TA/TL/2022/[nomor admin]

TUGAS AKHIR

UNJUK KERJA *HYBRID CONSTRUCTED WETLAND* KOMBINASI DENGAN KONSORSIUM BAKTERI UNTUK REMOVAL KANDUNGAN BOD, COD, dan AMONIA (NH_3)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



ALMA RIZKY AURELLYA

18513107

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2022

TUGAS AKHIR

UNJUK KERJA *HYBRID CONSTRUCTED WETLAND* KOMBINASI DENGAN KONSORSIUM BAKTERI UNTUK REMOVAL KANDUNGAN BOD, COD, dan AMONIA (NH_3)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

ALMA RIZKY AURELLYA
18513107

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng
NIK. 165131306
Tanggal: 30 September 2022

Dr.Eng Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng
NIK. 095130403
Tanggal: 30 September 2022

Mengetahui,*
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Dr.Eng Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng
NIK. 095130403
Tanggal: 30 September 2022

HALAMAN PENGESAHAN

UNJUK KERJA *HYBRID CONSTRUCTED WETLAND* KOMBINASI DENGAN KONSORSIUM BAKTERI UNTUK REMOVAL KANDUNGAN BOD, COD, dan AMONIA (NH_3)

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jum'at
Tanggal : 30 September 2022

Disusun Oleh:

ALMA RIZKY AURELLYA
18513107

Tim Penguji :

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng ( )

Dr.Eng Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng ( )

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., Ph.D ( )

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 30 September 2022

Yang membuat pernyataan,



Alma Rizky Aurellya

NIM: 18513107

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir tentang **UNJUK KERJA *HYBRID CONSTRUCTED WETLAND* KOMBINASI DENGAN KONSORSIUM BAKTERI UNTUK REMOVAL KANDUNGAN BOD, COD, DAN AMONIA (NH_3).**

Penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi Mahasiswa Program S1 Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan ini penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan dan bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan kali ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan jalan kemudahan dalam menjalani dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua dan seluruh keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan do'a.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng dan Bapak Dr.Eng Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng, serta dosen penguji Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., Ph.D atas segala waktu dan kesempatan yang diberikan, serta saran dan masukan kepada penulis.
4. Seluruh dosen, staff, dan Keluarga Besar Jurusan Teknik Lingkungan yang selalu memberikan bantuan, pengajaran, dan berbagi pengalaman yang diberikan kepada penulis.
5. Seluruh staff Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan yang selalu memberikan bantuan, arahan, dan bimbingan selama penulis menggunakan laboratorium.
6. Teman-teman angkatan 2018 Program Studi Teknik Lingkungan.

7. Rekan Tugas Akhir *Constructed Wetland*, Amara Mayori, Eka Carisa, dan Dimas Aziz Alwi .

Yogyakarta, 14 Agustus 2022

Alma Rizky Aurellya

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ABSTRAK

ALMA RIZKY AURELLYA. Unjuk Kerja *Hybrid Constructed Wetland* dengan Konsorsium Bakteri untuk Removal Kandungan BOD, COD, dan Amonia (NH_3). Dibimbing oleh Dr. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.Eng dan Dr.Eng AWALUDDIN NURMIYANTO, S.T., M.Eng.

Di Jepara, kain atau batik tenun menjadi salah satu hasil budaya yang identik sejak zaman dahulu. Namun, seiring berkembangnya proses pembuatan kain tenun juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Hal ini disebabkan karena penggunaan zat pewarna sintetik yang mengandung bahan pencemar dibuang secara langsung ke lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan proses pengolahan air limbah tenun dengan menggunakan metode *Hybrid Constructed Wetland* dengan tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)* dan bantuan bakteri konsorsium. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja dari reaktor *Hybrid Constructed Wetland* menggunakan tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)* dan bantuan bakteri konsorsium dalam menurunkan kadar BOD *(Biological Oxygen Demand),* COD *(Chemical Oxygen Demand),* dan amonia (NH_3). Air limbah akan dimasukkan ke dalam reaktor yang berisi media pasir, kerikil kecil, dan kerikil besar, serta adanya penambahan bakteri. Selanjutnya, pengujian kadar BOD, COD, dan amonia akan dilakukan pada hari ke-4, 11, 18, dan 25. Hasil pengujian menunjukkan penurunan kadar BOD *(Biological Oxygen Demand)* sebesar 84,30%, kadar COD *(Chemical Oxygen Demand)* hingga 95,18%, dan kadar amonia (NH_3) sebesar 96,71%.

Kata kunci: Air Limbah, *Hybrid Constructed Wetland, Vetiveria zizanioides*

ABSTRACT

ALMA RIZKY AURELLYA. *Performance of Hybrid Constructed Wetland with Bacterial Consortium for Removal of BOD, COD, and Ammonia (NH_3). Supervised by* Dr. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.Eng *and* Dr.Eng AWALUDDIN NURMIYANTO, S.T., M.Eng.

In Jepara, woven cloth or batik has become one of the identical cultural products since ancient times. However, along with the development of the process of making woven cloth, it also has a negative impact on the environment. This is due to the use of synthetic dyes that contain pollutants that are discharged directly into the environment. Therefore, it is necessary to treat weaving wastewater using the Hybrid Constructed Wetland method with vetiver (Vetiver zizanioides) and the help of consortium bacteria. The purpose of this study was to determine the performance of the Hybrid Constructed Wetland reactor using vetiver (Vetiver zizanioides) and consortium bacteria to reduce levels of BOD (Biological Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), and ammonia (NH3). Wastewater will be fed into the reactor which contains sand, small gravel, and large gravel media, as well as the addition of bacteria. Furthermore, testing for BOD, COD, and ammonia levels will be carried out on days 4, 11, 18, and 25. The test results show a decrease in BOD (Biological Oxygen Demand) levels by 84,30, COD (Chemical Oxygen Demand) levels up to 95,18%, and ammonia (NH3) levels by 75%.

Keywords: *Hybrid Constructed Wetland, Vetiver zizanioides, Wastewater*

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

PRAKATA v
ABSTRAK viii
ABSTRACT ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR GAMBAR xvi
DAFTAR LAMPIRAN xviii
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Ruang Lingkup 4
BAB II 5
TINJUAN PUSTAKA 5
2.1 Industri Batik Tenun 5
2.1.1 Lokasi Industri Batik Tenun di Jepara 5
2.1.2 Kandungan Air Limbah Tenun 5
2.1.3 Isu Terkait Limbah Tenun di Jepara 5
2.1.4 Dampak Limbah Tenun terhadap Lingkungan 6
2.2 Constructed Wetland 6
2.2.1 Sistem Kerja Hybrid Constructed Wetland 7
2.2.2 Rumput Akar Wangi *(Vetivera Zizanioides)* 9
2.3 Bioremediasi dengan Selected Bakteri 9
2.3.1 Jenis Bakteri 10
2.3.2 Bioremediasi Penelitian Terdahulu 10
2.4 Indikator COD Pada Air Limbah 10
2.5 Indikator BOD Pada Air Limbah 11

2.6 Indikator Amonia (NH_3) Pada Air Limbah 11
2.7 Penelitian Terdahulu 12
BAB III 23
METODE PENELITIAN 23
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian 23
3.2 Metode Penelitian 23
3.3 Inokulasi Koloni Bakteri 24
3.4 Kultur Bakteri 26
3.5 Persiapan Reaktor 27
3.5.1 Desain Reaktor Hybrid Constructed Wetland 27
3.5.2 Aklimatisasi Tanaman Akar Wangi *(Vetiver zizanioides)* 29
3.5.3 Running Reaktor dan Sampling 30
3.6 Pembuatan Air Limbah Tenun Buatan *(Artificial)* 31
3.7 Pengujian Parameter 32
BAB IV 33
HASIL DAN PEMBAHASAN 33
4.1 Karakteristik Influen 33
4.1.1 Penambahan Konsorsium Bakteri 34
4.2 Kondisi Reaktor dan Tanaman Akar Wangi *(Vetiver zizanioides)* 35
4.3 Analisis Parameter 39
4.3.1 DO (Dissolved Oxygen) 39
4.3.2 BOD (Biological Oxygen Demand) 41
4.3.3 COD *(Chemical Oxygen Demand)* 43
4.3.4 Amonia (NH_3) 45
4.4 Efisiensi Removal Parameter 46
BAB V 50
SIMPULAN DAN SARAN 50
5.1 Simpulan 50
5.2 Saran 50
DAFTAR PUSTAKA 52
LAMPIRAN 58

RIWAYAT HIDUP 73

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Tekstil ... 12
Tabel 2.2 Rangkuman Penelitian Terdahulu ... 12
Tabel 2.3 Karakteristik Air Limbah Tenun Buatan.... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 3.1 Pengujian Parameter ... 32
Tabel 3.1 Komposisi Bahan Pembuatan Air Limbah Tenun Buatan (Artificial) ... 31
Tabel 3.2 Pengujian Parameter ... 32
Tabel 4.1 Karakteristik Air Limbah Tenun Buatan (Artificial) ... 34
Tabel 4.2 Jenis Konsorsium Bakteri yang Digunakan dalam Reaktor Hybrid Constructed Wetland ... 35
Tabel 4.3 Kondisi Tanaman Akar Wangi Setelah Proses Running Reaktor ... 38
Tabel Lampiran 1 Karakteristik Awal COD Minggu Ke-1 ... 69
Tabel Lampiran 2 Karakteristik Awal COD Minggu Ke-2 ... 69
Tabel Lampiran 3 Karakteristik Awal COD Minggu Ke-3 ... 69
Tabel Lampiran 4 Karakteristik Awal COD Minggu Ke-4 ... 69
Tabel Lampiran 5 Hasil Pengujian COD Reaktor Vertical Flow CW ... 70
Tabel Lampiran 6 Hasil Pengujian COD Reaktor Horizontal Flow CW ... 70
Tabel Lampiran 7 Karakteristik Awal Amonia Minggu Ke-1 ... 71
Tabel Lampiran 8 Karakteristik Awal Amonia Minggu Ke-2 ... 71
Tabel Lampiran 9 Karakteristik Awal Amonia Minggu Ke-3 ... 71
Tabel Lampiran 10 Karakteristik Awal Amonia Minggu Ke-4 ... 71
Tabel Lampiran 11 Hasil Pengujian Amonia Reaktor Vertical Flow CW ... 72
Tabel Lampiran 12 Hasil Pengujian Amonia Reaktor Horizontal Flow CW ... 72

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kerangka Berpikir Penelitian 3
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 24
Gambar 3.2 Skema Reaktor Hybrid Constructed Wetland 28
Gambar 3.3 Pola Tanam Tanaman Akar Wangi dalam Wetland 29
Gambar 4.1 Kondisi Tanaman Akar Wangi Pada Awal Aklimatisasi 36
Gambar 4.2 Kondisi Reaktor Sebelum Proses Running 37
Gambar 4.3 Kondisi Reaktor Setelah Proses Running 37
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian DO dengan Reaktor Hybrid Constructed Wetland menggunakan Tanaman Akar Wangi dan Konsorsium Bakteri selama 30 Hari 39
Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian BOD dengan Reaktor Hybrid Constructed Wetland menggunakan Tanaman Akar Wangi dan Konsorsium Bakteri selama 30 Hari 41
Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian COD dengan Reaktor Hybrid Constructed Wetland menggunakan Tanaman Akar Wangi dan Konsorsium Bakteri selama 30 Hari 43
Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian Amonia (NH_3) dengan Reaktor Hybrid Constructed Wetland menggunakan Tanaman Akar Wangi dan Konsorsium Bakteri selama 30 Hari 45
Gambar 4.8 Grafik Persentase Removal BOD (Biological Oxygen Demand) 47
Gambar 4.9 Grafik Persentase Removal COD (Chemical Oxygen Demand) 48
Gambar 4.10 Grafik Persentase Removal Amonia (NH_3) 49

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Kerangka Berpikir Penelitian 58
Lampiran 2 Alat dan Bahan Pengujian Parameter 58
Lampiran 3 Dokumentasi Pengujian Parameter BOD 58
Lampiran 4 Dokumentasi Pengujian COD 58
Lampiran 5 Dokumentasi Pengujian Amonia (NH_3) 58

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang terdiri dari banyak budaya. Masing-masing budaya tentunya memiliki ciri khas tersendiri, baik itu bahasa, pakaian adat, maupun kerajinan dari tiap daerah. Seperti di Jepara, kain atau batik tenun menjadi salah satu hasil budaya yang identik sejak zaman dahulu. Namun, seiring berkembangnya pembuatan kain tenun, juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Hal ini disebabkan karena penggunaan zat pewarna sintetik yang tentunya mengandung bahan pencemar jika dibuang secara langsung ke lingkungan. Seperti pencemaran yang terjadi pada sungai di Desa Troso, Jepara. Air sungai berubah warna menjadi merah muda, hijau, dan biru akibat zat kimia pewarna tekstil yang digunakan (data statistik). Zat pewarna tekstil terbuat dari senyawa azo dan turunannya dari gugus benzene. Senyawa azo yang cukup lama berada di lingkungan, akan menimbulkan penyakit yang bersifat karsinogenik dan mutagenin (Soedarsono, 2007). Selain itu, adanya polusi zat warna juga menyebabkan meningkatnya kekeruhan air yang menghalangi masuknya cahaya matahari ke dalam perairan sehingga mengganggu ekosistem yang ada di dalamnya (Eckenfelder, 2000).

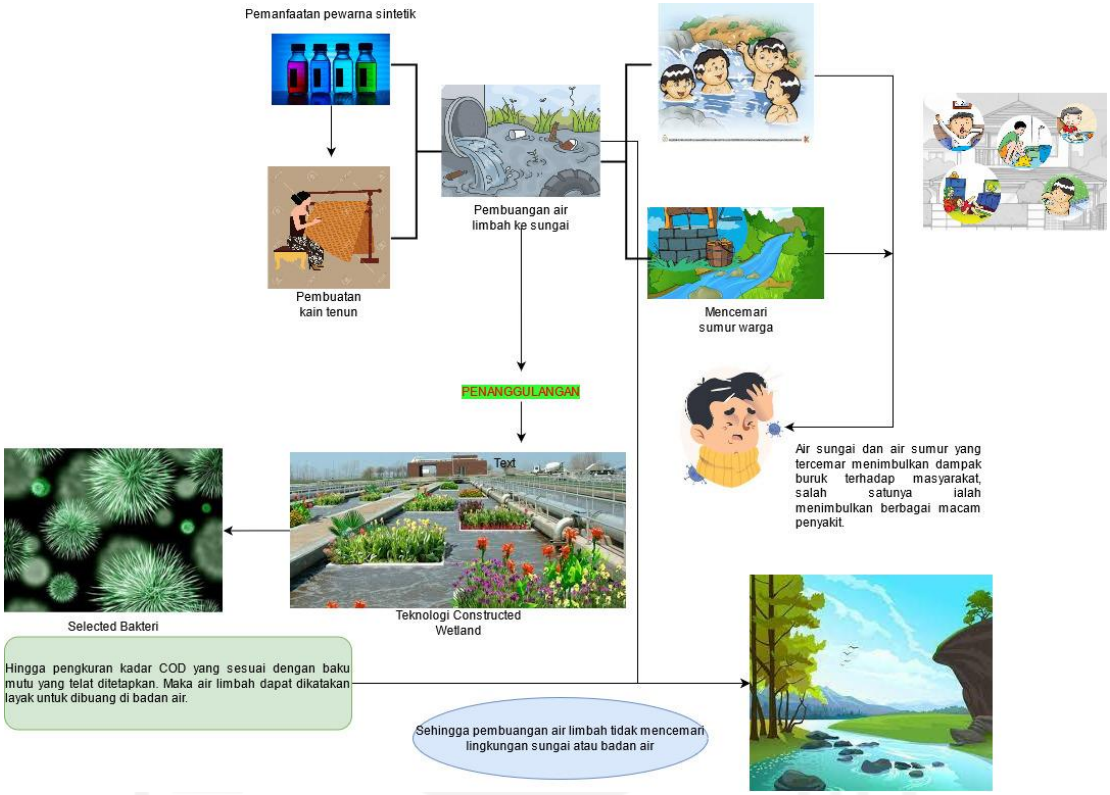
Berdasarkan pengamatan yang ada, jika hal tersebut terus-menerus dibiarkan maka dapat mencemari kualitas air tanah, kondisi tanah, hingga berpengaruh pada sektor pertanian. (Diah Febriana,2004), hasil penelitian dari 30 sampel sumur gali terdapat 26,67% sampel yang kandungan nitratnya melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan (10,25-12,65 mg/L) dan nitrit 23,33% (1,02-1,20 mg/L).

Terkait pengendalian limbah tenun tersebut, Pemerintah Kabupaten Jepara sudah melakukan upayanya terhadap pencemaran lingkungan hidup. Beberapa upaya yang telah dilakukan diantaranya, pembinaan lapangan, penyampaian informasi terkait dampak limbah tenun, pengaturan perizinan, hingga pembuatan percontohan Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) Industri Tenun Troso dengan menggunakan

biaya Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD) Kabupaten Jepara sebanyak Rp. 48.682.700,-. Namun, hingga saat ini upaya tersebut, termasuk pengelolaan limbah tenun belum terlaksana sebagaimana mestinya (Wasiyanto,2004).

