



**APLIKASI SISTEM AKUAPONIK SEBAGAI ALTERNATIF
PENGOLAHAN LIMBAH MEDIS CAIR
BERUPA DARAH**

SKRIPSI

Oleh

**Syifa Qurratu'ain
NIM 161610101096**

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**APLIKASI SISTEM AKUAPONIK SEBAGAI ALTERNATIF
PENGOLAHAN LIMBAH MEDIS CAIR
BERUPA DARAH**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Kedokteran Gigi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi

Oleh

**Syifa Qurratu'ain
NIM 161610101096**

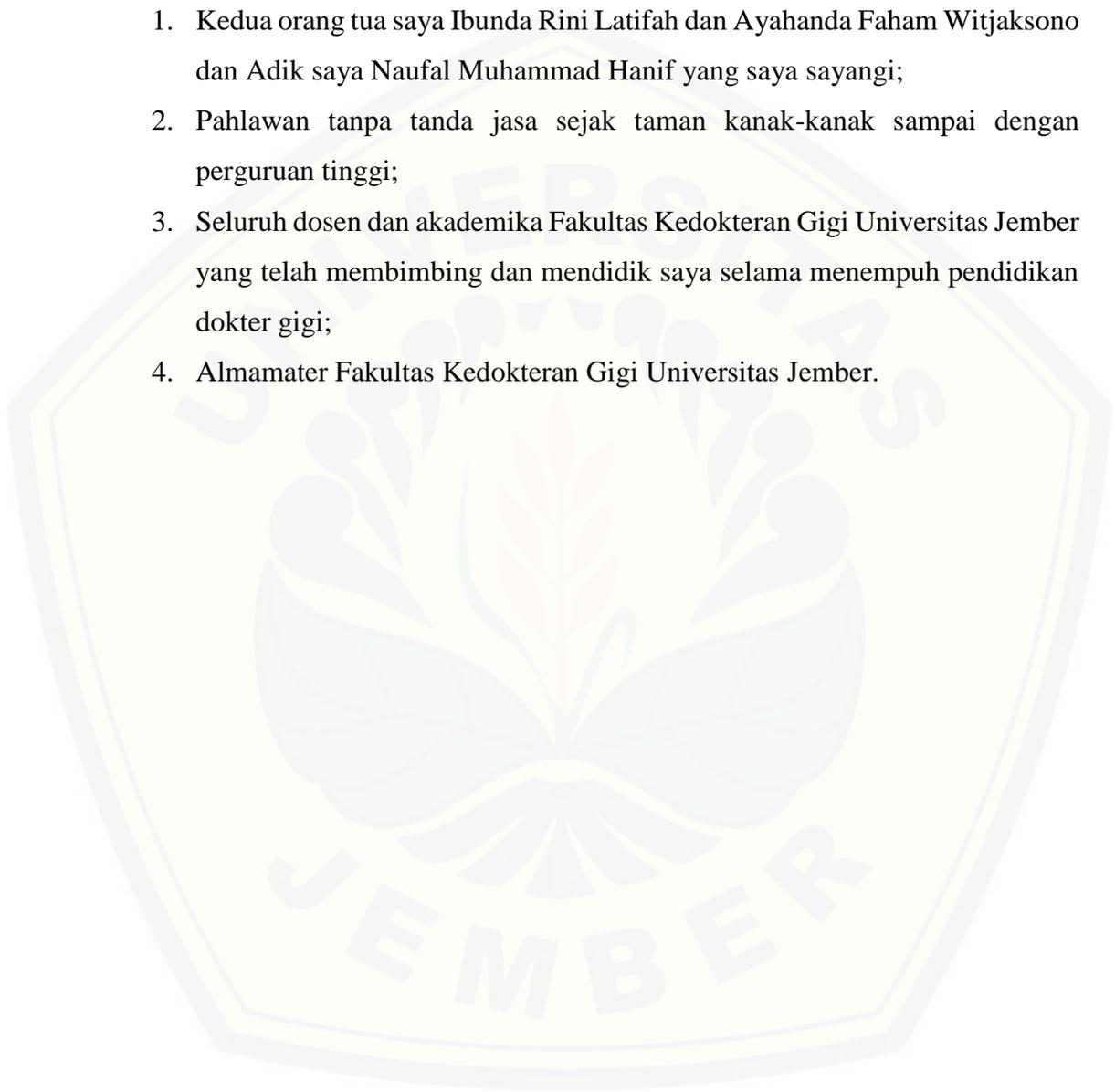
**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER**

2020

PERSEMBAHAN

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya Ibunda Rini Latifah dan Ayahanda Faham Witjaksono dan Adik saya Naufal Muhammad Hanif yang saya sayangi;
2. Pahlawan tanpa tanda jasa sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Seluruh dosen dan akademika Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember yang telah membimbing dan mendidik saya selama menempuh pendidikan dokter gigi;
4. Almamater Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.



MOTTO

“Earth and sky, woods and fields, lakes and rivers, the mountain and the sea, are excellent schoolmasters, and teach us more than we can ever learn from books.”

(John Lubbock)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syifa Qurratu'ain

NIM : 161610101096

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Aplikasi Sistem Akuaponik sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Medis Cair Berupa Darah” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2020

Yang menyatakan

Syifa Qurratu'ain

NIM 161610101096

SKRIPSI

**APLIKASI SISTEM AKUAPONIK SEBAGAI ALTERNATIF
PENGOLAHAN LIMBAH MEDIS CAIR
BERUPA DARAH**

Oleh

**Syifa Qurratu'ain
NIM 161610101096**

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. drg Purwanto, M.Kes

Dosen Pembimbing Pendamping : drg. Dwi Kartika A., M.Kes, Sp.OF

Dosen Penguji

Dosen Penguji Ketua : Dr. drg. Tecky Indriana, M.Kes

Dosen Penguji Anggota : drg. Elyda Akhya Afida M, MIPH

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Aplikasi Sistem Akuaponik sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Medis Cair Berupa Darah” karya Syifa Qurratu’ain telah diuji dan disahkan pada
hari, tanggal : Rabu, 2 Desember 2020
tempat : Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

Penguji Ketua

Penguji Anggota

Dr. drg. Tecky Indriana, M.Kes
NIP 196811261997022001

drg. Elyda Akhya Afida M., MIPH
NIP 198607022019032010

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Dr, drg. Purwanto M.Kes
NIP 195710241986031002

drg. Dwi Kartika Apriyono, M.Kes., Sp.OF
NIP 197812152005012016

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Jember,

drg. R. Rahardyan Parnaadji., M.Kes., Sp. Pros.
NIP 196901121996011001

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah *subhānahu wata'ālā* atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi Sistem Akuaponik sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Medis Cair Berupa Darah”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Pendidikan Dokter Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah *subhānahu wata'ālā* dengan rahmat-Nya dan Nabi Muhammad *shalallahu 'alaihi wa salam*;
2. drg. Rahardyan Parnaaji, M.Kes., Sp.Pros. selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember;
3. Dr. drg. Purwanto, M.Kes selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, membagikan ilmunya dan memotivasi saya selama menempuh perkuliahan dan menyelesaikan skripsi ini;
4. drg. Dwi Kartika Apriyono, M.Kes., Sp.OF, selaku Dosen Pembimbing Pendamping, yang telah membimbing, membagikan ilmu dan pengalamannya juga meluangkan waktunya dalam proses penyelesaian skripsi ini;
5. Dr. drg. Tecky Indriana, M.Kes., selaku Penguji Ketua dan drg. Elyda Akhya Afida M., MPH selaku Penguji Anggota, yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membaca, memberikan kritik dan memberikan saran pada skripsi penulis;
6. Komisi Bimbingan Skripsi yang telah membimbing, memotivasi, dan membantu kelancaran proses penyelesaian skripsi ini
7. Segenap dosen Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember yang telah mendidik dan membimbing saya selama masa perkuliahan dokter gigi
8. Seluruh staf akademik dan kemahasiswaan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember yang telah membantu kelancaran penyelesaian skripsi ini

9. Kedua orang tua saya Ibunda Rini Latifah dan Ayahanda Faham Witjaksono dan Adik saya Naufal Muhammad Hanif yang selalu mendoakan, mendukung, dan menemani saya selama penyelesaian skripsi ini;
10. Kakek, nenek, dan seluruh keluarga besar saya yang selalu mendoakan dan memotivasi saya hingga terselesaikannya skripsi ini
11. Teman penelitian saya Salsabila Reza Susanto yang telah berkenan melakukan penelitian bersama;
12. Seluruh teman-teman DEXTRA angkatan 2016 atas perhatian, kekompakan dan motivasinya selama masa perkuliahan dokter gigi; dan
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Jember, 2020

Penulis

RINGKASAN

Aplikasi Sistem Akuaponik sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Medis Cair Berupa Darah. Syifa Qurratu'ain, 161610101096; Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Limbah adalah sisa atau hasil buangan dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang sudah tidak digunakan. Limbah yang dihasilkan oleh klinik dokter gigi salah satunya adalah limbah medis yang mengandung bahan beracun berbahaya (B3) berupa darah. Klinik dokter gigi menghasilkan 8,86 % limbah infeksius setiap harinya dan 90 % dari 110 klinik dokter gigi membuang limbah tersebut bersamaan dengan limbah domestik ke lingkungan tanpa dilakukan pengolahan. Limbah mengandung darah yang tidak dilakukan pengolahan limbah cair dengan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) memiliki potensi bahaya bagi lingkungan, disebabkan adanya bakteri- bakteri patogen penyebab penyakit dan potensi peningkatan nilai BOD, COD, TSS, dan pH yang akan mencemari lingkungan jika terjadi terus menerus..

Pengolahan limbah medis cair juga diperlukan untuk memenuhi baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. Parameter yang harus disesuaikan diantaranya BOD, COD, TSS dan pH. Namun pengolahan limbah medis cair menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada fasilitas kesehatan seperti klinik dokter gigi masih jarang digunakan karena membutuhkan biaya pengadaan dan perawatan yang besar, sehingga diperlukan alternatif pengolahan limbah medis cair secara mudah dan murah.

Sistem akuaponik menjadi pilihan utama untuk mengatasi masalah tersebut. Sistem akuaponik menyatukan teknik hidroponik dan akuakultur yang menerapkan *Recirculating Aquaculture System* (RAS) yaitu air limbah dari dalam akuarium dialirkan melalui pipa dan disaring secara alami oleh tanaman untuk menghilangkan padatan, amonia, CO₂ dan kandungan lain. Tanaman kangkung yang digunakan pada sistem akuaponik mampu menyerap zat beracun yang terkandung di lingkungannya dan pemanfaatan ikan lele yang memiliki kemampuan

beradaptasi terhadap lingkungan ekstrem juga menjadi pilihan utama sebagai komponen bagi sistem akuaponik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengamati perubahan nilai parameter baku mutu limbah cair (BOD, COD, TSS dan pH) dan membandingkan nilai parameter tersebut dengan baku mutu limbah cair rumah sakit dalam PMLH-RI No. 5 Th. 2014 pada pengolahan limbah medis cair berupa darah dengan menggunakan sistem akuaponik.

Jenis penelitian ini adalah *pre-experimental* dengan jenis rancangan penelitian *one-shot case study*. Unit eksperimen penelitian ini adalah air dalam akuarium kaca berukuran 40 x 25 x 15 cm dengan teknik sampling *grab sample*. Total sampel dalam penelitian ini sebanyak 16 sampel yang terdiri dari 4 parameter yaitu BOD, COD, TSS, dan pH dengan tanpa melakukan pengulangan. Sampel diambil sebanyak 4 kali yaitu pada sistem akuaponik yang telah bekerja selama 0 jam, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam sebanyak 500 mL.

Penyusunan instalasi air dilakukan dengan menghubungkan 3 buah pipa dengan panjang masing-masing 3, 5 cm, 20 cm, dan 36 cm berdiameter 1, 5 cm. Rangkaian pipa-pipa tersebut dihubungkan dengan pompa air dan disusun di dalam akuarium yang berisi ikan lele albino sebanyak 5 ekor kemudian ditutup dengan wadah tanaman di atasnya. Tanaman kangkung darat ditempatkan pada netpot kemudian diisi setengah penuh dengan rockwool kemudian batu koral hingga memenuhi wadah tanaman. Sistem akuaponik diberikan perlakuan berupa darah sebanyak 2 mL kemudian dilakukan pengukuran kualitas air dengan parameter BOD, COD, TSS dan pH.

Air pada akuarium mengalami perubahan warna menjadi kemerahan sesaat setelah diberi perlakuan dan berangsur-angsur memudar dan kembali jernih. Tidak ditemukan adanya ikan lele albino yang mati maupun kehilangan nafsu makan. Terjadi pertumbuhan pada tanaman kangkung dengan tingi pertumbuhan rata – rata 7, 3 cm. Parameter COD mengalami nilai yang paling fluktuatif dibanding BOD dan TSS yang menunjukkan nilai cenderung menurun, pada parameter pH juga didapatkan hasil yang cenderung menurun namun mengalami kenaikan pada 72 jam waktu kerja sistem akuaponik. Tidak ada parameter yang menunjukkan hasil melebihi dari PPMLH-RI No.5 Th. 2014.

Hasil pengukuran parameter baku mutu limbah cair yaitu BOD₅, COD, TSS, dan pH pada sistem akuaponik yang mengandung limbah medis cair berupa darah tidak melampaui batas maksimum yang terdapat pada standar baku mutu limbah cair rumah sakit dalam PMLH-RI No. 5 Th. 2014. Berdasarkan uraian tersebut maka aplikasi sistem akuaponik dapat digunakan sebagai alternatif pada pengolahan limbah medis cair berupa darah.

