



**METODE KOMBINASI DALAM MENURUNKAN KADAR
BOD₅ DAN COD PADA LIMBAH CAIR TEPUNG AREN**

**(Studi Kasus di Industri Tepung Aren Desa Daleman
Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

Disusun oleh:

Rahina Esti Nirwana

NIM 6411415084

**JURUSAN ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2019

ABSTRAK

Rahina Esti Nirwana

Metode Kombinasi Dalam Menurunkan Kadar BOD₅ dan COD pada Limbah Cair Tepung Aren (Studi Kasus di Industri Tepung Aren Desa Daleman Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten)

XVII + 132 halaman + 9 tabel + 24 gambar + 10 lampiran

Limbah cair tepung aren merupakan limbah yang dihasilkan pada proses pemerasan serat aren untuk mendapatkan endapan tepung pati. Limbah yang dihasilkan mengandung kadar BOD₅ 2985 mg/l dan COD 8740 mg/l yang melebihi baku mutu menurut Perda Jateng No 5 tahun 2012. Selain mencemari air, dengan kenaikan kadar BOD₅ dan COD dapat menimbulkan bau busuk serta mengganggu kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar BOD₅ dan COD dengan perlakuan metode kombinasi aerasi filtrasi dan adsorpsi.

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan pendekatan *Pretest-Posttest Control Group Design*. Objek penelitian yang digunakan merupakan limbah cair tepung aren rumah produksi milik Bapak Nurdin di Dusun Bendo Desa Daleman Kecamatan Tulung. Jumlah replikasi yang digunakan sebanyak 4. Data dianalisis menggunakan analisis univariat.

Hasil menunjukkan rata-rata penurunan kadar BOD₅ pada *treatment 1* sebesar 10%, *treatment 2* sebesar 15%, *treatment 3* sebesar 27% dan kontrol sebesar 1%. Rata-rata penurunan kadar COD pada *treatment 1* sebesar 23%, *treatment 2* sebesar 35%, *treatment 3* sebesar 39% dan kontrol sebesar 6%.

Saran penelitian ini adalah perlu ada penyuluhan dan pelatihan pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan untuk mengurangi pencemaran langsung.

Kata kunci : Limbah Cair, Tepung Aren, BOD₅, COD

Kepustakaan : 48 (1992-2018)

Public Health Science Department
Faculty of Sport Science
Semarang State University
October, 2019

ABSTRACT

Rahina Esti Nirwana

The Combination Method in Reducing BOD₅ and COD Levels on Flour Waste of Sugar Palm (A Case Study in the Flour Industry of Sugar Palm at Daleman Village, Tulung Subdistrict, Klaten Regency).

XIII + 132 pages + 9 tables + 24 pictures + 10 appendices

The flour liquid waste of sugar palm is a waste which is produced in the extraction process of the palm fiber to get starch flour deposits. The produced waste contains BOD₅ 2985 mg/l and COD 8740 mg/l which exceeds the standard quality as the Central Java Regional Regulation No 5 of 2012. Besides polluting the water, the increasing levels of BOD₅ and COD can cause a stink and disturb public health. This study aimed to find out the reduction of BOD₅ and COD levels by aeration filtration and adsorption combination methods.

This research was an experimental research with the Pretest-Posttest Control Group Design approach. The object of this research was the flour liquid waste of sugar palm in the production house owned by Mr. Nurdin at Bendo, Daleman, Tulung. The total replications that used were 4. The data were analyzed using univariate.

The average reduction in BOD₅ levels in treatment 1 10%, treatment 2 15%, treatment 3 27% and control 1%. The average reduction in COD level of treatment 1 23%, treatment 2 35%, treatment 3 39% and control 6%.

The suggestion of this research is it is needed to be counseling and training in waste management before being discharged to the environment in order to reduce direct pollution.

Keywords: Liquid Waste, Sugar Palm Flour, BOD₅, COD

Literature: 48 (1992-2018)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam pustaka.

Semarang, 15 Oktober 2019

Penulis



Rahina Esti Nirwana

NIM. 6411415084

PENGESAHAN

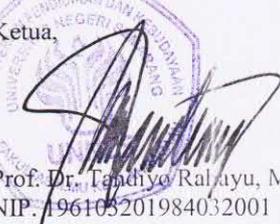
Skripsi dengan judul "Metode Kombinasi dalam Menurunkan Kadar BOD₅ dan COD pada Limbah Cair Tepung Aren (Studi Kasus di Industri Tepung Aren Desa Daleman Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten)" yang disusun oleh Rahina Esti Nirwana NIM 6411415084 telah dipertahankan di hadapan panitia ujian pada Ujian Skripsi Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Semarang, yang dilaksanakan pada :

Hari, tanggal : Kamis, 14 November 2019

Tempat : Ruang Ujian Jurusan IKM B

Panitia Ujian

Ketua,



Prof. Dr. Tandiyo Ralayu, M.Pd.
NIP. 196103201984032001

Sekretaris,

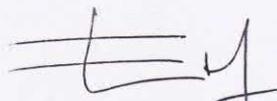


Muhammad Azinar, S.K.M., M.Kes.
NIP. 198205182012121002

Dewan Penguji

Tanggal

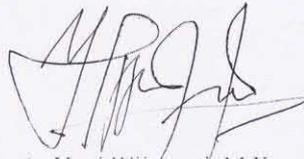
Penguji I



Eram Tunggul Pawenang, S.K.M., M.Kes.
NIP. 197409282003121001

20/12/19

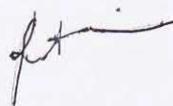
Penguji II



Dr. dr. Yuni Wijayanti, M.Kes.
NIP. 196606092001122001

31/12/2019

Penguji III



Rudatin Windraswara, S.T., M.Sc.
NIP. 198208112008121004

02/01-2020

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- Belajarlah dari kekeliruan di masa lalu, mencoba dengan cara yang berbeda, dan senantiasa berharap untuk sebuah kesuksesan di masa depan
- Kebahagiaan bukanlah seberapa banyak harta yang dimiliki namun seberapa banyak mampu bersyukur
- Man Sara Ala Darbi Washala (Barang siapa menapaki jalan-Nya pasti akan sampai tujuan)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

- Bapak dan Ibu tercinta (Bapak Diyono & Ibu Pains)
- Kakak dan Adik-adikku tersayang (Hening Wista L, Suci Utami Adi L, Muslim Sakti L)

PRAKATA

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia, serta hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “Metode Kombinasi Dalam Menurunkan Kadar BOD₅ dan COD Pada Limbah Cair Tepung Aren (Studi Kasus Di Industri Tepung Aren Desa Daleman Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten)”. Pembuatan skripsi ini untuk melengkapi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat.

Berkat pertolongan dari berbagai pihak yang mau meluangkan waktu dan pikirannya sehingga penulis bisa merampungkan proses pembuatan proposal ini. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dekan Fakultas Ilmu Keolahragaan, Prof. Dr. Tandiyo Rahayu, M.Pd. atas ijin penelitian yang telah diberikan.
2. Ketua Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Dr. Irwan Budiono, M.Kes. atas ijin penelitiannya.
3. Dosen pembimbing, Rudatin Windraswara, S.T, M.Sc. terimakasih atas bimbingan, arahan, nasihat dukungan serta kesabaran hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Bapak ibu dosen Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, atas bekal ilmu dan perhatian yang diberikan.

5. Pemilik industri tepung aren Bapak Nurdin, atas bantuan dan ijin penelitiannya.
6. Kedua orangtuaku tercinta Bapak Diyono dan Ibu Paini yang dengan penuh kesabaran membesarkan, mendidik, membimbing, selalu memberikan doa terbaik, motivasi serta memberikan segala cinta dan kasih sayang.
7. Kakak dan adikku tersayang Hening Wista Luhur, Suci Utami Adi L, Muslim Sakti Linuwih yang telah menemani dan selalu memberi keceriaan kepada penulis, dan selalu penulis repotkan.
8. Sahabat seperjuangan, Khamidah, Dewil, Laelatul, Wiwid, Mia Ema, Isna dan lain-lain yang selalu direpotkan terimakasih untuk semangat, dan dukungan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan banyak kekurangan. Dengan segenap kerendahan hati, penulis berharap semoga segala kekurangan yang ada pada skripsi ini dapat dijadikan bahan pembelajaran untuk penelitian yang lebih baik di masa yang akan datang.

Semarang, 15 Oktober 2019

Penulis

Rahina Esti Nirwana

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	7
1.3 TUJUAN PENELITIAN	8
1.4 MANFAAT.....	8
1.4.1 Bagi Peneliti.....	8

1.4.2	Bagi Jurusan Kesehatan Masyarakat	8
1.4.3	Bagi Pengusaha Tepung Aren.....	9
1.4.4	Bagi Instansi Terkait	9
1.5	KEASLIAN PENELITIAN.....	9
1.6	RUANG LINGKUP PENELITIAN.....	11
1.6.1	Ruang Lingkup Tempat	11
1.6.2	Ruang Lingkup Waktu	11
1.6.3	Ruang Lingkup Keilmuan	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA		12
2.1	LANDASAN TEORI	12
2.1.1	Air Limbah.....	12
2.1.2	Biological Oxygen Demand (BOD).....	16
2.1.3	Chemical Oxygen Demand (COD)	17
2.1.4	Pengolahan Limbah Cair	18
2.1.5	Aerasi.....	20
2.1.6	Filtrasi.....	22
2.1.7	Adsorpsi.....	23
2.1.8	Industri Tepung Aren	29
2.2	KERANGKA TEORI.....	36
BAB III METODE PENELITIAN		37

3.1	KERANGKA KONSEP	37
3.2	VARIABEL PENELITIAN.....	38
3.2.1	Variabel Bebas	38
3.2.2	Variabel Terikat	38
3.3	HIPOTESIS PENELITIAN	38
3.4	JENIS DAN RANCANGAN PENELITIAN	38
3.5	DEFINISI OPERASIONAL DAN SKALA PENGUKURAN VARIABEL	39
3.6	OBJEK PENELITIAN DAN REPLIKASI	40
3.6.1	Objek Penelitian.....	40
3.6.2	Replikasi	40
3.7	INSTRUMEN PENELITIAN	41
3.7.1	Desain Alat	41
3.7.2	Alat dan Bahan.....	42
3.8	PROSEDUR PENELITIAN	43
3.8.1	Tahap Studi pendahuluan	43
3.8.2	Tahap Penelitian.....	43
3.8.3	Tahap Paska Penelitian.....	45
3.8.4	Tes laboratorium	45
3.9	TEKNIK ANALISIS DATA	48

3.9.1	Pengolahan Data	48
3.9.2	Analisis Data.....	48
BAB IV HASIL PENELITIAN.....		379
4.1	GAMBARAN UMUM.....	49
4.1.1	Gambaran Lokasi Penelitian.....	49
4.1.2	Gambaran Pelaksanaan Penelitian	49
4.2	HASIL PENELITIAN.....	50
4.2.1	Hasil Pengujian Awal Limbah Cair Tepung Aren.....	50
4.2.2	Hasil Pengukuran Kadar BOD ₅ Limbah Cair Tepung Aren.....	51
4.2.3	Hasil Pengukuran Kadar COD Limbah Cair Tepung Aren.....	53
4.2.4	Rekapitulasi Hasil Validasi Pengukuran BOD ₅ dan COD	56
BAB V PEMBAHASAN		371
5.1	KADAR BOD ₅ DAN COD PADA SURVEI AWAL	60
5.2	ANALISIS rata-rata KADAR BOD ₅ DAN COD HASIL PENELITIAN .	61
5.2.1	Rata-rata Kadar BOD ₅ Hasil Penelitian	62
5.2.2	Rata-rata Kadar COD Hasil Penelitian.....	63
5.3	ANALISIS penurunan kadar bod ₅ dan Cod.....	64
5.4	HAMBATAN DAN KELEMAHAN PENELITIAN	67
5.4.1	Hambatan Penelitian	67
5.4.2	Kelemahan Penelitian.....	67

BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	69
6.1 SIMPULAN.....	69
6.2 SARAN	69
6.2.1 Bagi Pemilik Usaha Industri Tepung Aren.....	69
6.2.2 Bagi Instansi yang Terkait	70
6.2.3 Bagi Peneliti Selanjutnya.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71
Lampiran 1 Surat Tugas Pembimbing	76
Lampiran 2 Surat Izin Penelitian ke BAPPEDA Kabupaten Klaten	77
Lampiran 3 Surat Izin Penelitian ke BBTCLPP Yogyakarta	78
Lampiran 4 Surat Izin Penelitian dari BAPPEDA Kabupaten Klaten	79
Lampiran 5 Surat Izin Penelitian dari BBTCLPP Yogyakarta.....	80
Lampiran 6 Ethical Clearance	81
Lampiran 7 Surat Keterangan Selesai Penelitian.....	82
Lampiran 8 Laporan Hasil Uji Laboratorim.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian	9
Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Tepung Aren.....	35
Tabel 3.1 Definisi Operasional dan Skala Pengukuran.....	39
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran BOD ₅ Limbah Cair Tepung Aren	52
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran COD Limbah Cair Tepung Aren.....	55
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran BOD ₅ Limbah Cair Tepung Aren	58
Tabel 4.4 Penurunan Kadar BOD ₅ Limbah Cair Tepung Aren	58
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran COD Limbah Cair Tepung Aren.....	59
Tabel 4.6 Penurunan Kadar COD Limbah Cair Tepung Aren	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pembuatan Tepung Aren.....	33
Gambar 2.2 Kerangka Teori.....	36
Gambar 3.1 Kerangka Konsep.....	37
Gambar 3.2 Desain Alat	41
Gambar 4.1 Kadar BOD ₅ Replikasi 1	52
Gambar 4.2 Kadar BOD ₅ Replikasi 2	52
Gambar 4.3 Kadar BOD ₅ Replikasi 3	53
Gambar 4.4 Kadar BOD ₅ Replikasi 4	53
Gambar 4.5 Kadar BOD ₅ Replikasi 5	53
Gambar 4.6 Kadar BOD ₅ Replikasi 6	53
Gambar 4.7 Kadar BOD ₅ Replikasi 7	54
Gambar 4.8 Kadar BOD ₅ Replikasi 8	54
Gambar 4.9 Kadar BOD ₅ Replikasi 9	54
Gambar 4.10 Kadar COD Replikasi 1.....	55
Gambar 4.11 Kadar COD Replikasi 2.....	55
Gambar 4.12 Kadar COD Replikasi 3.....	56
Gambar 4.13 Kadar COD Replikasi 4.....	56
Gambar 4.14 Kadar COD Replikasi 5.....	56
Gambar 4.15 Kadar COD Replikasi 6.....	56
Gambar 4.16 Kadar COD Replikasi 7.....	57

Gambar 4.17 Kadar COD Replikasi 8.....	57
Gambar 4.18 Kadar COD Replikasi 9.....	57
Gambar 4.19 Rata-Rata Penurunan BOD ₅	59
Gambar 4.20 Rata-Rata Penurunan COD.....	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Tugas Pembimbing	75
Lampiran 2 Surat Izin Penelitian ke BAPPEDA Kabupaten Klaten	76
Lampiran 3 Surat Izin Penelitian ke BBTKLPP Yogyakarta.....	77
Lampiran 4 Surat Izin Penelitian dari BAPPEDA Kabupaten Klaten	78
Lampiran 5 Surat Izin Penelitian dari BBTKLPP Yogyakarta.....	79
Lampiran 6 Ethical Clearance	80
Lampiran 7 Surat Keterangan Selesai Penelitian.....	81
Lampiran 8 Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana	82
Lampiran 9 Laporan Hasil Uji Laboratorium.....	83
Lampiran 10 Dokumentasi	128

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan industri di Indonesia saat ini sangatlah pesat. Hal ini di buktikan dengan tingginya perkembangan di sektor industri. Berdasarkan hasil survei tahunan yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, terdapat 25.249 industri skala besar dan sedang, sedangkan industri kecil dan mikro sebanyak 33.8585(BPS, 2017). Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Tengah pada tahun 2015 jumlah industri besar dan sedang sebanyak 4.378 (BPS Jateng, 2017). Industri mempunyai pengaruh besar kepada lingkungan, karena mengubah alam menjadi produk baru dan menghasilkan limbah produksi yang mencemari lingkungan. Industri-industri menghasilkan limbah, baik limbah cair, padat, maupun gas yang akan masuk ke dalam lingkungan sekitar industri tersebut (Setyaningsih, 2008). Limbah-limbah tersebut dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Industri yang belum mempunyai sarana pengolahan limbah seringkali menimbulkan masalah pencemaran lingkungan yang kadang-kadang disertai dengan keluhan dan protes masyarakat. Salah satu contoh industri yang menyumbangkan limbah adalah industri tepung aren.

Tepung aren merupakan bahan baku pembuatan soun, cendol, bakmi, bakso, hunkwe, dan lain-lain. Luas lahan perkebunan aren di Jawa Tengah pada

tahun 2015 sebanyak 2.944,4 hektar. Di Kabupaten Klaten tidak terdapat perkebunan aren, namun ada industri pembuatan tepung aren yang tergolong besar. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Klaten pada tahun 2016 terdapat 2 sentra industri tepung aren dengan jumlah industri sebanyak 72 unit usaha (BPS Klaten, 2017). Pusat industri tepung aren di Kabupaten Klaten terletak di Desa Daleman, Kecamatan Tulung, Kabupaten Klaten. Berdasarkan data yang diperoleh dari Kantor Desa, pada tahun 2018 industri besar atau sedang tepung aren terdapat 2 usaha, sedangkan industri kecil sebanyak 152 usaha.

Industri tepung aren di Desa Daleman sebagian besar terletak di Dusun Bendo. Menurut penelitian Sudarsono dkk(2013), sekitar 20-30 % bahan baku dapat diolah menjadi tepung aren. Jika pada suatu waktu pasokan mencapai 100 ton, maka produksi tepung aren dapat mencapai 20-30 ton yang dihasilkan dalam waktu 3 hari. Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kabupaten Klaten pada tahun 2015, sekitar 10 m³ air digunakan untuk mengolah 10 ton bahan baku pembuatan tepung aren. Jika jumlah bahan baku diperkirakan dapat mencapai 100 ton yang diolah dalam 3 hari, maka timbulan air limbah diperkirakan sekitar 100 m³ dalam 3 hari atau 33 m³ per hari.

Banyaknya air limbah dari industri tepung aren di Desa Daleman yang dilepas secara langsung ke lingkungan melalui saluran drainase berdampak buruk bagi lingkungan sekitar. Berdasarkan data dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kabupaten Klaten pada tahun 2015 di tiga titik pengambilan sampel limbah cair pati aren diperoleh kadar BOD₅ masing-masing sebesar 5000,2 mg/l,

4800,2 mg/l, dan 3800,2 mg/l. Sementara itu, kadar COD sampel air limbah di tiga titik, masing-masing sebesar 12.687,5 mg/l, 12.400,2 mg/l, dan 9350 mg/l.

Menurut Peraturan Pemerintah Daerah (PERDA) Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah, batas syarat kadar BOD₅ untuk baku mutu air limbah golongan II sebesar 100 mg/l sedangkan untuk COD sebesar 250 mg/l sehingga hasil pengukuran tersebut menunjukkan kadar BOD₅ dan COD limbah cair tepung aren melebihi baku mutu. Apabila limbah cair dibuang langsung ke lingkungan sebelum dilakukan pengolahan maka akan menimbulkan pencemaran air. Selain mencemari air, dengan kenaikan kadar BOD₅ dan COD dapat menimbulkan bau busuk.

Pengukuran kualitas air Sungai Bendo yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Klaten pada tahun 2015 menunjukkan bahwa kadar BOD₅ dan COD sebesar 4,9 mg/l dan 14,80 mg/l. Hasil tersebut menunjukkan bahwa air sungai Bendo tidak dapat diklasifikasikan sebagai sungai kelas I menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Klasifikasi kelas I menandakan air Sungai Bendo tidak dapat digunakan sebagai air baku untuk minum.

Pembuangan air limbah yang tidak diolah terlebih dahulu akan mengakibatkan pencemaran air dangkal atau air sumur warga sekitar. Sebagian besar dari warga Desa Daleman masih menggunakan air sumur sebagai sumber air bersih. Banyak sumur yang sudah tercemar oleh aktifitas produksi tepung pati aren. Sumur yang tercemar memiliki ciri-ciri yaitu warna air sumur kekuning-

kuningan dan berbau anyir. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Widyaningsih (2012) menunjukkan bahwa kualitas air tanah dangkal di area industri tepung aren Desa Daleman 67% dari sampel air sumur termasuk dalam kualitas air kelas D (buruk) dengan tingkat tercemar berat.

Air yang tercemar limbah organik terutama limbah yang berasal dari industri olahan makanan merupakan tempat yang subur untuk berkembangbiaknya mikroorganisme, termasuk mikroba patogen yang dapat menimbulkan penyakit menular dan tidak menular (Wardhana, 2004). Menurut penelitian dari Halder & Islam (2015) kadar BOD₅ di sungai Turag kota Dhaka, Bangladesh bervariasi dari 0,7 mg / L hingga 4,65 mg / L. Sebanyak 70% responden menyatakan bahwa mereka menderita penyakit kulit, diare, radang lambung atau masalah lambung lainnya pada saat penelitian berlangsung. Hampir semua responden mengalami masalah kulit dibagian kaki dan tangan karena sering kontak dengan air.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sari & Kusnopranto (2012) dari 30 responden yang tinggal di sekitar pabrik tahu diperoleh 30% responden mengalami gangguan iritasi kulit dan 26,7% mengalami gatal-gatal. Data Puskesmas Tulung pada tahun 2015 menunjukkan bahwa 1324 jiwa menderita infeksi kulit dan pada tahun 2016 sebanyak 1998 jiwa. Gangguan kesehatan yang muncul belum tentu disebabkan oleh air limbah karena masih ada faktor lain yang memicu timbulnya gejala penyakit kulit tersebut.

Masalah pencemaran karena limbah yang tidak dikelola dengan baik tidak hanya disebabkan oleh industri besar, tetapi juga oleh industri kecil yang seringkali belum mempunyai fasilitas pengolahan limbah. Mengingat jumlah

industri kecil yang sangat banyak dan lokasi yang menyebar, maka hal ini perlu mendapat perhatian (Arsawan, 2007). Salah satu pengolahan limbah adalah dengan menggabungkan beberapa metode yaitu metode aerasi, filtrasi, dan adsorpsi.

Aerasi merupakan salah satu *treatment* pengolahan limbah dengan memasukkan oksigen kedalam limbah. Penambahan oksigen merupakan usaha pengambilan zat pencemar yang tergantung di dalam air, sehingga konsentrasi pencemar akan hilang. Menurut penelitian Arsawan (2007) ada pengaruh waktu aerasi terhadap penurunan nilai BOD sebesar 85% dan sisanya 15% dipengaruhi oleh faktor lain.

Pemakaian zeolit sebagai media filter memiliki kemampuan menurunkan polutan organik yang lebih tinggi yaitu $\pm 90\%$ dibandingkan tanpa media sebesar 70%. Perbedaan tersebut disebabkan karena zeolit menjadi media melekatnya mikroorganisme, hingga membentuk lapisan biologis (biofilm) yang berfungsi menguraikan bahan organik (Budijono, 2010). Pada penelitian yang dilakukan oleh Budijono, dkk (2010) diperoleh hasil pengujian pemakaian zeolit sebagai media biofilter dengan kombinasi proses anaerob-aerob selama 30 hari dalam menurunkan polutan organik air limbah tahu cenderung stabil. Selama waktu tersebut, polutan organik dari uji COD mampu diturunkan dari 2539 mg/l menjadi 176 mg/l.

Adsorpsi juga merupakan teknik pengolahan air limbah, salah satunya menggunakan zeolit sebagai adsorben karena merupakan polimer anorganik. Berdasarkan penelitian Rochma (2017) adsorpsi dengan menggunakan karbon

aktif memiliki efisiensi penyisihan COD terbesar adalah 16.444,08 mg/l dengan persentase penyisihan sebesar 98,74 % pada waktu kontak 2,5 jam. Sedangkan efisiensi penyisihan BOD terbesar adalah 1.640,70 mg/l dengan persentase penyisihan sebesar 92,30 % pada waktu kontak 2,5 jam. Pada penelitian yang dilakukan oleh Luluk Edahwati dan Suprihatin (2009) kombinasi metode aerasi, filtrasi dan adsorpsi dapat menurunkan nilai COD limbah industri perikanan dari COD awal 323,55 mg/l menjadi COD akhir 58,95 mg/l. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Meng, et al. (2018) menunjukkan bahwa proses adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif granul dapat secara efektif mengurangi COD air limbah dari 183 mg/l menjadi 51,9 mg/l.

Hasil survei pendahuluan pada tanggal 21 Januari - 13 Februari 2019 yang mengambil sampel di salah satu industri rumah tepung pati aren Dusun Bendo Desa Daleman didapatkan kadar BOD₅ sebesar 2985 mg/l dan COD sebesar 8740 mg/l. Menurut Kepala Desa Daleman Bapak Mursito mengungkapkan bahwa limbah cair dari hasil produksi tepung aren langsung dibuang tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Kegiatan ini terus berlangsung dikarenakan tidak tersedianya IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Pembuangan air limbah dilakukan melalui selokan atau saluran air dan berakhir di Kali Bendo yang letaknya tidak jauh dari area produksi. Hal ini mengakibatkan penampakan fisik dari Kali Bendo berwarna hitam, kotor dan tercium bau tidak sedap.

