksinya, supaya dapat meminimalisir pencemaran lingkungan.
2. Pengusaha industri tempe dapat menerapkan atau membuat kolam penampungan, sebelum limbah cair tempe di buang ke lingkungan, guna meminimalisir terjadinya pencemaran lingkungan.

6.2.2. Bagi STIKES Bhakti Husada Mulia Madiun

Kampus dapat menambah koleksi artikel, buku, jurnal, dan majalah yang berkaitan dengan pengolahan limbah, agar setiap mahasiswa yang membutuhkan referensi dapat dengan mudah untuk mendapatkannya. Selain itu, kampus juga perlu menyediakan layanan jurnal gratis, baik jurnal nasional maupun internasional.

6.2.3. Bagi Peneliti Selanjutnya

Peneliti selanjutnya perlu melakukan pengujian kadar BOD terlebih dahulu sebelum dilakukan pengambilan sampel untuk penelitian supaya dapat diketahui penurunan kadar BOD setelah dilakukan penelitiandengan menggunakan RBC. Kecepatan putar poros RBC bisa diperlambat dan menambah jumlah lubang dalam pipa, agar mikroorganisme dapat menempel lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

Astawan, M. 2008. *Sehat dengan Tempe: Panduan Lengkap Manjaga Kesehatan dengan Tempe*. Dian Rakyat: Bogor.

Azhari, M. 2016. *Pengolahan Limbah Tahu dan Tempe dengan Metode Teknologi Tepat Guna Saringan Pasir sebagai Kajian Mata Kuliah Pengetahuan Lingkungan*. Artikel Hasil Penelitian Volume 1, Nomor 2, Agustus 2016. Media Ilmiah Teknik Lingkungan: Universitas Muhammadiyah Palangkaraya.

Boyd, C.E. 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama.

Badan Standardisasi Nasional. *Air dan Air Limbah – Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*. SNI 6989.59:2008.

Chandra, Budiman. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: EGC.

Ebie Kunio dan Ashidate Noriatsu. 1992. *Eisei Kougaku Enshu – Jousuidou to Gesuidou*. Morikita Shuppan.

Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius: Yogyakarta.

Fardiaz, S. 2005. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius: Yogyakarta.

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

Hermanus, M. B., Polii, B. & Mandey, L. C. 2015. *Pengaruh Perlakuan Aerob dan Anaerob Terhadap Variabel BOD, COD, pH, dan Bakteri Dominan Limbah Industri Desiccated Coconut PT. Global Coconut Radey, Minahasa Selatan*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan, Vol. 3 No. 2 Th. 2015. Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Hidayat, A. A. A. 2007. *Metode Penelitian Keperawatan dan Teknik Analisis Data*. Jakarta: Salemba Medika.

Kristanto. 2002. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Andi.

Laili, F. R., Susanawati, L. D., & Suharto, B. 2014. *Efisiensi Rotating Biological Contactor Disc Datar dan Baling-Baling dengan Variasi Kecepatan*

Putaran pada Pengolahan Limbah Cair Tahu. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Malang: Universitas Brawijaya.

Lukum, P. Astin. 2008. *Bahan Ajar Dasar-Dasar Kimia Analitik*. Gorontalo: FMIPA.

Mahida, U.N. 2006. *Pencemaran dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Rajawali Press: Jakarta.

Margono. 2004. *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Jakarta: Rineka Cipta.

Marsono. 2009. *Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kualitas Bakteriologis Air Sumur Gali di Permukiman, Studi di Desa Karanganom, Kecamatan Klaten Utara, Kabupaten Klaten*. Tesis.

Metcalf & Eddy, Inc. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse. 3rd ed*. (Revised by: G. Tchobanoglous and F.L. Burton). McGraw-Hill, Inc. New York, Singapore.

Pranata, Widya. 2012. *BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah*.

Presiden Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001,, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.

Resa, Dora. 2014. *Makalah Perancangan Bangunan Pengolahan Air Buangan RBC (Rotating Biological Contactor)*. Semarang: Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Said, Nusa Idaman. 2008. *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta*. Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan.

Sholichin, M. 2012. *Pengelolaan Limbah Cair: Pengolahan Limbah dengan Proses Biofilm, Trikling Filter dan RBC*. Jurusan Teknik Pengairan: Universitas Brawijaya.