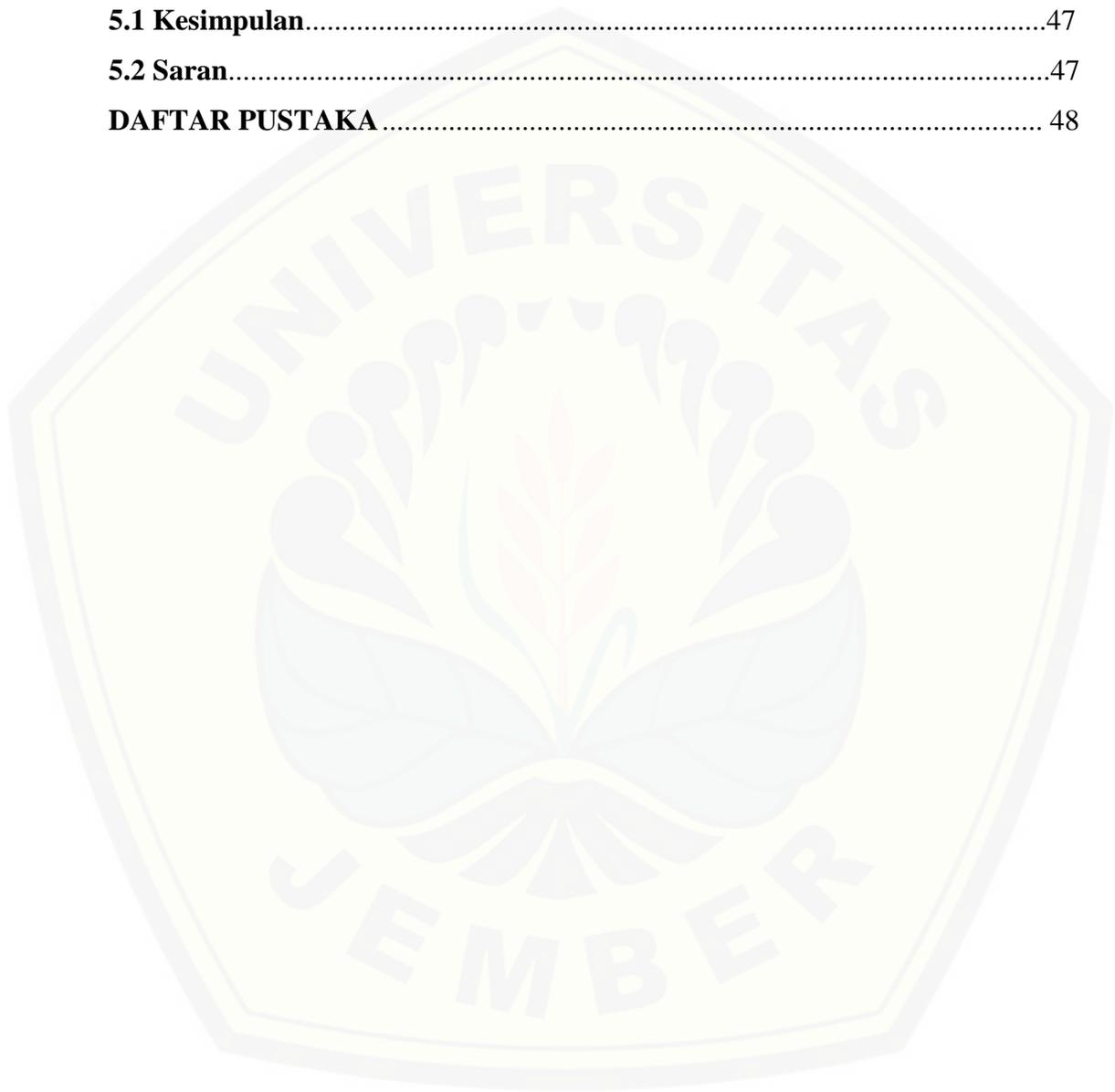


DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
HALAMAN PRAKATA	viii
HALAMAN RINGKASAN	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sistem Akuaponik	4
2.1.1 Definisi Akuaponik	4
2.1.2 Komponen Akuaponik	4
2.1.3 Desain Akuaponik	11
2.1.4 Proses Resirkulasi dan Fitoremediasi	13
2.2 Limbah	15
2.2.1 Definisi Limbah.....	15
2.2.2 Limbah Medis Cair.....	16
2.2.3 Baku Mutu Limbah Cair.....	16
2.3 Kerangka Konsep Penelitian	18
2.4 Hipotesis Penelitian	19

BAB 3. METODE PENELITIAN	19
3.1 Jenis dan Rancangan Penelitian	19
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.3 Unit Eksperimen dan Teknik Sampling	19
3.4 Besar Sampel	20
3.5 Variabel Penelitian	21
3.5.1 Variabel Bebas.....	21
3.5.2 Variabel Terikat.....	21
3.5.3 Variabel Kendali.....	21
3.6 Definisi Operasional	21
3.6.1 Sistem Akuaponik.....	21
3.6.2 Limbah Medis Cair.....	22
3.6.3 BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>).....	22
3.6.4 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	22
3.6.5 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	22
3.6.6 pH.....	23
3.7 Alat dan Bahan Penelitian	23
3.7.1 Alat Penelitian.....	23
3.7.2 Bahan Penelitian.....	24
3.8 Prosedur Penelitian	25
3.8.1 Uji Kelayakan Etik (<i>Ethical Clearance</i>).....	25
3.8.2 Penyusunan Sistem Akuaponik.....	25
3.8.3 Pemberian Perlakuan.....	26
3.8.4 Pengambilan Sampel.....	26
3.8.5 Pengukuran Kualitas Air.....	27
3.7 Analisis Data	29
3.8 Alur Penelitian	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil Penelitian	30
4.1.1 Baku Mutu Limbah Cair.....	30
4.1.2 Sistem Akuaponik.....	33

4.2 Pembahasan	37
4.2.1 Baku Mutu Limbah Cair.....	37
4.2.2 Sistem Akuaponik	44
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48



DAFTAR TABEL

Halaman

2.1	Baku Mutu Limbah Cair Untuk Kegiatan Rumah Sakit.....	16
-----	---	----

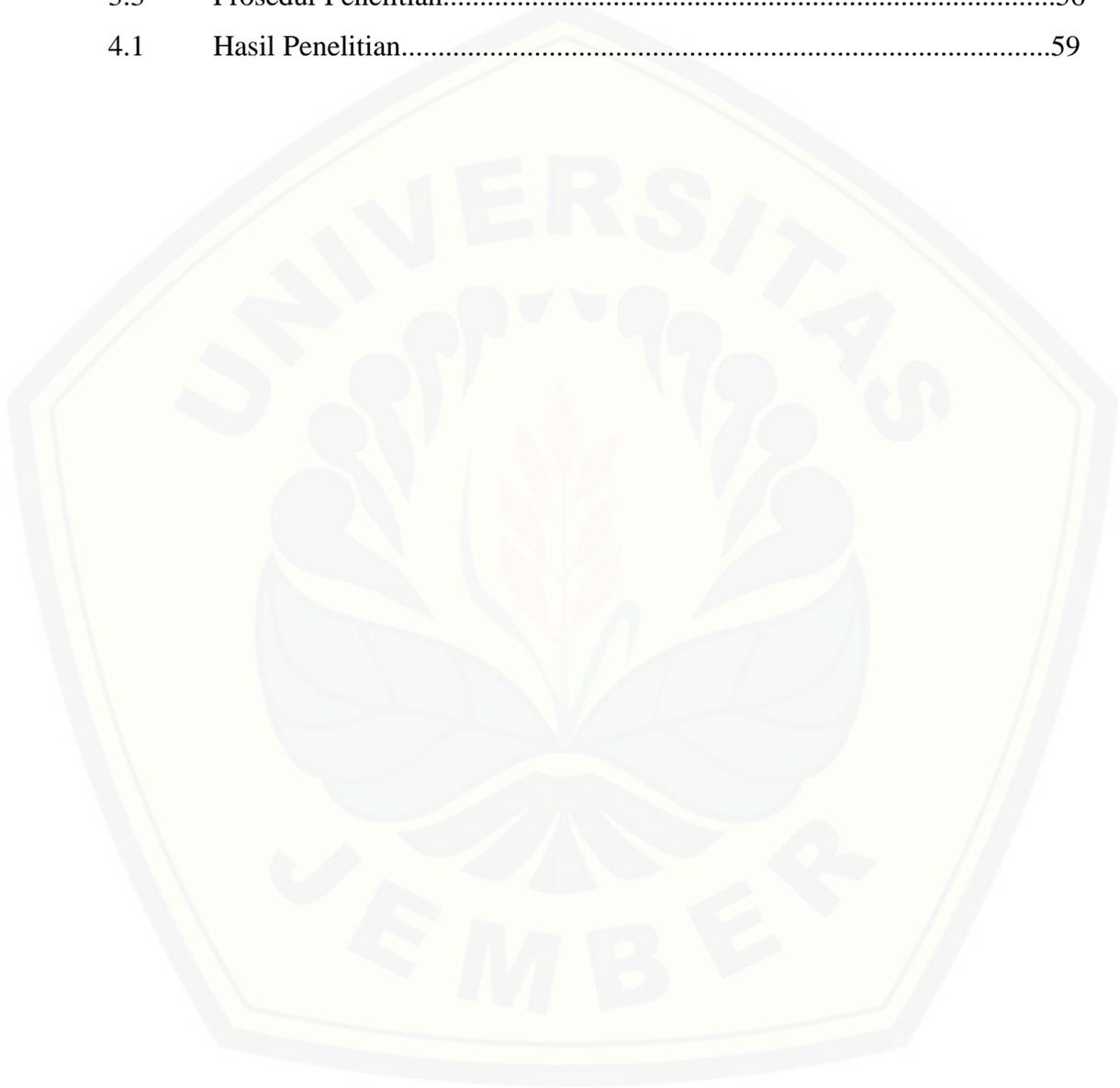


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1	Sistem Akuaponik Sederhana.....4
2.2	Sirih Gading (<i>Epipremnum aureum</i>).....5
2.3	Kangkung Darat (<i>Ipomea Reptans p.</i>)6
2.4	Pakcoy (<i>Brassica rapa L</i>).....7
2.5	Batu Koral.....8
2.6	Ikan Lele Albino (<i>Clarias spp.</i>).....9
2.7	Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....10
2.8	Teknik Media Bed.....12
2.9	Nutrient Film Technique.....13
2.10	Deep Water Technique.....13
2.11	Desain Resirkulasi Akuaponik.....14
2.12	Proses Nitrifikasi pada Sistem Akuaponik.....14
2.13	Kerangka Konsep Penelitian.....17
3.1	Rancangan Penelitian <i>Posttest Only Design</i>18
3.2	Contoh Pengambilan Air Limbah Menggunakan Botol Kaca Biasa.....19
3.3	Alur Penelitian.....29
4.1	Grafik Hasil Pengukuran BOD ₅31
4.2	Grafik Hasil Pengukuran COD.....31
4.3	Grafik Hasil Pengukuran TSS.....32
4.4	Grafik Hasil Pengukuran pH.....33
4.5	Sistem Akuaponik 0 Jam.....34
4.6	Sistem Akuaponik 24 Jam.....35
4.7	Sistem Akuaponik 48 Jam.....36
4.8	Sistem Akuaponik 72 Jam.....37

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
3.1 Surat Ijin Kerja Penelitian.....	54
3.2 Uji Kelayakan Etik.....	55
3.3 Prosedur Penelitian.....	56
4.1 Hasil Penelitian.....	59



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah adalah buangan akhir atau hasil samping dari suatu kegiatan yang sudah tidak digunakan. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Limbah yang dihasilkan oleh klinik dokter gigi berupa limbah non medis dan limbah medis (Putri dkk., 2018). Limbah non-medis merupakan limbah domestik seperti kertas, plastik, kaleng, sisa makanan, dedaunan, bahan organik dan anorganik lainnya (Line dan Sulistyorini, 2013). Limbah medis merupakan limbah hasil upaya medis yang merupakan bahan beracun berbahaya (B3) seperti spuit, masker, sarung tangan, kasa, *cotton pellet*, limbah kumur pasien, dan limbah darah (Putri dkk., 2018).

Menurut Danaei dkk. (2014) klinik dokter gigi menghasilkan 8, 86 % limbah infeksius setiap harinya dan 90 % dari 110 klinik dokter gigi membuang limbah tersebut bersamaan dengan limbah domestik ke lingkungan tanpa dilakukan pengolahan (Danaei dkk., 2014). Sedangkan limbah medis cair bersifat bahan beracun berbahaya (B3) dan mengandung darah yang dapat menularkan beberapa penyakit seperti hepatitis dan HIV/AIDS melalui patogen dalam darah (Purwanti, 2018). Jika pembuangan limbah medis cair tanpa pengolahan dilakukan terus menerus maka akan berbahaya bagi lingkungan (Danaei dkk., 2014). Menurut Pertiwi dkk. (2019) tidak adanya instalasi pengolahan air limbah (IPAL) memiliki potensi berbahaya, dikarenakan keberadaan bakteri patogen penyebab penyakit, juga peningkatan nilai BOD, COD, TSS, dan pH bisa mencemari lingkungan.

Pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu dan menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Fachrurozi dkk., 2010). Pengolahan limbah medis cair juga diperlukan guna memenuhi baku mutu limbah cair yang sudah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor

5 Tahun 2014 yang terdiri dari BOD, COS, TSS dan pH. Pada fasilitas kesehatan seperti rumah sakit dan puskesmas limbah medis cair diolah dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) (Pratiwi dan Maharani, 2013). Namun Putri dkk. (2018) menjelaskan pada fasilitas kesehatan seperti klinik dokter gigi masih ditemui kesulitan dalam mengolah limbah medis cair yang dihasilkannya. Pengadaan IPAL membutuhkan biaya yang besar sehingga sulit bagi klinik dokter gigi untuk mempunyai IPAL mandiri (Putri dkk., 2018).

