



**EFEKTIVITAS ADSORBEN AMPAS TEBU (*Saccharum officinarum*) DAN
PENERAPAN HIDROPONIK KANGKUNG UNTUK MEMINIMALISIR
PENCEMARAN AIR LIMBAH INDUSTRI GULA**

SKRIPSI

Oleh:

**Hifdzil Adila
201710301012**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN
TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
TEKNOLOGI PERTANIAN
TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
JEMBER
2024**



**EFEKTIVITAS ADSORBEN AMPAS TEBU (*Saccharum officinarum*) DAN
PENERAPAN HIDROPONIK KANGKUNG UNTUK MEMINIMALISIR
PENCEMARAN AIR LIMBAH INDUSTRI GULA**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
program studi Teknologi Industri Pertanian.*

SKRIPSI

Oleh:

**Hifdzil Adila
201710301012**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN
TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
TEKNOLOGI PERTANIAN
TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
JEMBER
2024**

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan limpahan Rahmat serta Hidayah-Nya hingga sekarang. Dengan penuh kebanggaan, segala kerendahan hati dan rasa hormat, saya persembahkan skripsi saya sebagai wujud terima kasih dan cinta kasih saya kepada

1. Bapak Muhlasin, Ibu Suliyatin dan Silent Wafie selaku keluarga yang telah memberikan doa, motivasi, fasilitas, waktu dan segala bentuk perhatian yang telah diberikan selama ini;
2. Ibu Winda Amilia, S.TP., M.Sc dan Bapak Andrew Setiawan Rusdianto S.TP., M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan doa, motivasi, bantuan dan mendukung selama perkuliahan ini serta memberikan saran dalam penyusunan tugas akhir ini;
3. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Teknologi Industri Pertanian angkatan 20 yang selalu memberikan doa, dukungan, perhatian dan membantu selama proses perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir ini;
4. Almamater tercinta Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

MOTTO

“Rencana Allah padamu lebih baik dari rencanamu. Terkadang Allah menghalangi rencanamu untuk menguji kesabaranmu. Maka perhatikanlah kepadanya kesabaran yang indah. Tak lama kamu akan melihat sesuatu yang menggembirakan”

(Shoidul Khothir 1/205)



*) Imam Ibnu Al-Jauzi. 2005. Shaidul Khothir “Cara Manusia Cerdas Menang dalam Hidup”. Maghfirah Pustaka.

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hifdzil Adila

NIM : 201710301012

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *“Efektivitas Adsorben Ampas Tebu (Saccharum officinarum) dan Penerapan Hidroponik Kangkung untuk Meminimalisir Pencemaran Air Limbah Industri Gula”* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 25 Januari 2023

Yang menyatakan,

Hifdzil Adila

NIM. 201710301012

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul “Efektivitas Adsorben Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) dan Penerapan Hidroponik Kangkung untuk Meminimalisir Pencemaran Air Limbah Industri Gula” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Jember pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 25 Januari 2023

Tempat : Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Jember

Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Winda Amilia, S.TP., M.Sc

NIP : 198303242008012007

(.....)

2. Pembimbing Anggota

Nama : Andrew Setiawan Rusdianto S.TP., M.Si

NIP : 198204222005011002

(.....)

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Andi Eko Wiyono, S.TP., M.P

NIP : 198512012019031007

(.....)

2. Penguji Anggota

Nama : Ardiyan Dwi Masahid, S.TP., M.P

NIP : 198503292019031011

(.....)

ABSTRACT

Sugar is one of the basic human needs, the increasing production of sugar will also increase the amount of waste produced. The sugar industry produces liquid waste and solid waste in the form of bagasse, liquid waste that is thrown into rivers can cause pollution and damage the life of river microorganisms. Sugarcane bagasse contains cellulose and lignin which can be used as adsorbent to treat wastewater pollution and also kale plants have roots which can be used as phytoremediation medium which has the ability to absorb pollutants in rivers. Aims of research is to determine the effect of the combination of sugar cane bagasse adsorbent and kale hydroponic water spinach in dealing with sugar industry wastewater pollution in rivers. The research method used was a completely randomized design with 2 factorials, namely the amount of adsorbent (1%, 3%, 5%) and the length of contact time of the adsorbent (6 hours, 12 hours, 24 hours, 48 hours) which was settled using waste water. The results of the research that has been carried out show that the ammonia value is 0 mg/L, the TSS value is 150 mg/L and the COD value is 254 mg/L. The conclusion of this research is that the combination of sugarcane bagasse adsorbent and hydroponic water spinach can be effective because there is a decrease in the effectiveness value of the parameters, namely the ammonia parameter, the value decreases by 75%, the TSS parameter decreases by 37%, and the COD parameter decreases in value by 82%.

Keywords: Adsorbent bagasse, ammonia, COD, kale, TSS

ABSTRAK

Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia, semakin meningkatnya produksi gula juga akan meningkatkan jumlah limbah yang dihasilkan. Industri gula menghasilkan limbah cair dan limbah padat berupa ampas tebu, limbah cair yang dibuang disungai dapat mengakibatkan pencemaran dan merusak kehidupan mikroorganisme sungai. Ampas tebu memiliki kandungan selulosa dan lignin yang dapat dimanfaatkan menjadi adsorben untuk mengatasi pencemaran air limbah selain itu tanaman kangkung memiliki akar yang dapat dijadikan sebagai media fitoremediasi yang juga memiliki kemampuan untuk menyerap polutan yang ada di sungai. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi adsorben ampas tebu dan hidroponik kangkung dalam mengatasi pencemaran air limbah industri gula di sungai. Metode penelitian yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap dengan 2 faktorial yaitu jumlah adsorben (1%, 3%, 5%) dan waktu lama kontak adsorben (6 jam, 12 jam, 24 jam, 48 jam) yang dilakukan pengendapan dengan menggunakan air limbah. Hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh nilai amonia yaitu 0 mg/L, nilai TSS yaitu 150 mg/L dan nilai COD yaitu 254 mg/L. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu dengan adanya kombinasi antara adsorben ampas tebu dan hidroponik kangkung dapat efektif karena terjadinya penurunan nilai efektivitas pada parameter yaitu parameter amonia terjadi penurunan nilai sebesar 75%, pada parameter TSS terjadi penurunan nilai sebesar 37%, pada parameter COD terjadi penurunan nilai sebesar 82%.

Kata Kunci: Adsorben ampas tebu, amonia, COD, kangkung, TSS

RINGKASAN

Efektivitas Adsorben Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) dan Penerapan Hidroponik Kangkung untuk Meminimalisir Pencemaran Air Limbah Industri Gula; Hifdzil Adila, 201710301012; 2024; 31 halaman; Program Studi Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang dibutuhkan sehari-hari, meningkatnya angka kebutuhan gula juga meningkatkan jumlah produksi gula pada setiap industri. Produksi gula dalam setiap industri menghasilkan limbah berupa limbah cair dan limbah padat. Limbah cair pada industri gula berasal dari mesin-mesin unit penggilingan, bocoran nira, air abu dari unit boiler dan wet scrubber dan air jatuhan kondensor. Limbah cair tersebut seringkali dibuang disungai sehingga mencemari air sungai dan merusak ekosistem sungai. Air limbah industri gula mengandung karbon monoksida, sulfur dioksida, zink (Zn), tembaga (Cu), timbal (Pb), dan zat racun lainnya yang berpotensi besar untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme apabila dalam jumlah yang tinggi. Hasil limbah padat dari industri gula yaitu berupa ampas tebu yang mengandung selulosa dan lignin yang tinggi yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk mengatasi pencemaran lingkungan terutama di sungai. Bahan lain yang dapat mengatasi pencemaran air yaitu tanaman kangkung, tanaman kangkung memiliki akar yang dapat dijadikan sebagai media fitoremediasi yang juga memiliki kemampuan untuk menyerap polutan yang ada di sungai. Adsorben yang berasal dari ampas tebu dan tanaman kangkung dapat dikombinasikan dalam bentuk sistem yaitu sistem hidroponik. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi adsorben ampas tebu dan hidroponik kangkung dalam mengatasi pencemaran air limbah industri gula di sungai. Metode penelitian yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap dengan 2 faktorial yaitu jumlah adsorben (1%, 3%, 5%) dan waktu lama kontak adsorben (6 jam, 12 jam, 24 jam, 48 jam) yang dilakukan pengendapan dengan menggunakan air limbah. Hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh nilai amonia yaitu 0 mg/L, nilai TSS yaitu 150 mg/L

dan nilai COD yaitu 254 mg/L. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu dengan adanya kombinasi antara adsorben ampas tebu dan hidroponik kangkung dapat efektif karena terjadinya penurunan nilai efektivitas pada parameter yaitu parameter amonia terjadi penurunan nilai sebesar 75%, pada parameter TSS terjadi penurunan nilai sebesar 37%, pada parameter COD terjadi penurunan nilai sebesar 82%.



PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa. Atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis bisa menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Efektivitas Adsorben Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) dan Penerapan Hidroponik Kangkung untuk Meminimalisir Pencemaran Air Limbah Industri Gula” dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun guna untuk melengkapi salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknologi Industri Pertanian Universitas Jember.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik tanpa doa, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Muhlasin, Ibu Suliyatin dan Silent Wafie serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan doa, motivasi, fasilitas, waktu dan segala bentuk perhatian yang telah diberikan selama ini;
2. Bapak Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng., IPM selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian;
3. Bapak Miftahul Choiron, S.TP., M.Sc., Ph.D selaku Koordinator Program Studi Teknologi Industri Pertanian yang telah memberikan doa, motivasi dan dukungan selama perkuliahan, magang hingga menyelesaikan tugas akhir ini;
4. Bapak Prof. Dr. Ida Bagus Suryaningrat, S.TP., M.M., IPU, ASEAN Eng yang telah menjadi dosen pembimbing akademik selama 3,5 tahun dan mendukung selama perkuliahan, magang dan menyelesaikan tugas akhir ini;
5. Ibu Winda Amilia, S.TP., M.Sc dan Bapak Andrew Setiawan Rusdianto S.TP., M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan doa, motivasi, bantuan dan mendukung selama perkuliahan ini serta memberikan saran dalam penyusunan tugas akhir ini;
6. Bapak Andi Eko Wiyono, S.TP., M.P dan Bapak Ardiyan Dwi Masahid, S.TP., M.P selaku dosen penguji yang telah memberikan dukungan, saran, kritik dan masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini;

7. Semua Dosen Fakultas Teknologi Pertanian yang telah memberikan ilmu dan selalu memberikan pelajaran, motivasi dan dukungan hingga selesai masa perkuliahan;
8. Guru saya dari MI Matholiul Falah, MTsN Banyuwangi 1 hingga MAN 1 Banyuwangi yang telah memberikan ilmunya hingga saya bisa lulus sarjana dengan predikat Hifdzil Adila, S.TP
9. Guru saya Bapak Teguh Prasetyo yang telah membantu dalam proses perkuliahan dengan memberikan doa, motivasi dan semangat hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
10. Teman-teman PKM saya, Essa Tri Handayani, Wiliam Wisnu, Hafizhah Rana Fathin yang telah menemani suka dan duka, keribetan PKM, kejar deadline PKP2 hingga dapat menyelesaikan 2 jurnal dan 1 buku pedoman;
11. Sahabat perjuangan Izza 'Ulyatul Himmah, Nawal Shila, Jihan Amelia Iqna'ul Ma'rifah, Lina Fikriyah, Cindy Anggun, Finayatul Lusiana, Lailatul Kamiliyah, Salsabylla yang telah memberikan doa, dukungan, perhatian, menemani dalam suka dan duka hingga dapat berhasil menyelesaikan perkuliahan dan tugas akhir ini;
12. Teman-teman seperjuangan di Teknologi Industri Pertanian yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang selalu memberikan dukungan, perhatian dan membantu selama proses perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir ini;
13. Diri sendiri yang mau untuk bekerjasama, tetap berusaha dan tidak menyerah dalam menghadapi segala ujian serta cobaan untuk berada di tahap ini;

Penulis menyadari banyaknya kekurangan pada penyusunan skripsi ini. Oleh sebab itu, saran dan kritik senantiasa diharapkan demi perbaikan karya penulis. Penulis juga berharap semoga skripsi ini mampu memberikan pengetahuan di dunia keilmuan terkait sehingga dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi pembaca.

Jember, 25 Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

COVER
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Produksi Industri Gula	5
2.2 Ampas Tebu	5
2.3 Kangkung	6
2.4 Adsorpsi	7
2.5 Standar Mutu Air Bersih	8
2.6 Parameter Kualitas Air	8
2.7 Hidroponik	11
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	12
3.3 Kerangka Penelitian	12
3.4 Tahapan Penelitian	13
3.5 Analisis Data	15
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Kombinasi Sistem Adsorben Ampas Tebu dan Hidroponik Kangkung	16
4.2 Efektivitas Sistem Adsorben Ampas Tebu dan Hidroponik Kangkung	17
4.3 Parameter Kualitas Air	19
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	32

DAFTAR TABEL

Tabel 3.4.1. Rancangan Penelitian	13
Tabel 4.2.1. Nilai Kualitas Air dalam Sistem Hidroponik	17



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1.1. Sistem Adsorben Ampas Tebu dan Hidroponik Kangkung	16
Gambar 4.1.2. Penempatan Adsorben dan Hidroponik Kangkung	16
Gambar 4.3.1. Hasil Pengujian Amonia	19
Gambar 4.3.2. Hasil Pengujian TSS	22
Gambar 4.3.3. Hasil Pengujian COD	24



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian.....	32
Lampiran 2. Prosedur Analisis	35
Lampiran 3. Data Hasil Penelitian	38
Lampiran 4. Analisis Data Uji Anova dan Uji Duncan.....	40
Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian.....	45



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gula merupakan bahan baku yang tidak bisa lepas dari kebutuhan manusia sehari-hari sehingga penyebaran industri gula di Indonesia semakin tinggi, pada tahun 2023, Indonesia memiliki 40 pabrik gula dibawah naungan BUMN dan 19 pabrik gula milik swasta yang masih aktif hingga saat ini (Zumroh *et al.*, 2023). Pabrik-pabrik tersebut mengolah tebu menjadi Gula Kristal Putih (GKP) yang nantinya akan di distribusikan kepada masyarakat. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Nasional, Indonesia menghasilkan produksi gula pada tahun 2020 sebesar 2,12 juta ton, pada tahun 2021 sebesar 2,35 juta ton dan tahun 2022 sebesar 2,40 juta ton (Harnowo & Yunaidi, 2021). Semakin meningkatnya produksi gula juga akan meningkatkan jumlah limbah yang dihasilkan selama produksinya.

Limbah yang dihasilkan pada industri gula yaitu limbah cair yang berasal dari mesin-mesin unit penggilingan, bocoran nira, air abu dari unit boiler dan wet scrubber dan air jatuhan kondensor, 32% ampas tebu, 4% tetes, 2-3% blotong dan 0,3% abu ketel (Firmansyah *et al.*, 2023). Potensi air limbah apabila kapasitas produksi gula per harinya sebesar 6.000 sampai 6.250 TCD (*Ton Cane Per Day*), dapat menghasilkan sekitar 800 sampai 900 m³/hari limbah cair (Rhofita & Russo, 2019). Air limbah industri gula mengandung karbon monoksida, sulfur dioksida, zink (Zn), tembaga (Cu), timbal (Pb), dan zat racun lainnya yang berpotensi besar untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme apabila dalam jumlah yang tinggi (Rhofita & Russo, 2019).

Banyaknya hasil limbah cair yang dihasilkan pada industri gula apabila dibiarkan dialirkan ke sungai maka akan berdampak terhadap kerusakan ekosistem yang ada di sungai. Air sungai sering kali digunakan masyarakat untuk tempat budidaya ikan hal ini dikarenakan pembudidayaan ikan dengan menggunakan media sungai dapat meningkatkan jumlah panen selain itu dapat menekan dan menghemat biaya produksi, oleh karena itu apabila sungai mengalami pencemaran yang disebabkan karena limbah industri gula maka dapat memberikan dampak yang buruk terhadap kehidupan ikan tersebut.

Proses produksi gula tidak hanya menghasilkan limbah cair, namun juga limbah padat yaitu berupa ampas tebu sebesar 32% yang mana apabila dibiarkan dapat berpeluang untuk merusak lingkungan. Ampas tebu mengandung selulosa dan lignin yang tinggi yaitu sebesar 42,67% dan 37,65%, kandungan selulosa dan lignin yang tinggi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk mengatasi pencemaran lingkungan terutama di sungai (Setiati *et al.*, 2016). Selulosa pada ampas tebu dilapisi oleh lignin yang membuat struktur dari selulosa bersifat kuat (Kusumawardani *et al.*, 2018). Menurut penelitian Nurhayati & Sutrisno (2014) bahwasannya ampas tebu dapat mengadsorpsi logam Cu (II) sebesar 94,3% pada pH 6,5.

Penggunaan ampas tebu sebagai adsorben dalam mengatasi pencemaran air yang disebabkan air limbah industri gula sangat menjanjikan, hal ini dikarenakan biaya proses pembuatan adsorben yang rendah, mudah diterapkan, memungkinkan penggunaan dalam sistem batch, proses kontinuitas, penggunaan kembali adsorben dan bahan baku pembuatan adsorben mudah untuk ditemukan (Sahendra *et al.*, 2021). Sehingga untuk mencegah pencemaran air sungai dapat dilakukan dengan metode adsorpsi yang merupakan metode penyerapan zat pencemar (adsorbat) dengan media zat padat (adsorben) (Imani *et al.*, 2021).