Sugiyono. 2001. *Metode Penelitian Administrasi*. Bandung: Alfabeta.

Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Sumantri. 2015. *Kesehatan Lingkungan*. Kencana Prenada Media Group: Jakarta.

Supranto, J. 2000. *Statistik Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga.

Umaly, R.C. & Ma L.A. Cuvin. 1988. *Limnology: Laboratory and Field Guide, Physico-Chemical Factor, Biological Factor*. National Book Store, Inc. Publishers. Metro Manila.

Wahistina, Rizki. 2014. *Analisis Perbedaan Penurunan Kadar BOD dan COD pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Zeolit*. Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat: Universitas Jember.

Wenas, R.I.F, Sunaryo, & Styasmi, S. 2002. *Comperative study on characteristics of tannery, "kerupuk kulit", "tahu-tempe" and tapioca waste water and the altemative of treatment, Environmental Technology*. Ad. Manag, Seminar, Bandung.

Winda & Suharto. 2015. *Pengolahan Air Limbah Tempe dengan Metode Sequencing Batch Reaktor Skala Laboratorium dan Industri Kecil Tempe*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan". Yogyakarta: Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia.

Zuriah, Nurul. 2005. *Metode Penelitian Sosial dan Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.

[DataSet0]

Descriptives

kadarBOD

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1 hari	4	245,5700	1,01532	,50766	243,9544	247,1856	244,52	246,89
2 hari	4	135,6625	3,06164	1,53082	130,7908	140,5342	131,28	138,12
3 hari	4	86,2675	6,02768	3,01384	76,6761	95,8589	82,32	95,20
Total	12	155,8333	69,63278	20,10125	111,5908	200,0759	82,32	246,89

Test of Homogeneity of Variances

kadarBOD

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3,238	2	9	,087

ANOVA

kadarBOD

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	53195,748	2	26597,874	1707,276	,000
Within Groups	140,212	9	15,579		
Total	53335,960	11			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: kadarBOD

	(I) paruhwaktu	(J) paruhwaktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1 hari	2 hari	109,90750*	2,79098	,000	102,1151	117,6999
		3 hari	159,30250*	2,79098	,000	151,5101	167,0949
	2 hari	1 hari	-109,90750*	2,79098	,000	-117,6999	-102,1151
		3 hari	49,39500*	2,79098	,000	41,6026	57,1874
	3 hari	1 hari	-159,30250*	2,79098	,000	-167,0949	-151,5101
		2 hari	-49,39500*	2,79098	,000	-57,1874	-41,6026
Bonferroni	1 hari	2 hari	109,90750*	2,79098	,000	101,7207	118,0943
		3 hari	159,30250*	2,79098	,000	151,1157	167,4893
	2 hari	1 hari	-109,90750*	2,79098	,000	-118,0943	-101,7207
		3 hari	49,39500*	2,79098	,000	41,2082	57,5818
	3 hari	1 hari	-159,30250*	2,79098	,000	-167,4893	-151,1157
		2 hari	-49,39500*	2,79098	,000	-57,5818	-41,2082