Hambatan tersebut perlu diatasi dengan adanya upaya pengembangan teknologi pengolahan air limbah sebagai alternatif untuk mengolah limbah medis cair secara mudah dan murah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Maharani dan Sari (2016) terkait dengan masalah pengolahan limbah cair, akuaponik bisa menjadi salah satu pilihan utama untuk mengatasi masalah tersebut. Sistem akuaponik merupakan penyatuan antara teknik hidroponik dan akuakultur (Patillo, 2017). Sistem akuaponik menerapkan *Recirculating Aquaculture System* (RAS) yaitu air limbah dari dalam akuarium dialirkan melalui pipa kemudian disaring secara alami oleh tanaman untuk menghilangkan padatan, amonia, CO₂ dan kandungan lain pada limbah (Panigrahi dkk., 2016; Thorarinsdottir, 2015)

Menurut Putri dkk. (2019) tanaman kangkung merupakan tanaman yang biasa digunakan untuk akuapoik, kangkung yang ditanam di daerah yang tercemar akan menyerap zat beracun yang terkandung di lingkungannya. Hal ini dikarenakan kangkung dapat berperan sebagai fitoremediasi yang dapat mendekontaminasi limbah dalam air (Haruna dkk., 2012). Pada penelitian yang dilakukan oleh Ernawati dkk. (2015) unsur kimia yang terkandung dalam darah seperti fosfat, urea, asam amino, dan ion natrium akan diserap dan menjadi nutrisi bagi tanaman (Ernawati dkk., 2015). Sedangkan ikan yang digunakan merupakan ikan air tawar seperti ikan lele karena memiliki kemampuan beradaptasi terhadap lingkungan yang ekstrem (Putri dkk., 2019).

Berdasarkan permasalahan di atas, maka diperlukan upaya alternatif untuk mengolah limbah medis cair yang mengandung darah yaitu dengan memanfaatkan prinsip kerja sistem akuaponik pada pengolahan limbah ikan. Penggunaan tanaman pada sistem akuaponik diharapkan dapat menyerap darah yang terdapat dalam

akuarium. Hal ini ditandai dengan adanya kesesuaian dengan baku mutu limbah berupa BOD, COD, TSS, pH yang sudah ditetapkan oleh pemerintah dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 (PMLH-RI No. 5 Th. 2014).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya dihasilkan rumusan masalah yaitu: apakah aplikasi sistem akuaponik dapat menjadi alternatif pengolahan limbah medis cair berupa darah yang ditandai dengan penurunan parameter baku mutu limbah cair berupa BOD, COD, TSS, dan pH serta parameter tersebut tidak melampaui baku mutu limbah cair rumah sakit dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 (PMLH-RI No. 5 Th. 2014)?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengamati perubahan nilai parameter baku mutu limbah cair (BOD_s, COD, TSS dan pH) pada pengolahan limbah medis cair berupa darah dengan sistem akuaponik
2. Membandingkan nilai parameter baku mutu limbah cair (BOD_s, COD, TSS dan pH) dengan baku mutu limbah cair rumah sakit dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui perubahan nilai parameter baku mutu limbah cair (BOD, COD, TSS dan pH) pada pengolahan limbah medis cair berupa darah dengan menggunakan sistem akuaponik
2. Mengetahui pengaruh aplikasi sistem akuaponik sebagai alternatif pada pengolahan limbah medis cair berupa darah

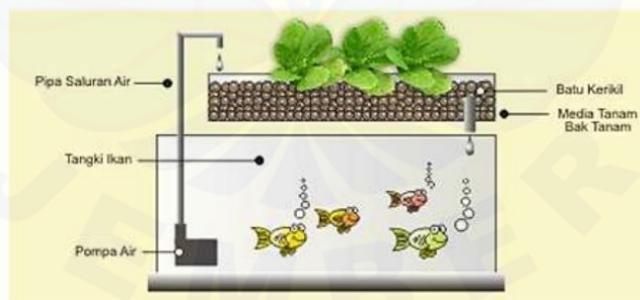
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Akuaponik

2.1.1 Definisi Akuaponik

Sistem akuaponik merupakan sistem berkelanjutan yang menggabungkan hidroponik dan akuakultur resirkulasi sebagai metode cepat dan efisien dalam menghasilkan tanaman dan ikan seperti pada Gambar 2.1 (Thorarinsdottir, 2015). Hidroponik merupakan teknik menanam tanaman tanpa tanah dan akukultur resirkulasi merupakan budidaya ikan yang menerapkan resirkulasi air (Patillo, 2017). Konstruksi ini memanfaatkan siklus bakteri alami untuk mengubah limbah ikan menjadi nutrisi bagi tanaman (Bernstein, 2011).

Menurut Bernstein (2011) akuaponik memanfaatkan tumbuh-tumbuhan dari hidroponik tanpa perlu membuang air ataupun menambahkan pupuk kimia (Bernstein, 2011). Akuaponik adalah suatu ekosistem tanaman, ikan, bakteri, dan organisme lainnya yang tumbuh bersama secara simbiosis yang bermanfaat mengubah air limbah dari ikan dengan menyaringnya pada tanaman sebelum air kembali ke ikan (Thorarinsdottir, 2015).



Gambar 2.1 Sistem Akuaponik Sederhana (Sumber: Nawawi dkk., 2018)

2.1.2 Komponen Akuaponik

a. Tanaman Hidroponik

Menurut Sharma dkk. (2019) hidroponik adalah teknik menanam tanaman yang teraliri air dengan atau tanpa menggunakan media tanam seperti kerikil, *rockwool*, gambut, dan serat kelapa. Istilah hidroponik berasal dari bahasa Yunani yaitu *hydro* berarti air dan *pono* berarti tenaga kerja yang secara harfiah hidroponik

berarti pekerjaan air (Sharma dkk., 2019). Tanaman hidroponik tumbuh dengan akar yang ternutrisi oleh aliran air (Panigrahi dkk., 2016). Menurut Somerville dkk (2014) hingga saat ini, lebih dari 150 sayuran, tumbuh-tumbuhan, bunga, dan pohon kecil telah berhasil ditanam dalam sistem akuaponik, termasuk unit penelitian, domestik dan komersial. Secara umum, tanaman hijau berdaun sangat baik untuk di tanam secara hidroponik (Somerville dkk., 2014).

1) Sirih Gading (*Epipremnum aureum*)

Tumbuhan *Epipremnum aureum* biasa dikenal dengan nama daun sirih gading atau sirih belanda seperti Gambar 2.2 (Putri dan Murwandani, 2017). Daun sirih gading memiliki batang ramping, namun jika tumbuh subur batangnya membesar dan bertekstur keras serta memiliki akar yang panjang (Situmorang, 2017). Menurut Putrianingsih dan Dewi (2019) bahwa tumbuhan anggota suku talas-talasan (*Araceae*) ini mudah dikenal melalui daunnya yang berbentuk hati dan memiliki warna belang kuning cerah hingga kuning pucat. Sirih gading bisa hidup dengan baik pada media tanam air (Situmorang, 2017).



Gambar 2.2 Sirih gading (*Epipremnum aureum*) (Sumber: Putrianingsih dan Dewi, 2019)

Klasifikasi tanaman sirih gading (*Epipremnum aureum*) menurut Situmorang (2017) yaitu:

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Klas : Liliopsida
Ordo : Alismatales
Famili : Araceae

Genus : *Epipremnum*

Spesies : *E. Aureum*

2) Kangkung darat (*Ipomea Reptans p.*)



Gambar 2.3 Kangkung darat (*Ipomea Reptans p.*) (Sumber: Dokumentasi pribadi)

Klasifikasi kangkung darat (*Ipomea Reptans p.*) menurut Rahmah dkk.

(2018) yaitu:

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Klas : Dicotyledoneae

Ordo : Solanales

Famili : Convolvulaceae

Genus : *Ipomea*

Spesies : *Ipomea Reptans p.*

3) Pakcoy (*Brassica rapa L*)

Sawi huma atau dikenal dengan pakcoy (*Brassica rapa L*) merupakan tanaman yang berumur pendek (Wahyuningsih dkk., 2016). Tanaman pakcoy cukup mudah untuk dibudidayakan dan hanya memerlukan waktu yang pendek berkisar 3 sampai 4 minggu (Prasasti dkk., 2014).



Gambar 2.4 Pakcoy (*Brassica rapa L*) (Sumber: Alvian, 2015)

Klasifikasi pakcoy (*Brassica rapa L*) menurut Setiawan dkk. (2015) yaitu:

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Rhoadales
Famili	: Brassicaceae
Genus	: <i>Brassica</i>
Spesies	: <i>Brassica rapa L</i>

b. Media Tanam

Media tanam dapat mempengaruhi baik buruknya pertumbuhan tanaman. Media tanam yang baik yaitu media yang mampu menyediakan air dan unsur hara yang cukup untuk pertumbuhan tanaman. Media tanam mempunyai peran sebagai filter yang akan menjerat sisa dari pakan dan metabolisme ikan. Hasil filtrasi dari media tanam ini akan menentukan kualitas air yang kembali ke dalam sistem akuakultur (Sastro, 2015)

1) Batu Koral

Batu koral merupakan salah satu jenis batu yang biasa digunakan sebagai media tanam bagi tanaman hidroponik karena mempunyai kualitas terbaik yaitu ia memiliki luas permukaan yang sangat tinggi, murah, dan mudah didapatkan. Batu ini memiliki luas permukaan hingga volume rasio sekitar 300 m² / m³, tergantung pada ukuran partikel, yang menyediakan ruang yang cukup untuk bakteri untuk berkoloni. Ukuran yang disarankan kerikil vulkanik berdiameter 8-20 mm (Somerville dkk., 2014)



Gambar 2.5 Batu koral (Sumber: Somerville dkk., 2014)

2) *Rockwool*

Rockwool adalah media tanam hidroponik yang umumnya terbuat dari kombinasi batuan basalt, batu kapur dan batu baru yang dipanaskan pada suhu tinggi (Fitmawati dkk., 2018). Pemanasan tersebut menghasilkan sejenis fiber dengan rongga sekitar 6-10 μ m sehingga *rockwool* mampu menahan air dan udara dalam jumlah yang baik untuk mendukung filtrasi sistem akuaponik (Alvian, 2015). *Rockwool* ditempatkan di dalam netpot untuk mendukung proses pembibitan pada tanaman (Somerville dkk., 2014).

c. Wadah tanaman

1) Net pot

Netpot adalah wadah atau pot tanaman yang biasanya berukuran kecil dan berlubang. Tanaman yang ditanam diletakkan di atas larutan nutrisi yang terapung dalam net pot (Fitmawati dkk., 2018). Netpot merupakan salah satu peralatan hidroponik sederhana (Somerville dkk., 2014).

d. Hewan Akuakultur

1) Ikan Lele Albino (*Clarias* spp)

Ikan lele merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang berasal dari Afrika yaitu lele dumbo (*Clarias gariepinus*) dan lele lokal (*Clarias batrachus*), kedua jenis ikan lele ini sudah dibudidayakan secara komersial oleh masyarakat Indonesia terutama di Pulau Jawa (Windriani, 2017). Ikan lele mempunyai ciri-ciri umum tidak bersisik, mulut tidak dapat disembulkan, tulang rahang atas bergigi, sirip punggung tidak berjari-jari keras, tetapi berjari-jari lunak yang banyak, sirip ekor sangat panjang, mempunyai empat pasang sungut (Akbar, 2016). Ciri morfologi yang lebih spesifik adalah warna tubuhnya yang bervariasi. Warna dasar tubuh ikan lele lokal

ada yang berwarna dasar hitam, coklat gelap, coklat terang, dan bahkan albino (Akbar, 2016). Ikan lele albino merupakan lele jenis apa saja yang mempunyai kelainan gen resesif dari parental yang dapat dilihat dari warna kulitnya yang cenderung putih akibat gennya yang tidak bisa membuat zat melanin (Buwono dkk., 2018).

Ikan lele lebih menyukai perairan yang tenang, tepian dangkal dan terlindung (Windriani, 2017). Ikan lele dapat hidup di tempat-tempat kritis, seperti rawa, sungai, sawah, kolam ikan yang keruh, dan tempat berlumpur yang kekurangan oksigen. Hal ini dimungkinkan karena ikan jenis ini mempunyai alat pernapasan tambahan berupa labirin yang berfungsi untuk bernafas dalam lumpur (Winarno, 2019). Keasaman atau pH yang baik bagi lele adalah 6,5 – 9, pH. Jika kurang dari 5 akan berpengaruh buruk bagi lele, karena bisa menyebabkan penggumpalan lendir pada insang, sedangkan pH 9 ke atas akan menyebabkan berkurangnya nafsu makan lele (Qalit dan Rahman, 2017).



Gambar 2.6 Ikan lele albino (*Clarias spp.*) (Sumber: Dokumentasi pribadi)

Klasifikasi ikan lele atau *Clarias spp.* menurut Akbar, (2016) yaitu:

Kingdom : Animalia
Filum : Chordata
Kelas : Actinopterygii
Ordo : Siluriformes
Famili : Clariidae
Genus : Clarias
Species : *Clarias spp.*

2) Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Menurut Arifin (2016) Ikan nila merupakan jenis ikan yang cepat menyesuaikan diri terhadap kenaikan salinitas karena organ-organ tubuhnya cepat merespon perubahan lingkungan. Ikan nila dapat tumbuh dan berkembangbiak di perairan dengan salinitas tinggi (Arifin, 2016). Ikan nila juga termasuk jenis ikan *euryhalin*. Konsentrasi cairan tubuhnya mampu bertindak sebagai osmoregulator sehingga memiliki kemampuan untuk mengatur osmolaritas (kandungan garam dan air) pada cairan internalnya (Aliyas dkk., 2016).