Berdasarkan hasil wawancara dengan responden yang merupakan pekerja di industri tepung aren Dusun Bendo diperoleh sebanyak 65% responden memiliki keluhan gatal-gatal dibagian tangan dan kaki saat memeras pati aren. Sedangkan

yang memiliki keluhan kulit terkena kutu air (*Tinea pedis*) pada telapak kaki sebanyak 45%. Penyakit ini terjadi karena responden bekerja sebagai buruh pemeras pati aren dimana setiap hari bekerja di tempat yang basah dan bersinggungan langsung dengan air limbah tepung aren. Selain keluhan kulit, responden juga mengungkapkan bahwa air limbah pati aren menimbulkan bau tidak sedap.

Berdasarkan hal di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang pengolahan limbah tepung aren dengan mengambil judul “Metode Kombinasi Dalam Menurunkan Kadar BOD₅ dan COD pada Limbah Cair Tepung Aren”.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah ada perbedaan kadar BOD₅ dan COD pada limbah cair tepung aren sebelum dan sesudah diberi perlakuan dengan metode aerasi filtrasi adsorpsi?
2. Apakah metode aerasi filtrasi adsorpsi (zeolit, karbon aktif dan pasir silika) efektif menurunkan kadar BOD₅ dan COD pada limbah cair tepung aren?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kadar BOD₅ dan COD pada limbah cair tepung aren sebelum dan sesudah diberikan perlakuan dengan metode aerasi filtrasi dan adsorpsi.
2. Mengetahui keefektifan metode aerasi filtrasi dan adsorpsi dalam menurunkan kadar BOD₅ dan COD pada limbah cair tepung aren.

1.4 MANFAAT

1.4.1 Bagi Peneliti

Menambah pengetahuan dalam bidang kesehatan masyarakat khususnya kesehatan lingkungan mengenai limbah dan dampaknya terhadap lingkungan dan masyarakat. Selain itu, dapat menambah wawasan dan pengalaman tentang pengolahan limbah cair tepung aren agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan .

1.4.2 Bagi Jurusan Kesehatan Masyarakat

Dapat menambah kepustakaan dan pengembangan ilmu kesehatan masyarakat khususnya tentang pengolahan limbah cair. Menambah referensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya yang mengambil tema pengolahan limbah cair.

1.4.3 Bagi Pengusaha Tepung Aren

Memberikan informasi mengenai cara pengolahan limbah cair tepung aren dengan metode aerasi filtrasi dan adsorpsi. Dapat menjadi referensi pengolahan limbah yang bisa diterapkan dalam skala kecil.

1.4.4 Bagi Instansi Terkait

Memberi informasi mengenai pencemaran lingkungan yang ditimbulkan dari limbah cair tepung aren dan potensi metode pengolahan limbah dengan metode aerasi filtrasi dan adsorpsi sebagai salah satu alternatif cara pengolahan limbah cair tepung aren. Selain itu, dapat dijadikan landasan untuk membuat kebijakan penanganan limbah cair tepung aren.

1.5 KEASLIAN PENELITIAN

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian

No	Peneliti	Judul	Rancangan Penelitian	Variabel	Hasil Penelitian
1.	Isti Mubarokah	Gabungan metode aerasi dan adsorpsi dalam menurunkan fenol dan COD pada limbah cair ukm batik purnama di Desa Kliwonan Kecamatan Masaran Kabupaten Sragen tahun 2010	Eksperimen semu	Variabel bebas : gabungan antara metode aerasi dan filtrasi. Variabel terikat : kadar fenol dan COD setelah perlakuan	Berdasarkan hasil uji non parametrik kadar fenol dan COD dengan uji <i>wilcoxon</i> diperoleh nilai <i>significancy</i> kelompok sesudah perlakuan I, perlakuan II, perlakuan III dan sebelum perlakuan adalah 0,008 ($p < 0,05$), dengan demikian dapat disimpulkan

					bahwa, terdapat perbedaan bermakna antara sebelum dan sesudah perlakuan dengan aerasi dan adsorpsi
2.	Frida Wahyuningsih	Penerapan Kombinasi Metode Filtrasi Adsorpsi Dan Aerasi Untuk Penurunan Kadar BOD ₅ Limbah Cair Tahu	<i>Quasy Eksperimen Design</i> , desain penelitian yang digunakan <i>Pretest and Posttest With Control Group Design</i>	Variabel bebas : Penerapan kombinasi metode filtrasi, adsorpsi, dan aerasi. Variabel Terikat : Penurunan kadar BOD ₅ limbah cair tahu.	Berdasarkan hasil uji non parametrik kadar BOD ₅ dengan penerapan kombinasi metode filtrasi, adsorpsi, dan aerasi dengan uji <i>wilcoxon</i> diperoleh nilai signifikansinya adalah 0,0001 (p<0,05) Berdasarkan uji <i>Mann Whitney</i> diperoleh nilai signifikansi adalah 0,0001 (p<0,05), dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan bermakna kadar BOD ₅ dengan perlakuan menggunakan media kerikil, pasir silika, zeolit, dan karbon aktif dan tanpa media

Beberapa hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Parameter BOD₅ dan COD digunakan sebagai variabel terikat dalam penelitian ini.
2. Kombinasi metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode aerasi, filtrasi dan adsorpsi dengan perbedaan ketinggian media.
3. Lokasi dan objek penelitian berbeda dengan penelitian sebelumnya. Objek pada penelitian ini yaitu limbah cair aren yang diperoleh dari Industri Rumahan Pati Aren di Dusun Bendo Desa Daleman Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten.

1.6 RUANG LINGKUP PENELITIAN

1.6.1 Ruang Lingkup Tempat

Penelitian ini dilakukan di salah satu industri pengolahan tepung aren milik Bapak Nurdin yang terletak di Dusun Bendo RT 09 RW 08 Desa Daleman Kecamatan Tulung. Menurut hasil survei, limbah cair yang dihasilkan langsung dibuang ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu. Sampel limbah cair dibawa ke Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta untuk mengetahui kadar BOD₅ dan COD sebelum dan setelah diberi perlakuan.

1.6.2 Ruang Lingkup Waktu

Waktu penelitian dilaksanakan mulai bulan Juli 2019 sampai selesai.

1.6.3 Ruang Lingkup Keilmuan

Penelitian ini hanya dibatasi untuk mengetahui keefektifan kombinasi metode aerasi, filtrasi dan adsorpsi dalam penurunan kadar BOD₅ dan COD pada limbah cair tepung aren.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 LANDASAN TEORI

2.1.1 Air Limbah

2.1.1.1 Pengertian Air Limbah

Menurut UU RI No 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang dimaksud dengan limbah adalah sisa suatu usaha atau kegiatan. Limbah adalah buangan yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomi. Limbah adalah segala macam sisa dari adanya suatu kegiatan yang tidak dimanfaatkan lagi baik untuk kegiatan produksi lebih lanjut, untuk konsumsi maupun distribusi dan sisa tersebut kemudian dibuang ke badan air, udara, ataupun tanah. Limbah yang mengandung bahan polutan yang memiliki sifat racun dan berbahaya dikenal dengan limbah B3, yang dinyatakan sebagai bahan yang dalam jumlah relatif sedikit tetapi berpotensi untuk merusak lingkungan hidup dan sumberdaya (Kristianto, 2002).

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 yang disebut dengan air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair, sedangkan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Limbah cair adalah limbah dalam

wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat mencemari lingkungan (Suharto, 2010).

2.1.1.2 Karakteristik

Dalam menentukan karakteristik limbah maka ada tiga jenis sifat yang harus diketahui yaitu:

1. Sifat fisik

Sifat fisik suatu limbah ditentukan berdasarkan jumlah padatan terlarut, tersuspensi dan padatan total, alkalinitas, kekeruhan, warna, salinitas, daya hantar listrik, bau dan temperatur. Sifat fisik ini beberapa dapat dikenali secara visual tapi untuk mengetahui secara lebih pasti maka dapat digunakan laboratorium (Ginting, 2007).

2. Sifat kimia

Kandungan bahan kimia yang ada didalam air limbah dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap (Suharto, 2010). Pencemar senyawa kimia organik misalnya karbohidrat, protein, lemak, minyak, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Organic Carbon* (TOC), alkalinitas. Pencemar senyawa kimia anorganik misalnya logam berat, Nitrogen, Phospat, Khlorida, Sulfur, Hidrogen, Sulfit dan gas yang terlarut dalam limbah cair (Suharto, 2010).

3. Sifat biologis

Bahan-bahan organik dalam air terdiri dari berbagai macam senyawa. Protein adalah salah satu senyawa kimia sebagai penolong, sehingga dalam air

terdapat kandungan bahan organik dan anorganik yang berbahaya ataupun beracun (Ginting, 2007)

Pemeriksaan biologis di dalam air limbah untuk memisahkan apakah ada bakteri-bakteri patogen berada dalam air limbah. Keterangan biologis diperlukan untuk mengukur kualitas dan menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan (Sugiharto, 2005). Mikrobiologi dalam air limbah misalnya mikroba patogen yaitu *Thyphus-cholerae-dysentri*, polivirus, virus Hepatitis B, *Salmonella typhi*, cacing parasit, bakteri, protozoa dan *coliform*(Suharto, 2010).

2.1.1.3 Sumber Air Limbah

Sumber air limbah dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain berasal dari industri, limbah rumah tangga, limbah pertanian dan sebagainya.

1. Industri

Limbah cair dijumpai pada industri yang menggunakan air dalam proses produksinya. Mulai dari pra pengelolaan bahan baku sampai pada produksi akhir menghasilkan limbah cair. Pada dasarnya limbah cair tidak memberikan efek pencemaran sepanjang kandungan dalam air tidak membawa senyawa-senyawa yang membahayakan ataupun bahan-bahan endapan (Ginting, 2007). Pabrik industri mengeluarkan limbah yang dapat mencemari ekosistem air. Pembuangan limbah industri ke sungai-sungai dapat menyebabkan berubahnya susunan kimia, bakteriologi serta fisik air. Polutan yang dihasilkan oleh pabrik dapat berupa:

- 1) Logam berat: timbal, merkuri, tembaga, seng dan lain-lain.
- 2) Panas: air yang sangat tinggi temperaturnya sulit menyerap oksigen yang pada akhirnya akan mematikan biota air.

Sifat beracun dan berbahaya dari limbah ditunjukkan oleh sifat fisik dan sifat kimia bahan itu baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Beberapa kriteria berbahaya dan beracun ditetapkan, antara lain mudah terbakar, mudah meledak, korosif, bersifat oksidator dan reduktor yang kuat, mudah membusuk, dan lain-lain, sehingga perlu ditetapkan batas-batas yang diperkenankan dalam lingkungan untuk waktu tertentu (Kristianto, 2002).

2. Limbah rumah tangga

Dari rumah tangga dapat dihasilkan berbagai macam zat organik dan anorganik yang dialirkan melalui selokan-selokan dan akhirnya bermuara di sungai-sungai. Selain dalam bentuk zat organik dan anorganik dari limbah rumah tangga bisa terbawa bibit-bibit penyakit yang dapat menular pada hewan dan manusia sehingga menimbulkan epidemi yang luas dimasyarakat. Air limbah rumah tangga terdiri dari tiga fraksi penting yaitu:

- 1) Tinja (*feses*), berpotensi mengandung mikroba pathogen.
- 2) Air seni (*urine*), umumnya mengandung Nitrogen dan Fosfor, serta kemungkinan kecil mikro-organisme.
- 3) *Grey water*, merupakan air bekas cucian dapur, mesin cuci dan kamar mandi. *Grey water* sering juga disebut dengan istilah *sullage*.

3. Limbah pertanian

Penggunaan pupuk pabrik di daerah pertanian akan mencemari air yang keluar dari pertanian, air yang mengandung bahan makanan bagi ganggang, sehingga mengalami pertumbuhan dengan cepat, ganggang yang menutupi permukaan air akan berpengaruh jelek terhadap ikan-ikan dan komponen biotik

air ekosistem dari air tersebut. Dari daerah pertanian terlarut sisa-sisa pestisida yang terbawa ke sungai atau bendungan, pestisida bersifat toksik akan mematikan hewan-hewan air, burung dan bahkan manusia.

2.1.2 Biological Oxygen Demand (BOD)

2.1.2.1 Pengertian

Biological Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen biologis adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air lingkungan untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan organik yang ada di dalam air lingkungan tersebut. Sebenarnya peristiwa penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme di dalam air lingkungan adalah proses alamiah yang mudah terjadi apabila air lingkungan mengandung oksigen yang cukup (Wardhana, 2004).