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

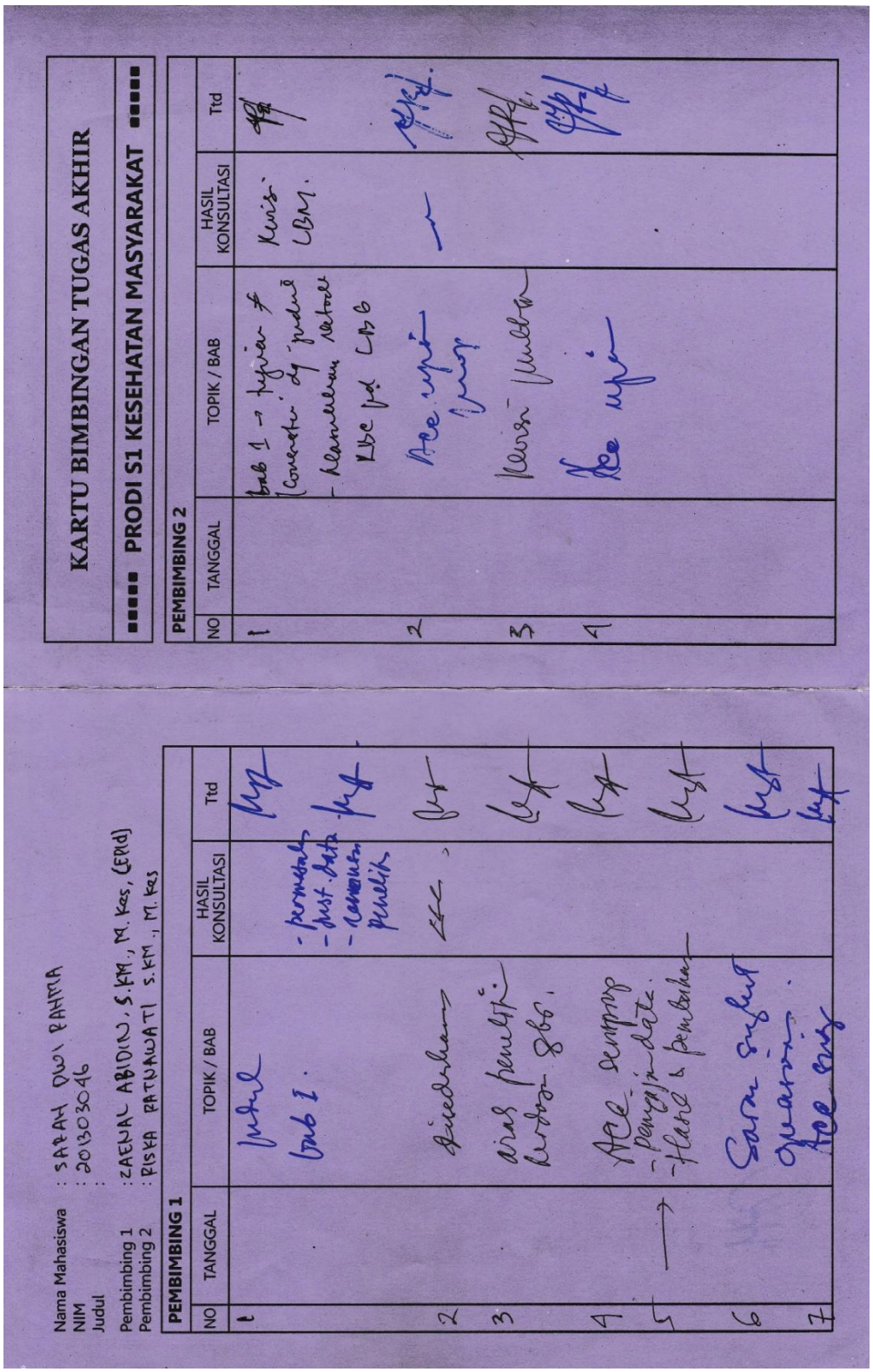
kadarBOD

	paruhwaktu	N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Tukey HSD[a]	3 hari	4	86,2675		
	2 hari	4		135,6625	
	1 hari	4			245,5700
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Lampiran 1



KARTU BIMBINGAN TUGAS AKHIR

PRODI S1 KESEHATAN MASYARAKAT

Nama Mahasiswa : SARAH DWI RAHMA
NIM : 201303046
Judul :
Pembimbing 1 : ZAENAL ABIDIN, S.KM., M.Kes, (EPid)
Pembimbing 2 : RISKA RATNAWATI S.KM., M.Kes

PEMBIMBING 1

NO	TANGGAL	TOPIK / BAB	HASIL KONSULTASI	Ttd
1		Judul		
		bab I	- permasalah - dist. data - rancangan penelitian	
2		diredaksi		
3		aral penelitian berdasar 8bb.		
4		Acc sempro - pengajian data - flasi & pembahasan		
5	→			
6		Saran sufat gerakan		
7		Acc sisy		

PEMBIMBING 2

NO	TANGGAL	TOPIK / BAB	HASIL KONSULTASI	Ttd
1		bab 1 → tujuan # (Concretion dg judul - klarifikasi retoda KBC jd CBB	Kurisi LBM.	
2		Acc rupa proposal		
3		Kurisi pembahasan		
4		Acc rupa		