Oleh karena itu, Kabupaten Jepara tentunya membutuhkan solusi untuk mengendalikan tingkat pencemaran lingkungan akibat limbah tenun. Dan juga diharapkan solusi yang akan diterapkan tidak membutuhkan biaya yang besar. Sehingga dengan penelitian ini diharapkan dapat membantu menyelesaikan permasalahan lingkungan terkait limbah tenun di Jepara, yaitu dengan memanfaatkan teknologi *Hybrid Constructed Wetland* dengan bantuan *selected* bakteri untuk mengurangi kandungan BOD, COD, dan amonia (NH_3) yang terdapat di dalam limbah tenun. Teknologi ini akan menggunakan tanaman vetiver *(Vetiveria zizanioides)*, dimana akarnya mampu mengolah limbah tenun atau mereduksi kandungan organik yang terlarut di Sungai Troso, Jepara. Berdasarkan penelitian yang ada, teknologi *Hybrid Constructed Wetland* mampu menurunkan kadar COD hingga 89,61% (M.H. Sayadi, 2012), 86% untuk kadar BOD, dan 73% untuk kadar amonia (NH_3) (Mander et al., 2007).

Pada penelitian sebelumnya memiliki tujuan untuk mengetahui kinerja reaktor *Continuous Wetlands* dengan kombinasi *Floating Wetlands* dan *Constructed Wetlands* menggunakan rumput vetiver *(Vetiveria zizanioides)* dan bakteri dalam mengurangi kadar besi (Fe), timbal (Pb), dan *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah industri X (Tanjung, 2019). Menurut Tanjung (2019), penggunaan tanaman vetiver *(Vetiveria zizanioides)* dan bakteri mampu mengurangi kadar besi (Fe) sebesar 93,85%, kadar timbal (Pb) sebesar 76,54%, dan *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 96,67% pada air limbah industri X. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian untuk mengetahui kinerja reaktor *Hybrid Constructed Wetland* dengan bakteri konsorsium untuk removal kandungan BOD, COD, dan amonia (NH_3) pada air limbah tenun.



Gambar 1.1 Kerangka Berpikir Penelitian

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan lingkungan terkait pencemaran air limbah tenun di Sungai Troso, pertanyaan yang dapat diajukan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengelolaan air limbah industri tenun sebelum dibuang ke badan air?
2. Bagaimana performa teknologi *Hybrid Constructed Wetland* dalam mengolah limbah tenun?
3. Bagaimana penurunan parameter pemantauan terhadap pengolahan air limbah tenun dengan teknologi *Hybrid Constructed Wetland*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Menganalisis kadar BOD, COD, dan amonia (NH_3) dalam air limbah tenun buatan *(artificial).*

2. Mengetahui efektifitas penggunaan teknologi *Hybrid Constructed Wetland* dengan bantuan konsorsium bakteri untuk pengolahan air limbah tenun dalam penurunan kadar BOD *(Biological Oxygen Demand),* COD *(Chemical Oxygen Demand),* dan amonia (NH_3).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi dari sungai yang tercemar akibat limbah tenun di Jepara. Sehingga diharapkan dapat membantu dalam proses pemulihan sungai terhadap pencemaran air limbah tenun tersebut. Adapun manfaat lain yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengurangi dampak lingkungan yang disebabkan air limbah tenun yang dibuang tanpa pengolahan ke badan air.
2. Mengetahui teknologi remediasi yang dapat digunakan untuk pengolahan air limbah tenun.
3. Memberikan kontribusi pada ilmu teknik lingkungan terhadap masalah pengelolaan air limbah tenun yang mengandung zat berbahaya.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini meliputi beberapa hal sebagai berikut :

1. Air limbah yang digunakan merupakan air limbah tenun buatan *(artificial).*
2. Analisis penyisihan kandungan BOD *(Biological Oxygen Demand),* COD *(Chemical Oxygen Demand),* dan amonia (NH_3) pada air limbah tenun buatan *(artificial)* dengan menggunakan tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)* dan bantuan konsorsium bakteri dengan menggunakan teknologi *Hybrid Constructed Wetland.*

BAB II
TINJUAN PUSTAKA

2.1 Industri Batik Tenun

Kain tenun mulai dikenal sejak zaman kolonial Belanda pada tahun 1935. Saat ini industri batik tenun terus mengalami peningkatan. Tahun 2009 hingga 2014 total unit usaha batik tenun di Jepara mencapai 257 unit. Tidak hanya itu, dari segi perkembangan kreativitas dan kemampuan inovasi kain tenun juga terus meningkat. Sehingga dengan berkembangnya kreativitas, maka motif-motif batin tenun yang dihasilkan juga semakin beragam (Nusa, 2010).

2.1.1 Lokasi Industri Batik Tenun di Jepara

Salah satu kain tenun yang terkenal di Jepara ialah kain tenun troso. Dimana nama troso diambil dari nama Desa sebagai sentra tenun ikat di daerah Jepara yaitu Desa Troso, Kecamatan Pecangaan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah (Alamsyah, 2014).

2.1.2 Kandungan Air Limbah Tenun

Air limbah tenun yang dihasilkan tentunya mengandung berbagai macam zat yang dapat mencemari lingkungan. Limbah cair tersebut mengandung zat organik dan zat anorganik. Senyawa organik tersebut diantaranya, logam berat, cadmium, merkuri, krom, dan lainnya (Nusa, 2010).

2.1.3 Isu Terkait Limbah Tenun di Jepara

Seiring berkembangnya inovasi batik tenun di Jepara, tentunya juga menimbulkan beberapa isu terkait permasalahan lingkungan yang ditimbulkan dari air limbah yang dihasilkan pada proses produksi. Air limbah hasil penggunaan perwarna tekstil menimbulkan pencemaran di salah satu sungai di Desa Troso. Warna air sungai

berubah-ubah, warna merah, biru, bahkan kehijauan. Pencemaran ini terjadi karena air limbah yang dihasilkan tidak diolah terlebih dahulu melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

2.1.4 Dampak Limbah Tenun terhadap Lingkungan

Air limbah tenun yang dibuang ke sungai, saluran air, maupun badan air lainnya dapat menyebabkan rusaknya kualitas air sungai, merusak ekosistem air, bahkan menyebabkan kematian pada makhluk hidup di perairan tersebut. Tidak hanya ekosistem air, air limbah yang masuk ke dalam dapat merusak kesuburan tanah dan sumber air yang ada di dalamnya. Dalam kurun waktu yang lama air limbah tenun tersebut akan meresap ke air sumur warga sehingga air sumur akan terkontaminasi dengan senyawa-senyawa organik maupun anorganik yang mengganggu kesehatan manusia (Wasiyanto, 2004).

2.2 Constructed Wetland

Constructed Wetland adalah lahan basah buatan yang dibuat untuk pemurnian air limbah dengan menggunakan fisik, kimia, dan metode biologi dalam sebuah ekosistem, memanfaatkan proses filtrasi, adsorpsi, sedimentasi, pertukaran ion, dan penguraian mikroba (Tian,11).

Pengolahan limbah dengan teknologi *Constructed Wetland* ialah pengolahan limbah dengan sistem rekayasa yang telah didesain dan dibangun dengan memanfaatkan proses alamiah dengan menggunakan tumbuhan, tanah, dan kumpulan mikrobia. Sebelum proses pengolahan dilakukan maka perlu adanya perencanaan terkait debit limbah, beban organik, kedalaman media, jenis tanaman, dan lainnya.

Menurut (Suriawiria, 1993) klasifikasi Lahan Basah Buatan *(Constructed Wetland)* berdasarkan jenis tanaman terbagi menjadi 3 (tiga) kelompok :

1. Floating Aquatic Plant system

   Sistem ini menggunakan tanaman makrophyta yang mengambang.
2. Surface Flow Wetland

Sistem ini menggunakan tanaman makrophyta dalam air (submerged).

3. Subsurface Flow Wetland

Sistem ini menggunakan tanaman makrophyta yang akarnya tenggelam.

Selain itu, dalam sistem *constructed wetland* air dapat menembus lapisan tanah dengan empat metode, yaitu :

1. Aliran Horizontal atau *Horizontal Flow* (HF)

   Air limbah akan mengalir pada jalur horizontal ke arah zona *outlet* yang akan melalui substrat berpori di bawah permukaan lapisan (UN Habitat, 2008).

2. Aliran Vertikal atau *Vertical Flow* (VF)

   Air limbah akan mengalir turun secara bertahap pada lapisan tanah oleh jaringan yang ada di bawahnya (UN Habitat, 2008).

3. Aliran Kombinasi atau *Hybrid Constucted Wetland*

   Metode ini merupakan metode gabungan antara *vertical flow* dan *horizontal flow.* Metode ini menjadi solusi untuk mengatasi kekurangan dari masing-masing metode tersebut (UN Habitat, 2008).

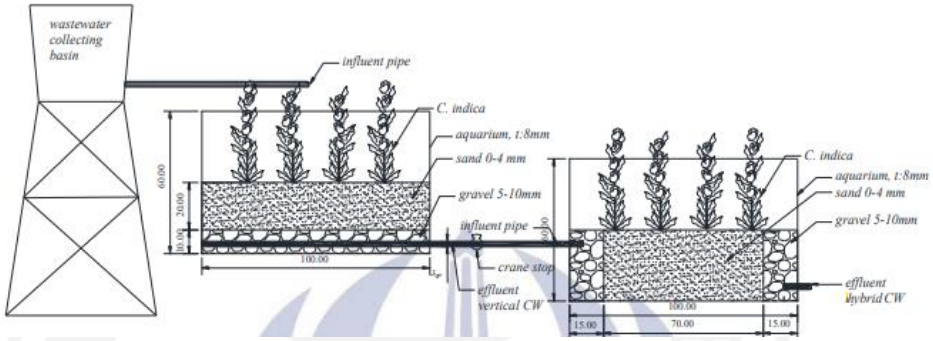
4. Tanah Basah Mengapung atau *Floating Island Wetland*

   Pada metode ini mikroba dan tumbuhan di dalam wadah dalam keadaan mengambang bebas dan akar tanaman mampu tumbuh ke dalam air sehingga dapat mengambil nutrisi hidroponik (Stewart, et al., 2008).

2.2.1 Sistem Kerja Hybrid Constructed Wetland

Hybrid Constructed Wetland merupakan sistem *constructed wetland* yang menggabungkan antara metode *vertical flow* dan *horizontal flow.* Dalam penelitian ini, penulis akan meletakkan reaktor *vertical flow* diawal, lalu diikuti dengan reaktor *horizontal flow* yang terhubung dengan pipa *stop crane.* Tentunya kedua reaktor tersebut diletakkan dengan ketinggian yang berbeda dengan tujuan agar air mampu

mengalir dari reaktor VF ke reaktor HF. Masing-masing reaktor akan berisi media berupa pasir, tanah, kerikil, dan zeolite yang akan membantu mendegradasi material organik dalam air limbah (Meng, 2014 ; Otieno, 2017). Serta, pemanfaatan tanaman dengan penambahan bakteri yang membantu mendegradasi bahan organik dalam air limbah dan membantu proses dekomposisi pada tanaman (Ristianingsih, 2018). Secara umum, HRT atau waktu tinggal dari reaktor *Hybrid Constructed Wetland* adalah sekitar 3-7 hari (M.H. Sayadi, 2012), namun berdasarkan penelitian sebelumya, HRT 3 hari merupakan waktu terbaik dalam operasi pada sistem reaktor ini (Cui et al., 2006).



Gambar 2.1 Ilustrasi Reaktor *Hybrid Constructed Wetland*

Tabel 2.1 Efisiensi Removal Teknologi *Hybrid Constructed Wetland*

Hybrid CW	Average removal efficiency (%)			
	BOD_5	TSS	DRP	NH_4^+
HSSF-HSSF	86	95	75	64
VSSF-HSSF	89	94	68	61
HSSF-Slag HSSF	83	93	99	62
VSSF-Slag HSSF	90	93	99	68

Dimensi dari reaktor *Hybrid Constructed Wetland* biasanya disesuaikan dengan debit air limbah yang dihasilkan. Dengan begitu volume reaktor mampu menampung jumlah air limbah yang dihasilkan setiap harinya. Dari salah satu sumber jurnal menggunakan dimensi 6 m x 3 m x 1,2 m (Saloua Elfanssi, 2017).

2.2.2 Rumput Akar Wangi *(Vetivera Zizanioides)*

Tanaman mempunyai peran penting dalam teknologi *Constructed Wetland.* Jenis tanaman yang dapat digunakan ialah tanaman yang harus kuat terhadap beban nutrisi dan material organik dengan tingkat yang tinggi dan tahan terhadap kondisi lingkungan yang buruk, seperti tergenang air dengan oksigen yang rendah, serta sistem perakaran yang lebat untuk melekatnya mikroorganisme. Dalam penelitian ini, peneliti akan menggunakan tanaman *Vetiveira zizanioides* (akar wangi).

Vetiveria zizanioides (akar wangi) merupakan jenis rerumputan yang tumbuh lebat dengan keistimewaannya. Rumput akar wangi ini memiliki berbagai manfaat salah satunya, di Indonesia dimanfaatkan sebagai sumber penghasil minyak wangi. Sedangkan, di luar negeri dimanfaatkan untuk keperluan ekologis, seperti mencegah erosi, penahan abrasi, dan untuk merehabilitasi lahan yang tercemar dengan menggunakan teknologi *vetiver grass technology (VGT)* atau *vetiver system (VS)* (Gunawan dan Kusumaningrum, 2011).

Jika dibandingkan dengan tanaman lain, rumput vetiveria memiliki keunggulan yaitu memiliki sistem perakaran yang tebal, pertumbuhan yang cepat, serta tingkat toleran yang tinggi terhadap kekeringan (Truong, Van, dan Pinners, 2011).

Dari data yang diperoleh (Tanjung, 2019), menyatakan bahwa penggunaan rumput vetiver dengan bantuan bakteri dapat dikatakan berhasil untuk mereduksi besi (Fe) yang ditandai dengan penurunan konsentrasi pada tiap kompartemen dengan seluruh titik uji. Selain itu, akar rumput vetiver juga menyerap kandungan timbal lebih tinggi dibandingkan batangnya. Hal ini dikarenakan struktur akar yang membentuk area permukaan luas seperti biofilter yang menyerap polutan di dalam air limbah (Raskin et al., 1997).

2.3 Bioremediasi dengan Selected Bakteri

Bioremediasi adalah kegiatan memanfaatkan mikroba untuk menghilangkan senyawa yang tidak diinginkan dari air tanah, tanah, lumpur, serta menyelesaikan

permasalahan lingkungan lainnya. Pemanfaatan mikroorganisme sebagai agen bioremediasi memiliki prospek yang menjanjikan karena mikroorganisme diketahui dapat memecahkan molekul polutan melalui jalur metabolisme yang biasanya digunakan mikroorganisme untuk pasokan energi dan pertumbuhannya (Marimuthu et al., 2013).

2.3.1 Jenis Bakteri

Selected bakteri yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah tenun ini ialah mikroorganisme yang mampu mendekolorisasi pewarna tekstil dengan kemampuan mensekresi enzim seperti, *azoreducetase, laccase,* atau *peroxidase.*

Konsorsium bakteri adalah kombinasi dari beberapa bakteri dalam sebuah media yang saling melengkapi dalam suatu ekosistem. Menurut Prescott (2002), konsorsium bakteri yang terbentuk secara alami maupun buatan memiliki fungsi metabolisme yang saling melengkapi dalam suatu ekosistem. Dalam beberapa metode penelitian, konsorsium bakteri mampu mendegradasi residu polutan (Dejonghe et al, 2002).

2.3.2 Bioremediasi Penelitian Terdahulu

Pada penelitian yang menggunakan rumput vetiver *(Vetiveria zizanioides)* tanpa penambahan bakteri mampu mengurangi kadar bahan pencemar pada air limbah, tetapi persentase hasil yang diperoleh lebih kecil jika dibandingkan dengan adanya penambahan bakteri. Penambahan bakteri membantu proses dekomposisi pada tanaman (Ristianingsih, 2018). Pada penelitian Nurullah (2018), diperoleh hasil pada kontainer kontrol berisi 50% air limbah dan bakteri mempunyai efisiensi reduksi sebesar 78%-100%.

2.4 Indikator COD Pada Air Limbah

COD *(Chemical Oxygen Demand)* adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang sulit terurai dengan mengggunakan

oksidator kimia. Untuk mengurai zat organik kompleks, maka akan ditambahkan kalium bikarbonat saat kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat. COD merupakan salah satu indikator yang dapat diukur untuk mengetahui tingkat pencemaran air di suatu lokasi. Semakin tinggi COD, maka semakin buruk kualitas air yang ada (Andary, 2010). Dimana baku mutu COD pada air ialah sekitar 100 -300 mg/L.

2.5 Indikator BOD Pada Air Limbah

BOD *(Biochemical Oxygen Demand)* adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Umaly dan Cuvin, 1988 ; Metcalf & Eddy, 1991). Singkatnya, BOD dapat diartikan sebagai jumlah bahan organik yang mudah terurai di perairan. Pengukuran parameter BOD dilakukan dengan prinsip yaitu dengan mengukur kandungan oksigen terlarut awal (DO_i), kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang sudah diinkubasi selama 5 hari (DO_5). Sehingga nilai BOD diperolah dari selisih antara DO_i dan DO_5 dengan satuan milligram oksigen per liter (mg/L).