Gambar 2.7 Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) (Sumber: Andriani, 2018)

Klasifikasi Ikan nila atau (*Oreochromis niloticus*) menurut Nurhayati dkk.

(2019) yaitu:

Kingdom : Animalia
Filum : Chordata
Kelas : Osteichthyes/Pisces
Ordo : Perciformes
Famili : Cichlidae
Genus : *Oreochromis*
Spesies : *Oreochromis niloticus*

e. Air

Air adalah sumber kehidupan bagi sistem akuaponik. Melalui air tanaman dapat menerima nutrisi dan ikan menerima oksigen (Somerville dkk., 2014). Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 air adalah semua air yang terdapat di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat.

Air permukaan adalah semua air yang terdapat pada permukaan tanah. Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah (UU-RI No.12, 2019). Air yang baik dikonsumsi adalah air yang bersih. Air dikatakan bersih apabila tidak berwarna, berbau dan berasa (Gusril Henny, 2016).

f. Akuarium

Akuarium dapat diartikan sebagai wadah yang biasa ditempatkan dengan sisi-sisi yang transparan di dalamnya satwa dan tumbuhan air ditampung, dan digunakan untuk display publik. Akuarium digunakan untuk memelihara ikan yang terhubung pada pipa irigasi dengan baik, sehingga menciptakan sistem sirkulasi ulang atau resirkulasi (Somerville dkk., 2014)

g. Pompa Air

Menurut Ubaedilah (2016) pompa air adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara mengalirkan fluida. Kenaikan tekanan cairan tersebut dibutuhkan untuk mengatasi hambatan-hambatan selama pengaliran (Ubaedilah, 2016).

h. Pipa PVC

Pipa air bahan plastik banyak digunakan oleh masyarakat untuk mengalirkan suatu cairan, terutama air bersih kebutuhan pokok sehari-hari untuk minum, cuci muka, dan mandi. Pipa air yang banyak dipakai yaitu pipa plastik/paralon/Poly Vinyl Chloride (PVC) (Hadi dkk., 2016). Material pipa PVC memiliki karakter yang ringan, kuat, fleksibel, tahan terhadap api, kebocoran, dan korosi, serta mudah dari segi perakitan sehingga material ini sangat ideal dalam menjalankan fungsinya (Pramono dkk., 2017).

2.1.3 Desain Akuaponik

a. Media Bed

Model media bed sangat populer dan direkomendasikan sebagai model akuaponik skala kecil, khususnya untuk pemula yang pengetahuannya masih terbatas mengenai akuaponik (Connolly dan T, 2010). Desain ini memiliki biaya awal yang relatif rendah dan sangat sederhana. Pada unit media bed seperti pada Gambar 2.8, media digunakan untuk mendukung akar tanaman dan juga sebagai

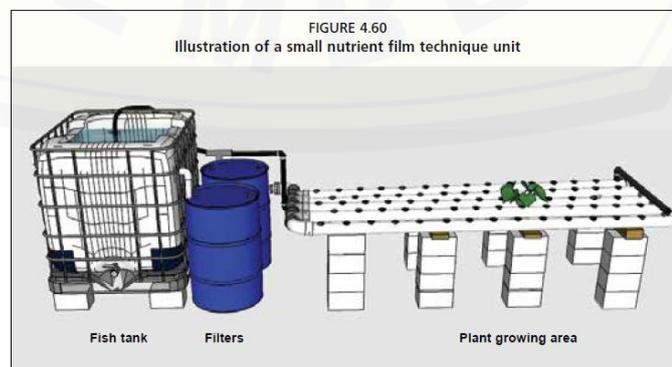
filter baik mekanis dan biologis. Fungsi ganda ini adalah alasan utama mengapa unit media bed adalah paling sederhana. Namun, teknik media bed ini bisa menjadi berat dan relatif mahal pada skala yang lebih besar (Somerville dkk., 2014).



Gambar 2.8 Teknik media bed (Sumber: Somerville dkk., 2014)

b. Nutrient Film Technique (NFT)

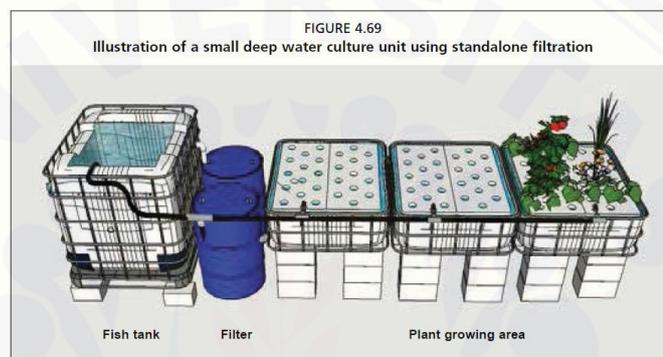
Model NFT biasanya digunakan dalam pengembangan akuaponik secara komersial (McGuire dan Popken, 2015). NFT adalah metode hidroponik menggunakan pipa horisontal dengan aliran dangkal air akuaponik yang kaya nutrisi mengalir melaluinya seperti pada Gambar 2.9. Pada teknik ini tanaman ditempatkan di dalam lubang dibagian atas pipa dan penguapan air akan minimal karena air sepenuhnya terlindung dari matahari. Teknik NFT jauh lebih rumit dan mahal daripada media bed, dan mungkin tidak sesuai di lokasi dengan akses yang tidak memadai ke pemasok. Teknik ini paling berguna dalam aplikasi perkotaan, terutama saat menggunakan ruang vertikal (Somerville dkk., 2014).



Gambar 2.9 Nutrient film technique (Sumber: Somerville dkk., 2014)

c. Deep Water Culture Technique (DWC)

Metode DWC melibatkan tanaman yang media tanamnya berada di bawah lembaran polistiren dengan akarnya menggantung ke dalam air seperti pada Gambar 2.10. Metode ini sering digunakan untuk akuaponik komersial skala besar yang menanam satu jenis tanaman tertentu. Dalam skala kecil, teknik ini lebih rumit daripada media bed dan mungkin tidak cocok untuk beberapa lokasi, terutama pada tempat yang mempunyai akses terbatas terhadap bahan (Somerville dkk., 2014).



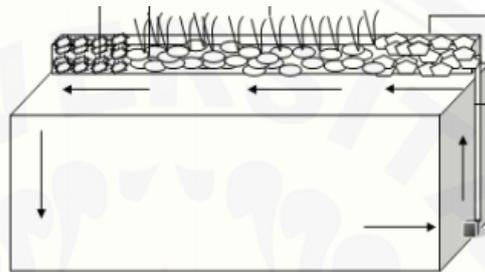
Gambar 2.10 Deep water technique (Sumber: Somerville dkk., 2014)

2.1.4 Proses Resirkulasi dan Fitoremediasi

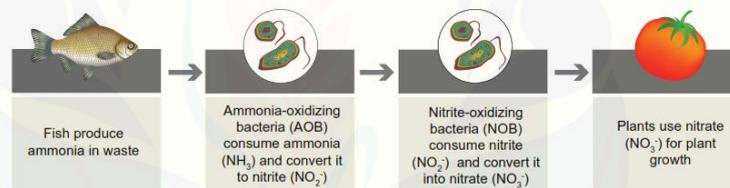
Proses resirkulasi pada sistem akuaponik menggunakan resirkulasi biofilter dengan menggunakan batu dan tanaman seperti pada Gambar 2.11. Biofilter akuaponik merupakan sistem pada teknik budidaya yang mempertahankan kualitas air diatas ambang toleransi selama periode tertentu tanpa mengganggu pertumbuhan ikan yang dipadukan dengan sistem tanaman akuatik (Wicaksana dkk., 2015). Menurut Primaningtyas dkk. (2015) limbah nitrogen anorganik dari feses dan sisa pakan ikan lele merupakan penyumbang amonia terbesar pada perairan budidaya. Amonia yang terlalu tinggi pada perairan dapat menekan kadar oksigen di perairan.

Kadar oksigen yang rendah merupakan faktor penghambat bagi pertumbuhan dan kelulushidupan ikan lele, walaupun ikan lele memiliki *accessory breathing organ*. Limbah nitorgen dapat ditekan oleh bakteri yang terdapat pada biofilter sistem. Kualitas air juga dapat dipertahankan dalam kondisi optimal

dengan penggunaan biofilter pada sistem (Primaningtyas dkk., 2015). Nutrisi yang dibutuhkan untuk tanaman adalah nitrat yang dihasilkan dari limbah kotoran ikan. Nitrat didapatkan dari dua proses yaitu adanya *ammonia -oxidizing bacteria* merubah ammonia (NH_3) menjadi nitrit (NO_2^-) selanjutnya adalah *nitrite-oxidizing bacteria* yang merubah nitrit (NO_2^-) menjadi nitrat. (NO_3^-) seperti Gambar 2.12 (Somerville dkk., 2014).



Gambar 2.11 Desain resirkulasi akuarium (Sumber: Wicaksana dkk., 2015)



Gambar 2.12 Proses nitrifikasi pada akuaponik (Sumber: Somerville dkk., 2014)

Selain proses resirkulasi, tumbuhan juga berperan dalam proses fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tumbuhan untuk mengusir atau mendegradasi bahan pencemar (Khaer dan Nursyafitri, 2019). Dalam prosesnya, tumbuhan dapat bersifat aktif maupun pasif dalam mendegradasi bahan polutan. Menurut Juhriah dan Alam, (2016) secara aktif tumbuhan memiliki kemampuan yang berbeda, ada yang melakukan proses fitotransformasi, fitoekstraksi, rizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi, dan fitovolatilisasi sebagai berikut:

- a. Fitotransformasi adalah pengambilan kontaminan bahan organik dari air yang kemudian ditransformasikan oleh tumbuhan. Metabolit hasil transformasi tersebut terakumulasi dalam tubuh tumbuhan.

- b. Fitoekstraksi yaitu penyerapan kontaminan oleh akar tumbuhan yang kemudian diakumulasikan ke bagian tumbuhan lain seperti akar, daun atau batang. Setelah itu tumbuhan dapat dipanen namun tidak boleh dikonsumsi, tanaman harus dimusnahkan dengan insinerator atau ditimbun dalam *landfill*.
- c. Rizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi logam dari aliran limbah.
- d. Fitodegradasi adalah proses penyerapan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks, kemudian mengalami metabolisme atau penguraian menjadi susunan molekul yang lebih sederhana oleh tumbuhan. Metabolisme polutan di dalam tumbuhan melibatkan enzim antara lain nitroreduktase, laccase, dehalogenase, oksigenase dan nitrilase.
- e. Fitovolatilisasi merupakan proses penyerapan kontaminan oleh tumbuhan, kemudian polutan tersebut diubah hingga bersifat volatil atau mudah menguap, setelah itu ditranspirasikan oleh tumbuhan.
- f. Fitostabilisasi merupakan proses yang dilakukan oleh tumbuhan untuk mentransformasikan polutan menjadi senyawa nontoksik tanpa menyerap polutan ke dalam tubuh tumbuhan. Fitostabilisasi biasanya digunakan untuk kontaminan logam pada daerah berlimbah.

2.2 Limbah

2.2.1 Definisi Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (Adhani, 2018). Berdasarkan karakteristiknya, limbah dapat digolongkan menjadi empat, yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas, dan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) (Pitoyo dkk., 2016). Bila ditinjau secara kimiawi, limbah terdiri dari senyawa organik dan anorganik. Limbah erat kaitannya dengan pencemaran, pada konsentrasi dan kuantitas tertentu kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia (Aldy, 2011; Pitoyo dkk., 2016).

2.2.2 Limbah Medis Cair

Limbah medis cair adalah seluruh air buangan yang berasal dari hasil kegiatan pelayanan kesehatan yang meliputi air limbah domestik (air buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian), air limbah klinis (air limbah yang berasal dari kegiatan klinis rumah sakit, misalnya air bekas cucian luka, darah dll), air limbah laboratorium dan lainnya (Adhani, 2018). Menurut WHO (2013) limbah apapun yang mengandung darah memerlukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan (WHO, 2013). Limbah medis cair yang mengandung darah dapat menularkan beberapa penyakit seperti hepatitis dan HIV/AIDS (Purwanti, 2018).

2.2.3 Baku Mutu Limbah Cair

Baku mutu limbah cair merupakan ukuran batas atau kadar suatu unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditinjau keberadaannya dalam limbah cair yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan (PP-RI, 2001). Dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah disebutkan bahwa baku mutu air bagi usaha dan/atau kegiatan fasilitas pelayanan kesehatan terdiri dari *biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solid* (TSS), dan keasaman atau pH dengan kadar maksimum berbeda-beda seperti terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku mutu limbah cair untuk kegiatan rumah sakit

Parameter	Kadar Maksimum
BOD	50 mg/L
COD	80 mg/L
TSS	30 mg/L
pH	6-9

(Sumber: PMLH-RI, 2014)

a. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological oxygen demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biologi dapat didefinisikan sebagai banyaknya jumlah oksigen yang diperlukan oleh organisme untuk mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Effendi, 2012).

Menurut Atima (2015) bahwa BOD adalah gambaran dari jumlah bahan organik yang mudah diurai atau *biodegradable organics* yang berada pada air (Atima, 2015).

b. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Menurut Fachrurozi dkk. (2010) *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan buangan di dalam air yang dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. COD dinyatakan dalam miligram per liter, yang menunjukkan massa oksigen yang dibutuhkan per liter larutan (Fachrurozi dkk., 2010). COD diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Atima, 2015).