2.1.2.2 Arti Penting BOD

Konsumsi oksigen dapat diketahui dengan mengoksidasi air pada suhu 20⁰C selama 5 hari, dan nilai BOD yang menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi dapat diketahui dengan menghitung selisih konsentrasi oksigen terlarut sebelum dan setelah inkubasi. Pengukuran 5 hari pada suhu 20⁰C ini hanya mengitung sebanyak 68% bahan organik yang teroksidasi, tetapi suhu dan waktu yang digunakan tersebut merupakan standar uji karena diperlukan waktu yang lebih lama yaitu mungkin 20 hari, sehingga dianggap tidak efisien (Fardiaz, 1992). Nilai BOD digunakan untuk memonitor kualitas air dan biodegradasi senyawa organik dalam limbah cair. Jika nilai BOD tinggi berarti konsentrasi

oksigen terlarut dalam limbah cair kecil dibawah ambang batas yang diizinkan sehingga mikroorganismenya akan mati (Suharto, 2010).

2.1.2.3 Dampak Negatif BOD

Apabila kandungan oksigen dalam air lingkungan menurun maka kemampuan bakteri untuk memecah bahan buangan organik juga akan menurun. Jika oksigen yang terlarut sudah habis maka bakteri aerobik akan mati semua. Dalam keadaan seperti ini bakteri anaerobik akan mengambil alih tugas untuk memecah bahan buangan yang ada di dalam air lingkungan. Hasil pemecahan pada kondisi anaerobik pada umumnya berbau tidak enak. Sebagai contoh, amonia berbau amis dan anyir, sedangkan H_2S dan komponen fosfor akan berbau busuk. Mengingat akan hal ini air lingkungan yang aerobik jangan sampai berubah menjadi anaerobik (Wardhana, 2004).

2.1.3 Chemical Oxygen Demand (COD)

2.1.3.1 Pengertian COD

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Wardhana, 2004). COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis (*biodegradable*) maupun yang sukar didegradasi secara biologis (*nonbiodegradable*) menjadi CO_2 dan H_2O (Effendi, 2003). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikroorganismenya dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Nilai COD yang tinggi menunjukkan

adanya pencemaran air oleh zat-zat organik yang berasal dari berbagai sumber seperti limbah pabrik, limbah rumah tangga, dan sebagainya.

2.1.3.2 Arti penting COD

COD Jika pada perairan terdapat bahan organik yang resisten terhadap degradasi biologis, misalnya selulosa, tannin, lignin, fenol, polisakarida, benzene, dan sebagainya, maka lebih cocok dilakukan pengukuran nilai COD dibandingkan nilai BOD. Penentuan total zat organik dalam air dapat dengan cara tidak langsung yaitu menentukan COD. Disebut tidak langsung karena yang ditentukan adalah kebutuhan oksigen untuk mencerna zat organik secara kimiawi. Cara ini masih cukup relevan dan banyak digunakan pada berbagai kepentingan. Dasar penentuan total zat organik adalah dengan mengoksidasi menggunakan oksidator (KMnO_4 atau $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Banyaknya KMnO_4 atau $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang digunakan untuk oksidasi ekuivalen dengan banyaknya total zat organik.

2.1.4 Pengolahan Limbah Cair

Pada dasarnya pengolahan limbah cair menurut Kristanto (2002) dapat dibedakan menjadi:

2.1.4.1 Pengolahan Menurut Tingkatan Perlakuan

Menurut tingkat proses/perlakuannya, pengolahan limbah air dapat digolongkan menjadi lima tingkatan.

1. Pengolahan pendahuluan (*pretreatment*)

Pengolahan ini digunakan untuk memisahkan padatan kasar, mengurangi ukuran padatan, memisahkan minyak atau lemak, dan proses menyertakan fluktuasi aliran limbah pada bak penampung. Unit yang terdapat dalam

pengolahan pendahuluan adalah saringan, pencacah, bak penangkap pasir, penangkap lemak dan minyak, dan bak penyerataan.

2. Pengolahan pertama (*primary treatment*)

Pada pengolahan ini bertujuan untuk mengurangi kandungan partikel padat tersuspensi yang masih lolos dari pengolahan pendahuluan. Kemungkinan terdapatnya partikel dalam keadaan mengambang maupun tersuspensi dengan ukuran diameter butiran yang bervariasi mulai 0,1 μ mm sampai dengan 0,5 μ mm maka pengolahannya dilakukan dengan cara fisik yaitu melalui pengendapan atau pengapungan (Ginting, 2007).

3. Pengolahan kedua (*secondary treatment*)

Pengolahan kedua pada umumnya melibatkan proses biologis dengan tujuan untuk mengurangi bahan organik melalui mikroorganisme yang ada didalamnya. Mikroorganisme menguraikan materi organik terlarut dalam limbah cair menjadi produk yang lebih sederhana dan partikel flokulen yang dapat mengendap (Sugiharto, 2005).

4. Pengolahan ketiga (*tertiary treatment*)

Pengolahan ketiga merupakan kelanjutan dari pengolahan terdahulu. Oleh karena itu, pengolahan ini baru akan dipergunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua masih terdapat banyak zat tertentu yang berbahaya bagi masyarakat umum (Sugiharto, 2005). Metode ini dipakai terutama untuk menghilangkan bahan organik *biodegradable* dalam limbah cair. Senyawa-senyawa organik tersebut dikonversikan menjadi gas dan air yang kemudian dengan sendirinya dilepaskan ke atmosfer (Ginting, 2007).

5. Pembunuhan bakteri (*desinfektion*)

Tahap pembunuhan bakteri bertujuan untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam air limbah. Kegiatan yang termasuk dalam tahap ini adalah klorinasi dan ozonisasi (Sugiharto, 2005)

6. Pembuangan lanjutan

Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan atau mengumpulkan lumpur yang merupakan hasil dari pengelolaan limbah cair tersebut. Kegiatan yang dapat dilakukan dalam tahap ini adalah pembakaran, penutupan tanah dan dibuang ke laut (Sugiharto, 2005)

2.1.4.2 Pengolahan Menurut Karakteristik Limbah

Pengolahan limbah cair secara umum dapat dilakukan secara fisika, kimia dan biologi. Seluruh proses tersebut bertujuan untuk menghilangkan kandungan padatan tersuspensi, koloid dan bahan-bahan organik yang terlarut. Proses pengolahan yang termasuk pengolahan fisika antara lain pengolahan dengan menggunakan screening, sedimentasi, filtrasi, sentrifugasi dan flotasi. Proses pengolahan yang termasuk kimia diantaranya koagulasi & flokulasi, netralisasi, oksidasi dan reduksi. Pengolahan limbah secara biologi adalah memanfaatkan *mikroorganisme* (ganggang, bakteri, protozoa) untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa yang sederhana. Proses ini dilakukan jika proses fisika atau kimia atau gabungan keduanya tidak memuaskan.

2.1.5 Aerasi

Teknik aerasi adalah salah satu usaha pengolahan limbah cair dengan cara menambahkan oksigen ke dalam limbah cair tersebut. Penambahan oksigen

adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar tersebut, sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Zat yang diambil dapat berupa gas, cairan, ion, koloid atau bahan tercampur lainnya (Sugiharto, 2005). Udara berfungsi untuk konsumsi bakteri agar dengan aktif dapat memakan kandungan organik dalam limbah. Bakteri pengurai mengkonsumsi bahan-bahan organik sehingga berurai menjadi bahan-bahan sederhana seperti CO_2 , CO dan H_2O . pada akhirnya CO_2 terbang ke udara dan H_2O menyatu dengan air (Ginting, 2007).

Usaha penambahan oksigen ke dalam air limbah dapat melalui 2 cara, yaitu:

1. Memasukkan udara ke dalam air limbah

Memasukkan udara ke dalam air limbah adalah proses memasukkan udara atau oksigen murni ke dalam air limbah melalui benda porous atau *nozzle*. Apabila *nozzle* diletakkan di tengah-tengah, maka akan meningkatkan kecepatan berkontaknya gelembung udara tersebut dengan air limbah, sehingga proses pemberian oksigen akan jalan lebih cepat. Udara yang dimasukkan berasal dari udara luar yang dipompakan ke dalam air limbah oleh pompa tekan.

2. Memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen

Memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen adalah cara mengontakkan air limbah melalui pemutaran baling-baling yang diletakkan pada permukaan air limbah. Akibat dari pemutaran ini, air limbah akan terangkat ke atas dan dengan terangkatnya maka air limbah akan mengadakan kontak langsung dengan udara sekitarnya (Sugiharto, 2005).

2.1.6 Filtrasi

Penyaringan adalah pengurangan lumpur tercampur partikel koloid dari air limbah dengan melewati pada media yang porous (Sugiharto, 2005). Proses filtrasi adalah pengolahan air buangan digunakan untuk menyaring air yang telah melalui proses koagulasi kimiawi dan proses pengendapan (Asmadi & Suharno, 2012). Mekanisme proses filtrasi yaitu :

1. Proses pengendapan pada permukaan media berpori
2. Proses biologi yaitu adanya bakteri yang mengambil kotoran-kotoran dari air limbah untuk dimakan
3. Proses penyerapan di pori-pori dari media filtrasi (Joko, 2010).

Media filter adalah suatu lapisan berpori yang terbentuk dari bahan-bahan lepas atau terpadatkan (misalnya: pasir, anyaman, kertas, kerak, dan lain-lain). Media ini menahan semua partikel yang mempunyai ukuran lebih besar daripada lubang atau pori-porinya. Dari sekian banyak media filter yang tersedia, biasanya hanya sebuah atau beberapa saja yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah filtrasi tertentu secara sempurna. Berdasarkan medianya, filtrasi dapat dibedakan menjadi :

1. *Single medium filter*

Menggunakan satu jenis media filter, biasanya menggunakan media berupa pasir atau butir antrachite.

2. *Dual media filter*

Filter jenis ini memiliki lapisan antrachite yang halus diatas lapisan pasir. Hal ini merupakan salah satu cara untuk meningkatkan volume pori dari filter itu sendiri. Susunan pori yang ideal adalah dari atas kebawah semakin kecil

3. *Multimedia filter*

Memiliki lebih dari satu media penyaring. *Multimedia filter* pada umumnya menggunakan media antrachite, pasir, garnet dan karbon aktif. Selain dapat memisahkan partikel, media-media yang digunakan juga dapat memisahkan zat organik terlarut(Asmadi & Suharno, 2012).

2.1.7 Adsorpsi

Penyerapan secara umum adalah proses mengumpulkan benda-benda terlarut yang terdapat dalam dalam larutan dua permukaan. Antar permukaan itu bisa antara cairan dan gas, zat padat atau cairan, bahkan penyerapan dipergunakan pada permukaan zat padat dan zat yang kental (Sugiharto, 2005). Proses adsorpsi akan menyebabkan interaksi fisik (*physisorption*) atau kimia (*chemisorption*) antara adsorben dan adsorbat. Interaksi ini akan mengikat zat yang tidak diinginkan ke penyerap dan kemudian keluar dari sistem(Bello & Raman, 2017). Adsorpsi telah diakui sebagai metode yang efektif untuk menghilangkan polutan organik dari air limbah. Selain keefektifannya, adsorpsi biasanya merupakan proses yang *reversible*, menawarkan kemungkinan untuk regenerasi adsorben melalui desorpsi (Fu & Wang, 2011).

Adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. Adsorpsi fisik yaitu berhubungan dengan gaya *Van der Waals* dan merupakan suatu proses bolak-balik apabila daya tarik menarik antara zat terlarut dan adsorben lebih besar daya tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya maka zat yang terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben.
2. Adsorpsi kimia yaitu reaksi yang terjadi antara zat padat dan zat terlarut yang teradsorpsi. Adsorpsi menggunakan istilah adsorban dan adsorben, di mana adsorbent adalah merupakan suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon, sedangkan adsorbant adalah merupakan suatu media yang diserap. Pada air buangan proses adsorpsi adalah merupakan gabungan antara adsorpsi secara fisika dan kimia yang sulit dibedakan, namun tidak akan mempengaruhi analisa pada proses adsorpsi.

Pengelolaan limbah cair untuk menurunkan kadar COD antara lain dengan penyaringan dan osmosis, penyerapan karbon (adsorpsi), pertukaran ion, saringan pasir serta penggumpalan dan pengendapan. Pada pengelolaan limbah cair ini dipergunakan cara adsorpsi karena dapat mengurangi pengotoran bahan organik, partikel termasuk benda yang tidak dapat diuraikan (*nonbiodegradable*) ataupun gabungan antara bau, warna dan rasa (Sugiharto, 2005).

Dalam pengolahan air limbah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sebagai berikut :

1. Besar kecilnya ukuran media

Besar kecilnya ukuran media sangat berpengaruh dalam lolos atau tertahannya suatu zat yang ada dalam air.

2. Ketebalan media

Semakin tebal lapisan media, maka luas permukaan penahan partikel-partikel semakin besar dan jarak yang ditempuh air semakin lama atau panjang.

3. Kecepatan

Kecepatan akan mempengaruhi lamanya operasi filtrasi dan adsorpsi, agar lamanya operasi saringan dapat diperpanjang diperlukan adanya tekanan pada permukaan lapisan media dengan menambah ketinggian air diatas lapisan media.