Pembuatan adsorben dengan bahan alami mulai dikembangkan terutama dari limbah hal ini berdampak terhadap kenaikan nilai ekonomi limbah yang tidak dimanfaatkan lagi, bahan alami lain yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben yaitu tanaman kangkung. Tanaman kangkung memiliki populasi yang tinggi terutama daerah Indonesia yang tropis. Bagian akar yang ada pada kangkung dapat dimanfaatkan sebagai media fitoremediasi yang merupakan metode remediasi dengan memanfaatkan tanaman untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar yang ada pada sungai (Violita *et al.*, 2022).

Tanaman kangkung mudah tumbuh dan tahan hidup di tempat pembuangan limbah cair selain itu tanaman ini memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi loga berat di habitatnya, menurut penelitian yang dilakukan Mahendra *et al.* (2023) yang menyatakan bahwasannya tanaman kangkung dapat menurunkan kadar logam sebesar 75,81%, menstabilkan pH dalam rentang 6,81-

8,35, menurunkan kadar amonia sebesar 46% dan COD sebesar 39%. Adsorben yang berasal dari ampas tebu dan tanaman kangkung dapat dikombinasikan dalam bentuk sistem yaitu sistem hidroponik.

Penelitian sebelumnya telah membahas efektivitas penggunaan ampas tebu sebagai adsorben dan kangkung sebagai media fitoremediasi dalam proses penyerapan air limbah. Sehingga penelitian ini akan membahas mengenai keefektivitasan kombinasi adsorben ampas tebu dan kangkung dalam mengatasi pencemaran air limbah industry gula dengan sistem hidroponik. Sistem hidroponik merupakan sistem yang memanfaatkan air dalam proses pertumbuhan tanaman dengan memanfaatkan sistem resirkulasi, keuntungan sistem ini yaitu memberikan efisien dalam penggunaan air, dilakukan pada lahan non pertanian, produktivitas tinggi, produk yang dihasilkan terkategori organik dan bebas cemaran kimia dan biologi, efisien tenaga kerja, serta dapat dilakukan oleh setiap orang pada berbagai lapisan umur (Hakim & Hariyadi, 2021).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem kombinasi adsorben ampas tebu dengan sistem hidroponik kangkung yang berfungsi untuk mengatasi pencemaran air limbah?
2. Bagaimana efektivitas ampas tebu sebagai adsorben yang dikombinasikan dengan sistem hidroponik kangkung untuk mengatasi pencemaran air limbah?
3. Bagaimana kualitas air limbah industri gula setelah melalui proses penyaringan dengan kombinasi adsorben ampas tebu dengan sistem hidroponik kangkung?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diberikan, berikut adalah tujuan penelitian yang difokuskan:

1. Mengetahui sistem kombinasi adsorben ampas tebu dengan sistem hidroponik kangkung yang berfungsi untuk mengatasi pencemaran air limbah.
2. Mengetahui efektivitas ampas tebu sebagai adsorben yang dikombinasikan dengan sistem hidroponik kangkung untuk mengatasi pencemaran air limbah.
3. Mengetahui kualitas air limbah industri gula setelah melalui proses penyaringan dengan kombinasi adsorben ampas tebu dengan sistem hidroponik kangkung.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu

- a. Bagi akademisi, dapat digunakan untuk memberikan pemahaman lebih mendalam tentang proses pembuatan adsorben dan efektifitasnya dengan kombinasi sistem hidroponik kangkung untuk mengatasi pencemaran air limbah
- b. Bagi peneliti, dapat digunakan untuk pengembangan pemanfaatan limbah industri gula yaitu ampas tebu dalam pembuatan adsorben yang efektif.
- c. Bagi perusahaan, dapat menjadi landasan untuk mendorong penggunaan ampas tebu sebagai sumber bahan baku yang berpotensi dalam industri terutama dalam menghasilkan produk fungsional dengan nilai tambah yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Produksi Industri Gula

Industri gula merupakan industri manufaktur yang bergerak dalam bidang produksi yaitu gula dengan menggunakan bahan baku berupa tebu yang nantinya akan melewati proses produksi sehingga menjadi kristal gula. Gula merupakan karbohidrat sederhana yang sering digunakan sebagai sumber energi dalam kehidupan sehari-hari. Proses produksi gula diawali dengan penggunaan bahan baku yaitu tebu yang nantinya dilakukan proses penggilingan untuk diambil nira yang dilanjutkan dengan proses pemurnian untuk mendapatkan nira bening yang kemudian dilakukan proses penguapan untuk mendapatkan nira pekat yang kemudian melalui proses pemasakan dan dilanjutkan kristalisasi sehingga menjadi kristal gula (Harnowo & Yunaidi, 2021).

Pada setiap proses produksi gula menghasilkan limbah diantaranya yaitu pada proses penggilingan tebu menghasilkan ampas tebu, pada proses pemurnian menghasilkan limbah berupa blotong, proses penguapan menghasilkan tetes tebu dan proses pemasakan menghasilkan limbah berupa air yang dihasilkan pada setiap proses produksi gula dapat berpotensi merusak lingkungan. Limbah cair industri gula mengandung nitrogen, sulfur, karbon monoksida, timbal, logam, tembaga dan magnesium yang dapat meningkatkan kandungan amonia dan COD yang ada pada air hal ini disebabkan karena sulitnya zat organik untuk dioksidasi secara biologis (Harahap *et al.*, 2020).

2.2 Ampas Tebu

Tanaman tebu atau *Saccharum officinarum* merupakan tanaman yang termasuk ke dalam famili *Poaceae* dan tergolong pada tanaman perkebunan semusim yang dipanen satu kali dalam satu kali siklus hidupnya. Tebu memiliki karakteristik akar yang berbentuk serabut, tebal dan berwarna putih, dan batang berbentuk ruas-ruas yang dibatasi oleh buku-buku, penampang melintang agak pipih, berwarna hijau kekuningan, daun berbentuk pelepah, panjang 1-2 m, lebar 4-

8 cm, permukaan kasar dan berbulu, berwarna hijau kekuningan hingga hijau tua, dan bunga berbentuk bunga mejemuk, panjang sekitar 30 cm (Arini, 2017).

Salah satu bagian tebu yang seringkali tidak dimanfaatkan keberadaannya dan dibuang begitu saja yaitu ampas tebu. Ampas tebu memiliki kandungan abu 3,28 %, sari 1,81 %, pentosan 27,97 %, SiO_2 3,01 %, selulosa 42,76% dan lignin sebesar 37,65%, kandungan lignin yang tinggi tersebut dapat memperkuat selulosa dan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk mengatasi pencemaran lingkungan terutama di sungai (Setiati *et al.*, 2016). Selulosa merupakan polimer yang memiliki gugus hidroksil disetiap unit polimernya yang dapat berinteraksi secara fisik atau kimia dengan logam berat sehingga ampas tebu dapat mengikat ion logam berat yang ada pada perairan air sungai (Tasanif *et al.*, 2020). Ampas tebu dapat dimanfaatkan menjadi adsorben melalui proses karbonisasi dan aktivasi agar kualitas arang aktif sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995 dan layak untuk digunakan.

2.3 Kangkung

Tanaman kangkung atau *Ipomoea reptans* merupakan salah satu jenis tanaman sayuran yang dapat hidup di air ataupun darat dan memiliki populasi yang tinggi di daerah Indonesia. Tanaman kangkung memiliki sistem akar yang tunggang dan cabangnya ke semua arah, bentuk batang yang bulat panjang, berbuku-buku dan berlubang, ukuran daun yang panjang hingga 14 cm dengan warna hijau keputih-putihan, memiliki bunga berwarna putih ungu dengan bentuk seperti terompet, dan buah kangkung yang berbentuk bulat telur yang didalamnya berisi tiga butir biji berwarna kecoklatan (Hakim & Hariyadi, 2021).

Kangkung memiliki akar yang dapat dimanfaatkan sebagai media fitoremediasi yang merupakan metode remediasi dengan memanfaatkan tanaman untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar yang ada pada sungai (Violita *et al.*, 2022). Keuntungan penggunaan tanaman sebagai media penyerap yaitu teknik yang mudah untuk dilakukan dan biayanya yang lebih murah karena menggunakan bahan alami. Tanaman kangkung mudah tumbuh dan tahan hidup di tempat pembuangan limbah cair selain itu

tanaman ini memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat di habitatnya, menurut penelitian yang dilakukan Mahendra *et al.* (2023) yang menyatakan bahwasannya tanaman kangkung dapat menurunkan kadar logam sebesar 75,81%, menstabilkan pH dalam rentang 6,81-8,35, menurunkan kadar amonia sebesar 46% dan COD sebesar 39%.

2.4 Adsorpsi

Proses adsorpsi merupakan proses penyerapan molekul atau partikel yang terdispersi dalam suatu media oleh permukaan suatu bahan padat. Adsorpsi terjadi ketika molekul atau partikel terlarut (adsorbat) berinteraksi dengan permukaan bahan padat (adsorben) dan tertarik ke permukaan, proses adsorpsi dapat terjadi dalam fase cair maupun gas (Imani *et al.*, 2021). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi adsorpsi diantaranya karakteristik adsorben di mana semakin kecil ukuran adsorben maka laju adsorpsi akan semakin cepat hal ini dikarenakan jika ukuran partikel adsorben semakin kecil, maka luas permukaan relatif terhadap volumenya akan meningkat sehingga akan terdapat banyak area permukaan yang tersedia untuk berinteraksi dengan adsorbat.