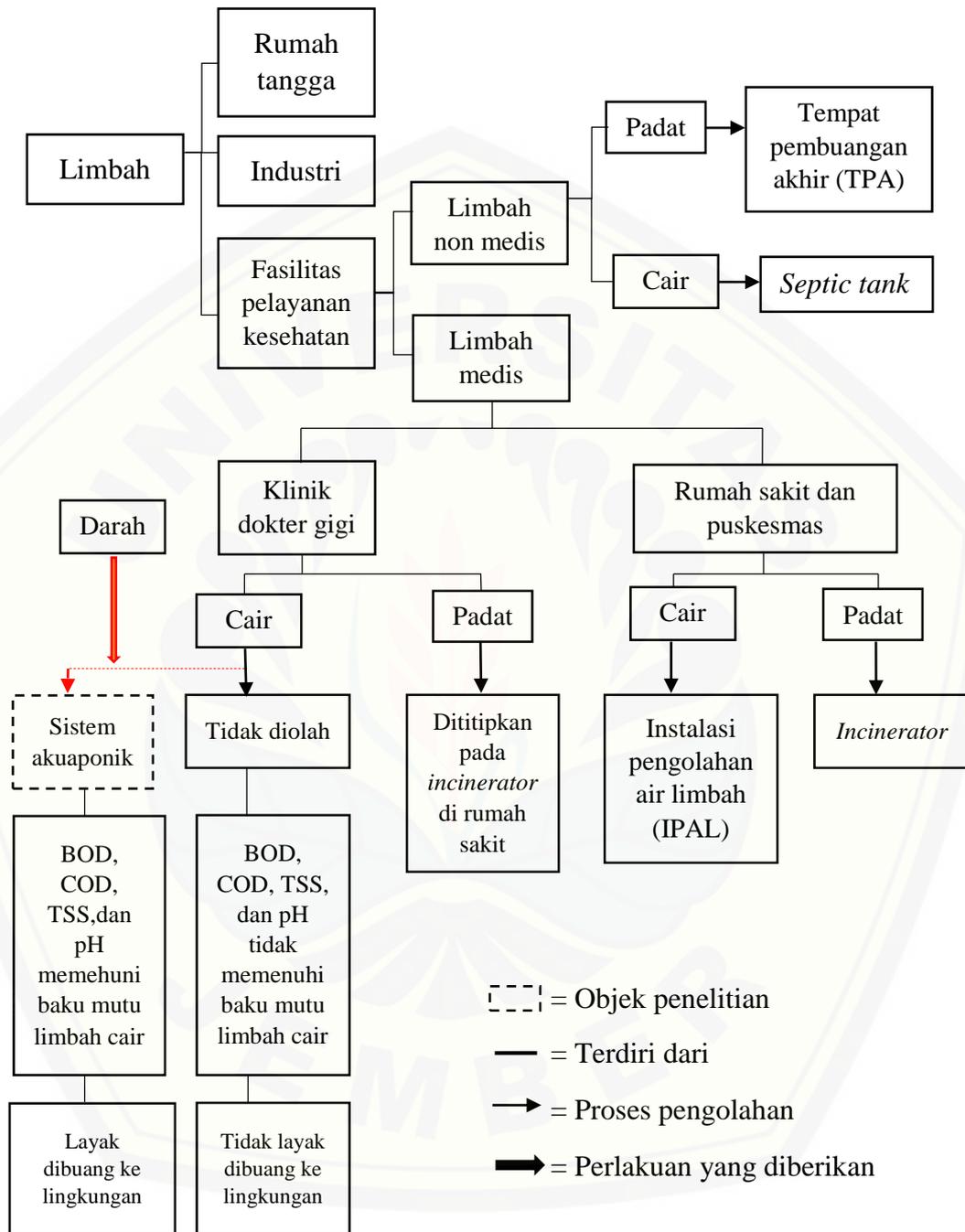
c. *Total Suspended Solid* (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) atau muatan padatan tersuspensi adalah bahan-bahan tersuspensi yang tidak larut dalam air (Fachrurozi dkk., 2010). Padatan tersuspensi ini tertahan pada saringan *miliopore* dengan diameter pori 0.45 μm (Jiyah dkk., 2016). TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad renik yang mengalami settling atau turun sendiri dan mengendap pada dasar perairan akibat adanya gaya tarik bumi dari zat melayang dalam air (Fachrurozi dkk., 2010; Jiyah dkk., 2016). TSS biasa terjadi akibat adanya kikisan tanah yang terbawa oleh air (Jiyah dkk., 2016).

d. pH

Derajat keasaman atau pH adalah ukuran seberapa asam atau basa solusinya dalam skala mulai dari 1 hingga 14. Dapat dinyatakan netral ketika pH 7 sedangkan apapun yang memiliki pH di bawah 7 maka bersifat asam, sementara apa pun di atas 7 adalah basa. Istilah pH didefinisikan sebagai jumlah ion hidrogen (H^+) dalam suatu larutan. Semakin banyak ion hidrogen maka semakin bersifat asam (Somerville dkk., 2014)

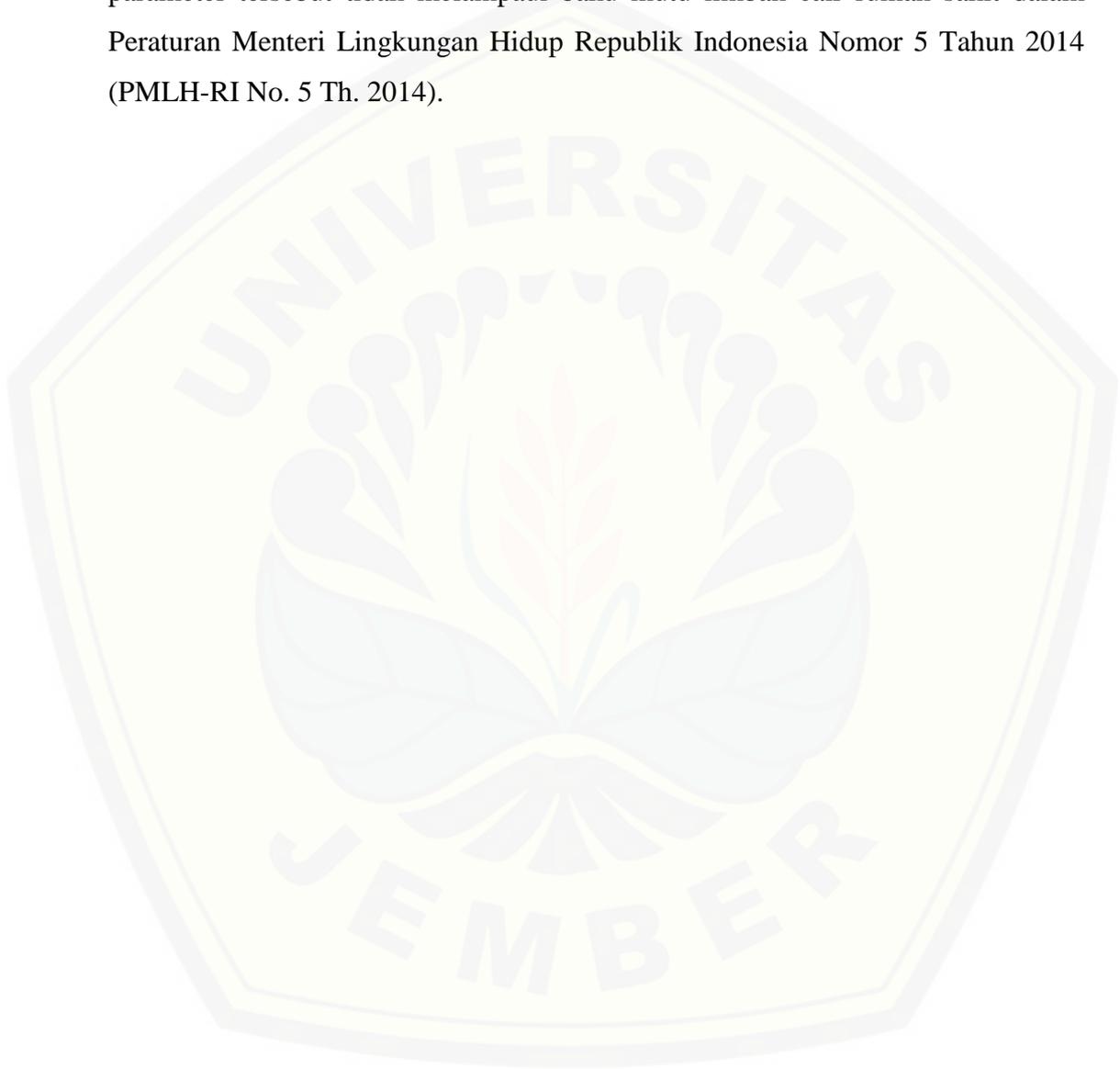
2.3 Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 2.13 Kerangka Konsep Penelitian

2.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini yaitu aplikasi sistem akuaponik dapat menjadi alternatif pengolahan limbah medis cair berupa darah ditandai dengan penurunan parameter baku mutu limbah cair berupa BOD, COD, TSS, dan pH serta parameter tersebut tidak melampaui baku mutu limbah cair rumah sakit dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 (PMLH-RI No. 5 Th. 2014).



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian *pre-experimental* dengan jenis rancangan yang digunakan adalah *one-shot case study* atau *posttest only design*. Penelitian ini dilakukan dengan memberikan perlakuan tanpa diawali dengan *pretest* dan tanpa kontrol namun setelah mendapat perlakuan kemudian diberikan *posttest* dan dilakukan observasi (Masturoh dan T., 2018).



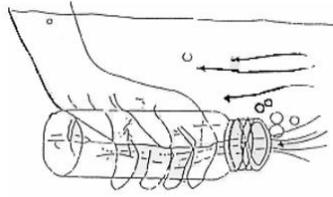
Gambar 3.1 Rancangan penelitian *posttest only design* (Sumber: Masturoh dan N., 2018)

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisiologi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember dan Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL) Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada Agustus 2020.

3.3 Unit Eksperimen dan Teknik Sampling

Unit eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini merupakan air dalam akuarium berukuran 40 x 25 x 15 cm pada sistem akuaponik. Teknik sampling yang dilakukan adalah sampel sesaat atau *grab sample* yaitu volume sampel diambil langsung dari badan air yang diteliti dengan menggunakan botol kaca (Effendi, 2012, SNI 6989.59:2008).



Gambar 3.2 Contoh pengambilan sampel air limbah menggunakan botol kaca biasa (Sumber: SNI 6989.59:2008)

3.4 Besar Sampel

Besar sampel yang digunakan dalam penelitian ini dihitung berdasarkan rumus pada Daniel dan Cross (2013) sebagai berikut:

$$n = \frac{z^2 \sigma^2}{d^2}$$

Keterangan:

n = besar sampel minimum

σ = standar deviasi (SD) sampel

d = kesalahan yang masih dapat ditoleransi, diasumsikan $d = \sigma$

Z = konstanta pada tingkat kesalahan tertentu, jika $\alpha = 0,05$ maka nilai $Z = 1,96$

Maka hasil perhitungan besar sampel adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{z^2 \sigma^2}{d^2}$$

$$n = \frac{z^2 \sigma^2}{\sigma^2}$$

$$n = \frac{z^2 \sigma^2}{\sigma^2}$$

$$n = z^2$$

$$n = (1,96)^2$$

$$n = 3,84$$

$$n \approx 4$$

Pada penelitian ini terdapat 4 kali pengambilan sampel sebagai berikut

- o Sampel A1 merupakan 500 mL sampel air yang diambil dari sistem akuaponik yang bekerja selama 0 jam

- Sampel A2 merupakan 500 mL sampel air yang diambil dari sistem akuaponik yang bekerja selama 24 jam
- Sampel A3 merupakan 500 mL sampel air yang diambil dari sistem akuaponik yang bekerja selama 48 jam
- Sampel A4 merupakan 500 mL sampel air yang diambil dari sistem akuaponik yang bekerja selama 72 jam

3.5 Variabel Penelitian

3.5.1 Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah durasi kerja sistem akuaponik

3.5.2 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah parameter kualitas air yang merujuk pada baku mutu limbah cair yang terdiri atas: BODs, COD, TSS, dan pH.

3.5.3 Variabel Kendali

Variabel kendali pada penelitian ini adalah jenis dan komponen sistem akuaponik serta jumlah limbah cair medis berupa darah

3.6 Definisi Operasional

3.6.1 Sistem Akuaponik

Sistem akuaponik merupakan gabungan dari teknik hidroponik dan akuakultur (Thorarinsdottir, 2015). Sistem akuaponik yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis media bed atau *grow bed*. Sistem ini menggunakan tanaman kangkung darat (*Ipomoea Reptans p.*) dengan tinggi rata-rata 15 cm yang ditanam dengan media batu koral dan rockwool. Ikan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan lele albino (*Clarias spp.*) dengan panjang rata-rata 10 cm dan berat 2 gram yang hidup dalam akuarium kaca berukuran 40 x 25 x 15 cm.

3.6.2 Limbah Medis Cair

Komponen limbah medis cair yang digunakan pada penelitian ini adalah darah. Darah yang digunakan yaitu darah manusia sebanyak 2 mL yang tidak terbatas oleh golongan darah. Limbah darah yang dimaksud merupakan darah kadaluarsa yaitu darah sudah tersimpan lebih dari 35 hari pada suhu $\pm 4^{\circ}\text{C}$ yang didapatkan dari Palang Merah Indonesia (PMI) Donor Darah.

3.6.3 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD adalah parameter baku mutu limbah cair yang menggambarkan jumlah bahan organik yang mudah diurai atau *biodegradable organics* yang berada pada air. Pengukuran BOD₅ dilakukan sesuai dengan Badan Standardisasi Nasional tahun 2009 mengenai cara uji kebutuhan oksigen biokimia (*Biological Oxygen Demand/ BOD*). Batas maksimal jumlah BOD₅ dalam air yaitu 50 mg/L.