Lampiran 1. Lembar Konsultasi

Lampiran 2

DINAS PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, PEMUDA DAN OLAHRAGA
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN NEGERI 3 KIMIA MADIUN
Jl. Mayjend Panjaitan No. 20A Telepon (0351) 457359 Madiun

HASIL ANALISIS UJI LABORATORIUM

Madiun, 4 april 2017

No : LB.07.08/5.3/133/2017
Jenis Sampel : Limbah Cair Tempe
Kelurahan Sukosari Kota Madiun
Pengambil : Sarah Dwi Rahma
(Mahasiswa STIKES Bhakti Husada Mulia Madiun)
Pengambilan : 9 Maret 2017

Mengacu Pada Pergubjatim Nomor 72 Tahun 2013

No	Parameter Analisis	Hasil	Batas Maksimum	Satuan
1	Biological Oxygen Demand (BOD_5)	352,04	75	mg/L

Kepala SMKN 3 Madiun

SUNARDI, S. Pd, M. Pd
NIP : 196[illegible]1161992031008

Sub Unit Laboratorium

SUKAMTO, S. Si
NIP : 197804072014061004

Lampiran 2. Hasil Analisis Uji Laboratorium (stady pendahuluan)

Lampiran 3

DINAS PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, PEMUDA DAN OLAHRAGA
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN NEGERI 3 KIMIA MADIUN
Jl. Mayjend Panjaitan No. 20A Telepon (0351) 457359 Madiun

HASIL ANALISIS UJI LABORATORIUM

Madiun, 14 Agustus 2017

No : LB.05.06/5.1/135/2017
Jenis Sampel : Limbah Cair tempe
Kel. Sukosari, Kec. Kartoharjo, Kota Madiun
Pengambil : Sarah Dwi Rahma
(Mahasiswa STIKES Bhakti Husada Mulia Madiun)
Pengambilan : 10 Agustus 2017

Mengacu Pada Pergubjatim Nomor 72 Tahun 2013

No	Parameter Analisis	Kadar BOD			Batas Maksimum	Satuan
		Hari ke 1	Hari ke 2	Hari ke 3		
1	Sampel 1	246,89	138,12	95,2		mg/L
2	Sampel 2	244,52	135,91	82,32		mg/L
3	Sampel 3	245,11	137,34	83		mg/L
4	Sampel 4	245,76	131,28	84,55	75	mg/L

Catatan : * Hasil pengujian hanya berlaku untuk contoh sampel yang diperiksa

Sub Unit Laboratorium

SUKAMTO, S. Si
NIP : 197804072014061004

Kepala SMKN 3 Madiun

PEMERINTAH KOTA MADIUN SMK NEGERI 3 DINAS PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, PEMUDA DAN OLAHRAGA

SUNARDI, S. Pd. M. Pd
NIP : 196611181992031008

Lampiran 3. Hasil Analisis Uji Laboratorium Penelitian

Lampiran 4

Lampiran 4. Proses pembuatan alat RBC

Lampiran 5

Lampiran 5. Pengambilan Sampel Limbah Cair Industri Tempe

Lampiran 6

Lampiran 6. Proses melakukan uji sampel BOD pada limbah cair industri tempe

NAMA : SARAH DWI RAHMA

NIM : 201303046

JUDUL : Tingkat Penurunan Kadar BOD Menggunakan RBC (*Rotating Biological Contractor*) dengan Metode Waktu Paruh pada Limbah Cair Industri Tempe

No.	BAB/SUB BAB	Hal yang Direvisi	Penguji
1.		1. Judul abstak diperbaiki 2. Gambar teknik sampling disesuaikan dengan BSN. 3. Bab 5 tabel rata-rata penurunan kadar BOD dimasukan. 4. Pembahasanya ditambah lagi.	Ketua Dewan Penguji: Avicena Sakufa M., S.KM., M.Kes.
2.		1. Memberikan saran dan masukan.	Penguji I: Zaenal Abidin, S.KM., M.Kes., (Epid)
3.		1. Daftar pustaka tahunya terlalu lama.	Penguji II: Riska Ratnawati, S.KM., M.Kes.

Madiun, Agustus 2017

Kaprodi Kesehatan Masyarakat

Avicena Sakufa Marsanti, S.KM., M.Kes.

NIS. 2015 0114