Selain itu semakin luas permukaan adsorben maka jumlah partikel adsorbat yang diserap akan semakin banyak di mana banyak area adsorpsi yang dapat berinteraksi dengan molekul adsorbat, sehingga jumlah total partikel adsorbat yang dapat ditangkap atau diserap menjadi lebih besar. Senyawa organik asam lebih diadsorpsi dalam suasana pH rendah, sedangkan senyawa organik basa lebih bisa diadsorpsi pada suasana pH tinggi. Waktu penyerapan di mana hal ini berpengaruh terhadap banyaknya adsorbat yang dapat diserap (Wijayanti *et al.*, 2018).

Proses adsorpsi dapat terjadi saat molekul cair, padatan maupun gas bersentuhan dengan molekul-molekul adsorbat. Adanya gaya kohesif atau gaya hidrostatis bersama dengan gaya ikatan hydrogen yang bekerja di antara molekul-molekul sehingga terjadi ketidakseimbangan dari gaya-gaya ini yang menyebabkan perubahan konsentrasi molekul pada batas antara zat padat dan fluida. Proses adsorpsi menggambarkan bagaimana molekul akan meninggalkan larutan dan

bergabung dengan permukaan zat adsorben sebagai hasil dari reaksi kimia dan fisika yang terjadi (Widayatno *et al.*, 2017).

2.5 Standar Mutu Air Bersih

Standar mutu air bersih merupakan ketentuan beberapa aspek untuk mengukur kondisi air yang digunakan dalam keadaan bersih dan aman untuk dikonsumsi, ketentuan air bersih harus sesuai dengan persyaratan mutu menurut SNI 01-3553-2006 tentang mutu air bersih. Air merupakan komponen utama dalam mendukung kehidupan manusia, semakin meningkatnya jumlah penduduk maka semakin tinggi pula kebutuhan air. Keberadaan air bersih sangat sulit untuk ditemukan, banyaknya industri yang berdiri tidak luput dari masalah yang dihasilkan, limbah hasil industri seringkali dibuang di sungai sehingga menyebabkan pencemaran air sungai, tidak hanya itu limbah yang berasal dari rumah tangga ataupun pertanian juga ikut andil dalam mencemari air sungai.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 mengenai Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri bahwasannya kondisi air yang dapat dikonsumsi harus bebas dari limbah baik itu dari limbah industri, rumah tangga ataupun pertanian. Sehingga parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas air yang terbebas dari air limbah ialah dengan menggunakan parameter Amonia, TSS dan COD. Parameter tersebut merupakan penentu bahwasannya kondisi air tersebut aman dan tidak membahayakan ekosistem lingkungan (Yuliantari *et al.*, 2021).

2.6 Parameter Kualitas Air

2.5.1 Amonia

Amonia atau NH_3 merupakan salah satu senyawa yang dapat dijadikan sebagai indikator untuk mengukur tingkat pencemaran air dengan melalui aspek aroma hal ini dikarenakan amonia sendiri merupakan gas yang tidak berwarna yang memiliki aroma yang menyengat yang biasanya berasal dari aktifitas mikroba,

industri amonia, pengolahan limbah dan pengolahan batu bara. Amonia yang berada di atmosfer akan bereaksi dengan nitrat dan sulfat sehingga terbentuk garam amonium yang sangat korosif (Harahap *et al.*, 2020).

Amonia memiliki dua bentuk pada saat di dalam air yaitu amonia tidak terionisasi dan amonia terionisasi. Amonia yang tidak terionisasi bersifat racun dan akan mengganggu syaraf pada ikan sedangkan amonia yang terionisasi memiliki kadar racun yang rendah namun tetap berbahaya bagi ikan. Daya racun amonia dalam air akan meningkat saat kelarutan oksigen rendah sehingga penting untuk menghilangkan kadar amonia dalam air (Hibban *et al.*, 2016). Amonia banyak ditemukan dalam limbah cair, baik limbah domestik, limbah pertanian, maupun limbah dari pabrik, terutama pabrik pupuk nitrogen.

Limbah cair yang berasal dari pabrik dapat mengandung amonia sampai 1000 mg/L dan yang berasal dari pabrik ammonium nitrat dapat mengeluarkan limbah cair dengan kandungan amonia sebesar 2500 mg/L, sedangkan limbah peternakan dan rumah tangga mengandung amonia dengan konsentrasi antara 100-250 mg/L. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri bahwasannya konsentrasi amonia diatas 10 mg/L dapat membahayakan ekosistem laut karena dapat menimbulkan resiko gangguan pertumbuhan pada semua spesies ikan (Azizah & Humairoh, 2015).

2.5.2 TSS

TSS (*Total Suspended Solids*) merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas air dengan memperhitungkan jumlah padatan yang terapung di dalamnya, termasuk partikel tanah seperti lempung, pasir, alga, dan zat lainnya dengan ukuran berkisar antara 0,004-1,0 mm. Semakin tinggi konsentrasi TSS maka kekeruhan yang ada pada air tersebut juga tinggi sehingga dapat mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam perairan. Hal ini dapat berdampak negatif terhadap produktivitas perairan karena intensitas cahaya yang rendah dapat menghambat metabolisme tumbuhan laut, proses respirasi organisme laut, dan merusak ekosistem laut secara keseluruhan (Zakaria *et al.*, 2021).

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 mengenai Baku Mutu Air Limbah bahwasannya kadar TSS yaitu maks 50 mg/L, oleh karena itu apabila apabila nilai TSS yang melebihi batas maksimal yang telah ditentukan maka akan timbul berbagai dampak negatif terhadap ekosistem perairan dan kesehatan manusia seperti berkurangnya produktivitas perairan karena kurangnya cahaya yang masuk yang dihalangi oleh jumlah padatan yang banyak yang ada di air, jumlah padatan tersebut juga dapat membahayakan kesehatan manusia karena partikel padatan tersebut dapat membawa kontaminan lainnya yang berbahaya bagi kesehatan (Harahap *et al.*, 2020).

2.5.3 COD

COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik secara kimiawi sehingga dijadikan sebagai parameter yang digunakan untuk mengukur pencemaran yang ada pada air. Kadar COD yang ada harus memenuhi baku mutu yang telah ditentukan. Baku mutu merupakan batas atau kadar makhluk hidup, zat atau energi atau komponen lain yang harus ada atau pencemaran yang sesuai dengan peruntukannya, berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 mengenai Baku Mutu Air Limbah bahwasannya kadar COD terdiri dari dua golongan, yaitu golongan pertama sebesar 100 mg/L dan golongan kedua sebesar 300 mg/L. Kadar maksimum COD memiliki nilai yaitu 100 mg/L dengan total beban pencemaran maksimum yaitu 1,5 kg/Ton (Harahap *et al.*, 2020).

Kadar COD yang ada pada air limbah tidak boleh melebihi batas maksimal hal ini dapat menyebabkan limbah anorganik maupun organik kesulitan untuk teroksidasi oleh air sehingga dapat menyebabkan air tersebut mengalami pencemaran. Jumlah yang tinggi zat organik maupun zat anorganik pada air dapat mengubah oksigen menjadi karbondioksida sehingga perairan tersebut menjadi kekurangan oksigen. Oleh karena itu semakin tinggi kadar COD maka semakin rendah kandungan oksigen pada air sehingga semakin tinggi pencemaran yang terjadi. Peningkatan kadar COD disebabkan limbah yang berasal dari bahan organik, detergen, sodium sulfide (Na_2S), ion logam chromium (Cr^{3+}), ammonium chloride (NH_4Cl) dan chromium sulfate ($\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$) (Hadi & Pungut, 2022).

2.7 Hidroponik

Hidroponik merupakan terobosan inovatif pembudidayaan tanaman dengan menggunakan air tanpa menggunakan tanah sehingga sangat cocok di aplikasikan pada lahan yang sempit. Keuntungan yang diperoleh dari penerapan hidroponik yaitu dapat memproduksi sayuran segar yang optimal, meningkatkan populasi tanaman dalam unit produksi terbatas, menjadikannya solusi efisien untuk menanam sayuran dalam jumlah besar dengan lahan yang terbatas, pembudidayaan terus menerus tanpa tergantung musim dan pemberian air irigasi dan larutan hara lebih efisien dan efektif (Waluyo *et al.*, 2021).