3.6.4 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah parameter baku mutu limbah cair yang menunjukkan massa oksigen yang dikonsumsi per liter larutan. COD diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Pengukuran COD dilakukan sesuai dengan Badan Standardisasi Nasional tahun 2009 mengenai cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/COD*). Batas maksimal jumlah COD dalam air yaitu 80 mg/L.

3.6.5 TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS atau muatan padatan tersuspensi adalah parameter baku mutu limbah cair yang menyatakan kadar bahan-bahan tersuspensi yang tertahan pada saringan *miliopore* dengan diameter pori 0.45 μm saat dilakukan pengukuran. Pengukuran TSS dilakukan sesuai dengan Badan Standardisasi Nasional tahun 2004 mengenai cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid, TSS*) secara gravimetri. Batas maksimal jumlah TSS dalam air adalah 30 mg/L.

3.6.6 pH

Derajat keasaman atau pH adalah parameter baku mutu limbah cair yang menunjukkan ukuran seberapa asam atau basa solusinya dalam skala mulai dari 1 hingga 14. Pengukuran pH dilakukan sesuai dengan Badan Standardisasi Nasional tahun 2004 mengenai cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter. Batas maksimal kadar pH dalam air yaitu 6-9.

3.7 Alat dan Bahan Penelitian

3.7.1 Alat Penelitian

a. Sistem akuaponik

- 1) 4 buah akuarium 40 x 25 x 15 cm
- 2) 16 buah net pot
- 3) 4 buah pompa air Halico
- 4) 4 buah pipa PVC 36 x 1,5 cm
- 5) 4 buah pipa PVC 20 x 1,5 cm
- 6) 4 buah pipa PVC 3,5 x 1,5 cm
- 7) 4 buah penutup ujung pipa
- 8) 12 buah elbow
- 9) 4 buah wadah tanaman
- 10) 1 buah kabel roll

b. Perlakuan dan pengambilan sampel

- 1) 1 buah syringe 3 mL
- 2) 1 buah spatula kaca
- 3) 4 buah botol sampel 500 mL gelap
- 4) 1 lembar kertas label
- 5) 1 buah spidol penanda
- 6) 4 buah masker medis
- 7) 4 pasang handscoon
- 8) *Tissue*
- 9) Alat tulis

c. Pengukuran BOD₅

- 1) Botol DO
 - 2) Botol winkler 150 mL
 - 3) Lemari inkubasi
 - 4) Pipet ukur 1,0 mL dan 50 mL
 - 5) Alat titrasi
 - 6) Erlenmeyer 150 mL
- d. Pengukuran COD
- 1) Pipet volumetrik 5,0 mL; 10 mL dan 25,0 mL;
 - 2) Pipet ukur 5 mL; 10 mL dan 25 mL;
 - 3) Erlenmeyer
 - 4) Pengaduk magnetik
 - 5) Pemanas dengan lubang-lubang penyangga
 - 6) Kultur tabung borosilikat ukuran 16mmx100mm
- e. Pengukuran TSS
- 1) Desikator yang berisi silika gel
 - 2) Oven
 - 3) Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg
 - 4) Pengaduk magnetik
 - 5) Gelas ukur
 - 6) Cawan aluminium
 - 7) Pompa vakum.
- f. Pengukuran pH
- 1) pH meter

3.7.2 Bahan Penelitian

a. Sistem akuaponik

- 1) 10 L air tawar
- 2) 12 batang tanaman kangkung darat (*Ipomoea Reptans p.*)
- 3) 20 ekor ikan lele albino (*Clarias sp.*)
- 4) 8 mL limbah darah manusia dari PMI Donor Darah
- 5) 1 kg batu koral

- 6) Rockwool
- 7) Pakan ikan
- b. Pengukuran BOD₅
 - 1) Larutan buffer fosfat
 - 2) Larutan MgSO₄
 - 3) Larutan CaCl₂
 - 4) Larutan FeCl₃
 - 5) Larutan MnSO₄
 - 6) Larutan alkali iodide azida
 - 7) Larutan sodium thiosulfate 0,025 N
- c. Pengukuran COD
 - 1) Larutan pereaksi asam sulfat
 - 2) *Digestion solution*
 - 3) Larutan baku FAS
 - 4) Larutan indikator feroin
- d. Pengukuran TSS
 - 1) Kertas saring dengan ukuran 0,45 µm
 - 2) Air suling

3.8 Prosedur Penelitian

3.8.1 Uji Kelayakan Etik (*Ethical Clearance*)

Sebelum penelitian dimulai dilakukan pengajuan *ethical clearance* hewan coba di Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

3.8.2 Penyusunan Sistem Akuaponik

a. Pembuatan Instalasi Air

- 1) Menyiapkan 3 buah pipa PVC. Pipa pertama sepanjang 36 cm dengan diameter 1,5 cm. Pipa kedua sepanjang 3,5 cm dengan diameter 1,5 cm. Pipa ketiga sepanjang 20 cm dengan diameter 1,5 mm

- 2) Menghubungkan pipa yang satu dengan lainnya menggunakan elbow dan tutup ujung pipa pertama agar air tidak mengalir keluar.
- 3) Melubangi pipa pertama sebagai jalan air dengan ukuran lubang 0,5 cm sebanyak 4 buah, masing-masing dibuat diatas net pot sebagai jalan air.
- 4) Menghubungkan rangkaian pipa dengan pompa air, kemudian dipasangkan pada akuarium dengan posisi pompa air berada di dalam akuarium

b. Pembuatan Tempat Tanaman Tumbuh (*Grow Bed*)

- 1) Menyiapkan tanaman kangkung yang memiliki ketinggian rumpun rata-rata 15 cm. Tanaman kangkung darat (*Ipomoea Reptants p.*) yang telah dipilih, dicuci dan dibersihkan
- 2) Membersihkan net pot dan batu koral dengan air mengalir. Setelah bersih masukkan tanaman ke dalam net pot, letakkan rockwool hingga memenuhi setengah tinggi netpot kemudian batu koral
- 3) Letakkan net pot pada lubang di wadah tanaman dengan jarak tanam rumpun 5 cm dan tempatkan *grow bed* di atas akuarium penuh netpot dan *grow bed* dengan batu koral.

3.8.3 Pemberian Perlakuan

- a. Berdasarkan penelitian Sanchez (2015) perlakuan yang diberikan sebanyak 0,02% dari jumlah volume air yang digunakan. Pada penelitian ini 0,02 % dari 10 L yaitu 2 mL
- b. Memasukkan darah manusia sebanyak 2 mL ke dalam akuarium dengan menggunakan syringe 3 mL. Aduk menggunakan spatula kaca hingga homogen.

3.8.4 Pengambilan Sampel

- a. Berdasarkan penelitian Dewi dkk. (2015) pengambilan sampel dilakukan pada waktu yang sama setiap 24 jam. Pengambilan dilakukan sebanyak 4 kali pada pukul 09.00 – 10.00 WIB dengan teknik *grab sampling*
- b. Pengambilan sampel dilakukan dengan mengisi botol sampel 500 mL gelap sesuai (SNI) 6989.72:2009 hingga penuh meluap, kemudian ditutup rapat.

3.8.5 Pengukuran Kualitas Air

a. Pengukuran BOD₅

Pengukuran BOD₅ pada penelitian ini menggunakan metode sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.72:2009 tentang kebutuhan oksigen biokimia (*Biological sOxygen Demand/ BOD*) dan metode titrasi sesuai dengan SNI 066989.14-2004 tentang metode metoda titrasi secara iodometri (modifikasi Azida)

- 1) Menyiapkan 2 buah botol DO kemudian tandai masing-masing botol dengan notasi A1; A2; dan masukkan larutan sampel ke dalam masing-masing botol DO sampai meluap, kemudian tutup botol secara hati-hati untuk menghindari terbentuknya gelembung udara
- 2) Simpan botol A2 dalam lemari inkubator $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari 5 malam
- 3) Lakukan pengukuran oksigen terlarut dengan menambahkan 1 mL MnSO₄ dan 1 mL alkali iodide azida dengan ujung pipet tepat berada di atas permukaan larutan
- 4) Tutup botol kemudian homogenkan hingga terbentuk gumpalan sempurna. Diamkan gumpalan hingga mengendap selama 5-10 menit
- 5) Tambahkan 1 mL larutan H₂SO₄ pekat, tutup dan homogenkan hingga endapan larut sempurna
- 6) Pipet 50 mL larutan ke dalam erlenmeyer 150 mL dan lakukan titrasi dengan Na₂S₂O₃ dengan indikator larutan kanji sampai warna biru tepat hilang. Catat hasil titrasi
- 7) Lakukan poin 3 hingga poin 6 pada botol A2 di hari ke 5
- 8) Hasil pengukuran merupakan selisih hasil titrasi A1 dan A2

b. Pengukuran COD

Pengukuran COD pada penelitian ini menggunakan metode sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.73:2009 tentang kebutuhan oksigen kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/COD*) dengan refluks tertutup secara titrimetric

- 1) Mengambil sampel menggunakan pipet kemudian tambahkan *digestion solution* dan larutan pereaksi asam sulfat ke dalam tabung. Tutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen

- 2) Letakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150 °C, lakukan *digestion* selama 2 jam
- 3) Dinginkan perlahan sampel yang sudah direfluks sampai suhu ruang. Saat pendinginan dilakukan sesekali tutup sampel dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas
- 4) Pindahkan secara kuantitatif sampel dari *tube* atau ampul ke dalam *Erlenmeyer* untuk titrasi
- 5) Tambahkan 1 - 2 tetes indikator ferroin lalu aduk dengan pengaduk magnetik sambil dititrasi dengan larutan baku FAS 0,05 M sampai terjadi perubahan warna yang jelas dari hijau-biru menjadi coklat-kemerahan. Catat volume FAS yang digunakan.
- 6) Lakukan poin 1 sampai 5 pada air bebas organik sebagai blanko.

Hasil pengukuran COD diperoleh dengan cara:

$$\text{COD (mg O}_2\text{/L)} = \frac{(A - B) \times M \times 8000}{\text{Volume sampel (mL)}}$$

Keterangan:

A: volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko, dinyatakan dalam mL

B: volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh uji, dinyatakan dalam mL

M: adalah molaritas larutan FAS;

8000: berat miliequivalent oksigen x 1000 mL/L.

c. Pengukuran TSS

Pengukuran TSS pada penelitian ini menggunakan metode sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.3-2004 tentang padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid, TSS*) secara gravimetri

- 1) Lakukan penyaringan sampel dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling.
- 2) Aduk sampel dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh sampel yang lebih homogen.
- 3) Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, dan biarkan kering sempurna, lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna.

- 4) Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga.
- 5) Keringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbang.
- 6) Ulangi tahapan pengeringan sebanyak 3 kali hingga diperoleh berat yang konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 0,5 mg.
- 7) Perhitungan

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume sampel, mL}}$$

dengan A adalah berat kertas saring + residu kering, mg; dan B adalah berat kertas saring, mg.

- 8) Catat hasil perhitungan
- d. Pengukuran pH

Pengukuran pH pada penelitian ini menggunakan metode sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.11-2004 tentang derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter

- 1) Lakukan kalibrasi alat pH-meter dengan larutan penyangga setiap kali akan melakukan pengukuran.
- 1) Keringkan dengan kertas tisu selanjutnya bilas elektroda dengan air suling kemudian dengan sampel.
- 2) Celupkan elektroda ke dalam sampel sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
- 3) Catat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

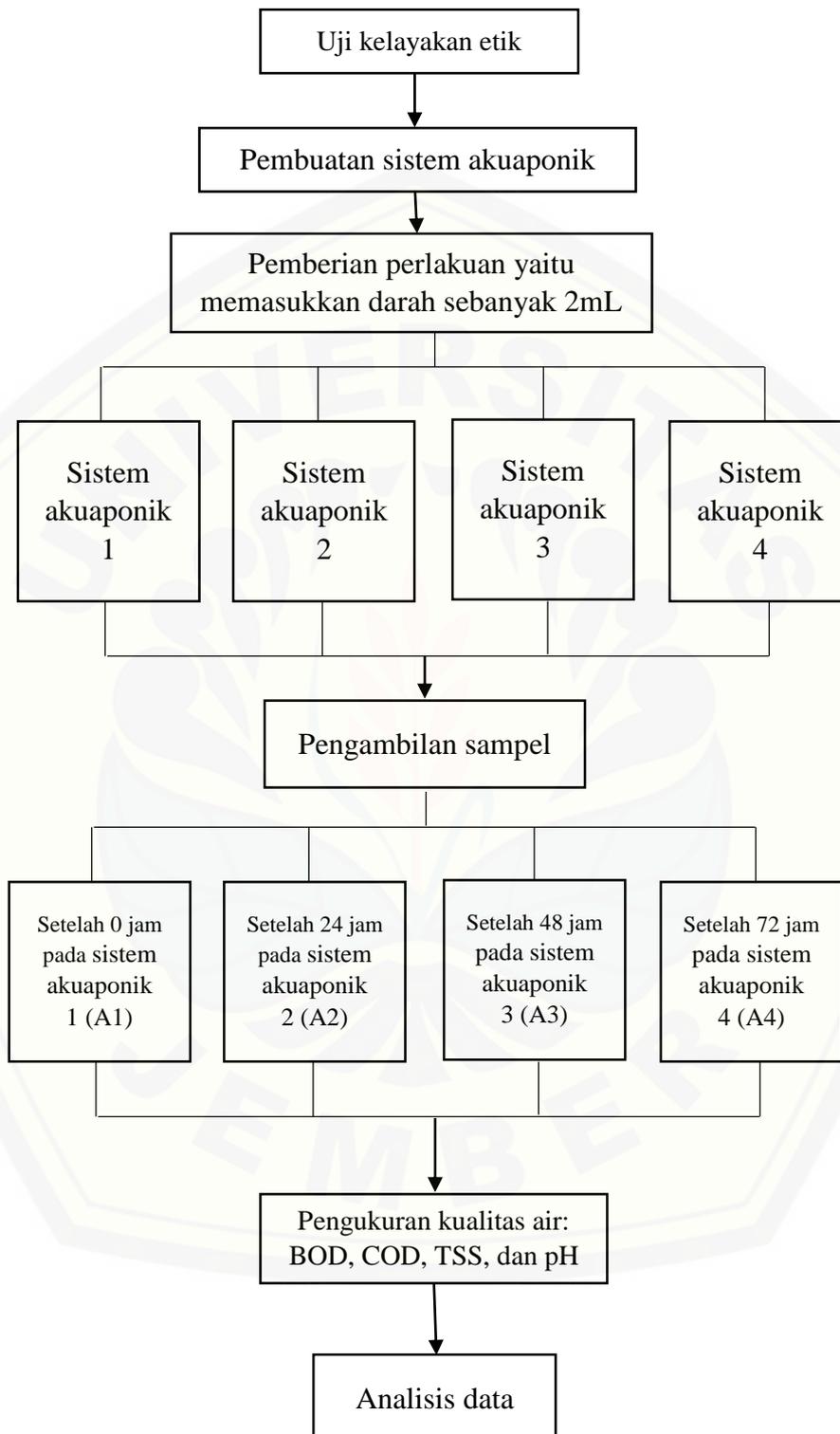
3.7 Analisis Data

Data yang diperoleh merupakan data *time series bivariat* yaitu data diperoleh dari pengamatan objek pada periode waktu tertentu dengan suatu peubah yang hasilnya mempengaruhi peubah yang lain. Data kemudian dianalisis menggunakan metode deskriptif komparatif dengan standar baku mutu limbah cair kegiatan rumah sakit dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik

Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Selanjutnya data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.