4. Temperatur

Filtrasi air juga dipengaruhi oleh temperatur, hal tersebut akan berpengaruh terhadap aktivitas bakteri serta metabolisme lainnya. Dalam pemakaian karbon aktif sebagai media adsorpsi dianjurkan untuk menyelidiki suhu pada saat berlangsungnya proses. Karena tidak ada peraturan umum yang bisa diberikan mengenai suhu yang digunakan dalam adsorpsi.

5. Derajat Keasaman

Untuk asam-asam organik, adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

6. Waktu kontak

Waktu kontak juga merupakan salah satu hal yang penting dalam proses penyaringan. Semakin tebal media saring yang digunakan, maka waktu kontak yang terjadi antar air dengan media filter semakin panjang. Bila karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan.

Berikut ini beberapa media yang dapat digunakan untuk media pengolahan air limbah :

1. Zeolit

Zeolit adalah silikat hidrat dengan struktur sel berpori dan mempunyai sisi aktif yang mengikat kation yang dapat bertukar. Struktur inilah yang membuat zeolit mampu melakukan pertukaran ion. Zeolit alam merupakan mineral yang mempunyai sifat sebagai penjerap yaitu mampu menjerap ion-ion logam penyebab kesadahan air.

Keuntungan dari penggunaan mineral zeolit sebagai bahan penyaring adalah pemilahan molekul zat yang terserap, disamping penyerapan berdasarkan ukuran garis tengah molekul ruang hampa. Apabila ada dua molekul atau lebih yang dapat melintas, tetapi karena adanya pengaruh kutub atau hubungan antara molekul zeolit itu sendiri dengan molekul zat yang diserap, maka hanya sebuah saja yang diloloskan, sedang yang lain ditahan atau ditolak. Molekul yang berkutub lebih atau tidak jenuh akan lebih diterima daripada yang tidak berkutub atau yang jenuh. Media zeolit menyediakan area habitat untuk mikroorganisme,

dan mendukung produksi enzimatisnya sehingga biodegradasi senyawa organik dan katalisis elektron lebih efisien (Yakara, Türea, Türkerb, Vymazalc, & Saz, 2018)

2. Karbon Aktif

Karbon aktif ialah karbon yang berbentuk amorf, berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, serta mempunyai daya adsorpsi yang jauh lebih besar dibandingkan dengan arang yang belum mengalami aktivasi. Secara garis besar proses pembuatan arang aktif pada dasarnya adalah proses pembentukan luas permukaan internal yang berukuran mikro atau meso sebanyak mungkin, yang disebut proses aktivasi karbon. Proses pembentukan ada 2, yaitu:

1. Cara fisika

Pemakaian panas pada hampir semua reaksi yang ada tanpa pemberian zat aditif. Proses karbonisasi pada prinsipnya adalah mengeliminir unsur-unsur hidrogen serta oksigen yang terikat dalam bahan baku sehingga tinggal karbonnya saja yang merupakan unsur dominasi dalam arang. Karbonisasi dilakukan dengan jalan memanaskan bahan baku dalam bejana tertutup yang berarti jumlah udaranya sangat terbatas pada suhu 400-600°C.

2. Cara kimia

Cara pembuatan hampir sama dengan proses fisika, yang membedakan hanya pada cara kimiawi yaitu melibatkan suatu reagen sebagai contoh H_3PO_4 , H_2SO_4 , ZnH_2 , HCl , dan $Ca(OCl)_2$. Caranya yaitu dengan mencampurkan bahan dengan reagen yaitu H_3PO_4 kemudian dipanaskan pada suhu di atas 100°C sekitar 15 menit, setelah itu dipanaskan pada bejana hingga suhu 200°C selama 1 jam.

Selanjutnya suhu dinaikkan sampai 400-500°C selama kurang lebih 20 menit. Setelah itu arang dicuci dengan air. Selain itu juga dapat menggunakan NaOH dengan perendaman selama 12 jam 31 kemudian dilakukan penyaringan, ditiriskan dan dikeringkan kemudian di panaskan dalam *muffle furnice* pada temperatur 900°C.

Penggunaan karbon aktif (AC), sebagai penyerap, telah terbukti efektif dalam berbagai aplikasi, termasuk menghilangkan polutan organik dan anorganik dari air limbah. Fleksibilitas luas permukaan tinggi, struktur berpori dan kapasitas adsorpsi permukaan, yang dapat dimodifikasi secara tepat dengan perlakuan fisik dan kimia, adalah salah satu alasan penggunaan adsorben tersebut. Namun, menggunakan karbon aktif menghabiskan biaya yang tinggi (El-Naas, Al-Zuhair, & Alhaija, 2010)

3. Pasir Silika

Pasir silika terdiri atas SiO_2 dengan struktur terahedral dengan 4 atom oksigen yang mengelilingi Si. Pencemar Fe dalam pasir silika antara 0,15 sampai 0,45%. Silika digunakan untuk proses filtrasi air yang mengandung padatan tersuspensi. Silika mempunyai muatan negatif pada nilai pH netral sehingga mampu menarik partikel bermuatan positif berbentuk senyawa koloid dalam air yang akan dimurnikan. Pasir silika di Indonesia dapat diperoleh dari Pulau Belitung, Pati, Palangkaraya. Kadar silika dalam pasir tersebut berkisar antara 99,60% sampai 99,80%. Fungsi pasir silika dalam kolom adalah untuk memindahkan senyawa koloid dalam air dan padatan tersuspensi (Suharto, 2010).

2.1.8 Industri Tepung Aren

Industri tepung aren adalah salah satu kegiatan ekonomi yang mengolah batang aren menjadi barang setengah jadi yaitu tepung pati aren, yang nantinya memiliki nilai jual yang lebih tinggi sesuai peruntukannya. Tepung aren digunakan untuk pembuatan aneka produk makanan, terutama produk-produk yang sudah dikenal masyarakat luas yaitu shoun, bakmi, hunkwe.

Aren (*Arenga pinnata*) merupakan tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae) yaitu biji buahnya terbungkus daging buah. Tanaman ini hidup pada daerah yang memiliki tanah yang subur pada ketinggian 500-800 meter di atas permukaan laut. Tinggi pohon aren dapat mencapai 15m dengan diameter mencapai 65cm. Waktu pohon masih muda, batangnya tidak terlalu terlihat karena tertutup oleh pangkal-pangkal pelepah daun. Batangnya akan nampak setelah daun yang paling bawah sudah gugur. Hal ini terjadi sesudah berumur 3-3,5 tahun. Empulur batang mengandung zat pati yang cukup tinggi sebagai persediaan makanan cadangan. Zat inilah yang diubah menjadi gula dan sering disadap sebagai nira. Selain itu juga dibutuhkan oleh para pembuat tepung aci/aren.

Batang pohon aren yang digunakan dalam pembuatan tepung aren adalah batang aren yang berumur muda (15-25 tahun), karena kandungan tepung aren lebih banyak dihasilkan oleh batang aren yang berumur muda dari pada batang aren yang berumur tua. Kualitas tepung yang dihasilkan empulur aren jauh lebih baik dari sagu, karena dilihat dari tempat hidup aren di daerah tanah kering

sehingga kandungan airnya lebih sedikit dari pada kandungan sagu yang hidupnya di daerah basah atau berair.

2.1.4.1 Pembuatan Tepung Aren

1. Pamarutan potongan batang aren

Potongan batang aren biasanya berukuran 1-1,5 m dibelah memanjang menjadi 4 bagian. Kemudian belahan potongan batang aren diparut menggunakan mesin parut berbahan bakar diesel untuk memisahkan serabut kayu yang berada di dalam batang pohon aren dari kulit luarnya yang lebih keras. Serabut kayu aren ini kemudian diayak atau disaring sambil diguyur air terus menerus dalam bak penampungan sehingga menghasilkan bubur aren. Didalam bak penampungan, air bilasan berwarna coklat dan terdapat endapan pati aren yang bercampur dengan serabut kayu aren.

2. Penyaringan suspensi pati aren

Bubur aren yang dihasilkan dari penambahan air pada serabut kayu aren disaring dengan cara bubur dituang ke atas saringan dari anyaman atau ayakan kawat yang terbuat dari bahan stainless steel yang kemudian diaduk-aduk secara manual atau menggunakan mesin sehingga patinya lolos sebagai suspensi pati dan serat aren tertinggal diatas saringan. Suspensi ini ditampung dalam wadah/bak pengendapan.

3. Pengendapan pati aren

Suspensi pati kemudian dibiarkan mengendap dalam bak pengendapan selama 12 jam. Pati akan mengendap dibagian dasar bak pengendap dan cairan yang berada diatas endapan pati dibuang.

4. Pembersihan atau pencucian endapan pati aren

Endapan pati yang berwarna coklat tampak kotor. Kemudian rendaman ini didiamkan untuk mendapatkan endapan pati yang berwarna putih bersih.

5. Pengeringan

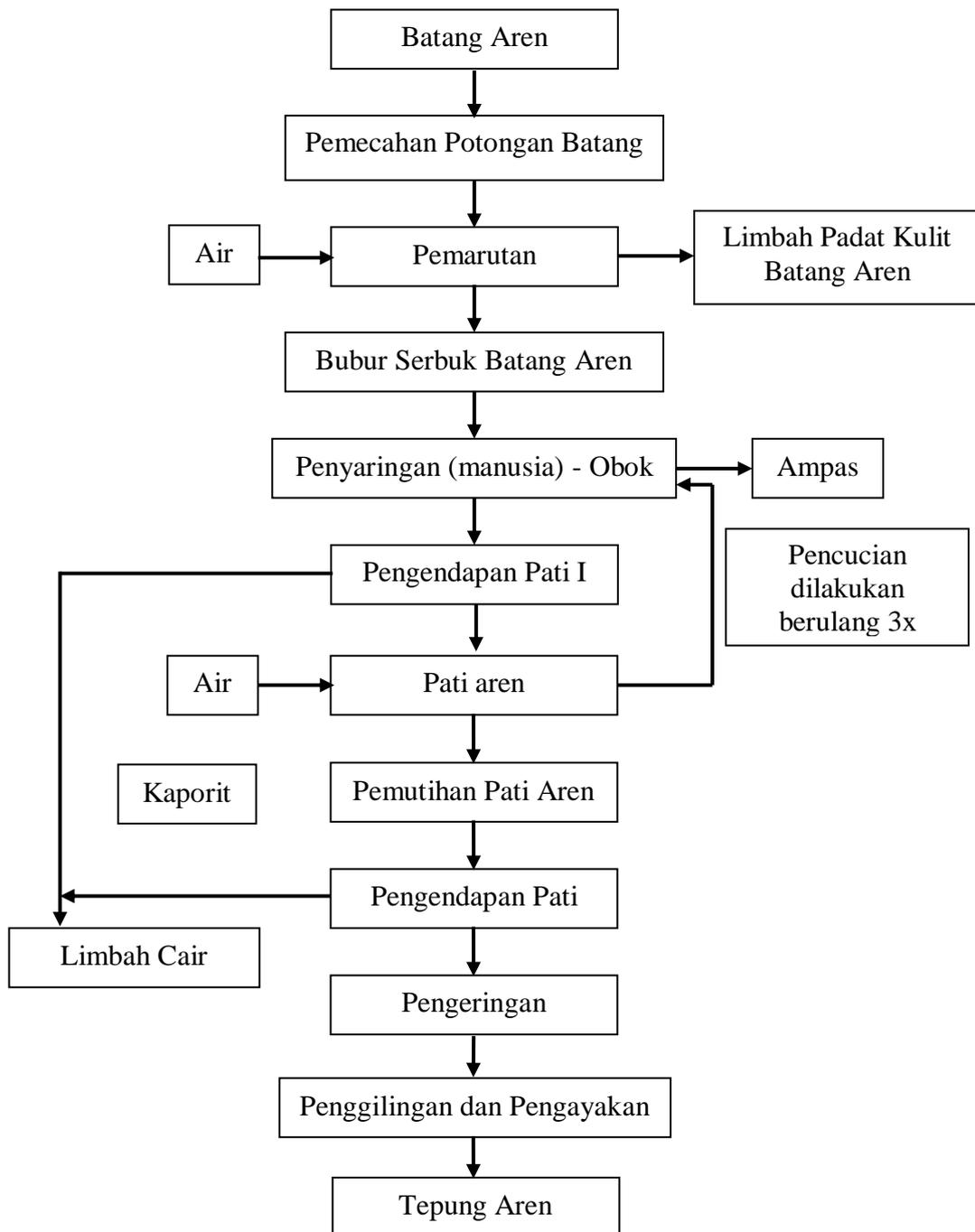
Endapan pati yang putih bersih ditiriskan menggunakan karung plastik yang digantung. Endapan yang sudah ditiriskan kemudian diayak dengan anyaman kawat yang agak rapat dengan lebar sekitar 1 mm dengan ditekan pada permukaan ayakan sehingga mendapatkan butiran pati yang kasar dan basah. Butiran tersebut kemudian dijemur diatas tampah atau lantai betin yang luas dibawah sinar matahari sehingga menghasilkan produk tepung kasar.