Prinsip kerja hidroponik yaitu memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman melalui aliran air yang dialirkan yang telah di tambahkan nutrisi untuk menjamin pertumbuhan tanaman. Metode ini sering diterapkan dalam budidaya tanaman sayuran seperti kangkung, selada, dan pakcoy, di mana hidroponik berfungsi sebagai fitoremediator yang mampu menurunkan, mengekstrak, atau menghilangkan senyawa organik dan anorganik dari limbah dan menciptakan sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan (Sahendra *et al.*, 2021).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan yaitu pada bulan Juli sampai Oktober 2023. Penelitian dilakukan secara *in vitro* di Laboratorium Rekayasa Teknologi dan Lingkungan Industri, Laboratorium Instrumentasi dan Pengendalian Lingkungan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Bahan baku ampas tebu di ambil di beberapa pedagang es tebu di sekitar kota Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu oven, beaker glass, ayakan 40 mesh, kertas saring *whatman Microfiber No.41*, *ammonia test speed*, pipet volume, neraca analitik, erlenmeyer, spektrofotometer UV-Vis, pisau, mortal, alu, stopwatch, desikator, masker, sarung tangan kimia dan lateks, kertas label, jerigen, dan alat tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ampas tebu, biji kangkung, net pot, *rockwool*, gabus dengan tebal 3 cm, kantong teh, aquades, *COD high range reagent*, *NH₃ reagent*, box plastik.

3.3 Kerangka Penelitian

Ampas tebu merupakan limbah yang berasal dari industri gula yang setiap produksinya dapat menghasilkan limbah ampas tebu dalam jumlah banyak, jumlah tersebut apabila dibiarkan terus menerus dapat berdampak terhadap kerusakan ekosistem, ampas tebu memiliki potensi diolah menjadi adsorben yang dapat mengatasi pencemaran air limbah selain itu kangkung dapat digunakan sebagai biofilter sehingga dapat dimanfaatkan juga untuk mengatasi pencemaran air limbah. Oleh karena itu kombinasi antara adsorben ampas tebu dengan hidroponik dinilai cukup efektif untuk mengatasi pencemaran air.

Penelitian ini diawali dengan pembuatan adoserben dari ampas tebu dengan menggunakan metode pirolisis, arang yang dihasilkan dari proses pembakaran dilanjutkan dengan aktivasi sehingga menjadi adsorben. Adsorben tersebut yang akan dikombinasikan dengan sistem hidroponik untuk mengatasi pencemaran air

limbah yang berasal dari industri gula. Setelah itu dilakukan evaluasi kualitas air pada air limbah yang telah dilakukan perlakuan dengan kombinasi sistem hidroponik dan adsorben ampas tebu, analisis kualitas air yang dilakukan terdiri dari 3 parameter yaitu analisis amonia, analisis TSS dan analisis COD di mana prosedur tahapan penelitian terdapat pada **Lampiran 1**.

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Rancangan Penelitian

Persiapan sampel terdiri dari proses persiapan alat dan bahan, rancangan penelitian, dan desain penelitian yang dilakukan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 factorial yaitu densitas adsorben dan waktu kontak adsorben dengan air limbah, sehingga memiliki 12 perlakuan dengan 2x pengulangan. Adapun perlakuan dapat dilihat pada **Tabel 3.4.1**

Tabel 3.4.1. Rancangan Penelitian

Kode Sampel	T1	T2	T3	T4
M1	M1T1	M1T2	M1T3	M1T4
M2	M2T1	M2T2	M2T3	M2T4
M3	M3T1	M3T2	M3T3	M3T4

Keterangan:

M1 = 1% massa adsorben terhadap volume air limbah

M2 = 3% massa adsorben terhadap volume air limbah

M3 = 5% massa adsorben terhadap volume air limbah

T1 = 6 jam waktu kontak

T2 = 12 jam waktu kontak

T3 = 24 jam waktu kontak

T4 = 48 jam waktu kontak

3.4.2 Pembuatan Adsorben Ampas Tebu

Sampel yang digunakan yaitu ampas tebu yang didapatkan dari industri gula ataupun dari pedagang es tebu, ampas tebu tersebut dilakukan pengeringan dengan menggunakan sinar matahari dan dilanjutkan dengan pembakaran menggunakan metode pirolisis sehingga menjadi arang, yang nantinya arang tersebut akan

dilakukan aktivasi agar dapat bekerja sebagai adsorben. Tahapan dalam pembuatan adsorben ampas tebu terdapat pada **Lampiran 1**.

3.4.3 Pembuatan Hidroponik

Pembuatan hidroponik dilakukan dengan menggunakan alat dan bahan yang terdiri dari gabus, netpot dan menggunakan tanaman kangkung, hidroponik yang dihasilkan nanti akan ditambah dengan adsorben ampas tebu yang kemudian akan direndam dengan air limbah industri gula. Tahapan dalam pembuatan adsorben ampas tebu terdapat pada **Lampiran 1**.

3.4.4 Pengujian Sampel

Ampas tebu yang sudah diaktivasi selanjutnya digabung dengan hidroponik dan dilakukan perendaman pada air limbah industri gula sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Hasil sampel air limbah tersebut selanjutnya dilakukan analisis pengujian yang terdiri dari analisis Amonia, analisis TSS dan analisis COD yang sesuai dengan kriteria Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 mengenai Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri. Tahapan dalam uji analisis kualitas air terdapat pada **lampiran 2**.

1. Uji Amonia

Uji Amonia atau NH_3 merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui jumlah gas dengan aroma yang menyengat yang ada pada air sehingga semakin tinggi kandungan amonia pada air maka semakin tinggi pencemaran yang terjadi pada air tersebut (Harahap *et al.*, 2020). Analisis uji amonia terdapat pada **lampiran 2**.

2. Uji TSS

Uji TSS atau *Total Suspended Solid* merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui jumlah padatan yang tersuspensi dalam air limbah di mana semakin tinggi nilai TSS pada air limbah maka semakin tinggi pencemaran pada air limbah tersebut (Zakaria *et al.*, 2021). Analisis uji amonia terdapat pada **lampiran 2**.

3. Uji COD

COD atau *Chemical Oxygen Demand* merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik secara kimiawi. Semakin tinggi kadar COD maka semakin rendah kandungan oksigen pada air sehingga semakin buruk pencemaran yang terjadi (Hadi & Pungut, 2022). Analisis uji amonia terdapat pada **lampiran 2**.

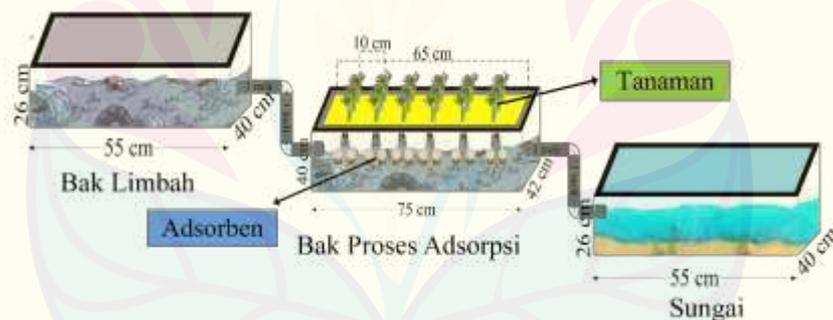
3.5 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis uji ANOVA dengan taraf signifikan 5% ($P=0,05$) dengan menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistic 25. Apabila data diketahui berbeda nyata, maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji lanjut Duncan pada aplikasi yang sama. Serta data yang diperoleh disajikan dalam bentuk gambar dan tabel lalu dibahas secara deskriptif. Uji ANOVA digunakan untuk melihat perbedaan signifikan antar perlakuan dan uji Duncan digunakan untuk menentukan perbedaan signifikan antara dua atau lebih kelompok sampel sehingga memudahkan untuk menarik kesimpulan pada hasil penelitian.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kombinasi Sistem Adsorben Ampas Tebu dan Hidroponik Kangkung

Sistem kombinasi adsorben ampas tebu dan hidroponik kangkung merupakan sistem perpaduan yang digunakan untuk mengatasi pencemaran, kandungan selulosa dan lignin yang ada pada ampas tebu dapat dimanfaatkan menjadi adsorben dengan melalui proses aktivasi arang sehingga dapat mengatasi permasalahan pencemaran (Tasanif *et al.*, 2020). Akar kangkung dapat dijadikan sebagai fitoremediasi sehingga dapat menyerap logam berat yang ada di perairan (Violita *et al.*, 2022), oleh karena itu kombinasi keduanya sangat efektif untuk mengatasi pencemaran lingkungan yang berasal dari limbah industri hal ini dikarenakan limbah industri banyak mengandung nitrogen, sulfur, karbon monoksida, timbal, logam, tembaga dan magnesium (Harahap *et al.*, 2020). Adapun sistem adsorben ampas tebu dan hidroponik kangkung yang dibuat yaitu pada **Gambar 4.1.1** dengan penempatan adsorben dan hidroponik kangkung pada **Gambar 4.1.2**.