3.8 Alur Penelitian



Gambar 3.3 Alur Penelitian

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil pengukuran parameter baku mutu limbah cair yaitu BOD, COD, TSS, dan pH pada sistem akuaponik yang mengandung limbah medis cair berupa darah cenderung mengalami penurunan dan tidak melampaui batas maksimum yang terdapat pada standar baku mutu limbah cair rumah sakit dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa aplikasi sistem akuaponik dapat digunakan sebagai alternatif pada pengolahan limbah medis cair berupa darah.

5.2 Saran

Penelitian mengenai aplikasi sistem akuaponik sebagai alternatif pada pengolahan limbah medis cair berupa darah baru pertama kali dilakukan, sehingga perlu adanya penelitian experimental pada penelitian jenis ini. Perlu dilakukan juga penelitian dengan penggunaan teknik sistem akuaponik lain seperti NFT dan DWC sehingga dapat mengetahui teknik sistem akuaponik yang paling efektif untuk pengolahan limbah. Penggunaan tanaman dan hewan air lain seperti jenis tanaman hias dan ikan nila juga perlu dilakukan agar sistem akuaponik dapat dimanfaatkan untuk hal yang lebih luas lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani. 2018. *Pengelolaan Limbah Medis Pelayanan Kesehatan*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Agustina, E., F. Andiarna, N. Lusiana, R. Purnamasari, dan M. I. Hadi. 2018. Identifikasi senyawa aktif dari ekstrak daun jambu air (*syzygium aqueum*) dengan perbandingan beberapa pelarut pada metode maserasi. *Biotropic The Journal of Tropical Biology*. 2(2):108–118.
- Ahmad, H. dan R. Adiningsih. 2019. Efektivitas metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok dan kangkung air dalam menurunkan kadar bod. *Jurnal Farmasetis*. 8(2):31–38.
- Akbar, J. 2016. *Pengantar Ilmu Perikanan Dan Kelautan (Budi Daya Perairan)*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Aldy, Z. E. 2011. *Pedoman Teknis Dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pengolahan Air Limbah Instalasi Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Edisi Seri Sanit. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Aliyas, S. Ndobe, dan Z. R. Ya'la. 2016. PERTUMBUHAN dan kelangsungan hidup ikan nila (*oreochromis sp .*) yang dipelihara pada media bersalinitas. *Jurnal Sains Dan Teknologi Tadulako*. 5(1):19–27.
- Alvian, P. 2015. *Bertanam Hidroponik Untuk Pemula*. Depok: Bibit Publisher.
- Andriani, Y. 2018. *Budidaya Ikan Nila*. Dalam *Budidaya Ikan Nila*
- Apsari, L., E. Kusumawati, dan D. Susanto. 2018. Fitoremediasi limbah cair laundry menggunakan melati air (*echinodorus palaefolius*) dan eceng padi (*monochoria vaginalis*). *Bioprospek*. 13(2):29–38.
- Arifin, M. Y. 2016. Pertumbuhan dan survival rate ikan nila (*oreochromis. sp*) strain merah dan strain hitam yang dipelihara pada media bersalinitas. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 16(1):159–166.
- Arizuna, M., D. Suprpto, dan M. R. Muskananfolo. 2014. Kandungan nitrat dan fosfat dalam air pori sedimen di sungai dan muara sungai wedung demak. *Diponegoro Journal Of Maquares*. 3(1):7–16.
- Arsa, A. K., C. Rianto, dan M. N. A. Hidayat. 2019. Efisiensi Penyerapan Phospat Limbah Laundry Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea Aquatic Forsk*) Dan Jeringau (*Acorus Calamus*). *Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam*

- Indonesia. (April). 2019. UPN “Veteran” Yogyakarta: 1–7.
- Atima, W. 2015. BOD dan cod sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah. *Jurnal Biologi and Science*. 4(1):83–93.
- Bernstein, S. 2011. *Aquaponic Gardening: A Step-By-Step Guide To Raising Vegetables And Fish Together*. Canada: New Society Publishers.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 066989.14-2004. *Cara Uji Oksigen terlarut secara yodometri (modifikasi azida)*. Januari. Tangerang: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 06-6989.11-2004. *Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH Meter*. Januari. Tangerang: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2005. SNI 6989.59:2008. Air dan air limbah – Bagian 59: Metoda pengambilan contoh air limbah. Tangerang: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 06-6989.3-2004. *Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) Secara Gravimetri*. Januari. Tangerang: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 6989.72:2009. *Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/ BOD)*. Februari. Tangerang: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 6989.73:2009. *Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD)*. Juni. Tangerang: BSN.
- Buwono, I. D., A. U. Lathifah, dan U. Subhan. 2018. Deteksi keragaman genotip hibrid ikan lele sangkuriang, mutiara transgenik dan mutiara non transgenik pada keturunan pertama. *Jurnal Biologi Indonesia*. 7(2):133–141.
- Connolly, K. dan T. T. 2010. *Optimization of a Backyard Aquaponic Food Production System*. Canada: McGill University.
- Danaei, M., P. Karimzadeh, M. Momeni, C. J. Palenik, M. Nayebi, V. Keshavarzi, dan M. Askarian. 2014. The management of dental waste in dental offices and clinics in shiraz, southern iran. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 5(1):18–23.
- Dewi, F., M. Faisal, dan Mariana. 2015. EFISIENSI penyerapan fosfat limbah laundry menggunakan kangkung air (*ipomoea aquatic forsk*) dan jeringau (*acorus calamus*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4(1):7–10.
- Dwi, E., A. Sari, A. D. Moelyaningrum, dan P. T. Ningrum. 2018. Kandungan

limbah cair berdasarkan parameter kimia di inlet dan outlet rumah pemotongan hewan (studi di rumah pemotongan hewan x kabupaten jember). *Journal of Health Science and Prevention*. 2(September 2018):88–94.

Effendi, H. 2012. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan*. Yogyakarta: Kanisius.

Ernawati, H., N. C. Chotimah, S. Kresnatita, dan G. I. Ichriani. 2015. Pemanfaatan limbah darah sapi dan kiambang sebagai pupuk ramah lingkungan untuk mendukung pertanian lahan gambut yang berkelanjutan. *Udayana Mengabdi*. 14(1):13–17.

Fachrurrozi, M., L. B. Utami, dan D. Suryani. 2010. Pengaruh variasi biomassa pistia stratiotes l. terhadap penurunan kadar bod, cod, dan tss limbah cair tahu di dusun klero sleman yogyakarta. *Jurnal KesMas*. 4(1):1–16.

Fadhlillah, R. H., S. Dwiratnah, dan K. Amaru. 2019. Kinerja sistem fertisasi rakit apung pada budi daya tanaman kangkung (*ipomea reptans* poir). *Jurnal Pertanian Tropik*. 6(1):165–179.

Faranita, T., Y. Trisnawati, dan M. Lubis. 2016. Gangguan koagulasi pada sepsis. *Sari Pediatri*. 13(3):226.

Fitmawati, Isnaini, S. Fatonah, N. Sofiyanti, dan R. Mustika. 2018. Penerapan teknologi hidroponik sistem deep flow technique sebagai usaha peningkatan pendapatan petani di desa sungai bawang. *Riau Journal of Empowerment*. 1(1):23–29.

Fitri, H. M., M. Hadiwidodo, dan M. A. Kholiq. 2016. Penurunan kadar cod, bod, dan tss pada limbah cair industri msg (monosodium glutamat) dengan biofilter anaerob media bio-ball. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 5(1):1–10.

Gusril Henny. 2016. Studi kualitas air minum pdam di kota duri riau. *Geografi*. 8(2):190–196.

Hadi, S., R. N. A. Takwin, dan A. Dani. 2016. Uji kekuatan tekan dan kekuatan lentur pipa air pvc. *Jurnal Logic*. 16(1):7–13.

Handayani, H. B. dan Evita. 2018. *Dan Agroteknologi Sekolah Menengah Kejuruan (Smk) Kelompok Kompetensi : F*. Cianjur: Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Pertanian.

Haruna, E. T., I. Isa, dan N. Suleman. 2012. FITOREMEDIASI pada media tanah yang mengandung cu. *Jurnal Sainstek*. 6(6)

Jiyah, B. Sudarsono, dan A. Sukmono. 2016. Studi didtribusi total suspended solid

di perairan pantai kabupaten demak menggunakan citra landsat. *Jurnal Geodesi Undip*. 6(1):41–47.

Juhriah dan M. Alam. 2016. FITOREMEDIASI logam berat merkuri (hg) pada tanah tanaman celosia plumosa (voss) burv . dengan phytoremediation of heavy metal mercury (hg) in soil with celosia plumosa (voss) burv . *Jurnal Biologi Makasar (Bioma)*. 1(1):1–8.

Khaer, A. dan E. Nursyafitri. 2019. Kemampuan metode kombinasi filtrasi fitoremediasi tanaman teratai dan eceng gondok dalam menurunkan kadar bod dan cod air limbah industri tahu. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika Dan Masyarakat*. 17(2):11.

Liem, A. F., E. Holle, I. Y. Gemnafle, Wakum, dan Sarah. 2013. Isolasi senyawa saponin dari mangrove tanjang (bruguiera gymnorrhiza) dan pemanfaatannya sebagai pestisida nabati pada larva nyamuk. *Jurnal Biologi Papua*. 5(1):27–34.

Line, D. dan L. Sulistyorini. 2013. Evaluasi sistem pengelolaan sampah di rumah sakit umum daerah blambangan banyuwangi. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 7(1):71–75.

Lumaela, A. K., B. W. Otok, dan Sutikno. 2013. Pemodelan chemical oxygen demand (cod) sungai di surabaya dengan metode mixed geographically weighted regression. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*. 2(1):100–105.

Maharani, N. A. dan P. N. Sari. 2016. Penerapan aquaponic sebagai teknologi tepat guna pengolahan limbah cair kolam ikan di dusun kergan, tirtomulyo, kretek, bantul, yogyakarta. *Indonesian Journal of Community Engagement*. 1(2):172–182.

Mallo, P. Y., S. R. U. A. Sompie, B. S. Narasiang, dan Bahrin. 2012. Rancang bangun alat ukur kadar hemoglobin dan oksigen dalam darah dengan sensor oximeter secara non-invasif. *Electrical Engineering Study Program*. 1(1)

Marlina, E. dan Rakhmawati. 2016. Kajian kandungan ammonia pada budidaya ikan nila (Oreochromis Niloticus) menggunakan teknologi akuaponik tanaman tomat (Solanum Lycopersicum). *Seminar Nasional Tahunan Ke-V Hasil-Hasil Penelitian Perikanan Dan Kelautan B2*. 2016. 181–187.

Masturoh, I. dan N. A. T. 2018. *Bahan Ajar Rekam Medis Dan Indormasi Kesehatan, Metodologi Penelitian Kesehatan*. Edisi Pusat Pend. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

McGuire, T. M. dan G. A. Popken. 2015. *Comparative Analysis of Aquaponic Grow Beds*. Edisi Spring 201. University of Nebraska- Lincoln.