2.6 Indikator Amonia (NH_3) Pada Air Limbah

Amonia dalam air permukaan salah satunya ditimbulkan dari penguraian zat organik air buangan industri. Amonia bersifat basa lemah, korosif, dan memiliki bau yang menyengat hidung (Dian Wuri & Siti Fatimah, 2013). Kadar amonia yang tinggi pada air sungai menunjukkan adanya pencemaran. Berdasarkan SNI tahun 2005, metode pengujian indikator amonia dapat dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometer secara fenat pada panjang gelombang 640 nm, amonia akan bereaksi dengan hipoklorit dan fenol yang dikatalis oleh natrium nitroprusida membentuk senyawa biru indofenol.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Tekstil

No.	Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
1	BODs	60	6
2	COD	150	15
3	TSS	50	5
4	Fenol Total	0,5	0,05
5	Krom Total (Cr)	1,0	0,1
6	Amonia Total (NH_3-N)	8,0	0,8
7	Sulfida (sebagai S)	0,3	0,03
8	Minyak dan Lemak	3,0	0,3
9	pH	6,0-9,0	
10	Debit Limbah Paling Tinggi	100 m^3/ton produk tekstil	

Keterangan : BODs (1), COD (2), NH_3 (6)

2.7 Penelitian Terdahulu

Berikut penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan pada judul ini :

Tabel 2.2 Rangkuman Penelitian Terdahulu

No.	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Hasil Penelitian
1.	Hybrid Constructed Wetlands for Wastewater Treatment : A Worldwide Review	M.H. Sayadi, R. Kargar, M.R. Doosti, H. Salehi	2012	• Kombinasi *constructed wetland* dengan sistem *hybrid* menunjukkan bahwa terdapat peningkatan efisiensi penghilangan polutan pada air limbah. • Hybrid Constructed Wetland efektif untuk menghilangkan kandungan bahan

				organik, seperti BOD5, COD, dan padatan tersuspensi.
2.	The Performance of Vertical Flow Constructed Wetland System with Special Reference to the Significance of Oxygen Transfer and Hydraulic Loading Rates	P. Cooper	2005	• Sistem hibrida dengan gabungan antara aliran vertikal dan aliran horizontal telah terbukti menunjukkan hasil limbah yang berkualitas. • Sistem VF *(Vetical flow)* dan *hybrid* mampu menghasilkan efluen dengan kandungan BOD yaitu 10 mg BOD_5/liter, 10 mg TSS/liter, serta 2 mg NH_4-N/liter.
3.	The Use of Constructed Wetland for Dye-rich Textile Wastewater Treatment	Tjasa G. Bulc & Alenka Ojstrsek	2008	• *Constructed Wetland* (Lahan Basah) merupakan contoh sistem yang mudah dan cukup efisien untuk mengolah air limbah yang beragam, meskipun penggunaan untuk pengolahan air limbah tenun masih terbatas. • Penurunan kadar COD tertinggi mencapai 85%

				dengan waktu retensi 24 jam. • *Constructed Wetland* mempunyai keunggulan kerja yang sangat signifikan, dimana penurunan kadar COD hingga 84% karena adanya filtrasi, sedimentasi, dan adsorpsi zat warna dan bahan pembantu. • Sistem *Constructed Wetland* efektif untuk mengolah limbah tenun yang kaya akan zat warna. CW yang digunakan menunjukkan hasil yang siginifikan terhadap parameter kualitas air, terutama penurunan kadar zat warna pada air limbah yaitu hingga 70%. Sistem CW juga menurunkan kadar COD hingga 84%, TOC 89%, dan sulfat 88%.

4.	Kinerja Hybrid Constructed Wetland sebagai Upaya Pelestarian Sumber Daya Air Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Batik di Sidoarjo	Oktavia Audina & Erina Rahmadyanti	2019	• Efek pengolahan limbah dengan sistem *hybrid*, secara umum lebih baik dibandingkan dengan sistem tunggal. Hal ini dikarenakan keuntungan filter yang berbeda dapat digabungkan. • Teknologi *hybrid CW* yang ditanami *Canna indica* memiliki efisiensi removal untuk COD dan FOG sebesar 89,61% dan 89,53%, serta TSS sebesar 98,74%.
5.	Pemanfaatan Constructed Wetland sebagai Bagian dari Rancangan Lansekap Ruang Publik yang Berwawasan Ekologis Studi Kasus Houtan Park China	Bariot Adi Buldan Rayaganda Rito	2017	• Sistem *hybrid CW* adalah solusi yang lebih baik untuk menggabungkan kedua metode yaitu *Constructed Wetland Horizontal Flow* dan *Constructed Wetland Vertical Flow*, untuk mengatasi kelemahan pada dua sistem tersebut. • Sistem *hybrid CW* merupakan sistem yang paling berhasil untuk

				digunakan karena menggunakan dia tipe *Constructed Wetland*.
6.	Treatment of The Textile Industry Effluent in A Pilot-scale Vertical Flow Constructed Wetland System Augmented with Bacterial Endophytes	Zahid Hussain, Muhammad Arslan, Mumtaz Hasan Malik, Muhammad Mohsin, Samina Iqbal, & Muhammad Afzal	2018	• *Vertical Flow Constructed Wetland* dapat menurunkan kadar COD (81%), BOD (72%), *Total Dissolved Solid* (32%), warna (74%), nitrogen (84%), fosfor (79%), dan logam berat (Cr : 97%, Fe : 89%, Ni : 81%, Cd : 72%). • Air limbah tekstil mengandung senyawa beracun yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan mikroba. • Aplikasi gabungan tanaman dan bakteri pengurai mampu menghilangkan senyawa beracun tersebut, Tanaman menyediakan residensi dan nutrisi untuk rhizo- dan bakteri

				endofit. Sedangkan, bakteri membantu untuk memperoleh biomassa yang lebih banyak dengan mengurangi kontaminan.
7.	Unjuk Kerja Reaktor Continuous Wetland Menggunakan Tanaman Vetiver *(Vetiveria zizanioides)* dan Bakteri untuk Mendegradasi Kandungan *Oil & Grease, Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH), dan *Oil Content* dari Limbah Minyak Industri X di Yogyakarta	Fauzan Anwaruddin	2019	• Reaktor *Continuous Wetland* dengan kombinasi *Floating* dan *Constructed Wetland* yang ditanami dengan tanaman vetiver (akar wangi) mampu mereduksi parameter *oil and grease, Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH), dan *oil content.* Efisiensi parameter *oil and grease* sebesar 98,07%, parameter *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) sebesar 99,8%, dan parameter *oil content* sebesar 94,78%.
8.	Unjuk Kerja Reaktor Continuous Wetland Menggunakan Tanaman Vetiver *(Vetiveria*	Muhammad Ramadhani Tanjung	2019	• Penggunaan sistem *Constructed Wetland* dengan kombinasi *Floaitng Wetlands* dan

	zizanioides) dan Bakteri untuk Mendegradasi Kandungan Besi (Fe), Timbal (Pb), dan *Total Suspended Solid* (TSS) dari Limbah Minyak Industri X di Yogyakarta			Constructed Wetlands menggunakan rumput vetiver (akar wangi) dan bantuan bakteri membantu penurunan kadar logam besi (Fe) sebesar 93,85%. Penurunan kadar logam timbal (Pb) sebesar 76,54%. Serta penurunan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 93,62% pada sampel air limbah industri.
9.	A Review of Constructed Wetland on Type, Treatment and Technology of Wastewater	Divyesh Parde, Aakash Patwa, Amol Shukla, Ritesh Vijay (Ph.D), Deepak J. Killedar (Ph.D), & Rakesh Kumar (Ph.D)	2020	• *Constructed Wetland* dengan HLR yang rendah dapat menghilangkan BOD sekitar 80%-91%, COD sekitar 60%-85%, dan *Total Suspended Sold* (TSS) sekitar 80%-95%. • *Hybrid Constructed Wetland* adalah kombinasi antara HFCW dan VFCW, dimana efisiensi penyisihan zat polutan lebih tinggi

				dibandinganken dengan CW tipe lainnya. • VFCW lebih tinggi dalam kemampuan untuk penghilangan bahan organik yang terurai, nitrifikasi, serta denitrifikasi. Sedangkan, HFCW lebih efisien untuk penghilangan zat warna.
10.	Lab-scale Study of Constructed Wetland with Sugarcane Bagasse and Sand Media for The Treatment of Textile Wastewater	Saeed & Guangzhi Sun	2012	• Sistem *Constructed Wetland* dengan konfigurasi aliran vertikal dan aliran horizontal yang diisi dengan ampas tebu sebagai media utama. Sistem ini dioperasikan dengan hidraulik yang tinggi hingga mampu menurunkan kadar BOD5 sebesar 74%-79% dan ammonia sebesar 59%-66%. • Secara keseluruhan sistem *Constructed Wetland* mempunyai

				kinerja penyisihan polutan yang tinggi.
11.	Fitoremediasi Tanaman Akr Wangi *(Vetiver zizanioides)* terhadap Tanah Tercemar Logam Kadmium (Cd) pada Lahan TPA Tamangapa Antang Makassar	Alfia Patandungan	2014	• Tanaman akar wangi mempunyai keunggulan yaitu mampu mengurangi pencemaran pada lahan tercemar logam berat. • Tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)* sering dimanfaatkan untuk keperluan ekologis dan fitoremediasi, salah satunya yaitu untuk rehabilitasi lahan yang tercemar dengan sistem *vetiver grass technology (VGT).*
12.	Performance Analysis of Vertical Flow Consturucted Wetland to Treat Domestic Wastewater Using Two Different Filter Media and Canna as A Plant	H.B. Sharma & Poor Rani Sinha	2016	• Analisis air limbah yang dialirkan ke *Constructed Wetland* menunjukkan pengurangan padatan tersuspensi dan warna. • *Canna* adalah tanaman yang cukup bagus untuk penghilangan nutrisi yang membantu dalam proses pengolahan air

				limbah dengan sistem *Constructed Wetland.*
13.	Identifikasi Bakteri *Indigeneous* untuk Meningkatkan Degradasi COD pada Pengolahan Limbah Tenun Menggunakan Sistem *Floating Treatment Wetland* (FTW)	Khalfina Maharani	2021	• Bakteri yang terkandung di dalam air limbah akan mengurai zat organik dan akan dimanfaatkan oleh tanaman sebagai nutrient, serta pada akar tanaman air akan menghasilkan oksigen sebagai sumber energi untuk metabolisme kehidupan bakteri (Abdulgani *et al., 2014).*
14.	Pengolahan Limbah Cair Tenun dengan Sistem *Floating Treatment Wetland* Menggunakan Kombinasi Tanaman Vetiver dan Bakteri Endofit	Nurun Nailis Sa'adah	2020	• Pengolahan limbah dengan teknologi FTW kombinasi dengan tanaman dan bakteri dapat menurunkan parameter COD sebesar 65%, TSS 78%, dan warna 94%.
15.	On-site Performance of *Floating Treatment Wetland* Macrocosms Augmented with Dye-degrading Bacteria for The	Nain Tara, M.Arslan, Zahid Hussain, Mazhar Iqbal, Q.M. Khan, & M. Afzal	2019	• *Floating treatment wetland* bervegetasi mampu menghilangkan polutan organic dan anorganik yang tinggi. Sedangkan, kombinasi

	Remediation of Textile Industry Wastewater			dengan bakteri lebih meningkatkan kinerja penghilangan BOD sebesar 91%, COD sebesar 92%, dan warna 86%.

BAB III

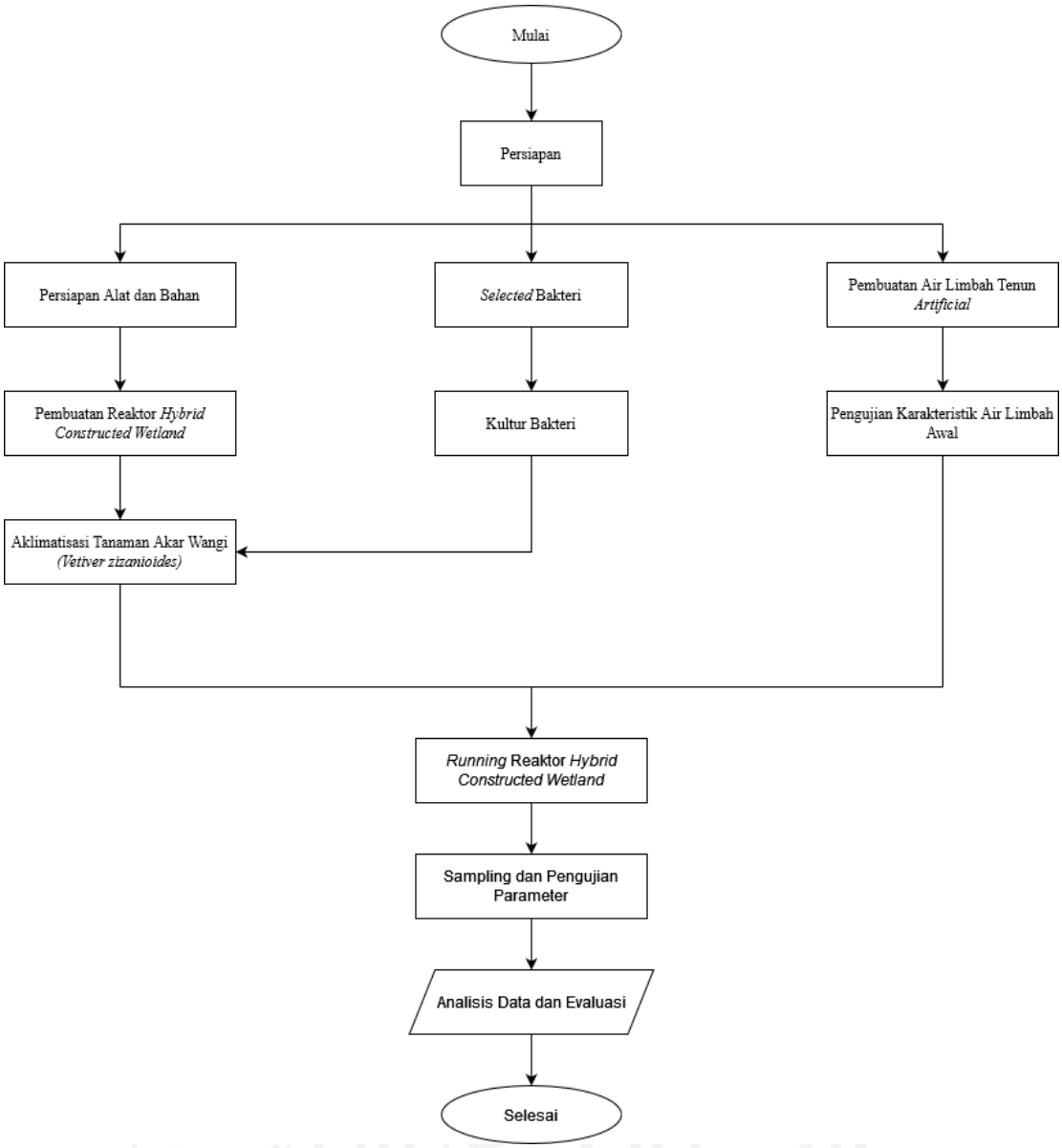
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dan *greenhouse.* Serta penelitian dilakukan pada bulan Maret-Agustus 2022.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini ialah dengan menganalisa kemampuan tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)* dalam menurunkan kandungan BOD *(Biological Oxygen Demand)*, COD *(Chemical Oxygen Demand)*, dan amonia (NH_3) dalam air limbah tenun buatan *(artificial)* dengan menggunakan teknologi *Hybrid Constructed Wetland*. Berikut ialah diagram alir dari metode penelitian yang dilakukan :

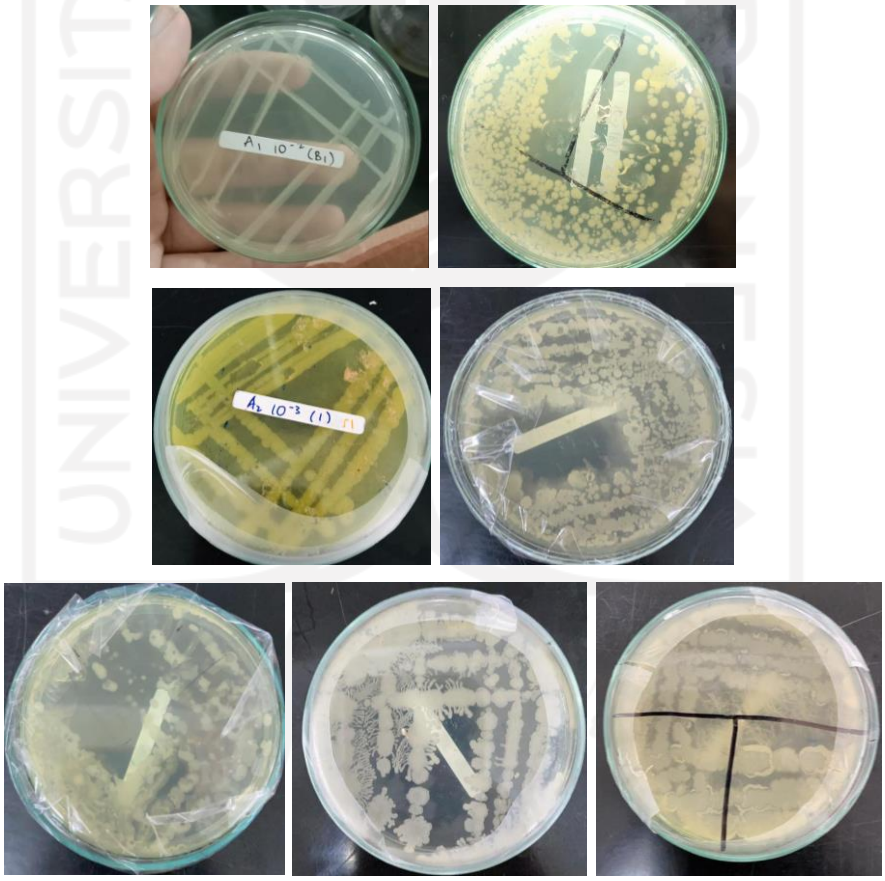


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Inokulasi Koloni Bakteri

Proses inokulasi bakteri akan menggunakan bakteri tanah dan bakteri akar, dimana bakteri yang digunakan merupakan hasil pengujian yang telah diidentifikasi dan mempunyai potensi untuk mengolah limbah tenun dari penelitian sebelumnya oleh