Gambar 4.1.1 Sistem Adsorben Ampas Tebu dan Hidroponik Kangkung



Gambar 4.1.2 Penempatan Adsorben dan Hidroponik Kangkung

Sistem adsorben ampas tebu dan hidroponik kangkung dibuat dengan menggunakan prototype dalam skala kecil. Media pengapung yang digunakan terbuat dari gabus dengan ketebalan 3 cm, ukuran 27 x 22 cm, lubang net pot berdiameter 4 cm dan terdapat 4 lubang net pot dalam satu media hidroponik. Bak yang digunakan sebagai wadah air limbah dan proses pengolahan air limbah gula berukuran 30 x 25 x 11 cm. Air limbah industri gula akan ditampung dalam bak yang nantinya akan dialirkan ke dalam bak yang terdapat adsorben ampas tebu dan hidroponik kangkung selanjutnya akan diendapkan hingga ketentuan waktu yang telah ditetapkan, setelah melakukan proses pengendapan dilanjutkan dengan pengamatan kualitas air limbah tersebut.

4.2 Efektivitas Sistem Adsorben Ampas Tebu dan Hidroponik Kangkung

Pengamatan kualitas air dilakukan untuk mengetahui tingkat efektivitas kombinasi adsorben ampas tebu dengan hidroponik dalam mengatasi pencemaran, sehingga dilakukan pengukuran dengan menggunakan beberapa parameter untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam mengurangi kontaminan dalam air limbah. Pengamatan yang dilakukan yaitu dengan identifikasi parameter Amonia, TSS dan COD. Nilai kualitas air dalam sistem hidroponik dapat dilihat pada **Tabel 4.2.1**.

Tabel 4.2.1. Nilai Kualitas Air dalam Sistem Hidroponik

No	Parameter	Nilai Kualitas Air Sebelum Pengolahan	Nilai Kualitas Air Setelah Pengolahan	Baku Mutu Kualitas Air
1	Nilai Amonia	2 mg/L	0,5 mg/L	10 mg/L
2	Nilai TSS	392 mg/L	249 mg/L	50 mg/L
3	Nilai COD	1440 mg/L	254 mg/L	100 mg/L

Sumber: Data Primer

Berdasarkan data yang didapatkan bahwasannya kombinasi antara adsorben ampas tebu dengan hidroponik memberikan pengaruh terhadap kualitas air yaitu terjadinya penurunan parameter, pada parameter amonia terjadi penurunan nilai sebesar 75%, pada parameter TSS terjadi penurunan nilai sebesar 37% namun masih belum memenuhi baku mutu kualitas air, pada parameter COD terjadi penurunan nilai sebesar 82% dan masih belum memenuhi baku mutu kualitas air,

hal tersebut disebabkan karena terjadinya reaksi antara adsorben ampas tebu dan akar kangkung dengan air yang telah terkontaminasi dengan air limbah.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Susilawati & Andriyanie (2019) yang menyatakan bahwasannya arang ampas tebu yang telah diaktivasi dengan menggunakan NaOH memberikan efek memperluas permukaan dan volume pada pori-pori sehingga penyerapan terhadap adsorbat semakin tinggi selain itu ampas tebu mengandung selulosa yang dapat dijadikan sebagai adsorben karena gugus -OH yang dimiliki. Adanya gugus -OH pada ampas tebu dapat dengan mudah menyerap zat kontaminan yang bersifat polar. Ion-ion Cr dan Mn akan berinteraksi sangat kuat dengan anion yang bersifat basa kuat seperti -OH yang ada pada selulosa ampas tebu, interaksi tersebut akan membentuk ikatan sehingga ion yang ada pada zat kontaminan pada air limbah akan terikat dengan selulosa yang ada pada adsorben ampas tebu.

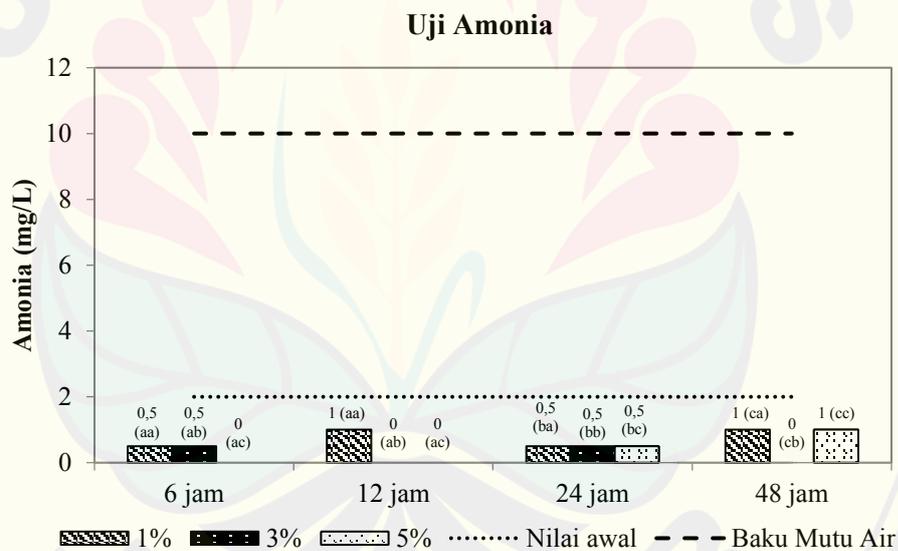
Menurut Rum & Haryanto (2023) bahwasannya penggunaan activator NaOH dapat memperluas permukaan karena NaOH merupakan *dehydrating agen* atau bersifat mendehidrasi pada proses aktivasi di mana arang akan bereaksi dengan NaOH yang dapat memperluas pori-pori sehingga permukaan karbon aktif akan semakin luas. Semakin luas permukaan adsorben maka akan semakin banyak pula terbentuk pori-pori pada karbon aktif yang dapat menyerap senyawa-senyawa dari larutan cair maupun gas. Penurunan nilai parameter yang ada pada air limbah juga dipengaruhi oleh tanaman kangkung yang digunakan sebagai media fitoremediasi.

Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Violita *et al.* (2022) yang menyatakan bahwasannya tanaman kangkung dapat dijadikan media fitoremediasi karena akar tanaman kangkung dapat menyerap unsur hara yang ada pada air limbah dengan efisiensi hingga 83% dapat menurunkan ion logam. Menurut penelitian Hapsari *et al.* (2018) menyatakan bahwasannya tanaman kangkung memiliki jaringan parenkim yang berfungsi untuk menarik polutan yang berat sehingga unsur hara dari tanah dan air dapat diserap dengan cepat, tanaman kangkung juga dapat menurunkan kadar COD (*chemical oxygen demand*) sebesar 86,2%, dan kadar BOD (*biochemical oxygen demand*) sebesar 86,7% pada limbah cair industri tahu (Najwa *et al.*, 2023).

4.3 Parameter Kualitas Air

4.3.1 Amonia

Amonia merupakan salah satu senyawa kimia yang dapat mencemari lingkungan karena memiliki aroma yang sangat tajam. Bau yang pekat dari amonia disebabkan oleh berbagai faktor, seperti aktivitas mikroba dan proses pengolahan limbah. Amonia mudah larut dalam air dan memiliki peran penting dalam proses nitrifikasi bakteri di lingkungan perairan, di mana terjadi ionisasi amonia dan amonia yang tidak terionisasi. Amonia yang tidak terionisasi memiliki tingkat keberacunan yang tinggi dan dapat menyebabkan gangguan pada sistem saraf ikan, sedangkan amonia yang terionisasi memiliki tingkat keberacunan yang lebih rendah. Daya racun amonia dalam air cenderung meningkat saat ketersediaan oksigen rendah (Hibban *et al.*, 2016). Hasil pengujian amonia ditampilkan pada **Gambar 4.3.1**.



Gambar 4.3.1. Hasil Pengujian Amonia

a,b,c : notasi huruf serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan taraf 0,05.

Nilai kadar amonia pada limbah industri gula sebesar 2 mg/L yang menunjukkan bahwa pada limbah industri gula memenuhi batas maksimal amonia sehingga cemaran nitrat di dalamnya tergolong rendah. Hasil perlakuan terbaik dengan waktu pengolahan 6 jam konsentrasi adsorben 5% dengan efisiensi penyerapan sebesar 100%. Sedangkan perlakuan terburuk dengan waktu 48 jam

konsentrasi adsorben 5% dengan efisiensi penyerapan sebesar 50%. Menurut Christiana *et al.* (2020) kandungan amonia pada umumnya meningkat apabila tercemar limbah domestik dan pertanian karena amonia terdapat dalam pupuk urea dan deterjen. Namun kandungan amonia dapat menurun jika suatu badan perairan mengandung kandungan oksigen terlarut (DO) yang tinggi. Sehingga kandungan amonia biasanya tidak ditemukan pada badan perairan yang memiliki cukup pasokan oksigen dalam air tersebut.