- Mulqan, M., S. Afdhal, E. Rahimi, dan I. Dewiyanti. 2017. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih ikan nila gesit (*oreochromis niloticus*) pada sistem akuaponik dengan jenis tanaman yang berbeda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*. 2(1):183–193.
- Nastika, A., Violita, dan I. Leilani. 2018. The effect of sargassum sp. liquid organic fertilizer in the growth of land kangkung (*ipomoea reptans* poir.) by using hydroponic. *Bioscience*. 2(2):65–75.
- Nawawi, Sriwahidah, dan A. A. Jaya. 2018. IbKIK budidaya ikan nila sistem akuaponik. *Jurnal Dedikasi Masyarakat*. 2(1):37–43.
- Novita, E., S. Wahyuningsih, dan H. A. Pradana. 2020. FITOREMEDIASI air limbah laboratorium analitik universitas jember dengan pemanfaatan tanaman eceng gondok dan lebang. *Jurnal Bioteknologi Dan Biosains Indonesia*. 7(7):121–135.
- Nuraini, E., T. Fauziah, dan F. Lestari. 2019. Penentuan nilai bod dan cod limbah cair inlet laboratorium pengujian fisis politeknik atk yogyakarta. *Integrated Lab Journal*. 07(02):10–15.
- Nurhayati, A., A. Yustiati, dan T. Herawati. 2019. Kelembagaan pemasaran benih nila nirwarna (*oreochromis niloticus*) berbasis integrated supply chain management. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*. 21(2):65.
- Panigrahi, G. K., S. Panda, dan S. N. Padhi. 2016. Aquaponics : an innovative approach of symbiotic farming. *International Journal of Bioassays*. 5(9):4808–4814.
- Patillo, A. 2017. *An Overview of Aquaponic Systems: Hydroponic Components*. United States
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001. *Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*. 14 Desember 2001. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2001 Nomor 4161. Jakarta.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. *Baku Mutu Air Limbah*. 25 November 2014. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 1815. Jakarta.
- Pertiwi, K., R. Wulansari, Nurullah, I. Amrullah, F. Atoillah, dan A. Rezagama. 2019. Pemberdayaan masyarakat desa kupang rejo melalui lingkungan. *Jurnal Pasopati*. 1(3):5–7.
- Pitoyo, P. N. P., I. W. Arthana, dan I. M. Sudarma. 2016. Kinerja pengelolaan limbah hotel peserta proper dan non proper di kabupaten badung, provinsi bali.

ECOTROPIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science). 10(1):33.

Pramono, J., Y. Kusumarini, dan J. F. Poillot. 2017. Eksperimen perancangan elemen pembentuk repurposing pipa pvc. *Jurnal Intra*. 5(2):237–246.

Prasasti, D., E. Prihastanti, dan M. Izzati. 2014. PERBAIKAN kesuburan tanah liat dan pasir dengan penambahan kompos limbah sagu untuk pertumbuhan dan produktivitas tanaman pakcoy (*brassica rapa var.chinensis*). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*. 22(2):33–46.

Pratiwi, D. dan C. Maharani. 2013. Pengelolaan limbah medis padat pada puskesmas kabupaten pati. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 9(1428):74–84.

Primaningtyas, A. W., S. Hastuti, dan Subandiyono. 2015. PERFORMA produksi ikan lele (*clarias gariepinus*) yang dipelihara dalam sistem budidaya berbeda. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 4(4):95–100.

Purwanti, A. A. 2018. Pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun rumah sakit di rsud dr.soetomo surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 10, No.3:291–298.

Putri, A. O., O. Yuan, T. Pamula, Y. Fakhriah, L. A. Sari, dan N. N. Dewi. 2019. The comparison of water spinach (*ipomoea aquatica*) density using aquaponic system to decrease the concentration of ammonia (nh_3), nitrite (no_2), nitrate (no_3) and its effect on feed conversion ratio and feed efficiency to increase the survival rate and sp. *Journal of Aquaculture and Fish Health*. 8(2):113–122.

Putri, D. A. P. G. M. S., N. K. F. R. Pertiwi, dan N. M. S. Nopiyani. 2018. Manajemen pengelolaan limbah medis di praktik dokter gigi kabupaten tabanan. *Bali Dental Journal*. 2(1):9–16.

Putri, R. A. dan N. G. Murwandani. 2017. Uji coba penggunaan daun sirih sebagai bahan pewarna alami pada kain katun. *Jurnal Seni Rupa*. 5(3):410–416.

Putrianingsih, Y. dan Y. S. Dewi. 2019. Pengaruh tanaman sirih gading (*epipremnum aureum*) terhadap polutan udara dalam ruangan. *Jurnal TechLINK*. 2(1):9–16.

Qalit, A. dan A. Rahman. 2017. Rancang bangun prototipe pemantauan kadar ph dan kontrol suhu serta pemberian pakan otomatis pada budidaya ikan lele sangkuriang berbasis iot. *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*. 2(3):8–15.

Rahmah, N., M. Wijaya, dan P. Patang. 2018. Rekayasa media tanam terhadap pertumbuhan, kelangsungan hidup dan produksi sayuran. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. 1(1):69.

- Riza, F., A. N. Bambang, dan Kismartini. 2015. TINGKAT pencemaran lingkungan perairan ditinjau dari aspek fisika, kimia dan logam di pantai kartini jepara. *Indonesian Journal of Conservation*. 04(1):52–60.
- Rukmi, D. P., Ellyke, dan R. S. Pujiati. 2013. Efektivitas eceng gondok (*eichhornia crassipes*) dalam menurunkan kadar deterjen , bod , dan cod pada air limbah laundry (studi di laundry x di kelurahan jember lor kecamatan patrang kabupaten jember). *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa*. 05
- Said, S. dan M. Lalla. 2020. APLIKASI air kotoran ikan lele dan rendaman kotoran kambing terhadap pertumbuhan tanaman selada (*lactuca sativa l .*). *Jurnal Agercolere*. 2(1):24–29.
- Sanchez, H. J. A. 2015. Aquaponics and its potential aquaculture wastewater treatment and human urine treatment henrique junior aiveca sánchez licenciado em ciências de engenharia do ambiente aquaponics and its potential aquaculture wastewater treatment and human urine treatment. (March)
- Sastro, Y. 2015. Akuaponik : budidaya tanaman terintegrasi dengan ikan , permasalahan keheraan dan strategi mengatasinya. *Buletin Pertanian Perkotaan*. 5(1):33–42.
- Setiawan, I. G. P., A. Niswati, K. Hendarto, dan S. Yusnaini. 2015. Pengaruh dosis vermikompos terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy (*brassica rapa l.*) dan perubahan beberapa sifat kimia tanah ultisol taman bogo. *Jurnal Agrotek Tropika*. 3(1):170–173.
- Setijaningsih, L. dan C. Umar. 2015. PENGARUH lama retensi air terhadap pertumbuhan ikan nila (*oreochromis niloticus*) pada budidaya sistem akuaponik dengan tanaman kangkung. *Berita Biologi*. 14(3):267–275.
- Sharma, N., S. Acharya, K. Kumar, N. Singh, dan O. P. Chaurasia. 2019. Hydroponics as an advanced technique for vegetable production : an overview. *Journal of Soil and Water Conservation*. 17(4):364–371.
- Situmorang, C. 2017. Pengaruh tanaman sirih gading (*epipremnum aureum*) terhadap co dalam ruangan. *Jurnal Ilmiah Lingkungan*. 2(2):15–23.
- Somerville, M. Cohen, E. Pantanella, A. Stankus, dan A. Lovatelli. 2014. *Small-Scale Aquaponic Food Production*. Roma: Food and Agriculture Organization Of The United Nations.
- Subadyo, A. T. 2017. Pengelolaan dampak pembangunan rumah potong hewan ruminansia di kota batu. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Merdeka Malang*. 2(2):15–20.

- Suciyono, S., M. F. Ulkhaq, P. Prayogo, R. R. Dermawan, D. P. Apriliani, N. Salmatin, M. H. Maulana, dan D. Y. Istanti. 2020. Peluang usaha budidaya ikan lele sistem akuaponik berteknologi bioflok di desa purwoasri, tegaldlimo, banyuwangi. *Jurnal Medik Veteriner*. 3(1):132.
- Sudinno, D., I. Jubaedah, dan P. Anas. 2015. Kualitas air dan komunitas plankton pada tambak pesisir kabupaten subang jawa barat. *Jurnal Penyuluhan Perikanan Dan Kelautan*. 9(1):13–28.
- Sunarsih, F. dan Y. Hastiana. 2018. Respon pupuk organik ampas tahu dengan bioaktivator terhadap pertumbuhan ipomoea reptans. *Bioeksperimen*. 4(2):1–9.
- Thorarinsdottir, R. I. 2015. *Aquaponics Guidelines*. Iceland: Lifelong Learning Programme.
- Ubaedilah, U. 2016. Analisa kebutuhan jenis dan spesifikasi pompa untuk suplai air bersih di gedung kantin berlantai 3 pt astra daihatsu motor. *Jurnal Teknik Mesin*. 5(3):30.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009. *Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5059. Jakarta.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor I7 Tahun 2019. *Tentang Sumber Daya Air*. Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6405. Jakarta.
- Wahyuningsih, A., S. Fajriani, dan N. Aini. 2016. Komposisi nutrisi dan media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (brassica rapa l.) sistem hidroponik. *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(8):595–601.
- WHO, W. H. O. 2013. *Biosafety and Waste Management Blood Transfusion Services, National Guideline*. Nepal
- Wicaksana, S. N., S. Hastuti, dan E. Arini. 2015. PERFORMA produksi ikan lele dumbo (*clarias gariepinus*) yang dipelihara dengan sistem biofilter akuaponik dan konvensional. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 4(4):109–116.
- Winarno, S. T. 2019. *Cara Praktis Membuat Beberapa Produk Agribisnis*. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia.
- Windriani, U. 2017. *Buku Saku Ikan Lele Sistem Bioflok*. Kementerian Kelautan dan Perikanan. Direktorat Produksi Dan Usaha Budidaya.

Lampiran 3.1 Surat ijin kerja penelitian

FORM 01 SURAT IJIN KERJA PENELITIAN



BAGIAN BIOMEDIK FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER
Jl. Kalimantan no. 37-Kampus Bumi Tegal Boto Jember 68121
Telp. (0331) 333536

Form 01

Yang bertanda tangan di bawah ini bermaksud mengajukan permohonan ijin melakukan penelitian di Bagian Biomedik Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember :

1. Nama lengkap (beserta gelar) : Syifa Qurratu'ain
2. NIM/NIP : 161610101096
3. Alamat domisili : Jl. Baturaden 4 No. 3 Mastrip, Tegalgede, Sumbersari.
4. Telp/HP : 082113127085
5. Fakultas/Prodi : Kedokteran Gigi/Pendidikan Kedokteran Gigi
6. Universitas/Instansi : Universitas Jember
7. Lama Penelitian : 7 hari
8. Judul Penelitian : Aplikasi Sistem Akuaponik sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Medis Cair berupa Darah
9. Pembimbing : 1. Dr. drg. Purwanto M.Kes
2. drg. Dwi Kartika A. M.Kes, Sp.OF
10. Ijin penelitian di Lab : Fisiologi

Demikian permohonan ijin saya sampaikan dan saya bersedia mentaati semua peraturan dan ketentuan dari Bagian Biomedik FKG Universitas Jember.

Jember, 18 Agustus 2020

Menyetujui,
Ketua Bagian Biomedik
FKG Universitas Jember

(drg. Amandia Dewi P.S, M.Biomed)

Pemohon

(Syifa Qurratu'ain)

Lampiran 3.2 Uji kelayakan etik

	<p>KOMISI ETIK PENELITIAN KESEHATAN (KEPK) FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI UNIVERSITAS JEMBER (THE ETHICAL COMMITTEE OF MEDICAL RESEARCH FACULTY OF DENTISTRY UNIVERSITAS JEMBER)</p>
<p>ETHIC COMMITTEE APPROVAL</p>	
<p><u>No.876/UN25.8/KEPK/DL/2020</u></p>	
<p>Title of research protocol : "Application of Aquaponic Systems as an Alternative in the Treatment of Blood Liquid Medical Waste"</p>	
Document Approved	: Research Protocol
Principal investigator	: Syifa Qurratu'ain
Member of research	: -
Responsible Physician	: Syifa Qurratu'ain
Date of approval	: Maret 2020- Selesai
Place of research	: Laboratorium Fisiologi Bagian Biomedik Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember
<p>The Research Ethic Committee Faculty of Dentistry Universitas Jember States That the above protocol meets the ethical principle outlined and therefore can be carried out.</p>	
<p>Jember, February 28th 2020</p>	
<p>Dean of Faculty of Dentistry Universitas Jember</p>  <p>(Drg. P. Wardiyah P. M. Kes, Sp. Pros.)</p>	<p>Chairman of Research Ethics Committee Faculty of Dentistry Universitas Jember</p>  <p>(Dewi Ayu Ratna Dewanti, M.Si.)</p>

Lampiran 3.3 Prosedur penelitian

No.	Dokumentasi Penelitian	Keterangan
1.		Persiapan aquarium (pipa pvc, talang air untuk tanaman, pompa air, aquarium)
2.		Pembuatan instalasi air dan tempat tanaman tumbuh

		
<p>3.</p>		<p>Pemberian perlakuan</p>
<p>4.</p>		<p>Pengambilan sampel</p>
<p>5.</p>	<p>Persiapan alat</p> 	<p>Pengujian kualitas air</p>

Pengukuran DO dan BOD₅



Pengukuran COD



Pengukuran TSS



Pengukuran pH



Lampiran 4.1 Hasil penelitian

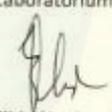
Hasil Analisis Air Limbah/ Air Bersih di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL) Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Jenis sampel : Air limbah penelitian
Sumber sampel : Perorangan
Jumlah sampel : 5

Identitas Pengirim :
Nama : Syifa Qurratu'ain (NIM 161610101096)
Institusi : Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Jember.
Lokasi sampel : Jember

Data yang dimaksud sebagaimana yang disajikan dalam tabel berikut:

Sampel	Parameter			
	TSS (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	pH
A1	13,00	48,70	52,00	8,5
A2	10,00	41,75	37,0	8,4
A3	8,00	34,79	47,00	8,1
A4	6,00	27,83	31,00	8,8
TP	29,00	55,66	161,00	8,5

Jember, 23 oktober 2020
Mengetahui
Ka. Laboratorium TPKL

Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.