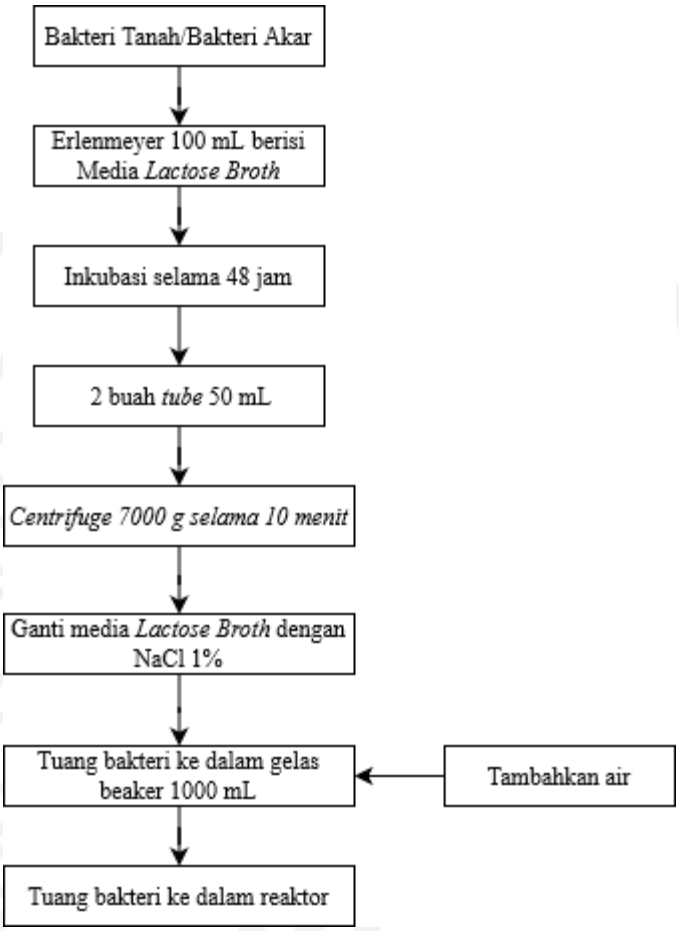
Khalfina Maharani (2021). Inokulasi koloni bakteri dilakukan dengan menggunakan 9 koloni bakteri yang terpilih. Bakteri akan diinokulasi pada media NA *(Nutrient Agar)* dengan teknik *streak plate*. Media NA *(Nutrient Agar)* yang sudah dipanaskan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu ditunggu hingga padat dengan posisi miring. Masing-masing koloni bakteri yang akan diinokulasi diambil satu bagian koloni bakteri kemudian diletakkan pada media NA *(Nutrient Agar)* agar miring dengan metode *streak.* Media agar miring lalu diinkubasi selama 2 hari dan diamati hasil pertumbuhannya.



Gambar 3.2 Sumber Inokulasi Bakteri

3.4 Kultur Bakteri

Proses kultur bakteri akan menggunakan konsorsium bakteri, dimana bakteri tersebut diperoleh dari proses inokulasi koloni bakteri yang telah dilakukan. 9 Bakteri terpilih yang terlebih dahulu sudah disiapkan, dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL yang berisi media LB *(Lactos Broth)*, lalu di *shaker* atau inkubasi selama 24-48 jam. Koloni bakteri yang berhasil dikultur akan menunjukkan pertumbuhan dengan adanya peningkatan kekeruhan pada media LB *(Lactos Broth)*. Setelah proses inkubasi, dilakukan pemisahan antara media LB *(Lactos Broth)* dan koloni bakteri secara centrifuge. Tahapan ini dilakukan dengan memindahkan media LB *(Lactos Broth)* yang berisi bakteri ke dalam *tube* 50 mL dan dicentrifuge 7000 g selama 10 menit hingga adanya endapan bakteri pada dinding *tube* 50 mL. Selanjutnya, media LB *(Lactos Broth)* di dalam *tube* 50 mL diganti dengan larutan NaCl 7% sebanyak 50 mL dan dituangkan ke dalam masing-masing reaktor.



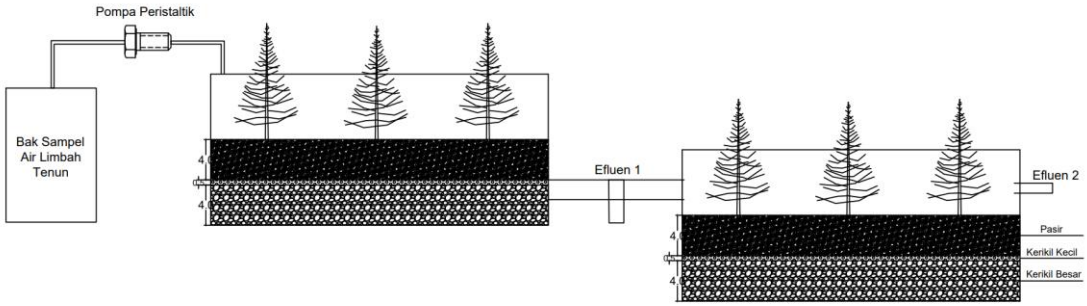
Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Kultur Bakteri

3.5 Persiapan Reaktor

3.5.1 Desain Reaktor Hybrid Constructed Wetland

Jenis wadah yang akan digunakan untuk membuat rangkaian reaktor *Hybrid Constructed Wetland* ialah kontainer berbahan plastik dengan ukuran volume 10 L (33,5 cm x 22 cm x 15 cm). Masing-masing reaktor akan berisi media secara berurutan berupa kerikil, pasir, dan tanah dengan perbandingan 1 : 1 : 1. Untuk dimensi *wetland* atau volume air yang sudah ditetapkan yaitu 33,5 cm x 22 cm x 12 cm. Dua kontainer plastik yang digunakan akan disambung dengan menggunakan pipa paralon yang berdimensi ½ inch, dimana pada bagian sambungan pipa ini terdapat 1 keran sebagai

efluen pertama. Dan diujung kontainer kedua juga terdapat keran sebagai efluen kedua. Posisi peletakkan antara reaktor *Vertical Flow Constructed Wetland* dan *Horizontal Flow Constructed Wetland,* reaktor vertikal diletakkan dengan posisi lebih tinggi sekitar 10 cm dari bawah tanah dibandingkan dengan reaktor horizontal.



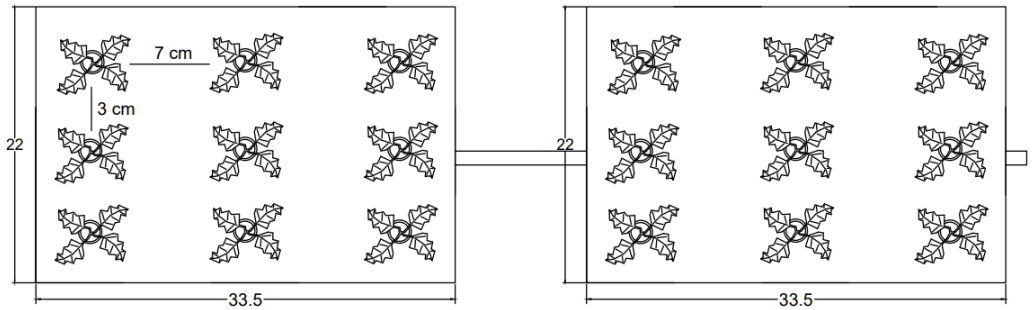
Gambar 3.4 Skema Reaktor *Hybrid Constructed Wetland*

Rangkaian reaktor *Hybrid Constructed Wetland* juga dilengkapi dengan sebuah pompa peristaltik yang digunakan untuk memompakan air limbah tenun buatan *(artificial)* dari bak atau jerigen sampel air limbah ke dalam reaktor *Vertical Flow Constructed Wetland.*



Gambar 3.5 Pompa Peristaltik 12V

Untuk pola tanam dari tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)* dalam masing-masing reaktor akan berisi 9 rumpun tanaman dengan tiap rumpun berisi sebanyak 3 batang tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides).*



Gambar 3.6 Pola Tanam Tanaman Akar Wangi dalam Wetland

3.5.2 Aklimatisasi Tanaman Akar Wangi *(Vetiver zizanioides)*

Aklimatisasi merupakan tahapan yang dilakukan terhadap tanaman yang akan digunakan pada teknologi *Hybrid Constructed Wetland* yang bertujuan untuk beradaptasi terhadap lingkungan yang baru. Proses aklimatisasi tanaman vetiver dilakukan selama 85 hari yang dimulai pada tanggal 26 Maret 2022 hingga 19 Juni 2022 dengan pencahayaan matahari secara langsung agar tumbuh dengan baik dengan penambahan pupuk hidroponik setiap 2-3 hari sekali sebanyak 1-2 tutup botol pupuk dalam 3 liter air, serta semua prosesnya berlangsung di dalam rumah kaca.

Aklimatisasi dilakukan langsung di dalam rangkaian reaktor *Hybrid Constructed Wetland.* Sebelum ditanam ke dalam reaktor batang tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)* dipotong 15 cm dari pangkal akar, serta akar dengan panjang 5 cm dari pangkal akar. Selama proses aklimatisasi tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)* diberi tambahan pupuk berupa pupuk organik atau hidroponik. Kondisi yang menandakan tanaman berhasil beradaptasi dengan baik adalah daun dan batang yang sehat (daun lebih hijau), serta akar tumbuh dengan lebat (Jayaweera, 2008 ; Karuzaman, 2011).



Gambar 3.7 Pupuk Organik

Pada tanggal 24 Juni 2022, konsorsium bakteri dimasukkan ke dalam masing-masing reaktor. Penambahan bakteri ini dilakukan beberapa minggu sebelum proses *running* reaktor, dimana hal ini bertujuan untuk memberi waktu terhadap bakteri agar beradaptasi dengan kondisi reaktor.

3.5.3 Running Reaktor dan Sampling

Running reaktor *Hybrid Constructed Wetland* dilakukan setelah proses kultur bakteri dan aklimatisasi tanaman selesai. Pada tahapan ini pompa peristaltik dihidupkan untuk mulai memompakan air limbah tenun buatan *(artificial)* ke dalam reaktor. Air limbah tenun buatan *(artificial)* akan mulai mengalir melalui selang yang terhubung dengan pompa peristaltik masuk ke dalam reaktor *Vertical Flow Constructed Wetland* menuju reaktor *Horizontal Flow Constructed Wetland* melewati pipa penghubung kedua reaktor tersebut. Running reaktor dilakukan selama 30 hari yang dimulai dari tanggal 14 Juli 2022 sampai 14 Agustus 2022.

Penggunaan teknologi *Hybrid Constructed Wetland* tentunya menggunakan debit air limbah yang selalu konstan. Debit air limbah pada reaktor *Hybrid Constructed Wetland* ialah 4 mL/menit dan HRT total untuk kedua reaktor ialah 74 jam.

Berdasarkan HRT yang sudah ditentukan proses pengambilan sampel akan dilakukan pada hari ke 4, 11, 18, dan 25. Volume air limbah yang diambil masing-masing keran sebanyak 300 mL. Proses pengambilan sampel air limbah akan diambil melalui 2 keran efluen, dimana keran 1 merupakan efluen dari reaktor *Vertical Flow Constructed Wetland* dan keran 2 merupakan efluen dari reaktor *Horizontal Flow Constructed Wetland*.

3.6 Pembuatan Air Limbah Tenun Buatan *(Artificial)*

Dalam penelitian ini akan menggunakan sampel air limbah tenun buatan *(artificial)*, dimana dalam 1 (satu) minggu pengujian membutuhkan sekitar 20 liter air limbah buatan *(artificial)*. Air limbah tenun akan dibuat dengan menambahkan beberapa zat yang sebagai berikut:

Tabel 3.1 Komposisi Bahan Pembuatan Air Limbah Tenun Buatan *(Artificial)*

No.	Nama Bahan	Satuan	Jumlah
1	Zat pewarna hitam (sliper hitam)	gram	20
2	Bubuk sulfur (Sodium Sulfida)	gram	20
3	C_6H_3COONa (Natrium Benzoat)	gram	2,143
4	CH_3COONa (Natrium Asetat)	gram	4,098
5	$NH_4.NO_3$ (Amonium Nitrat)	gram	1,8
6	$MgCl.6H_2O$ (Magnesium Klorida)	gram	0,068
7	$CaCl_2.2H_2O$ (Kalsium Klorida Dihidrat)	gram	0,08

Cara membuat air limbah tenun buatan *(artificial)* sebagai berikut :

1. Siapkan 1 liter air panas, lalu tuangkan dalam gelas beaker 1000 mL berisi 20 gram zat pewarna hitam dan 20 gram bubuk sulfur. Aduk menggunakan *stirrer* hingga merata.
2. Siapkan 1 liter air, lalu tuangkan dalam gelas beaker 1000 mL berisi bahan kimia. Aduk menggunakan *stirrer* hingga merata.

3. Tuangkan larutan zat pewarna dan larutan bahan ke dalam jerigen 25 liter, tambahkan *filtered tap water* sebanyak 18 liter.

3.7 Pengujian Parameter

Dalam pengujian parameter akan dilakukan analisa terhadap dua jenis parameter yaitu parameter kimia yang terdiri dari BOD *(Biological Oxygen Demand),* COD *(Chemical Oxygen Demand),* dan amonia (NH_3) dengan membandingan data konsentrasi awal dan konsentrasi akhir. Serta parameter fisika yang terdiri dari pH *(Potential Hydrogen),* TDS *(Total Dissolved Solid)*, EC *(Electric Conductivity)*, ORP *(Oxidation Reducion Potential),* temperatur, dan kelembaban udara dengan menggunakan alat *Portable pH meter.*

Tabel 3.2 Pengujian Parameter

No.	Parameter	Satuan	Metode	SNI
1	DO *(Dissolved Oxygen)*	mg/L	Portable Meter	-
2	BOD *(Biological Oxygen Demand)*	mg/L	Dilusi	SNI 6989.72:2009
3	COD *(Chemical Oxygen Demand)*	mg/L	Spektrofotometri dengan Refluks Tertutup	SNI 6989.2:2009
4	Amonia (NH_3)	mg/L	Spektrofotometri secara Fenat	SNI 06-6989.30-2005
5	Ph *(Potential Hydrogen)*	-	Portable pH Meter	
6	TDS *(Total Dissolved Oxygen)*	ppm		
7	EC *(Electric Conductivity)*	µs/cm		
8	ORP *(Oxidation Reduction Potential)*	mV		
9	Temperatur	^oC		
10	Kelembaban Udara	%		

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Influen

Proses *running* reaktor dilakukan selama 4 minggu yang dimulai pada tanggal 14 Juli 2022 sampai 14 Agustus 2022. Dimana selama 4 minggu dibutuhkan sebanyak 80 liter air limbah tenun buatan *(artificial).* Pada minggu pertama dan kedua air limbah dibuat dengan cara yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, hanya saja yang membedakan yaitu pada penambahan bubuk sulfur. Air limbah minggu pertama menggunakan bubuk sulfur yang diberikan pada akhir pengadukan, sedangkan pada minggu kedua penggunaan sulfur ditambahkan langsung pada larutan zat pewarna tenun. Untuk minggu ketiga dan keempat menggunakan air limbah efluen dari minggu sebelumnya. Sehingga masing-masing air limbah yang digunakan setiap minggunya tentu mempunyai karakteristik BOD *(Biological Oxygen Demand),* COD *(Chemical Oxygen Demand),* dan amonia (NH_3) yang berbeda-beda.

Oleh karena itu, pengujian karakteristik awal air limbah perlu dilakukan yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi atau kadar awal BOD *(Biological Oxygen Demand),* COD *(Chemical Oxygen Demand),* dan amonia (NH_3). Pengujian karakteristik awal ini mengacu pada SNI 6989.72.2009 untuk pengujian BOD, SNI 6989.2.2009 untuk pengujian COD, dan SNI 06-6989.30.2005 untuk pengujian amonia (NH_3). Berikut ialah tabel hasil pengujian karakteristik awal air limbah selama 4 minggu :

Tabel 4.1 Karakteristik Air Limbah Tenun Buatan *(Artificial)*

Air Limbah Tenun Buatan *(Artificial)*	Karakteristik		
	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	Amonia (NH_3) (mg/L)
0	51.33	31477.78	3.07
6	51.33	22033.33	2.75
14	36.5	1056.11	2.99
20	6.83	1072.77	5.35

Untuk penggunaan masing-masing air limbah tenun buatan *(artificial)*, air limbah pertama digunakan pada hari ke-0 sampai dengan hari ke-5. Air limbah kedua digunakan pada hari ke-6 sampai dengan hari ke-12, lalu untuk air limbah ketiga digunakan pada hari ke-14 sampai dengan hari ke-20. Dan air limbah keempat digunakan pada hari ke-20 sampai dengan hari ke-30.