Berdasarkan data yang didapatkan bahwasannya nilai amonia mengalami penurunan nilai awal sehingga dengan adanya kombinasi antara adsorben ampas tebu dan sistem hidroponik memiliki pengaruh. Pada nilai adsorben dengan konsentrasi 5% dengan waktu 6 jam dan 12 jam diperoleh bahwasannya nilai amonia yang ada yaitu 0 mg/L hal ini membuktikan bahwa jumlah adsorben yang tinggi dapat mengadsorpsi limbah lebih banyak. Hal ini didukung penelitian yang dilakukan oleh Desfitri *et al.* (2024) menyatakan bahwasannya semakin meningkatkan kadar adsorben yang digunakan maka kadar amonia akan semakin menurun hal ini disebabkan karena tingginya jumlah adsorben akan meningkatkan laju proses adsorpsi, semakin banyak adsorben maka akan memperluas permukaan adsorben sehingga amonia yang teradsorpsi akan semakin banyak.

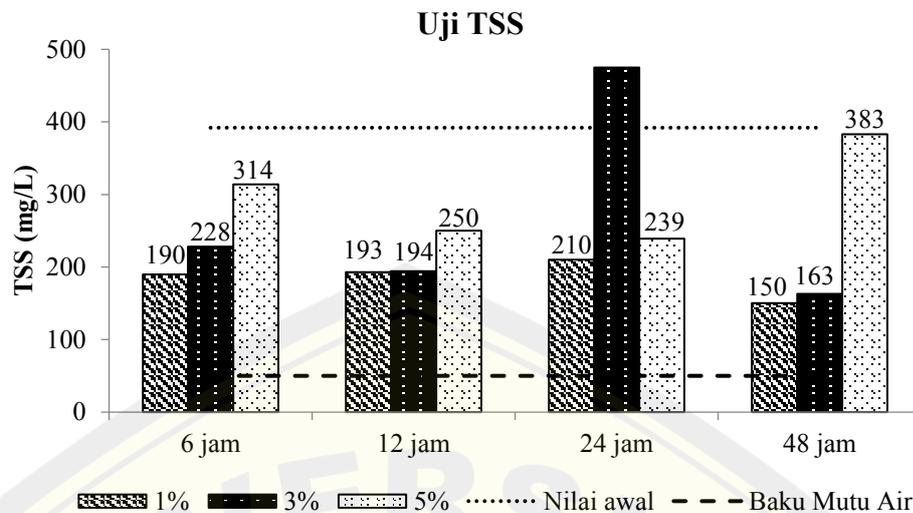
Berdasarkan uji ANOVA dengan taraf signifikan 95% ($p > 0,05$) didapatkan bahwasannya pada uji Amonia menunjukkan nilai signifikansi (P) sebesar 0.000. Nilai P (0,000) yang lebih kecil daripada nilai alfa (0,05) menunjukkan bahwa H_1 diterima atau terdapat perbedaan nyata sehingga variabel bebas yaitu jumlah konsentrasi adsorben ampas tebu dan waktu penyerapan mempengaruhi kadar amonia yang ada sehingga hasil analisis uji ragam tersebut dilanjutkan dengan uji beda nyata yaitu uji duncan untuk mengetahui perbedaan disetiap perlakuan yang mempengaruhi satu sama lain.

Hasil uji Duncan yang dilakukan menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata pada perlakuan waktu 6 jam dan 12 jam sedangkan pada perlakuan 12 jam dengan 24 jam dan 48 jam terdapat perbedaan nyata hal ini disebabkan karena semakin waktu mempengaruhi kekutan adsorben ampas tebu dan hidroponik kangkung dalam proses penyerapan limbah air gula sesuai dengan pernyataan dari Christiana

et al. (2020) yang menyatakan bahwasannya semakin lama waktu penyerapan adsorben ampas tebu maka semakin tinggi juga kekuatan adsorpsinya sehingga daya serapnya pun akan semakin tinggi. Analisis uji lanjut Duncan juga dilakukan pada variabel bebas konsentrasi di mana hasil uji Duncan yang dihasilkan yaitu terdapat perbedaan nyata terhadap semakin tingginya konsentrasi adsorben ampas tebu. Konsentrasi adsorben ampas tebu 1% memiliki perbedaan nyata terhadap konsentrasi adsorben 3% dan 5% hal ini menunjukkan bahwasannya semakin tinggi konsentrasi adsorben maka daya serap limbah industri gula juga semakin banyak. Hal ini sesuai dengan penelitian Desfitri *et al.*, (2024) yang menyatakannya semakin tinggi jumlah adsorben akan meningkatkan laju proses adsorpsi karena semakin banyak adsorben maka akan memperluas permukaan adsorben sehingga zat racun pada limbah yang teradsorpsi akan semakin banyak.

4.3.2 TSS

TSS (*Total Suspended Solids*) merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kualitas air dengan mempertimbangkan jumlah padatan yang terapung di dalamnya, termasuk partikel tanah seperti lempung, pasir, alga, dan zat lainnya dengan ukuran berkisar antara 0,004-1,0 mm. Konsentrasi TSS berpengaruh terhadap tanaman serta organisme yang ada di sungai, semakin keruh air sungai maka sinar matahari yang masuk akan semakin sedikit dan menghalangi proses fotosintesis yang terjadi. Kegagalan proses fotosintesis yang terjadi dapat mengakibatkan turunnya kadar oksigen yang ada di air sungai sehingga organisme sungai akan kekurangan oksigen (Yulianti, 2019). Hasil pengujian TSS ditampilkan pada **Gambar 4.3.2**.



Gambar 4.3.2. Hasil Pengujian TSS

a,b,c : notasi huruf serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan taraf 0,05.

Hasil pengujian parameter nilai TSS pada air limbah industri gula yaitu 392 mg/L. Setelah dilakukan pengolahan air limbah dengan variasi massa adsorben dan waktu kontak pengolahan mampu menurunkan kadar TSS. Hasil perlakuan terbaik didapatkan pada waktu kontak 48 jam dengan konsentrasi adsorben 1% dengan efisiensi penyerapan 61,75%, sedangkan perlakuan waktu kontak 24 jam dengan konsentrasi adsorben 3% menghasilkan efisiensi penyerapan terendah yaitu 17,47%. Nilai TSS dalam setiap air limbah selalu berbeda-beda bergantung pada jumlah dan kualitas bahan organik dan anorganik dalam bentuk partikel terendapkan, melayang, dan komponen tersuspensi koloid (Rhofita & Russo, 2019).

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, (2014) tentang baku mutu limbah air, batas maksimum nilai TSS adalah 50 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan masih lebih dari batas maksimum yang telah ditentukan. Hasil penelitian Sahendra *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa adsorben kotoran sapi dan ampas tebu dengan rasio 2% serta 3% dalam waktu kontak 4 jam menghasilkan kandungan TSS yang belum sesuai dengan baku mutu, hal ini disebabkan karena adsorben belum mengalami pengendapan secara sempurna sehingga terdapat material yang dapat menambah kertas saring yang

dapat meningkatkan nilai TSS. Adanya kemungkinan adsorben yang digunakan mengalami masa jenuh sehingga padatan tersuspensi yang telah terserap dapat lepas kembali (Estikarini *et al.*, 2016).

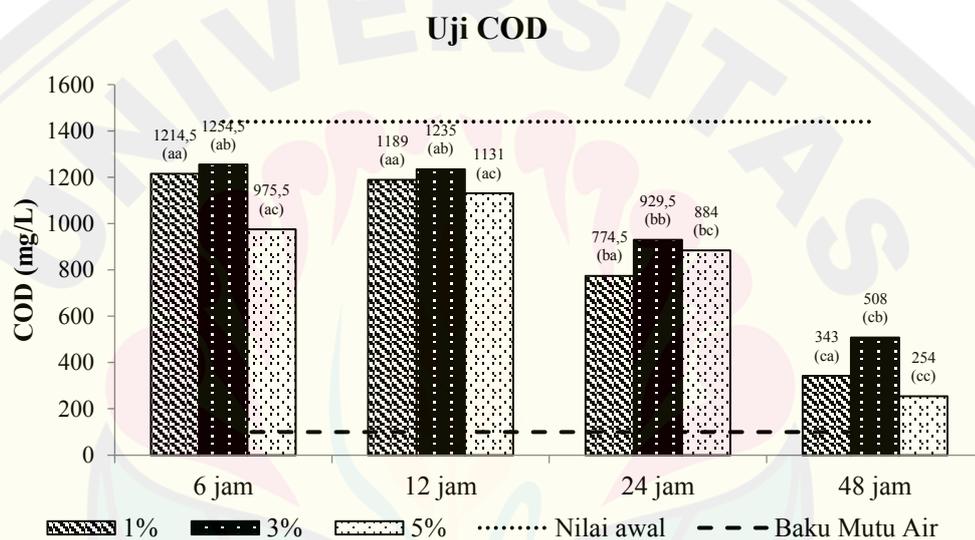
Selain itu hasil yang belum sesuai dengan standar baku mutu air limbah disebabkan karena kurang lamanya waktu kontak antara adsorben ampas tebu dengan air limbah sehingga proses penyerapan belum berlangsung secara optimal. Hal ini didukung oleh penelitian Ahmad & Adiningsih (2019) menunjukkan bahwa nilai TSS sebelum dilakukan pengolahan adalah 2.924,3 mg/L, setelah dilakukan waktu kontak selama 1 minggu menggunakan metode fitoremediasi dengan tanaman kangkung mampu menurunkan kadar TSS menjadi 114,8 mg/L dengan besar efisiensi penyerapan 96%, namun kadar TSS masih belum sesuai dengan Permen LH Tahun 2014.