6. Penggilingan

Tepung kasar selanjutnya dapat ditumbuk atau digiling sampai halus menggunakan mesin mesh ukuran 80 sehingga menghasilkan tepung atau pati aren yang siap untuk dipasarkan.

7. Pengemasan

Tepung pati aren dikemas dalam karung plastik seperti pengemasan beras dan disimpan dalam gudang penyimpanan. Produk pati aren ini kemudian dijual berdasarkan pemesanan dari pembeli.



Gambar 2.1 Proses Umum Pembuatan Tepung Aren

Proses pembuatan pati aren dari potongan batang pohon aren hingga menjadi produk pati aren memerlukan waktu kurang lebih 3 hari. Jika cuaca

mendung dan hujan, waktu yang diperlukan akan lebih lama untuk proses pengeringan pati aren.

2.1.4.2 Dampak Limbah Industri Tepung Aren

Selama proses produksi berlangsung, industri tepung pati aren menghasilkan 3 limbah yaitu limbah cair, limbah padat dan limbah gas. Limbah cair berasal dari air sisa proses penyaringan atau pelepasan pati dari serat dan pengendapan tepung pati aren dalam wujud cair atau berminyak. Limbah padat berasal dari ampas sisa pamarutan aren, sedangkan limbah gas berupa bau menyengat dari limbah cair dan limbah padat. Tingginya nilai BOD dan COD menunjukkan kebutuhan oksigen oleh organisme untuk mendegradasi kontaminan dalam air limbah secara biologis dan kimia juga tinggi. Dengan demikian, kandungan oksigen terlarut (DO) yang tersisa dalam air limbah menjadi rendah. Bahan organik yang tinggi dalam air limbah dapat menurunkan kualitas lingkungan karena senyawa ini akan berada di sekitar stabilisasi atau degradasi oleh aktivitas mikroorganisme. Dalam proses ini konsentrasi oksigen dalam badan air yang terkontaminasi dengan limbah ini akan menurun, sehingga dapat mengganggu kehidupan biota air.

Konsentrasi air limbah pati aren dapat dipastikan mengandung bahan organik dalam bentuk partikel terlarut atau tersuspensi. Zat padat tersuspensi apabila tidak segera diolah akan menimbulkan bau yang tidak sedap. Ketika air limbah dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan sebelumnya, air limbah akan berubah warnanya menjadi coklat kehitaman dan berbau. Perubahan ini terjadi karena terjadinya penguraian bahan organik dalam kondisi septik dan laju oksigen

dalam genangan air menjadi nol. Air limbah dapat meresap ke dalam sumur dan mengalir ke badan air (sungai) di sekitar tempat itu. Akibatnya, sumur dan sungai akan menurunkan kualitasnya dan tidak layak untuk digunakan sebagai sumber air bersih. Dengan demikian, untuk mencegah pencemaran lingkungan dan fenomena yang terkontaminasi timbal balik, ada kebutuhan untuk mengolah air limbah industri tepung pati aren sebelum dibuang ke badan air, tujuannya adalah untuk mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi, logam dan bahan organik yang berpotensi mencemari lingkungan. lingkungan. Air bersih (sumur) tidak hanya digunakan untuk produksi industri tepung aren saja, tetapi juga untuk konsumsi dan kebutuhan sehari-hari(Wijaya, Suprayogi, & Suharyadi, 2014).

2.1.4.3 Baku Mutu Limbah Tepung Aren

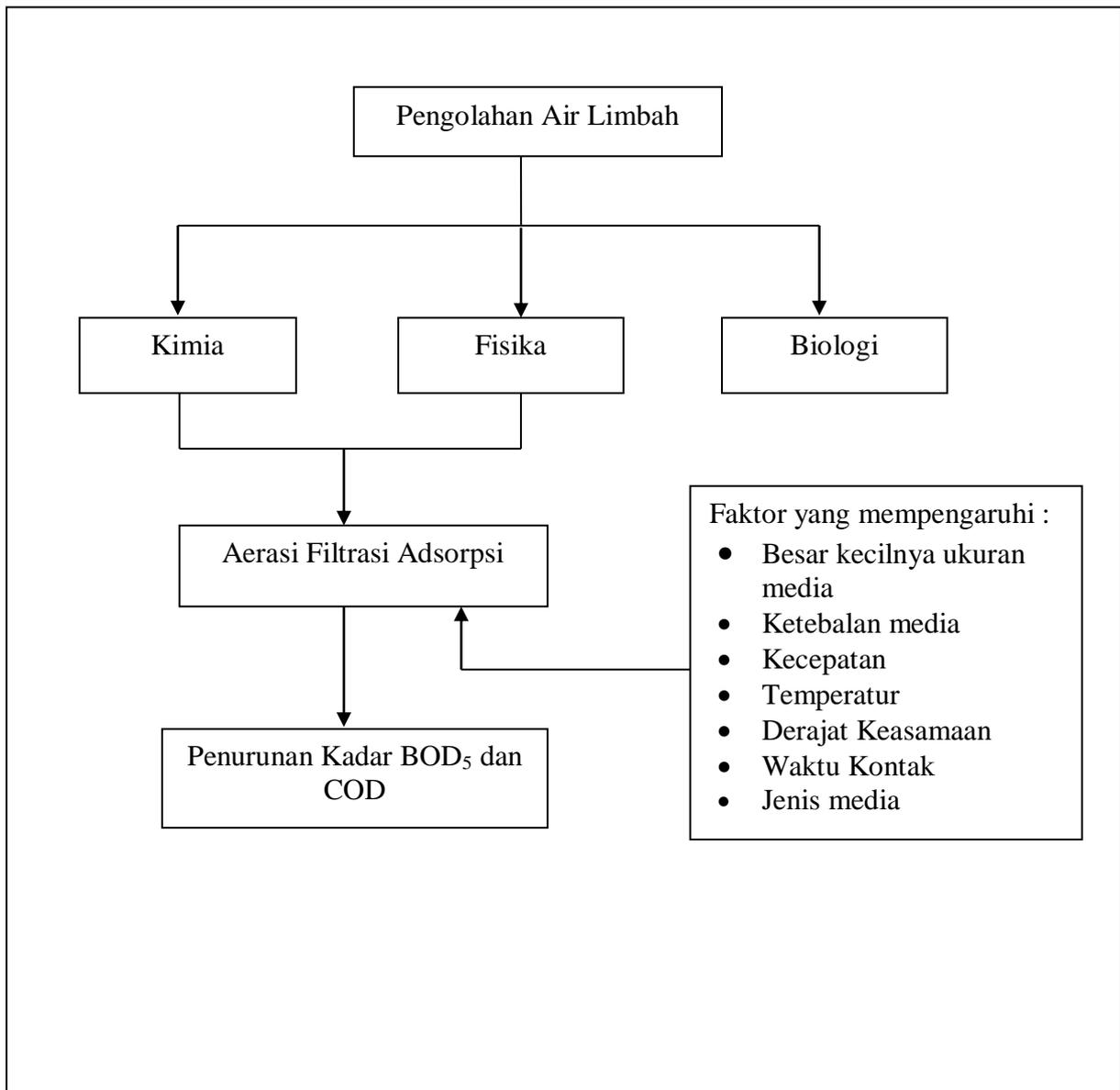
Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah harus memenuhi persyaratan pembuangan air limbah. Industri pengolahan tepung aren belum ditetapkan baku mutunya, sehingga parameter yang digunakan masuk dalam kategori baku mutu air limbah untuk usaha dan/atau kegiatan yang belum ditetapkan baku mutunya. Berdasarkan Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah Untuk Usaha dan/atau Kegiatan yang Belum Ditetapkan Baku Mutunya.

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Aren

No	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Air Limbah	
			I	II
	FISIKA			
1	Temperatur	°C	38	38
2	TDS	mg/l	2000	4000
3	TSS	mg/l	100	200
	KIMIA			
1	pH		6,0- 9,0	
2	Besi terlarut (Fe)	mg/l	5	10
3	Mangan terlarut (Mn)	mg/l	2	5
4	Barium (Ba)	mg/l	2	3
5	Tembaga (Cu)	mg/l	2	3
6	Seng (Zn)	mg/l	5	10
7	Khrom heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/l	0,1	0,5
8	Khrom total (Cr)	mg/l	0,5	1
9	Kadmium (Cd)	mg/l	0,05	0,10
10	Raksa (Hg)	mg/l	0,002	0,005
11	Timbal (Pb)	mg/l	0,1	1
12	Timah (Sn)	mg/l	2	3
13	Arsen (As)	mg/l	0,1	0,5
14	Selenium (Se)	mg/l	0,05	0,5
15	Nikel (Ni)	mg/l	0,2	0,5
16	Kobalt (Co)	mg/l	0,4	0,6
17	Sianida (CN)	mg/l	0,05	0,5
18	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,05	0,1
19	Flourida (F)	mg/l	2	3
20	Klorin bebeas (Cl ₂)	mg/l	1	2
21	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	20	30
22	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/l	1	3
23	BOD ₅	mg/l	50	100
24	COD	mg/l	100	250
25	MBAS	mg/l	5	10
26	Fenol	mg/l	0,5	1
27	Minyak nabati	mg/l	5	10
28	Minyak mineral	mg/l	10	59
29	Radioaktif	-	-	-

2.2 KERANGKA TEORI

Berdasarkan uraian dalam landasan teori, maka disusun kerangka teorisebagai berikut:



Gambar 2.2 Kerangka Teori

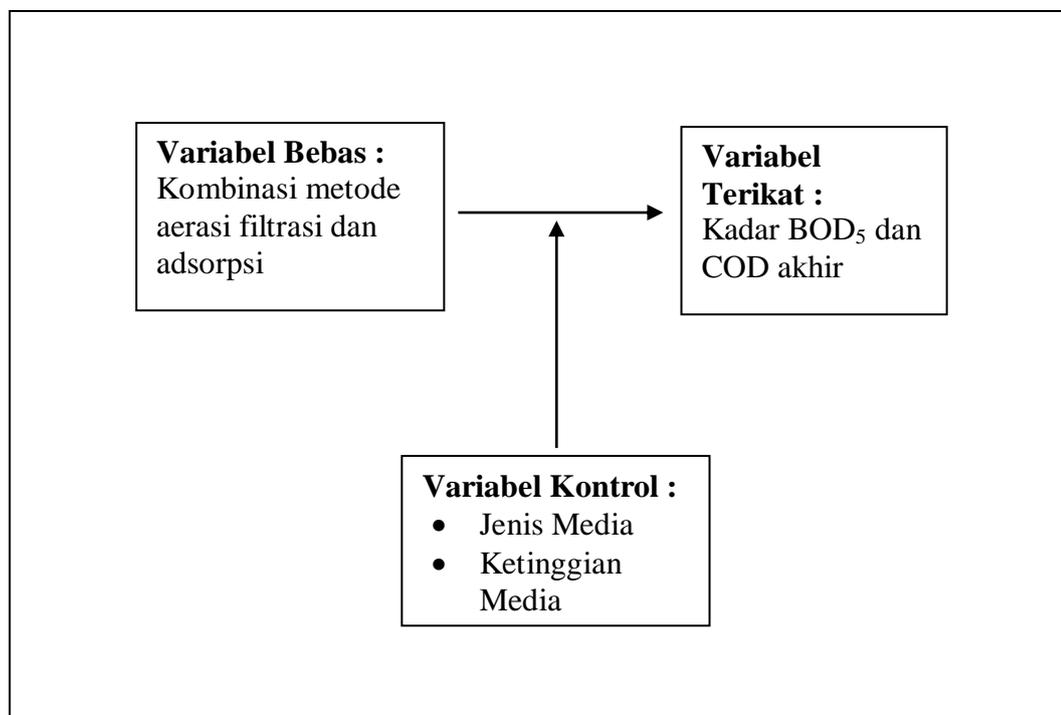
Sumber : Kristianto (2002), Perdana Ginting (2007), Sugiharto (2005), Wisnu Arya Wardhana (2004)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 KERANGKA KONSEP

Kerangka konsep penelitian adalah suatu hubungan atau kaitan antara konsep satu terhadap konsep yang lain dari masalah yang ingin diteliti, atau dapat diartikan sebagai suatu hubungan atau kaitan antara konsep-konsep atau variabel-variabel yang akan diamati atau diukur melalui penelitian yang dimaksud (Notoatmojo, 2010). Kerangka konsep penelitian dari penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 3.1 : Kerangka Konsep

3.2 VARIABEL PENELITIAN

3.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kombinasi antara metode aerasi filtrasi dan adsorpsi.