4.1.1 Penambahan Konsorsium Bakteri

Dengan penambahan konsorsium bakteri ke dalam reaktor *Hybrid Constructed Wetland* pada proses pengolahan air limbah tenun buatan *(artificial)* dapat membantu proses penguraian bahan organik yang ada di dalam air limbah. Adanya tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)* akan membantu proses pengikatan bahan organik pada air limbah dengan menggunakan akar tanaman dan kemudian akan diuraikan oleh bakteri yang ada. Pada umumnya bakteri berkembang biak, sehingga semakin lama bakteri akan semakin banyak. Sehingga, semakin besar pula proses penguraian bahan organik terhadap air limbah. Terdapat 2 jenis konsorsium bakteri yang dimasukkan ke dalam reaktor *Hybrid Constructed Wetland*, diantaranya yaitu :

a. Bakteri Akar : RA_2, RA_7, Rb_2

b. Bakteri Tanah : Sc_1, Sb_1, Sb_2, Sb_3

Tabel 4.2 Jenis Konsorsium Bakteri yang Digunakan dalam Reaktor *Hybrid Constructed Wetland*

Jenis Bakteri	Gram	Genus	Bentuk	Persentase Removal (%)
RA2	Negative	Bacil	Irregular	91
RA7	Positive	Bacil	Circular	79
Rb2	Negative	Coccus	Circular	83
Sb3	Positive	Bacillus	Irregular	57
Sb2	Negative	Coccus	Irregular	55
Sc1	Positive	Bacillus	Filamentous	62
Sb1	Positive	Coccus	Filamentous	62

4.2 Kondisi Reaktor dan Tanaman Akar Wangi *(Vetiver zizanioides)*

Proses pengolahan air limbah tenun dengan teknologi *Hybrid Constructed Wetland* ini menggunakan reaktor dengan dimensi 33,5 cm x 22 cm x 12 cm untuk masing-masing kontainer. Teknologi *Hybrid Constructed Wetland* menggunakan 2 jenis *Constructed Wetland yaitu Vertical Flow Constructed Wetland* dan *Horizontal Flow Constructed Wetland.* Tiap kontainer atau reaktor akan diisi dengan media yang sama secara berurutan yaitu pasir, kerikil kecil, dan kerikil besar. Dan tiap reaktor ditanami tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)* sebanyak 27 batang tanaman. Sebelum proses running reaktor dilakukan tahapan aklimatisasi terhadap tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)* yang bertujuan untuk mempersiapkan tanaman untuk mereduksi kandungan zat polutan dari air limbah tenun yang digunakan. Aklimatisasi dilakukan selama 85 hari dengan melakukan penyiraman dan penambahan pupuk pada tanaman yang dilakukan 2 hari sekali.

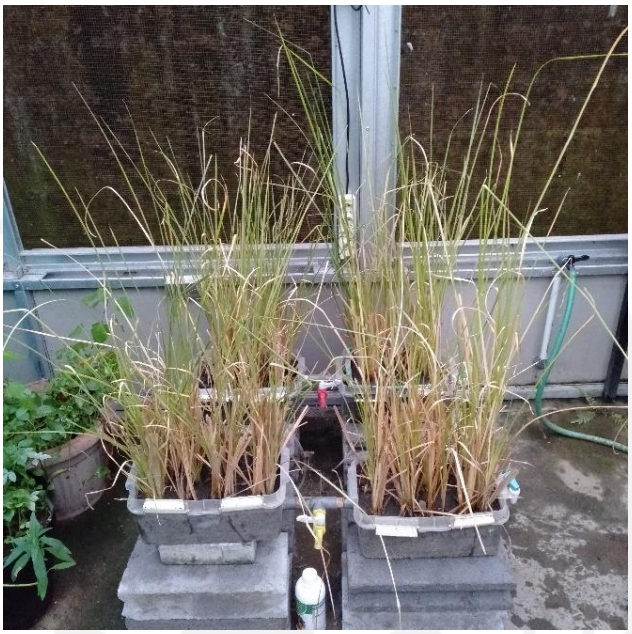
Tanaman yang digunakan dalam pengolahan air limbah tenun merupakan tanaman yang mampu tumbuh dalam kondisi lahan apapun, memiliki tingkat toleransi yang tinggi terhadap zat kontaminan, mampu meremediasi lebih dari satu polutan, cepat tumbuh serta mengkonsumsi air dalam jumlah yang banyak dalam waktu singkat. Salah satu tanaman yang sesuai ialah tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides).* Akar tanaman akar wangi mampu menembus lapisan tanah setebal 15 cm walaupun pada lapisan yang sangat keras. Akar tanaman akar wangi mampu menembus lapiran tekstur

tanah dengan cara seperti jangkar yang kuat kemudian menahan partikel-partikel tanah melalui akar serabutnya (Gunawan & Kusumaningrum, 2012).

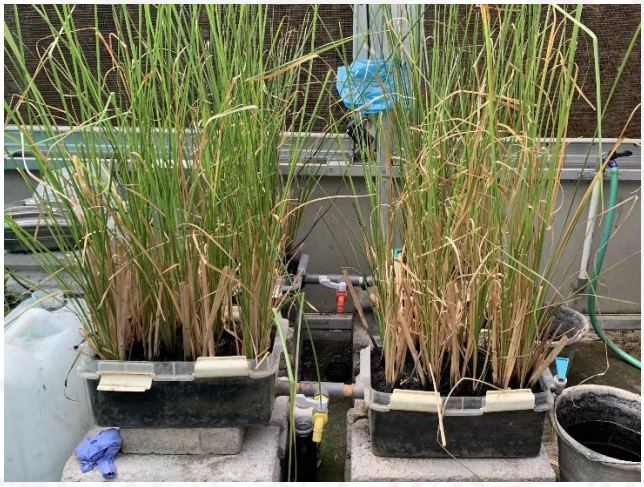
Setelah proses *running* reaktor selama 4 minggu tentunya terjadi beberapa perubahan terhadap reaktor *Hybrid Constructed Wetland*, baik itu terhadap kondisi media yang ada pada tiap kontainer maupun kondisi dari tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)*. Berikut ialah gambar reaktor sebelum dari awal tahapan aklimatisasi, proses *running*, dan sesudah proses *running* :



Gambar 4.1 Kondisi Tanaman Akar Wangi Pada Awal Aklimatisasi



Gambar 4.2 Kondisi Reaktor Sebelum Proses *Running*



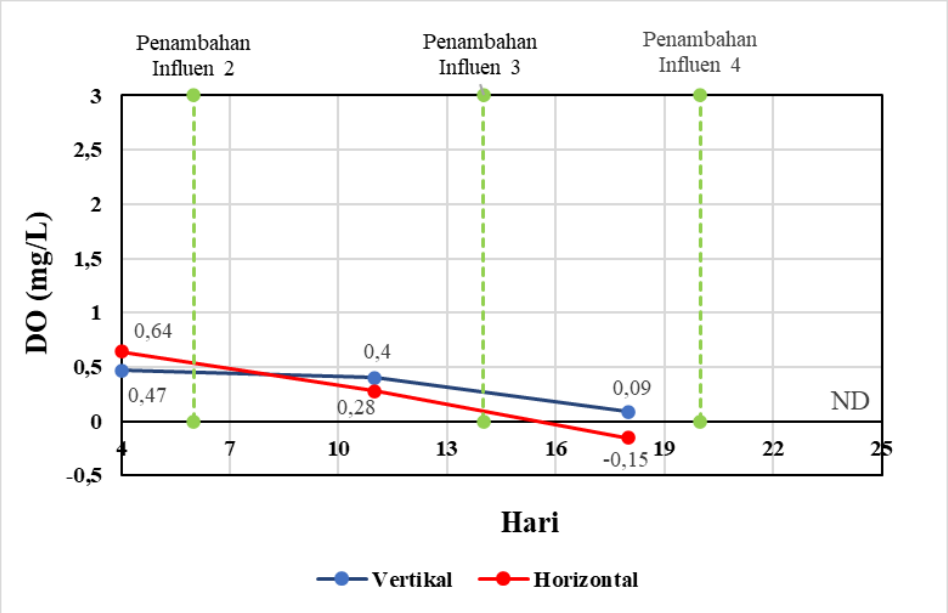
Gambar 4.3 Kondisi Reaktor Setelah Proses *Running*

Tabel 4.3 Kondisi Tanaman Akar Wangi Setelah Proses *Running* Reaktor

No.	Reaktor	Rumpun	Tinggi Tanaman (cm)	Warna Tanaman	
				Hijau	Kuning
1	VFCW	A11	71,3	3	-
2		A12	-	-	3
3		A13	71,1	2	-
4		A14	80,7	2	1
5		A15	81,7	3	-
6		A16	62,3	2	1
7		A17	63,8	2	1
8		A18	91,9	3	-
9		A19	73	2	1
10		A20	74,8	3	-
11		A21	92,6	2	-
12		A22	73,3	3	-
13	HFCW	A21	61	2	1
14		A22	65,4	1	2
15		A23	59,1	3	-
16		A24	76,5	3	-
17		A25	71,4	2	1
18		A26	80,2	1	2
19		A27	63,9	2	1
20		A28	104,6	2	1
21		A29	86,1	2	1
22		A30	99,4	2	1
23		A31	65,4	1	2

4.3 Analisis Parameter

4.3.1 DO (Dissolved Oxygen)



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian DO dengan Reaktor Hybrid Constructed Wetland menggunakan Tanaman Akar Wangi dan Konsorsium Bakteri selama 30 Hari

Pada gambar 4.4 menunjukkan grafik hasil pengujian DO *(Dissolved Oxygen)* dari sampel air limbah tenun buatan *(artificial).* Berdasarkan grafik tersebut, dapat dilihat bahwa pengujian DO dari sampel air limbah tenun buatan *(artificial)* selama 3 minggu selalu mengalami penurunan, baik itu pada reaktor vertikal maupun reaktor horizontal. Pengujian DO pada sampel air limbah tenun buatan *(artificial)* dari reaktor vertikal mengalami penurunan secara berturut-turut yaitu 0,47 mg/L, 0,4 mg/L, 0.09 mg/L, dan – 0,02 mg/L. Sedangkan, pengujian DO dari sampel air limbah tenun buatan *(artificial)* dari reaktor horizontal ialah 0,64 mg/L, 0,28 mg/L, -0,15 mg/L, dan 0,29 mg/L.

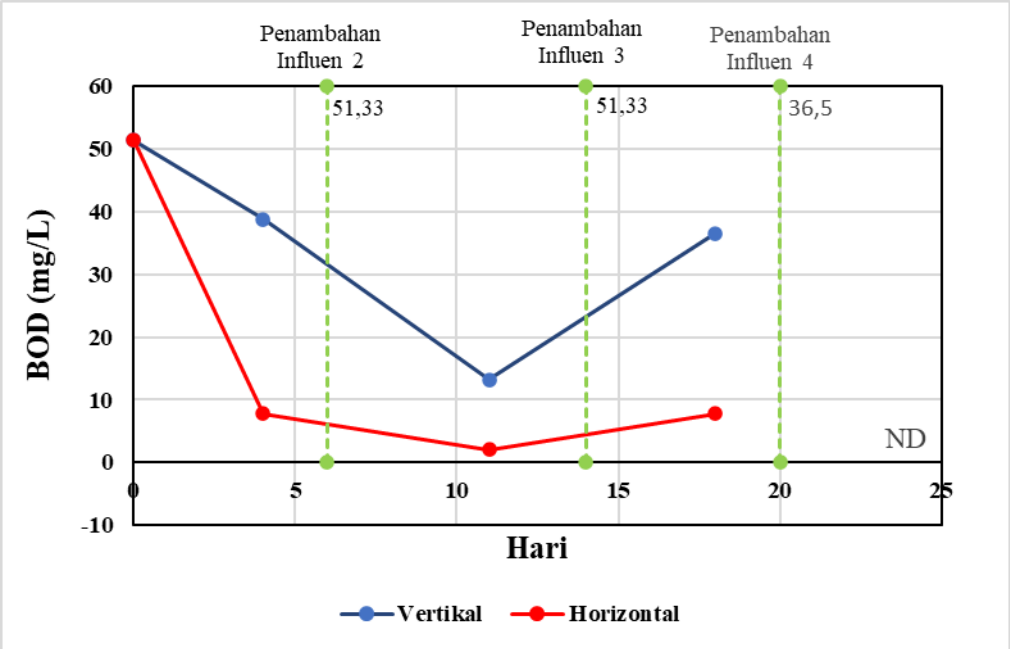
Dengan terjadinya penurunan terus-menerus pada pengujian DO menunjukkan bahwa, kandungan organik pada air limbah tenun buatan *(artificial)* juga semakin

banyak. Sehingga, bakteri yang ada di dalam kedua reaktor membutuhkan oksigen yang lebih banyak untuk mereduksi kandungan zat-zat organik tersebut.

Semakin besar nilai DO maka, semakin kecil tingkat pencemaran air limbah tenun tersebut. Adanya penurunan nilai DO dikarenakan mikroorganisme yang terdapat dalam air limbah akan menghabiskan oksigen terlarut yang mengindikasikan bahwa air tersebut tercemar.

Distribusi DO dipengaruhi oleh banyak hal, seperti gerakan air, proses kehidupan dilaut, dan secara kimia oksigen digunakan untuk respirasi, yaitu proses penguraian zat-zat organik yang membutuhkan oksigen (Supangat, 2000). Selain itu, oksigen terlarut juga berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Pada penelitian Omokeyeke (2013), tinggi rendahnya nilai DO juda dapat dipengaruhi oleh faktor tanaman, semakin banyak tanaman maka nilai DO akan semakin rendah. Hal tersebut dikarenakan adanya mikroorganisme yang hidup pada akar tanaman menggunakan oksigen untuk mendegradasi kandungan bahan organik.

4.3.2 BOD (Biological Oxygen Demand)



Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian BOD dengan Reaktor *Hybrid Constructed Wetland* menggunakan Tanaman Akar Wangi dan Konsorsium Bakteri selama 30 Hari

Pada gambar 4.5 menunjukkan grafik hasil pengujian kadar BOD *(Biological Oxygen Demand)* dari sampel air limbah tenun buatan *(artificial)*. Pengujian konsentrasi awal sampel air limbah tenun buatan pada minggu pertama dan kedua menunjukkan nilai konsentrasi yang sama yaitu sebesar 51,33 mg/L. Pengujian sampel air limbah tenun buatan pada hari ke 4 menunjukkan hasil penurunan kadar BOD *(Biological Oxygen Demand)* yaitu 38,83 mg/L pada reaktor vertikal dan 7,80 mg/L pada reaktor horizontal. Kemudian, pada pengujian minggu kedua pada hari ke 11 juga mengalami penurunan sebesar 13,17 mg/L pada reaktor vertikal dan sebesar 2,07 mg/L pada reaktor horizontal.

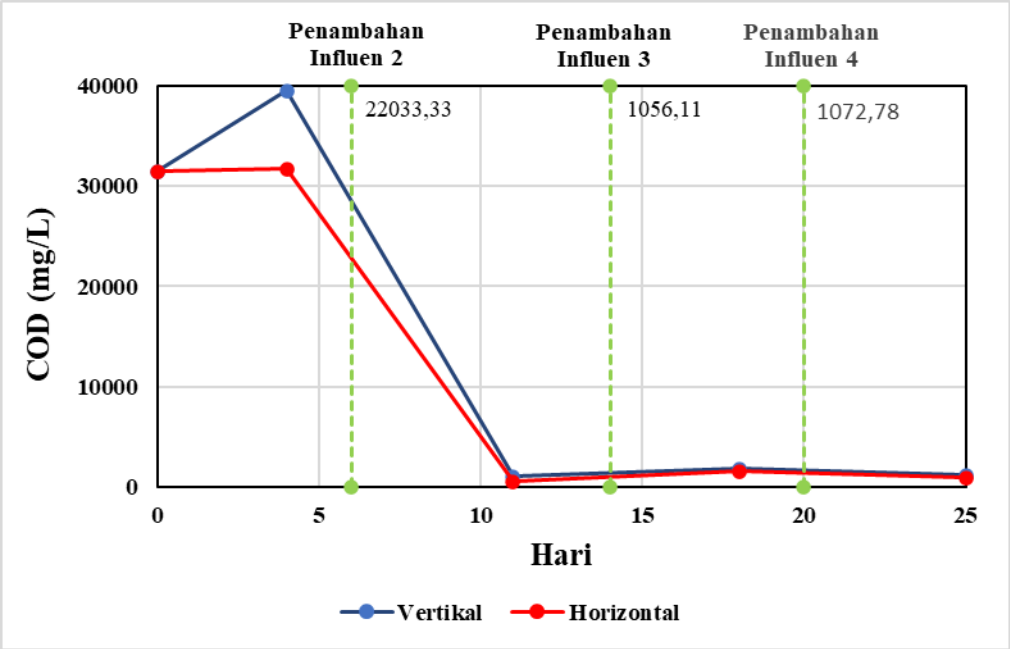
Pengujian pada hari ke 18 dengan konsentrasi awal sampel air limbah tenun buatan sebesar 36,5 mg/L kembali mengalami penurunan. Pada reaktor vertikal mengalami penurunan kadar BOD *(Biological Oxygen Demand)* hingga 2,0082 mg/L

dan pada reaktor horizontal mengalami penurunan kadar BOD *(Biological Oxygen Demand)* hingga 2,0619 mg/L.

Menurut APHA (1992), proses yang menyebabkan terjadinya penurunan nilai BOD yang signifikan di dalam reaktor ialah tanaman melakukan proses fotosintesis yang akan menghasilkan oksigen dan dimanfaatkan untuk menguraikan limbah oleh mikroorganisme sehingga beban organik akan berkurang dan nilai BOD pun mengalami penurunan.

Berdasarkan hasil pengujian BOD *(Biological Oxygen Demand)* yang dilakukan selama 30 hari dari air limbah tenun buatan *(artificial)* menggunakan teknologi *Hybrid Constructed Wetland* dengan konsentrasi terkecil yaitu 2,07 mg/L, dinyatakan air limbah tenun buatan *(artificial)* masih dibawah Baku Mutu Air Limbah Industri Permen LHK No. 5 Tahun 2015 tentang Baku Mutu Air Limbah kadar maksimum BOD yaitu sebesar 60 mg/L.

4.3.3 COD *(Chemical Oxygen Demand)*



Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian COD dengan Reaktor *Hybrid Constructed Wetland* menggunakan Tanaman Akar Wangi dan Konsorsium Bakteri selama 30 Hari

Pada gambar 4.6 menunjukkan grafik hasil pengujian kadar COD *(Chemical Oxygen Demand)* dari sampel air limbah tenun buatan *(artificial).* Konsentrasi awal sampel air limbah tenun buatan *(artificial)* pada minggu pertama yaitu sebesar 31477,78 mg/L. Pengujian pertama setelah *running* reaktor tidak menunjukkan penurunan terhadap kadar COD *(Chemical Oxygen Demand)* melainkan terjadi peningkatan.

Kadar COD *(Chemical Oxygen Demand)* pada pengujian minggu kedua dengan konsentrasi awal sampel air limbah sebesar 22033,33 mg/L. Dimana pada pengujian kedua ini kadar COD *(Chemical Oxygen Demand)* hanya mengalami penurunan pada reaktor *Horizontal Flow Constructed Wetland* hingga 514,17 mg/L, sedangkan pada reaktor *Vertical Flow Constructed Wetland* menunjukkan hasil yang tidak sesuai yaitu

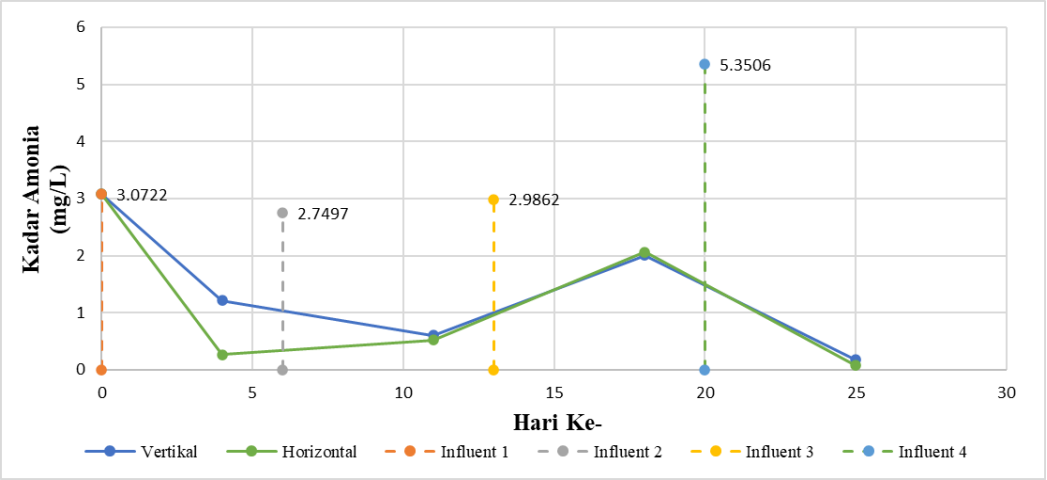
1061,67 mg/L. Kenaikan yang terjadi terhadap kadar COD ini terjadi karena adanya penggunaan sampel air limbah secara berulang. Sehingga menyebabkan kandungan COD pada air limbah tenun cukup tinggi.

Pengujian pada hari ke 18 dengan konsentrasi awal sampel air limbah tenun buatan sebesar 1056,11 mg/L kembali mengalami penurunan. Pada reaktor vertikal mengalami penurunan kadar COD *(Chemical Oxygen Demand)* hingga 1811,11 mg/L dan pada reaktor horizontal mengalami penurunan kadar COD *(Chemical Oxygen Demand)* hingga 1548,61 mg/L.

Dan pengujian pada minggu keempat yaitu hari ke 25 dengan konsentrasi awal sampel air limbah tenun buatan sebesar 1072,78 mg/L, hasil pengujian kadar COD *(Chemical Oxygen Demand)* pada reaktor vertikal mencapai konsentrasi 1183,89 mg/L dan pada reaktor horizontal mencapai konsentrasi 938,33 mg/L.

Pada penelitian Dianrevy (2017), terjadinya peningkatan COD dikarenakan masih berlangsungnya proses adaptadi dan aktivitas bakteri sehingga biomassa sel isolat bakteri yang masih kecil menyebabkan proses dekomposisi tidak maksimal. Menurut Darajeh et al (2016), terjadinya penurunan kadar COD *(Chemical Oxygen Demand)* dipengaruhi adanya kombinasi mekanisme fisik dan bakteri dalam air limbah yang memanfaatkan tanaman akar wangi *(Veiver zizanioides)*. Akar dari tanaman akar wangi memungkinkan terjebaknya padatan sehingga mengalami proses degradasi kandungan organik yang lebih maksimal.

4.3.4 Amonia (NH_3)



Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian Amonia (NH_3) dengan Reaktor *Hybrid Constructed Wetland* menggunakan Tanaman Akar Wangi dan Konsorsium Bakteri selama 30 Hari

Pada gambar 4.7 menunjukkan grafik hasil pengujian kadar amonia (NH_3) dari sampel air limbah tenun buatan *(artificial).* Pengujian konsentrasi awal sampel air limbah tenun buatan pada minggu pertama menunjukkan nilai konsentrasi sebesar 3,0722 mg/L. Pengujian sampel pertama dilakukan pada hari ke 4 yang menunjukkan hasil penurunan kadar amonia (NH_3) yang cukup signifikan yaitu pada reaktor vertikal sebesar 1,2129 mg/L dan pada reaktor horizontal sebesar 0,2671 mg/L.

Kadar amonia (NH_3) pada pengujian hari ke 11 dengan konsentrasi awal sampel air limbah tenun buatan menunjukkan nilai konsentrasi sebesar 2,7497 mg/L. Pada minggu kedua juga terjadi penurunan pada masing-masing reaktor yaitu pada reaktor vertikal sebesar 0.0600 mg/L dan pada reaktor horizontal sebesar 0.5250 mg/L.

Pengujian pada hari ke 18 dengan konsentrasi awal sampel air limbah tenun buatan sebesar 2,9862 mg/L kembali mengalami penurunan. Pada reaktor vertikal mengalami penurunan kadar amonia (NH_3) hingga 2,0082 mg/L dan pada reaktor horizontal mengalami penurunan kadar amonia (NH_3) hingga 2,0619 mg/L. Menurut

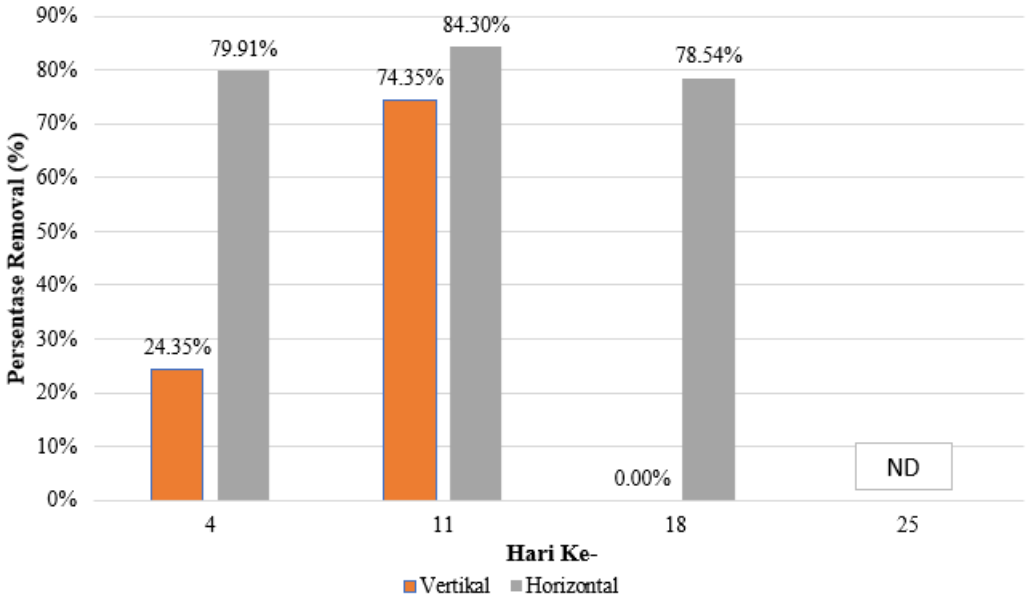
Masturah dkk (2014), proses penyerapan senyawa organik akan semakin maksimal jika masa tinggal tumbuhan lebih lama di dalam reaktor.

Dan pengujian pada minggu keempat yaitu hari ke 25 terjadi kembali penurunan kadar amonia (NH_3) yang cukup siginifikan. Dengan konsentrasi awal sampel air limbah tenun buatan sebesar 5,3506 mg/L, penurunan kadar amonia (NH_3) pada reaktor vertikal mencapai konsentrasi 0.1761 mg/L dan pada reaktor horizontal mencapai konsentrasi 0.0778 mg/L. Hasil grafik yang tidak seimbang dalam pembacaan efisiensi penurunan kadar amonia juga dapat disebabkan karena beban pencemar pada air limbah selalu berubah (Kholif & Sugito, 2020)

Penurunan kadar amonia yang lebih besar terjadi karena dipengaruhi oleh volatilisasi kadar amonia tersebut. Serta karena adanya peran ammonifikasi dan imobilisasi mikroorganisme (Ratnawati & Talarima, 2017).

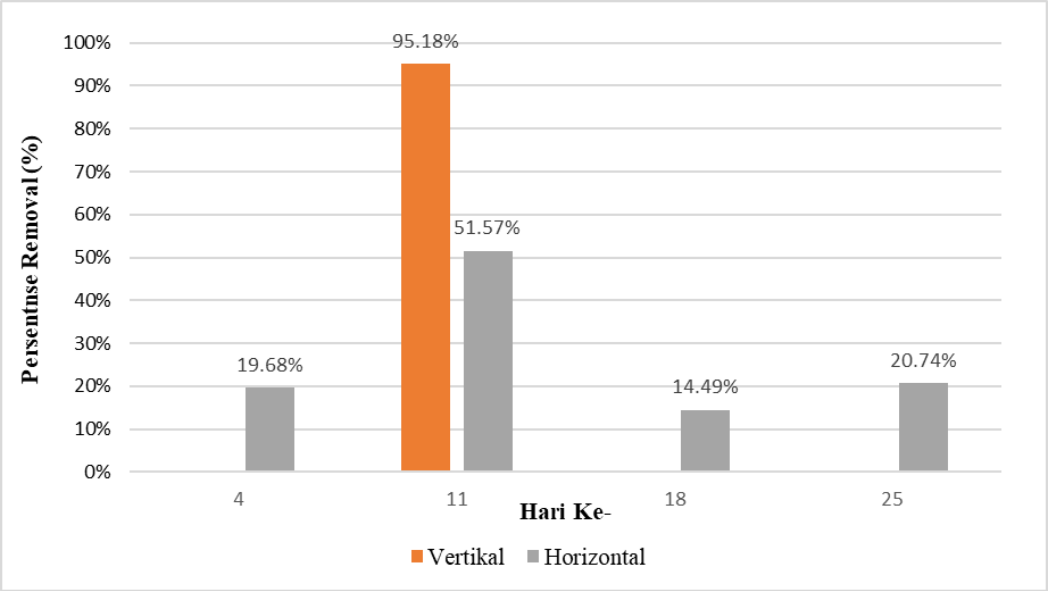
4.4 Efisiensi Removal Parameter

Berdasarkan hasil pengujian terhadap proses pengolahan air limbah tenun buatan *(artificial)* dengan teknologi *Hybrid Constructed Wetland* menggunakan tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)* dengan konsorsium bakteri mampu menurunkan kadar BOD *(Biological Oxygen Demand),* COD *(Chemical Oxygen Demand),* dan amonia (NH_3). Dengan teknologi *Hybrid Constructed Wetland,* mampu mendegradasi BOD *(Biological Oxygen Demand)* hingga 84,3%, COD *(Chemical Oxygen Demand)* hingga 95,18%, serta amonia (NH_3) sebesar 96,71%.



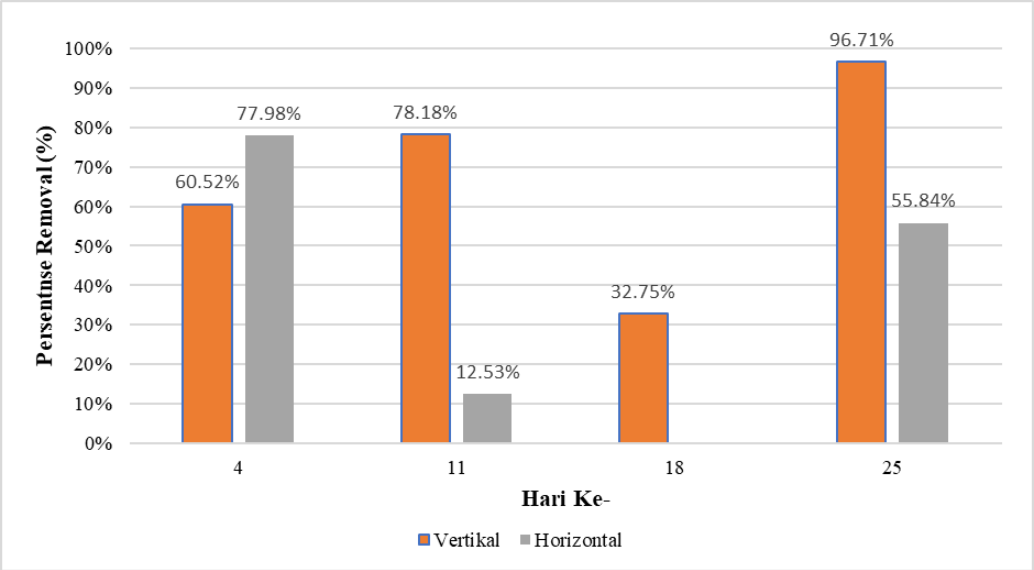
Gambar 4.8 Grafik Persentase Removal BOD *(Biological Oxygen Demand)*

Berdasarkan gambar 4.8, persentase removal BOD *(Biological Oxygen Demand*) yang tertinggi yaitu terjadi pada reaktor *Horizontal Flow Constructed Wetland* mencapai 84,30%. Sedangkan, untuk reaktor *Vertical Flow Constructed Wetland* mampu mendegradasi kandungan BOD *(Biological Oxygen Demand)* hingga 79,91%.



Gambar 4.9 Grafik Persentase Removal COD (Chemical Oxygen Demand)

Berdasarkan gambar 4.9, persentase removal COD *(Chemical Oxygen Demand*) yang tertinggi yaitu terjadi pada reaktor *Vertical Flow Constructed Wetland* mencapai 95,18%. Sedangkan, untuk reaktor *Horizontal Flow Constructed Wetland* mampu mendegradasi kandungan COD *(Chemical Oxygen Demand)* hingga 51,57%.



Gambar 4.10 Grafik Persentase Removal Amonia (NH_3)

Berdasarkan gambar 4.10, persentase removal amonia (NH_3) yang tertinggi yaitu terjadi pada reaktor *Vertical Flow Constructed Wetland* mencapai 96,71%. Sedangkan, untuk reaktor *Horizontal Flow Constructed Wetland* mampu mendegradasi kandungan amonia (NH_3) hingga 77,98%.

BAB V
SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa reaktor *Hybrid Constructed Wetland* yang menggunakan tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)* dan bantuan konsorsium bakteri mampu mengurangi kadar BOD *(Biological Oxygen Demand)* hingga 84,30%, kadar COD *(Chemical Oxygen Demand)* hingga 95,18%, dan kadar amonia (NH_3) sebesar 96,71%.

Sesuai baku mutu yang ditetapkan sebagai acuan yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, untuk kadar BOD *(Biological Oxygen Demand)* sebesar 60 mg/L, COD *(Chemical Oxygen Demand)* sebesar 150 mg/L, dan amonia (NH_3) sebesar 8 mg/L. Dapat disimpulkan bahwa efluen yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah tenun buatan *(artificial)* dengan teknologi *Hybrid Constructed Wetland* untuk kadar BOD *(Biological Oxygen Demand)* dan amonia (NH_3) sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan, namun beberapa hasil pengujian parameter COD *(Chemical Oxygen Demand)* tidak memenuhi baku mutu sehingga perlu diolah dengan teknologi lebih lanjut.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan :

1. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengecekan debit air limbah secara berkala agar tidak terjadi perubahan debit pada reaktor *Hybrid Constructed Wetland.*
2. Untuk penggunaan air limbah buatan *(artificial)* sebaiknya dibuat setiap minggu untuk mengantisipasi adanya perbedaan karakteristik yang sangat signifikan dari air limbah tersebut.

3. Parameter COD *(Chemical Oxygen Demand)* yang mempunyai konsentrasi di atas baku mutu harus dilakukan pengolahan lebih lanjut. Dapat menggunakan teknologi, penggunaan tanaman, dan pemilihan bakteri yang lebih efisien untuk mengolah air limbah tenun tersebut.
4. Lama waktu penelitian yang terbatas tentunya mempengaruhi hasil yang dilaporkan, tetapi disisi lain penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk melakukan penelitian lebih lanjut terkait kinerja dari teknologi *Hybrid Constructed Wetland.*

DAFTAR PUSTAKA

Alamsyah. 2014. Dinamika Perkembangan Industri Kerajinan Tenun Troso di Jepara. *Humanika*, 20 (2) : 24-36.

Andari, Hanjani Antania. 2010. *Penurunan COD dan Warna pada Limbah Industri Tekstil dengan Proses Anaerob-Aerob menggunakan Reaktor UASB dan HUASB.* Universitas Diponegoro : Semarang.