3.2.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar BOD₅ dan COD

3.3 HIPOTESIS PENELITIAN

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Ada perbedaan kadar BOD₅ dan COD pada limbah cair tepung aren sebelum dan sesudah penerapan kombinasi metode aerasi filtrasi dan adsorpsi.
2. Kombinasi metode aerasi filtrasi dan adsorpsi dengan media zeolit, karbon aktif dan pasir silika efektif menurunkan kadar BOD₅ dan COD pada limbah cair tepung aren.

3.4 JENIS DAN RANCANGAN PENELITIAN

Jenis dan rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen. Dalam penelitian ini digunakan pendekatan *Pretest-Posttest Control Group Design*. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran awal (*pretest*) terhadap kadar BOD₅ dan COD dari limbah cair tepung aren sebelum diberi perlakuan kombinasi 3 metode pengolahan air limbah yaitu : aerasi, filtrasi dan adsorpsi.

Setelah adanya pelakuan terhadap limbah cair tepung pati aren tersebut, dilakukan pengukuran kadar BOD₅, dan COD (*posttest*).

3.5 DEFINISI OPERASIONAL DAN SKALA PENGUKURAN VARIABEL

Definisi operasional dan skala pengukuran variabel dalam penelitian ini adalah :

Tabel 3.1 Definisi Operasional dan Skala Pengukuran Variabel

No	Variabel	Definisi	Alat Ukur	Kategori	Skala Pengukuran
1	Penerapan metode aerasi, filtrasi dan adsorpsi	Alat untuk menurunkan kadar BOD ₅ dan COD limbah cair industri tepung aren. Metode aerasi berupa penggunaan buble aerator selama 15 jam (Mubarokah, 2010) Metode filtrasi dan absorpsi berupa lapisan bersusun dengan media pasir silika (10 cm), zeolit (20,30,40 cm) dan karbon aktif (20, 30, 40 cm)((Mubarokah, 2010) dan		Menggunakan media pasir silika, zeolit karbon aktif Tidak menggunakan media, pasir silika, zeolit karbon aktif(kontrol)	Nominal
2	Kadar BOD ₅	Kadar BOD ₅ limbah cair tepung aren yang diturunkan menggunakan kombinasi metode aerasi, filtrasi, dan adsorpsi			Rasio (mg/l)

3	Kadar COD	Kadar limbah tepung aren yang diturunkan menggunakan kombinasi metode aerasi, filtrasi, dan adsorpsi	COD cair	Rasio (mg/l)
---	--------------	---	-------------	-----------------

3.6 OBJEK PENELITIAN DAN REPLIKASI

3.6.1 Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan adalah limbah cair tepung aren yang diambil di rumah produksi tepung aren milik Bapak Nurudin yang terletak di Dusun Bendo RT 09 RW 08 Desa Daleman Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten. Sifat dari objek penelitian ini berpasangan yaitu *Prettest* dan *Posttest*.

3.6.2 Replikasi

Replikasi adalah frekuensi (banyaknya) suatu perlakuan yang diselidiki dalam suatu percobaan (Kemas, 2004). Semakin banyak ulangan yang dipergunakan, hasil percobaan makin dapat dipercaya. Jumlah ulangan dianggap cukup baik bila memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$(t - 1)(r - 1) \geq 15$$

Keterangan :

$t = treatment$

$r = replikasi$

Jika $t = 3$ maka :

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

$$2(r-1) \geq 15$$

$$r-1 \geq 7,5$$

$$r \geq 8,5$$

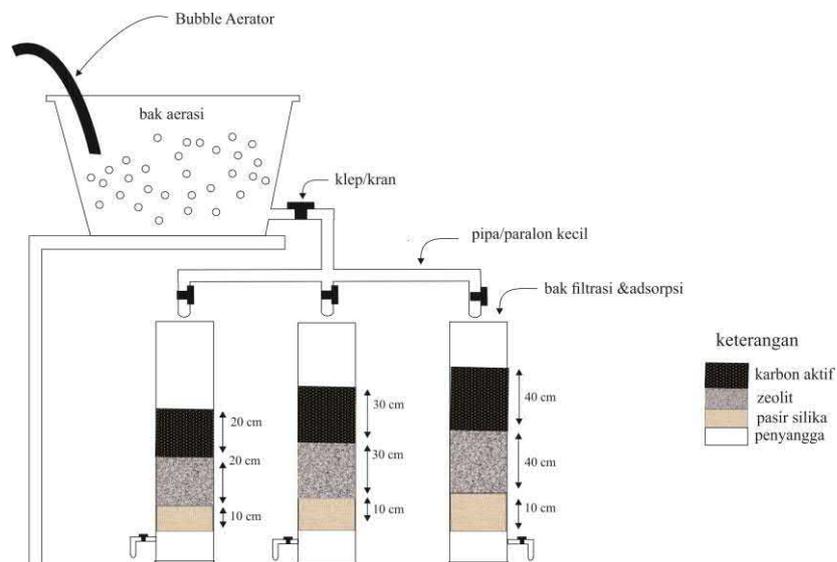
$$r = 9 \text{ (dibulatkan)}$$

Jadi total jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian sebanyak 27 untuk mengukur parameter BOD₅ dan 27 sampel untuk mengukur parameter COD.

3.7 INSTRUMEN PENELITIAN

3.7.1 Desain Alat

Berikut ini adalah rancangan desain alat pengolahan limbah cair dengan menggunakan media:



Gambar 3.2 Desain Alat

Proses pengolahan dimulai dengan memasukkan air limbah yang diambil dari tempat industri ke bak aerasi. Kemudian air limbah akan mengalir menuju

bak filtrasi dan adsorpsi ketika kran dibuka. Air limbah akan di filtrasi dan adsorpsi menggunakan media pasir silika, karbon aktif dan zeolit. Setelah itu air akan ditampung ke penampungan akhir yang hasilnya akan digunakan sebagai *post test*. Pada metode ini menggunakan metode aerasi, filtrasi dan adsorpsi.

Desain alat pengolah limbah tahu ini merupakan modifikasi dan pembaruan dari penelitian yang dilakukan oleh Isti Mubarokah (2010), Rony dan Muhammad Saleh (2018). Pembaruan terletak di penambahan metode filtrasi pada alat yang dibuat. Modifikasi yaitu pada media yang digunakan dalam metode filtrasi yang menggunakan pasir silika dan aerasi dengan menggunakan *bubble aerator*.

3.7.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian untuk pembuatan bak aerasi filtrasi dan adsorpsi adalah sebagai berikut:

1. Ember plastik ukuran 50 L
2. Pipa PVC
3. Pipa ukuran kecil
4. Kran sebanyak 7 buah
5. Bubble aerator
6. Lem pipa
7. Pisau/ Kater
8. Pasir silika
9. Karbon aktif
10. Zeolit

11. Air limbah tepung pati aren
12. Jerigen 2 liter sebanyak 54 buah

3.8 PROSEDUR PENELITIAN

3.8.1 Tahap Studi pendahuluan

1. Observasi pendahuluan untuk menentukan masalah.
2. Perumusan masalah dan lokasi penelitian.
3. Penentuan fokus penelitian.
4. Konfirmasi dengan pemilik industri tepung pati aren skala rumah tangga.
5. Pengambilan sampel awal sebagai uji pendahuluan.
6. Uji sampel awal di laboratorium.

3.8.2 Tahap Penelitian

3.8.2.1 Tahap persiapan alat

1. Cara pembuatan bak aerasi
 - 1) Melubangi bagian bawah ember plastik dengan menggunakan pisau sebesar ukuran kran yang telah tersedia.
 - 2) Memasang kran pada bagian bawah pipa.
 - 3) Memasang pipa yang sudah ada kran ke ember plastik yang telah dipasang.
 - 4) Memasang aerator yang telah dihubungkan dengan listrik.

2. Cara pembuatan bak filtrasi dan adsorpsi

- 1) Melubangi pipa PVC pada bagian bawah menggunakan pisau/ karter, setinggi 5 cm dari dasar pipa.
- 2) Memasang pipa yang telah berkran ke lubang bagian bawah pipa.
- 3) Membuat sprayer dari pipa yang telah disesuaikan panjangnya dengan diameter bak filtrasi dan adsorpsi, dengan cara melubangi dengan jarum yang dipanasi dengan lilin, melubanginya secara menyebar dan tidak terlalu besar agar air dapat menyebar ke seluruh permukaan media dan alirannya tidak terlalu deras.
- 4) Menyambungkan bak aerasi ke bak filtrasi dan adsorpsi dengan memasang pipa pada bak aerasi ke lubang bagian atas pada bak filtrasi dan adsorpsi kemudian memasang sprayer pada ujung pipa yang telah masuk di bak filtrasi dan adsorpsi.
- 5) Memasukkan media ke dalam bak filtrasi dan adsorpsi dengan ketebalan sesuai yang telah ditentukan.

3.8.2.2 Pelaksanaan perlakuan

1. Memasukkan limbah cair tepung pati aren ke dalam bak aerasi sebanyak 50 Liter.
2. Menghidupkan aerator dengan menghubungkannya dengan listrik dan melakukan aerasi tersebut selama 15 jam.
3. Setelah 15 jam, membuka kran penghubung bak aerasi dengan bak filtrasi dan adsorpsi dan mengukur kecepatan aliran.
4. Membuka kran pada pipa *effluent* dan menampung limbah cair tepung pati aren yang telah melewati bak filtrasi dan adsorpsi ke dalam jerigen.

5. Menampung *effluent* pada jerigen setiap variasi ketebalan media.

3.8.3 Tahap Paska Penelitian

Tahap paska penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran kadar BOD₅ dan COD limbah cair tepung pati aren.
2. Pencatatan hasil uji.
3. Penyusunan laporan penelitian.

3.8.4 Tes Laboratorium

Tes laboratorium yang dilakukan adalah untuk mengetahui kadar BOD₅ dan COD. Tes laboratorium dilaksanakan sebagai tahap pelaksanaan yang bertujuan untuk mengetahui kadar BOD₅ dan COD sebelum adanya perlakuan, serta setelah adanya perlakuan. Tes ini dilakukan di Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta. Cara uji BOD₅ menggunakan Standar Nasional Indonesia 6989.72:2009 Air dan Limbah Bagian 72 : Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD), sedangkan uji COD menggunakan Standar Nasional Indonesia 6989.2:2009 Air dan Limbah Bagian 2 : Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimia (COD).

3.8.4.1 Prosedur Pengujian BOD₅

1. Alat dan bahan Alat dan bahan yang digunakan dalam pengukuran BOD adalah Botol DO, lemari inkubasi suhu , botol dari gelas 5L-10L, pipet volumetrik 1,0 mL, 200,0 mL, 1000 mL, labu ukur 100 mL, 200 mL, dan 1000 mL, pH meter, DO meter.
2. Pengujian Contoh Uji

- 1) Siapkan 2 buah botol DO, tandai masing-masing A1 dan A2
- 2) Masukkan larutan contoh uji kedalam masing-masing botol DO sampai meluap, kemudian tutup masing-masing botol secara hati-hati untuk menghindari terbentuknya gelembung udara
- 3) Lakukan pengocokan beberapa kali, kemudian ditambahkan air bebas mineral pada sekitar mulut botol DO
- 4) Simpan botol A2 dalam lemari inkubator $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari
- 5) Lakukan pengukuran oksigen terlarut terhadap larutan botol A1 dengan alat DO meter yang terkalibrasi. Hasil pengukuran merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (A1)
- 6) Ulangi langkah pengerjaan ke 5 untuk botol A2
- 7) Ulangi langkah pengerjaan langkah 1-6 untuk penetapan blanko dengan menggunakan larutan pengencer tanpa contoh uji. Hasil pengukuran merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (B1) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (B2)
- 8) Ulangi langkah pengerjaan langkah 1-6 untuk penetapan kontrol standar dengan menggunakan larutan glukosa-asam glutamat. Hasil pengukuran merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (C1) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (C2).