Anwaruddin, Fauzan. 2019. Unjuk Kerja Reaktor *Continuous Wetland* Menggunakan Tanaman Vetiver *(Vetiveria zizanioides)* dan Bakteri untuk Mendegradasi Kandungan *Oil & Grease, Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH), dan *Oil Content* dari Limbah Minyak Industri X di Yogyakarta. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.

APHA. 1992. Standars Methods for The Examination of Water and Wastewater. 18th ed. American Public Health Association, Washington, DC.

Atima, Wa. 2015. BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Journal Biology Science & Education, 4 (1) : 83-98.*

Audina, Oktavia., & Rahmadyanti, Erina. 2019. Kinerja *Hybrid Constructed Wetland* sebagai Upaya Pelestarian Sumber Daya Air pada Pengolahan Limbah Cair Industri Batik di Sidoarjo. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.

Cristina Ávila, Marriana Garfi, & Joan Garcia. 2013. Three-stage Hybrid Constructed Wetland System fro Wastewater Treatment and Reuse in Warm Climate Regions. *Ecological Engineering*, 61 (A), 43-49.

Cristina Ávila, Marriana Garfi, & Joan Garcia. 2013. Influence of Hydraulic Loadign Rate, Stimulated Storm Events and Seasonality on The Treatment Performance of an Experimental Three-stage Hybrid Constructed Wetland System. *Ecological Engineering*, 61, 324-332.

Cristina Ávila, Catiane Pelissari, Pablo H. Sezerino, Massimiliano Sgroi, Paolo Roccaro, Joan García. 2017. Enhancement of Total Nitrogen Removal Through Effluent Recirculation and Fate of PPCPs in A Hybrid

Constructed Wetland System Treating Urban Wastewater. *Science of The Total Environment*, 584 (585), 414-425.

Cui LH, Liu W, Zhu XZ, et al. 2006. Performance of Hybrid Constructed Wetland Systems for Treating Septic Tank Effluent. *Environment Science*, 18: 665-669**.**

Darajeh, N., Idris, A., Aziz, A. A., & Truong, P. 2014. Vetiver System Technology for Phytoremediation of Palm Oil Mill Effluent. *Advances in Materials Science and Engineering*, 1–13.

Dejonghe, W., Berteloot, E., Goris, J., Boon, N., Crul, K., Maertens, S., Hofte, M., De Vos, P., Verstreate, W., Top, E.M. 2003. Synergistic Degradation of Linuron by a Bacterial Concortium and Isolation of a Single Linuron-degrading Variovorax Strain. *Applied and Environmental Microbiology*69 (3) : 1532-1541.

Dianrevy, Armae. 2017. Penerapan Bakteri Indigenus Untuk Remediasi Limbah Cair Batik Pewarna Napthol Merah dan Menurunkan Logam Cu (Tembaga). Skripsi. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.

Earnestly, Femi. 2018. Analisis Kadar Klorida, Amoniak di Sumber Air Tanah Universitas Muhammadiyah Sumbar Padang. *Jurnal Katalisator,* 3 (2) : 89-95.

Eckenfelder, W, Wesley. 2000. Industrial Water Pollution Control. Third Edition. Mc Graw HillInternational Edition. New York.

Gunawan, G, dan Nanny Kusumaningrum. 2012. Penanganan Erosi Lereng Galian dan Timbunan Jalan dengan Rumput Vetiver. Bandung : *Puslitbang Jalan dan Jembatan.*

Jannah, Fathul. Rezagama, Arya. Arianto, Fajar. 2017. Pengolahan Zat Warna Turunan Azo dengan Metode Fenton (Fe^{2+}+H_2O_2) dan Ozonisasi (O_3). *Ejournal Undip,* 6 (3) : 1-11.

Jayaweera, Mahesh W., et al. 2008. Contribution of Water Hyacinth (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) Grown Under Different Nutrient Condition to

Fe-removal Mechanisms in Constructed Wetlands. *Elsevier Journal of Environmental Management,* 450-460.

Kamruzaman, A. N., et al. 2011. Removal of Heavy Metals from Landfill Leachate Using Horizontal and Vertical Subsurface Flow Constucted Wetland Planted with Limnocharis flava. *International Journal of Civil and Environtmental Engineer (IJCEE),* 11.

Kandel, S.L., M.J. Pierre, and L. Sharon. 2017. Bacterial Endophyte Colonization and Distribution Within Plants. *Microorganisms*. 5 (77) : 1-26. [Review].

Kholif, M. Al, & Sugito, S. 2020. Penyisihan Kadar Amoniak Pada Limbah Cair Domestik Dengan Menggunakan Sistem Constructed Wetland Bio-Rack. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, *6*(1), 25–33.

Mander U, Tooming A, Mauring T, et al. 2007. Performance Dynamics of a LWA-filled Hybrid Constructed Wetland in Estonia. Ecohydrol. Hydrobiol, 7: 297-302**.**

Marimuthu, T., Rajendran, S. and Manivannan, M. 2013. A Review on Bacterial Degradation of Textile Dyes. *Journal of Chemistry and Chemical Science* 3 : 201-212.

Masturah, A., Darmayanti, L., & Lilis, Y. 2014. Pengolahan Air Limbah Domestik menggunakan Tanaman *Alisma plantago* dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetland), *1*(1), 1-11.

Omokeyeke O, Sikoki FD, Nwachwu EO. 2013. Phytoremediation Potensial of an Quatic Weed, Eichornia Vrassipes, in Crude Oil Contaminated sites. Prociding of the 3nd annual international conference Syiah Kuala University 2013.

Ong, Soon-An. Uchiyama, Katsuhiro, dkk. 2010. Treatment of Azo Dye Acid Orange 7 Containing Wastewater Using Up-flow Constructed Wetland with and without Sipplementary Aeration. *Bioresource Technology*, 9049-9057.

Patandungan, Alfia. 2014. "Fitoremediasi Tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides)* terhadap Tanah Tercemar Logam Berat Kadmium (Cd) pada Lahan TPA Tamangapa Antang". Makassar : UIN Alauddin Makassar.

Prescott, L.M. Harley, J.P., Klein, D.A. 2002. Microbiology : 5th Edition. McGraw-Hill, New York.

Ratnawati, R., & Talarima, A. 2017. Subsurface (SSF) Constructed Wetland untuk Pengolahan Air Limbah Laundry. Teknik Waktu, 15 (2), 1-6.

Ristianingsih, Risti. 2018. Pengolahan Air Limbah Pencucian PT KAI Yogyakarta menggunakan *Floating Treatment Wetlandi* Kombinasi dengan Tanaman *Vetiver zizanioides* dan Bakteri. Yogyakarta : Jurnal Teknik Lingkungan UII.

Saloua Elfanssi, Naaila Ouazzani , Lahbib Latrach, Abdessamed Hejjaj & Laila Mandi. 2017. Phytoremediation of Domestic Wastewater Using A Hybrid Constructed Wetlands in Mountainous Rural Area, International Journal of Phytoremediation, DOI:10.1080/15226514.2017.133706 **.**

Said, Nusa Idaman., & Sya'bani, Muhammad Rizky. 2014. Penghilangan Amoniak di Dalam Air Limbah Domestik dengan Proses *Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)*. *Jurnal Air Indonesia*, 7 (1) : 44-65.

Shirish Singh, Ramund Haberl, Otto Moog, Roshan Raj Shrestha, Prajwal Shreshta, & Rajendra Shreshta. Performance of An Anaerobic Baffled Reactor and Hybrid Constructed Wetland Treating High-strengh Watewater in Nepal-A Model for DEWATS. *Ecological Engineering,* 35 (5) : 654-660.

Srđević, Z., Srđević, B., Suvočarev, K. *et al.* Hybrid Constructed Wetland Selection as a Group Decision-Making Problem. *Water Resour Manage* **34,** 295–310 (2020). https://doi.org/10.1007/s11269-019-02444-z**.**

Supangat, A. 2000. Pengantar Oceanografi. Program Studi Oceanografi Fakultas Ilmu Kebumian dan Teknologi Mineral Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Suriawiria, Unus. 1993. *Mikrobiologi Air.* Bandung : Penerbit Alumni.

SNI 6989.2.2009, Air dan Air Limbah – Bagian 2 Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand*/COD) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri.

SNI 6989.72.2009, Air dan Air Limbah – Bagian 72 Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimi (*Biological Oxygen Demand*/BOD).

SNI 06-6989.14.2014, Air dan Air Limbah – Bagian 14 Cara Uji Oksigen Terlarut secara Iodometri (Modifikasi Azida).

Soedarsono, Benny Syahputra. Pengolahan Air Limbah Batik dengan Proses KombinasiElektrokimia,Filtrasi, dan Adsorbsi. 2007. (http://bennysyah.edublogs.org/files/2007/04/makalah-warna-akin.doc. Diakses : Desember 2016).

Tanjung, Muhammad, R. 2019. Unjuk Kerja Reaktor *Continuous Wetland* Menggunakan Tanaman Vetiver *(Vetiveria zizanioides)* dan Bakteri untuk Mendegradasi Kandungan Besi (Fe), Timbal (Pb), dan *Total Suspended Solid* (TSS) dari Limbah Minyak Industri X di Yogyakarta. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.

Tian, M. 2011. Application of Constructed Wetland Technology in Urban Landscape Designs. *Advanced Materials Research.* Vols. 211-212, pp. 939-943.

Troung, Paul. 2011. Penerapan Sistem Vetiver Ramah Lingkungan. *Indonesian Vetiver Network.*

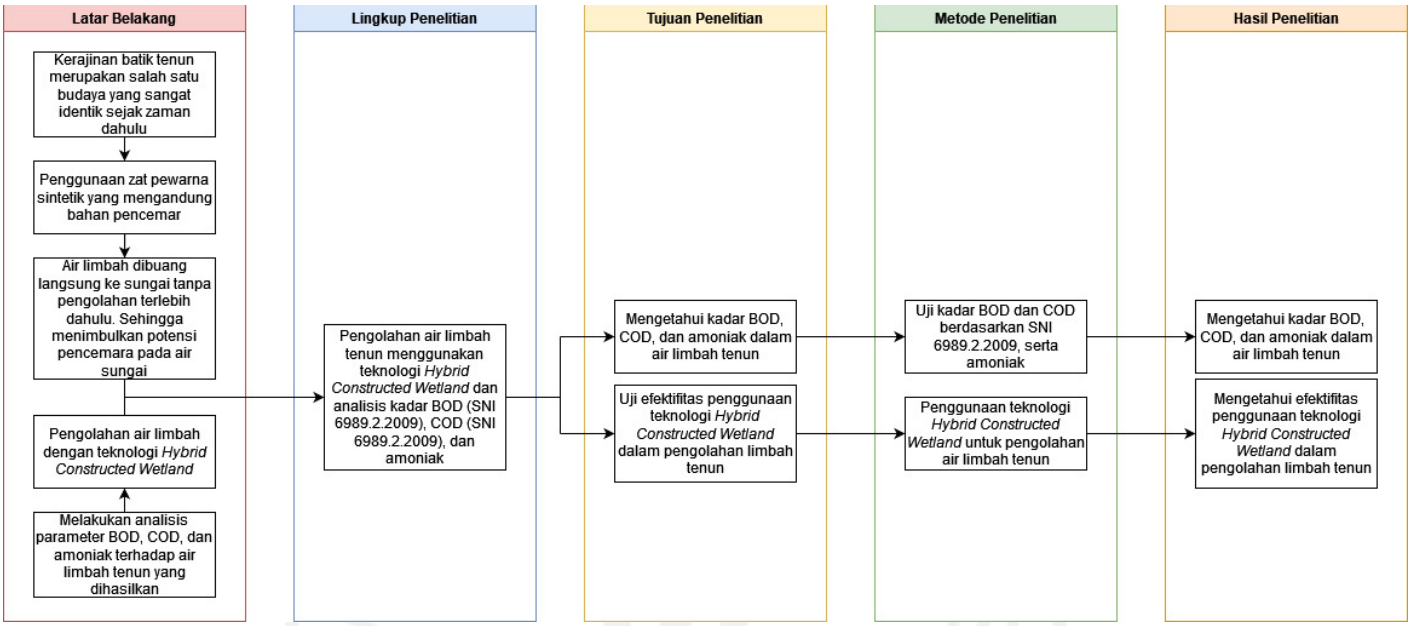
Wasiyanto. 2004. Pengendalian Pencemaran Lingkungan Hidup Pada Indusri Tenun Ikat di Desa Troso Kecamatan Pecangan Kabupaten Jepara. *Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro*.

Zorica Srdevic, Bojan Srdevic, Kosana Suvocarev, & Laslo Galambos. 2020. Hybrid Constructed Wetland Selection as a Group Decision-Making Problem. *Water Resources Management,* 34, 295-310.

LAMPIRAN

Berikut ialah skema kerangka berpikir penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

Lampiran 1 Skema Kerangka Berpikir Penelitian



Lampiran 3 Dokumentasi Pengujian

1. Reaktor *Hybrid Constructed Wetland*

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan sebagai berikut :

- Kontainer plastik 10 Liter
- Pipa paralon ½ inch
- 2 Buat keran
- Pompa peristaltik 12V
- Jerigen 25 Liter

Bahan yang digunakan sebagai berikut :

- Air limbah tenun buatan *(artificial)*

- Tanaman akar wangi *(Vetiver zizanioides)*
- Pasir
- Kerikil besar dan kerikil kecil
- Konsorsium bakteri

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis terhadap kualitas air limbah tenun berdasarkan parameter kimia yaitu BOD *(Biological Oxygen Demand)*, COD *(Chemical Oxygen Demand)*. dan amonia (NH_3).

1. Pengukuran Kadar COD

Untuk mengetahui kadar COD dalam air limbah tenun akan menggunakan metode refluks tertutup secara spektrofotometri berdasarkan SNI 6989.2.2009. Berikut alat dan bahan yang akan digunakan :

A. Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan ialah :

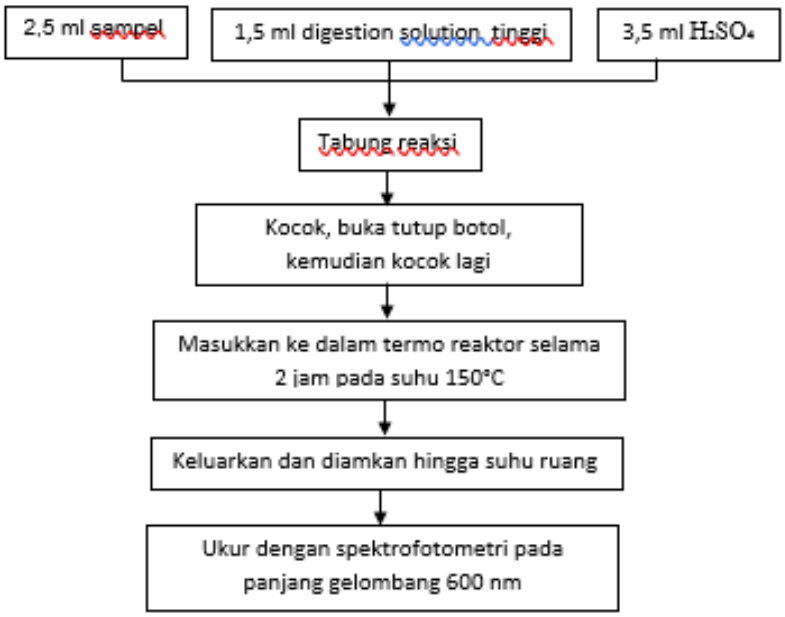
- Gelas beaker 250 ml
- Kuvet
- Rak tabung
- Erlenmeyer 250 ml
- Labu ukur 25 ml (6 buah)
- Pipet Volume 1 mL, 2 mL, 3 mL, 4 mL, 5 mL, dan 10 mL
- Termoreaktor
- Spektrofotometer
- Timbangan analitik
- *Digestion tube* (7 buah)
- Pipet ukur 5 mL dan 10 mL

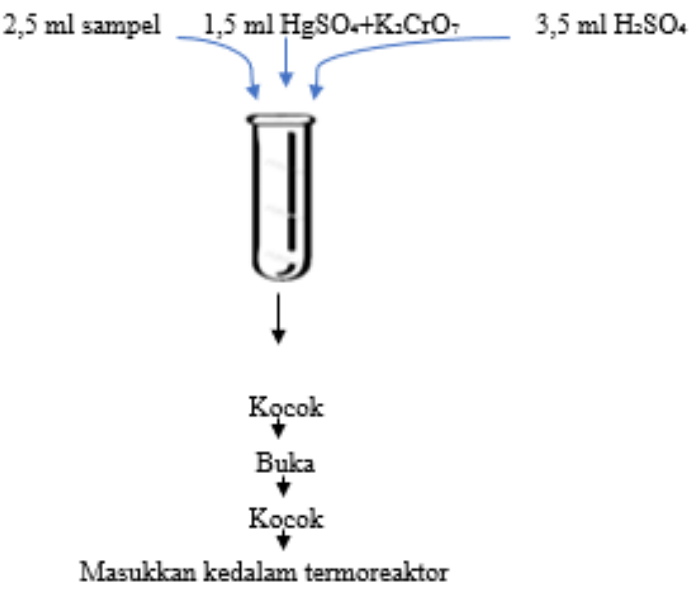
Bahan yang akan digunakan ialah :

- Aquades
- Larutan pencerna kisaran konsentrasi tinggi

- Larutan pencerna kisaran konsentrasi rencah
- Larutan pereaksi Asam sulfat
- Asam sulfamat (NH_2SO_3H)
- Larutan standar Kalium Hidrogen Phtalat $HOOCC_6H_4COOK$ (KHP)

Berikut diagram alir pengujian parameter COD *(Chemical Oxygen Demand)* :





2. Pengukuran Kadar BOD

Untuk mengetahui kadar BOD dalam air limbah tenun akan menggunakan metode titrasi iodometri berdasarkan SNI 6989.2.2009 Berikut alat dan bahan yang akan digunakan :

A. Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan ialah :

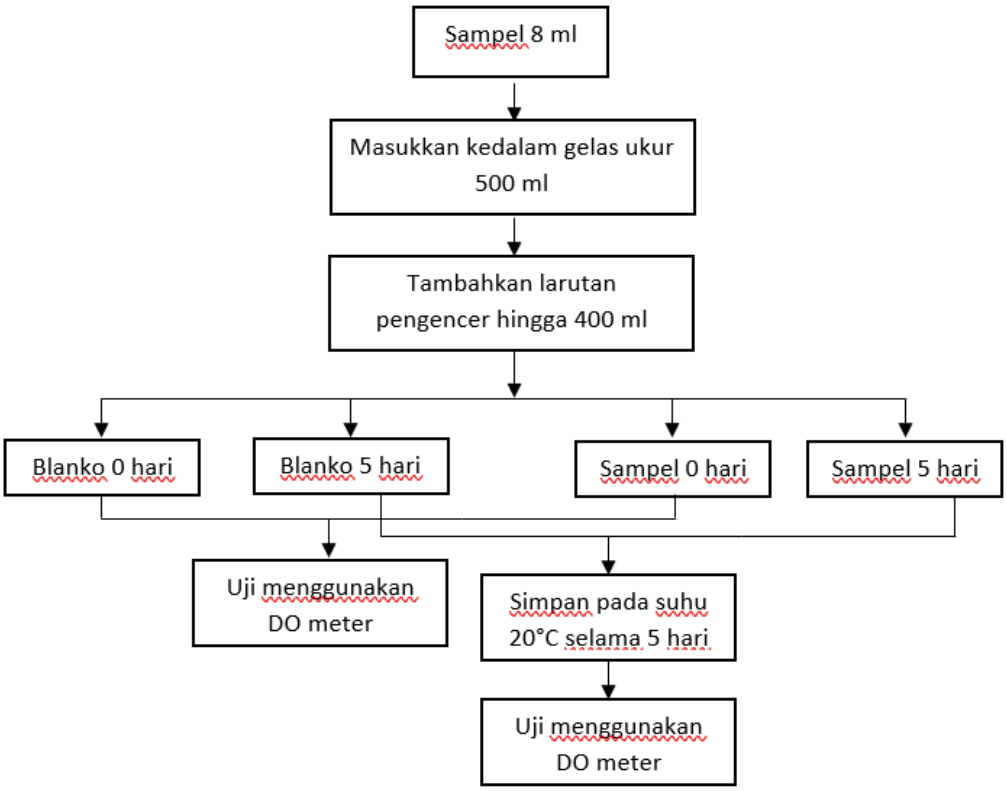
- Botol BOD (Wrinkler)
- Buret
- Labu ukur 100 mL dan 1000 mL
- Gelas ukur 250 Ml
- Gelas ukur 1000 mL
- Gelas piala 2000 mL
- Labu ukur Erlenmeyer 250 mL dan 500 mL
- Pipet Volume 10 mL

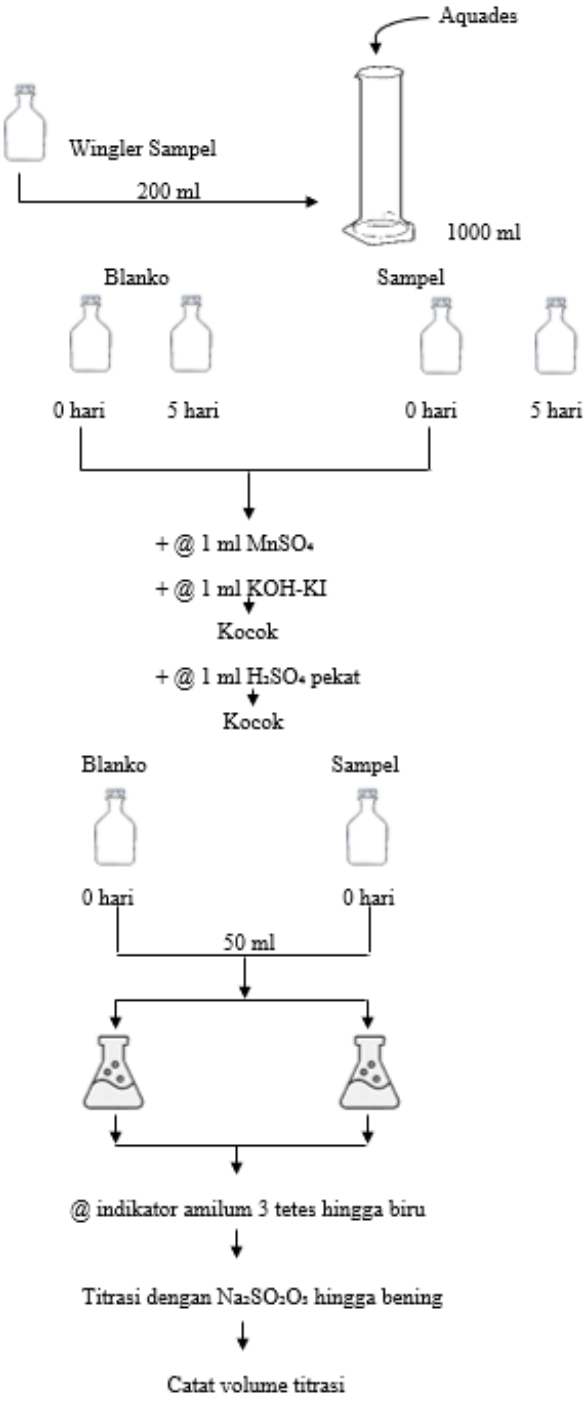
Bahan yang akan digunakan ialah :

a. Reagen (zat perekasi)
   - Larutan Mn^{2+}
   - Larutan alkali – iodide – azida
   - Larutan asam sulfat 6 N
   - Larutan kanji (amilum) 2%
   - Larutan pengencer
   - Larutan natrium hidroksida 0,1 N
   - Larutan asam sulfat 0,1 N
   - Larutan Natrium Tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) 0,025 N
   - Larutan Kalium dikromat (K_2CrO_7) 0,025 N
   - Aquades

b. Sampel uji

Berikut diagram alir pengujian parameter BOD *(Biological Oxygen Demand)* :


Sampel 8 ml
Masukkan kedalam gelas ukur 500 ml
Tambahkan larutan pengencer hingga 400 ml
Blanko 0 hari
Blanko 5 hari
Sampel 0 hari
Sampel 5 hari
Uji menggunakan DO meter
Simpan pada suhu 20°C selama 5 hari
Uji menggunakan DO meter


Aquades
Wingler Sampel
200 ml
1000 ml
Blanko
Sampel
0 hari
5 hari
0 hari
5 hari
+ @ 1 ml MnSO4
+ @ 1 ml KOH-KI
Kocok
+ @ 1 ml H2SO4 pekat
Kocok
Blanko
Sampel
0 hari
0 hari
50 ml
@ indikator amilum 3 tetes hingga biru
Titrasi dengan Na2SO2O3 hingga bening
Catat volume titrasi

3. Pengukuran Kadar Amoniak (NH_3)

Untuk mengetahui kadar amoniak (NH_3) dalam air limbah tenun akan menggunakan metode dengan spektrofotometer secara fenat. Berikut alat dan bahan yang akan digunakan :

A. Alat dan Bahan

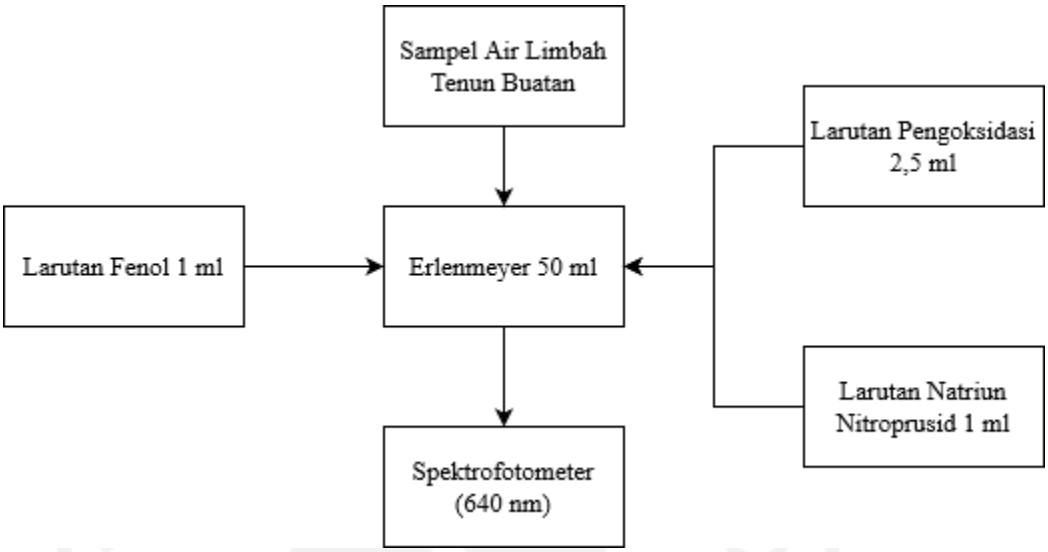
Alat yang akan digunakan ialah :

- Spektrofotometer
- Timbangan analitik
- Erlenmeyer 50 mL
- Labu ukur 100 mL, 500 mL, dan 1000 mL
- Gelas ukur 25 mL
- Pipet volumetric 1 mL, 2 mL, 3 mL, dan 5 mL
- Pipet ukur 10 mL dan 100 mL
- Gelas piala 1000 mL

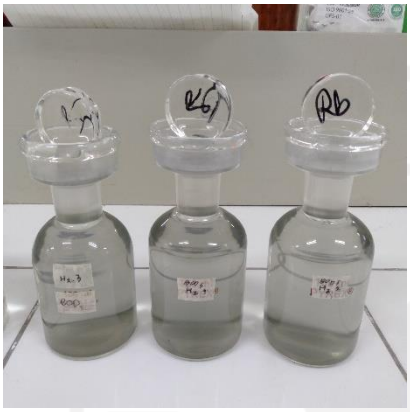
Bahan yang akan digunakan ialah :

- Amonium klorida (NH_4Cl)
- Larutan fenol (C_6H_5OH)
- Natrium nitroprusida ($C_5FeN_6Na_2O$) 0,5%
- Larutan Alkalin sitrat ($C_6H_5Na_3O_7$)
- Natrium hipoklorit (NaClO) 5%
- Larutan pengoksidasi

Berikut diagram alir pengujian parameter amonia (NH_3) :

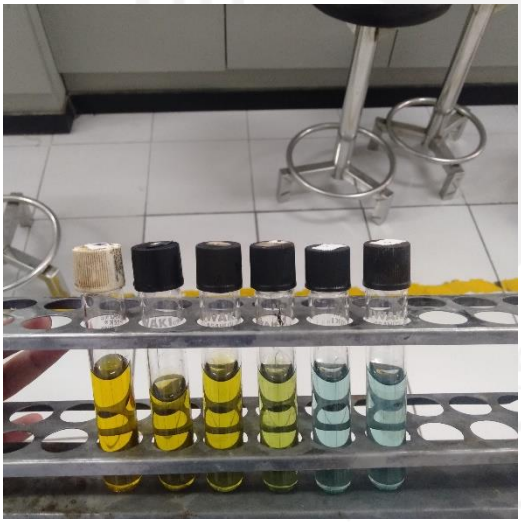

Sampel Air Limbah Tenun Buatan
Larutan Pengoksidasi 2,5 ml
Larutan Fenol 1 ml
Erlenmeyer 50 ml
Larutan Natriun Nitroprusid 1 ml
Spektrofotometer (640 nm)

Lampiran 6 Dokumentasi Pengujian BOD





Lampiran 8 Dokumentasi Pengujian COD





Lampiran 10 Dokumentasi Pengujian Amonia









Tabel Lampiran 1 Karakteristik Awal COD Minggu Ke-1

Sampel	Abs	Hasil Perhitungan	Rerata	Fp	Kadar COD
Sampel 1	0.179	310.333	314.778	100	31477.778
Sampel 2	0.182	320.333			
Sampel 3	0.180	313.667			

Tabel Lampiran 2 Karakteristik Awal COD Minggu Ke-2

Sampel	Abs	Hasil Perhitungan	Rerata	Fp	Kadar COD
Sampel 1	0.260	580.333	220.333	100	22033.333
Sampel 2	0.095	30.333			
Sampel 3	0.101	50.333			

Tabel Lampiran 3 Karakteristik Awal COD Minggu Ke-3

Sampel	Abs	Hasil Perhitungan	Rerata	Fp	Kadar COD
Sampel 1	0.057	55.583	52.506	20	1056.111
Sampel 2	0.063	50.583			
Sampel 3	0.061	52.250			

Tabel Lampiran 4 Karakteristik Awal COD Minggu Ke-4

Sampel	Abs	Hasil Perhitungan	Rerata	Fp	Kadar COD
Sampel 1	0.048	63.083	53.639	20.000	1072.778
Sampel 2	0.057	55.583			
Sampel 3	0.073	42.250			

Tabel Lampiran 5 Hasil Pengujian COD Reaktor *Vertical Flow CW*

Hari ke	Abs	Hasil Perhitungan	Rerata	Kadar COD (mg/L)
4	0.302	36016.667	39516.667	39516.667
	0.350	44016.667		
	0.317	38516.667		
11	0.058	1095.000	1061.667	1061.667
	0.060	1061.667		
	0.062	1028.333		
18	0.087	366.667	1811.111	1811.111
	0.100	4700.000		
	0.087	366.667		
25	0.053	1178.333	1183.889	1183.889
	0.063	1011.667		
	0.042	1361.667		

Tabel Lampiran 6 Hasil Pengujian COD Reaktor *Horizontal Flow CW*

Hari ke	Abs	Hasil Perhitungan	Rerata	Kadar COD (mg/L)
4	0.270	30683.333	31783.889	31783.889
	0.273	31183.333		
	0.286	33350.000		
11	0.068	464.167	514.167	514.167
	0.069	455.833		
	0.049	622.500		
18	0.089	516.667	1548.611	1548.611
	0.100	2350.000		
	0.081	1779.167		
25	0.130	1470.000	938.333	938.333
	0.044	664.167		
	0.042	680.833		

Tabel Lampiran 7 Karakteristik Awal Amonia Minggu Ke-1

Sampel	Abs	Hasil Perhitungan	Rerata	Fp	Kadar Amonia
Sampel 1	0.196	0.2529	0.3072	10	3.0722
Sampel 2	0.224	0.2981			
Sampel 3	0.269	0.3706			

Tabel Lampiran 8 Karakteristik Awal Amonia Minggu Ke-2

Sampel	Abs	Hasil Perhitungan	Rerata	Fp	Kadar Amonia
Sampel 1	0.206	0.2691	0.2750	10	2.7497
Sampel 2	0.21	0.2755			
Sampel 3	0.213	0.2803			

Tabel Lampiran 9 Karakteristik Awal Amonia Minggu Ke-3

Sampel	Abs	Hasil Perhitungan	Rerata	Fp	Kadar Amonia
Sampel 1	0.212	0.2787	0.2986	10	2.9862
Sampel 2	0.194	0.2497			
Sampel 3	0.267	0.3674			

Tabel Lampiran 10 Karakteristik Awal Amonia Minggu Ke-4

Sampel	Abs	Hasil Perhitungan	Rerata	Fp	Kadar Amonia
Sampel 1	0.361	0.5189	0.5351	10	5.3506
Sampel 2	0.374	0.5399			
Sampel 3	0.378	0.5463			

Tabel Lampiran 11 Hasil Pengujian Amonia Reaktor *Vertical Flow CW*

Hari ke	Abs	Hasil Perhitungan	Rerata	Fp	Kadar Amonia (mg/L)
4	0.087	0.0772	0.1213	10	1.2129
	0.099	0.0966			
	0.157	0.1901			
11	0.085	0.074	0.0600	10	0.6002
	0.075	0.0579			
	0.069	0.0482			
18	0.183	0.232	0.2008	10	2.0082
	0.150	0.1788			
	0.158	0.1917			
25	0.146	0.1723	0.1761	1	0.1761
	0.138	0.1594			
	0.161	0.1965			

Tabel Lampiran 12 Hasil Pengujian Amonia Reaktor *Horizontal Flow CW*

Hari ke	Abs	Hasil Perhitungan	Rerata	Fp	Kadar Amonia (mg/L)
4	0.046	0.0111	0.0267	10	0.2671
	0.05	0.0176			
	0.071	0.0514			
11	0.099	0.0966	0.0525	10	0.5250
	0.058	0.0305			
	0.058	0.0305			
18	0.179	0.2255	0.2062	10	2.0619
	0.157	0.1901			
	0.165	0.203			
25	0.079	0.0643	0.0778	1	0.0778
	0.101	0.0998			
	0.082	0.0692			

RIWAYAT HIDUP



Nama Lengkap : Alma Rizky Aurellya

Tempat dan Tanggal Lahir : Pekanbaru, 15 Maret 2000

Status Anak : Anak ke-1 dari 3 bersaudara

Nama Ayah : Dicky Mualim

Nama Ibu : Henny Anggraeni

Pendidikan Penulis :

- SD Negeri 112 Pekanbaru (2006-2012)
- SMP Negeri 4 Pekanbaru (2012-2015)
- SMA Negeri 4 Pekanbaru (2015-2018)
- Teknik Lingkungan FTSP UII (2018-sekarang)

Kegiatan Diluar Akademik :

- Anggota Divisi *Impact Zerowaste* FTSP Universitas Islam Indonesia.