3. Perhitungan

$$\text{BOD}_5 = \frac{(A1 - A2) - \left(\frac{B1-B2}{v_b}\right) V_c}{P}$$

BOD_5 = nilai BOD_5 contoh uji (mg/l)

- A1 = kadar oksigen terlarut contoh uji sebelum inkubasi (0 hari) (mg/l)
- A2 = kadar oksigen terlarut contoh uji setelah inkubasi (5 hari) (mg/l)
- B1 = kadar oksigen terlarut blanko sebelum inkubasi (0 hari) (mg/l)
- B2 = kadar oksigen terlarut blanko setelah inkubasi (5 hari) (mg/l)
- Vb = volume suspensi mikroba (mL) dalam botol DO blanko (mL)
- Vc = volume suspensi mikroba (mL) dalam botol contoh uji (mL)
- P = perbandingan volume contoh uji per volume total

3.8.4.2 Prosedur Uji COD

1. Alat dan bahan yang digunakan dalam pengukuran COD adalah :
Alat : COD reaktor, spektrofotometer, COD tube, magnetic stirrer, peralatan
Bahan : H_2PO_4 Pa, H_2SO_4 Pa, Ag_2SO_4 Pa, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ Pa, Kalium hidrogen ptalat (KHP).
2. Metode pengukuran COD Metode pengukuran COD dilakukan dengan menggunakan metode refluks tertutup, yaitu :
 - 1) Mengisi tabung reaksi dengan larutan pereaksi ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HgSO}_4$), H_2SO_4 , dan sampel.
 - 2) Memanaskan tabung reaksi tersebut di COD reactor pada suhu $150\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam, kemudian mendinginkannya sampai suhu ruang.
 - 3) Memasukkan tabung reaksi tersebut pada spektrofotometer dan membaca hasilnya

3.9 TEKNIK ANALISIS DATA

3.9.1 Pengolahan Data

Data penelitian yang sudah diperoleh kemudian diolah menggunakan perangkat komputer dengan langkah sebagai berikut:

1. *Editing* : Langkah ini untuk meneliti kelengkapan, kejelasan, dan konsistensi dan kesinambungan data.
2. *Coding* : Memberi kode angka pada atribut variabel untuk memudahkan analisa data.
3. *Entry Data* : Kegiatan memasukkan data ke dalam media komputer agar diperoleh masukan data yang siap diolah.
4. *Tabulasi* : Dalam tahap ini data dikelompokkan ke dalam tabel tertentu menurut sifat yang dimiliki sesuai dengan tujuan penelitian

3.9.2 Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis univariat. Analisis ini dilakukan terhadap tiap variabel untuk mengetahui rata-rata (*mean*) hasil penelitian pada masing-masing perlakuan dan persentase perbedaan kadar BOD₅ dan COD sebelum dan sesudah perlakuan. Sebelum dilakukan analisis, terlebih dahulu data yang diperoleh diubah dalam bentuk grafik dan dilihat kadar BOD₅ dan COD sebelum dan sesudah perlakuan. Apabila ada data yang tidak menunjukkan penurunan, maka tidak dipakai dalam analisis. Data yang digunakan dalam analisis univariat hanya kadar BOD₅ dan COD yang menunjukkan penurunan sebelum dan sesudah perlakuan.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Berdasarkan penelitian penerapan metode kombinasi aerasi, filtrasi, dan adsorpsi untuk penurunan kadar BOD₅ dan COD limbah cair tepung aren pada industri tepung aren Desa Daleman Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Rata-rata penurunan kadar BOD₅ setelah perlakuan pada *treatment* 1 sebesar 527.5 (10%), *treatment* 2 sebesar 837.5 (15%) dan *treatment* 3 sebesar 1315 (27%) dan kontrol sebesar 1%.
2. Rata-rata penurunan kadar COD setelah perlakuan pada *treatment* 1 sebesar 4318.83 (23%), *treatment* 2 sebesar 6521.9 (35%) dan *treatment* 3 sebesar 7271.9 (39%) dan kontrol sebesar 1568.775 (6%).
3. Penurunan tertinggi kadar BOD₅ dan COD terjadi pada *treatment* 3 masing-masing sebesar 27% dan 39%.

6.2 SARAN

6.2.1 Bagi Pemilik Usaha Industri Tepung Aren

Bagi pemilik hendaknya mengelola limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan untuk mengurangi pencemaran langsung dari limbah tepung aren.

Salah satu alternatif yang dapat digunakan yaitu dengan metode kombinasi aerasi, filtrasi dan adsorpsi dengan media, pasir silika, zeolit, dan karbon aktif.

6.2.2 Bagi Instansi yang Terkait

Bagi pihak instansi yang terkait baik desa maupun Dinas Lingkungan Hidup diharapkan melakukan penyuluhan dan pelatihan tentang pengolahan air limbah tepung aren. Selain itu dapat membuat fasilitas pengolahan air limbah terpadu sebagai output dari penyuluhan dan pelatihan.

6.2.3 Bagi Peneliti Selanjutnya

Diharapkan dapat melakukan penelitian lanjutan menggunakan metode berbeda dan media selain pasir silika, zeolit dan karbon aktif dalam menurunkan BOD₅ dan COD atau parameter lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A., Soemarno, & Purnomo, M. (2013). Kajian Kualitas Air Dan Status Mutu Air Sungai Metro Di Kecamatan Sukun Kota Malang. *Jurnal Bumi Lestari*, 13(2): 265–274.
- Arsawan, M. (2007). Pemanfaatan Metode Aerasi Dalam Pengolahan Limbah. *Ecotrophic*, Volume 2 NO. 2
- Asmadi, & Suharno. (2012). *Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- Atima, W. (2015). BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air. *Jurnal Biology Science & Education*, 4(1): 83–93
- Badan Standar Nasional. 2009. SNI 6989.72:2009. *Air dan Limbah-Bagian 72 : Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD)*. Jakarta
- Badan Standar Nasional. 2009. SNI 6989.2:2009. *Air dan Limbah-Bagian 72 : Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimia (Chemical Oxygen Demand/COD)*. Jakarta
- Bello, M. M., & Raman, A. A. (2017). Trend And Current Practices Of Palm Oil Mill Effluent Polishing Application Of Advanced Oxidation Processes And Their Future Perspectives. *Journal Of Environmental Management*, 198(1): 170–182
- BPS Jateng. (2017). *Provinsi Jawa Tengah Dalam Angka Tahun 2017*. Semarang: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah.
- BPS Klaten. (2017). *Klaten Dalam Angka 2017*. Klaten: Badan Pusat Statistik Kabupaten Klaten.
- BPS. (2017). *Statistik Indonesia 2017*. Jakarta: BPS Republik Indonesia.
- Budijono. (2010). Efektivitas Pemakaian Zeolit Sebagai Media Biofilter. *Jurnal Ilmu Perairan*, 8(2): 1–7.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- El-Naas, M. H., Al-Zuhair, S., & Alhajja, M. A. (2010). Reduction Of COD In Refinery Wastewater Through Adsorption On Date-Pit Activated Carbon. *Journal Of Hazardous Materials*. 173(1–3): 750–757.
- Fardiaz, S. (1992). *Polusi Air & Udara*. Yogyakarta: Kanisius.

- Fitriana, W. (2015). Keefektifan Poly Alumunium Chloride (PAC) Dalam Menurunkan Kadar Bod Pada Limbah Cair Industri Batik Desa Kliwonan Masaran Sragen. *Publikasi ilmiah* , 1-14.
- Fu, F., & Wang, Q. (2011). Removal Of Heavy Metal Ions From Wastewaters: A Review. *Journal Of Environmental Management*, 92(3): 407–418.
- Ginting, P. (2007). *Sistem Pengelolaan Lingkungan Dan Limbah Industri*. Bandung: Yrama Widya.
- Joko, T. (2010). *Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Bersih*. Yogyakarta: Graha Ilmu .
- Halder, J. N., & Islam, M. N. (2015). Water Pollution and its Impact on the Human Health . *Journal OF Environment And Human* , 2(1): 36–46.
- Irmanto, & Suyata. (2010). Optimasi Penurunan Nilai Bod, Cod Dan Tss Limbah Cair Industri Tapioka Menggunakan Arang Aktif Dari Ampas Kopi. *Molekul* , 5(1): 22–32.
- Kasim, Kasmiah. 2010. *Pengaruh Massa Zeolit Dan Waktu Inkubasi Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Kadar BOD dan COD*. Skripsi. Makassar : UIN Alauddin
- Kemas, H. A. (2004). *Rancangan Percobaan Teori Dan Aplikasi*. Jakarta: Raja Grafindo.
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2014. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia
- Kristianto, P. (2002). *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Luluk Edahwati, S. (2009). Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, Dan Filtrasi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1(2): 79–83.
- Meng, X., Wu, J., Kang, J., Gao, J., Liu, R., Gao, Y., Et Al. (2018). Comparison Of The Reduction Of Chemical Oxygen Demand In Wastewater From Mineral Processing Using The Coagulation–Flocculation, Adsorption And Fenton Processes. *Minerals Engineering*, 128(1): 275–283.
- Mubarokah, I. (2010). *Gabungan Metode Aerasi Dan Adsorpsi Dalam Menurunkan Fenol Dan COD Pada Limbah Cair Batik UKM Batik Purnama Di Desa Kliwonan Kecamatan Masaran Kabupaten Sragen 2010*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang.

- Ningsih, D. (2017). *Uji Penurunan Kandungan Bod,Cod, Dan Warna Pada Limbah Cair Pewarnaan Batik Menggunakan Scirpus Grossus Dan Iris Pseudacorus Dengan Sistem Pemaparan Intermittent*. Thesis. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Nurhayati, Nanik Dwi.2009. Analisis BOD dan COD di Sungai Sroyo sebagai Dampak Industri di Kecamatan Jaten. ISBN: 979-498- 467-1. Kimia Anorganik,Analitik, Fisika dan Lingkungan. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan 2009
- Notoatmojo, S. (2010). *Metodologi Penelitian Kesehatan*.Jakarta: Rieneke Cipta.
- Pemerintah Provinsi Jawa Tengah. 2012. *Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah*. Semarang: Pemerintah Provinsi Jawa Tengah
- Pemerintah Republik Indonesia. (2001). *Peraturan Pemerintah (PP) No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia
- Pemerintah Republik Indonesia. (2009). *Undang Undang Republik Indonesia No 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Pencemaran Air*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia
- Prabowo, E., Widayanti, Y., Hanifah, R. A., Amalia, V., &Delilah, G. A. (2018). Pengolahan Limbah Air Wudhu Wanita Dengan Metode Aerasi Dan Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif. *Al-Kimiya*, 5(1): 1–6.
- Rochma, N. (2017). Penurunan Bod Dan Cod Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Karbon Aktif Melalui Proses Adsorpsi Secara Batch. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2): 1–8.
- Rolia, E., &Amran, Y. (2015). Perencanaan Bangunan Pengolahan Limbah Cair Dari Pabrik Tahu Di Kelurahan Mulyajati 16C Kota Metro . *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 5(1): 83–88.
- Santoso, B. (2010). Proses pengelolaan air buangan industri tapioka. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 15(3), 213-220.
- Sari, Y., &Kusnoputranto, H. (2012). Efektifitas Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu SMD Cipayung Jakarta Timur Dan Aspek Terhadap Kesehatan Masyarakat Tahun 2012. *Departemen Kesehatan Lingkungan*, 1-16.
- Selvamuruga, M., Doraisamy, P., Maheswari, M., & Nandakumar, N. B. (2010).Evaluationof Batch Aeration as a Post Treatment for Reducing the Pollution Load of BiomethanatedCoffee Processing Waste Water.*Global Journal of Environmental Research*, 4(1), 31-33.

- Setyaningsih, H. (2008). *Pengolahan Limbah Batik Dengan Proses Kimia Dan Adsorpsi Karbon Aktif*. Jakarta: Thesis: Universitas Indonesia.
- Sudarsono, Saiful Huda, Murni Yuniwati, Purnawan., 2013, Pemanfaatan Limbah Serat Pati Aren sebagai Material Komposit - Poliester. *Laporan Penelitian Hibah Bersaing*. Laporan Multitahun. Kopertis Wilayah V DIY Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, Yogyakarta
- Sugiharto. (2005). *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Sugiyono, P. D. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R &D*. Bandung: Alfabeta.
- Suharto, A. (2010). *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara Dan Air*. Yogyakarta: Andi.
- Susanti, R. N. (2013). Processing Biochar From Solid Waste Of Arenga Pinnata Flour Industry. *Jurnal Teknik Kimia*, Volume 11, Nomor 1 , 6.
- Swastha, Jati taufiq. 2010. *Kemampuan Arang Aktif Dari Kulit Singkong Dan Dari Tongkol Jagung Dalam Penurunan Kadar COD dan BOD Limbah Pabrik Tahu*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang
- Wardhana, W. A. (2004). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi.
- Wahistina, Rizki. (2013). Analisis Perbedaan Penurunan Kadar BOD Dan COD pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Zeolit. Skripsi. Jakarta : Universitas Negeri Jakarta
- Widyaningsih, R., Muryani, C., & Endarto, D. (2012). *Kajian Kualitas Air Tanah Dangkal Di Area Industri Tepung Aren Desa Dalem Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten Tahun 2012*. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Wijaya, D., Suprayogi, S., & Suharyadi. (2014). Wastewater Treatment Plant Planning Of Palm Flour Industry In Klaten. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal* (Hal. 655-663). Palembang: ISBN : 979-587-529-9.
- Yakara, A. I., Türea, C., Türkerb, O. C., Vymazalc, J., & Saz, Ç. Ğ. (2018). Impacts Of Various Filtration Media On Wastewater Treatment And Bioelectric Production In Up-Flow Constructed Wetland Combined With Microbial Fuel Cell (UCW-MFC). *Ecological Engineering*, 117(1): 120–132.