Berdasarkan uji ANOVA dengan taraf signifikan 95% ($p > 0,05$) didapatkan bahwasannya pada uji TSS menunjukkan nilai signifikansi (P) sebesar 0.457. Nilai P (0,000) yang lebih besar daripada nilai alfa (0,05) menunjukkan bahwa H_1 ditolak atau tidak ada perbedaan yang nyata pada parameter TSS sehingga variabel bebas yaitu jumlah konsentrasi adsorben ampas tebu dan waktu penyerapan tidak mempengaruhi kadar TSS yang ada. Tidak adanya perbedaan yang nyata pada pengujian TSS diduga karena perbedaan jenis kangkung dan umur kangkung sehingga dapat mempengaruhi kemampuan kangkung dalam menyerap unsur hara dan transpirasi (Hadi & Pungut, 2022).

Adsorben yang dihasilkan dari ampas tebu berbentuk butir butir halus di mana pada saat proses pengendapan air limbah dengan menggunakan adsorben ampas tebu dan hidroponik kangkung mengakibatkan ikut terlarutnya ampas tebu yang dihasilkan. Butiran-butiran ampas tebu tersebut secara tidak langsung ikut larut ke dalam air limbah yang menyebabkan air limbah semakin keruh sehingga memperbanyak partikel-partikel kecil pada air limbah. Kondisi tersebut akan membuat air limbah semakin keruh dan berdampak terhadap cahaya matahari yang masuk sehingga mengakibatkan kandungan oksigen yang ada dalam air berkurang karena terhalangnya proses fotosintesis di dalam air limbah.

4.3.3 COD

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah oksigen (O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter air, dimana semakin tinggi kadar COD maka semakin tinggi pula pencemaran yang terjadi pada air sungai. Pengukuran COD dilakukan dengan penguraian secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat sehingga segala jenis bahan organik yang mudah terurai akan teroksidasi (Yulis *et al.*, 2018). Hasil pengujian COD ditampilkan pada **Gambar 4.3.3**.



Gambar 4.3.3. Hasil Pengujian COD

a,b,c : notasi huruf serupa berarti tidak ada perbedaan nyata pada uji Duncan dengan taraf 0,05.

Hasil pengujian yang telah dilakukan parameter COD pada air limbah industri gula sebesar 1400 mg/L. Berdasarkan baku mutu air pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2014 nilai COD maksimal ialah 100 mg/L. Setelah dilakukan pengolahan air limbah dengan variasi massa adsorben dan waktu kontak pengolahan mampu menurunkan kadar COD. Hasil perlakuan terbaik didapatkan pada waktu 48 jam dengan variasi konsentrasi massa adsorben 5% dengan nilai 254 mg/L dengan efisiensi penyerapan sebesar 81%. Sedangkan hasil nilai terburuk pada waktu 6 jam dengan konsentrasi massa adsorben 3% dengan nilai 1254,5 mg/L dengan efisiensi penyerapan sebesar 10%. Hasil

penelitian yang dihasilkan masih belum sesuai dengan standar Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2014.

Hasil penelitian Halim *et al.* (2021) menunjukkan bahwa variasi konsentrasi adsorben dan lamanya waktu kontak dapat meningkatkan efisiensi penyerapan polutan pada air limbah, 0,5 g massa adsorben sekam padi dengan waktu kontak 180 menit menghasilkan efisiensi penyerapan logam Cu 90,44% dan ketika massa adsorben dinaikkan menjadi 2 gr dengan waktu kontak yang sama dapat meningkatkan efisiensi penyerapan menjadi 96,46%. Hasil penelitian Fito *et al.* (2017) bahwa kadar COD dalam air limbah gula sebelum pengolahan sebesar 139671 mg/L, setelah dilakukan pengolahan dengan ampas tebu menghasilkan efisiensi penyerapan sebanyak 75%. Hal ini dikarenakan sisi aktif adsorpsi semakin meningkat seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Hasil penyerapan masih belum sesuai dengan standar baku mutu kualitas air limbah gula, dikarenakan kurangnya waktu pengendapan di mana semakin lama waktu pengendapan maka semakin berkurang nilai COD yang ada.

Data tersebut didukung oleh hasil penelitian Widiyanti *et al.*, (2020) bahwa pengolahan air limbah cair depo pemasaran ikan menggunakan metode fitoremediasi dari tanaman kangkung air dalam waktu kontak 6 hari menghasilkan nilai COD 64 mg/L dengan efisiensi penyerapan sebesar 95,5%. Tingginya penurunan zat terlarut disebabkan oleh kemampuan akar tumbuhan kangkung air yang serabut mampu menahan partikel dan bahan organik pada limbah. Kangkung air memiliki tingkat pertumbuhan yang tinggi, dan kemampuannya untuk langsung menyerap polutan langsung pada air limbah. Akarnya dapat menjadi filtrasi dan adsorpsi padatan tersuspensi dan pertumbuhan mikroba yang dapat menghilangkan polutan dalam air limbah industri gula, sehingga kadar COD dalam air limbah dapat mengalami penurunan (Hapsari *et al.*, 2018).

Berdasarkan uji ANOVA dengan taraf signifikan 95% ($p > 0,05$) didapatkan bahwasannya pada uji COD menunjukkan nilai signifikansi (P) sebesar 0.000. Nilai P (0,000) yang lebih kecil daripada nilai alfa (0,05) menunjukkan bahwa H_1 diterima atau terdapat perbedaan nyata sehingga variabel bebas yaitu jumlah konsentrasi adsorben ampas tebu dan waktu penyerapan mempengaruhi kadar COD

yang ada sehingga hasil analisis uji ragam tersebut dilanjutkan dengan uji beda nyata yaitu uji duncan untuk mengetahui perbedaan disetiap perlakuan yang mempengaruhi satu sama lain.

Hasil uji Duncan yang dilakukan menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata pada perlakuan waktu 6 jam dan 12 jam sedangkan pada perlakuan 12 jam dengan 24 jam dan 48 jam terdapat perbedaan nyata hal ini disebabkan karena semakin waktu mempengaruhi kekuatan adsorben ampas tebu dan hidroponik kangkung dalam proses penyerapan limbah air gula sesuai dengan pernyataan dari Christiana *et al.* (2020) yang menyatakan bahwasannya semakin lama waktu penyerapan adsorben ampas tebu maka semakin tinggi juga kekuatan adsorpsinya sehingga daya serapnya pun akan semakin tinggi. Analisis uji lanjut Duncan juga dilakukan pada variabel bebas konsentrasi di mana hasil uji Duncan yang dihasilkan yaitu terdapat perbedaan nyata terhadap semakin tingginya konsentrasi adsorben ampas tebu.

Konsentrasi adsorben ampas tebu 1% memiliki perbedaan nyata terhadap konsentrasi adsorben 3% dan 5% hal ini menunjukkan bahwasannya semakin tinggi konsentrasi adsorben maka daya serap limbah industry gula juga semakin banyak. Hal ini sesuai dengan penelitian Desfitri *et al.*, (2024) yang menyatakannya semakin tinggi jumlah adsorben akan meningkatkan laju proses adsorpsi karena semakin banyak adsorben maka akan memperluas permukaan adsorben sehingga zat racun pada limbah yang teradsorpsi akan semakin banyak.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwasannya

1. Sistem kombinasi adsorben ampas tebu dengan sistem hidroponik kangkung yaitu air limbah yang didapatkan dari industri gula dilakukan penyaringan dengan hidroponik kangkung dan adsorben ampas tebu yang memiliki varian ukuran massa yaitu 1%, 3% dan 5% dari total air limbah, kemudian dilakukan pengendapan dalam kurun waktu 6 jam, 12 jam, 24 jam dan 48 jam.
2. Kombinasi antara adsorben ampas tebu dengan hidroponik dalam mengatasi pencemaran cukup efektif karena terjadinya penurunan nilai efektivitas pada parameter, pada parameter amonia terjadi penurunan nilai sebesar 75%, pada parameter TSS terjadi penurunan nilai sebesar 37%, pada parameter COD terjadi penurunan nilai sebesar 82%.
3. Kualitas air limbah industri gula yang dihasilkan dari kombinasi sistem hidroponik dengan adsorben ampas tebu memberikan dampak terhadap pengurangan pencemaran air limbah yang terjadi di mana terjadi penurunan nilai amonia, TSS dan COD. Nilai amonia yang dihasilkan yaitu 0,5 mg/L sesuai dengan Permen LHK tahun 2016 bahwasannya konsentrasi amonia maksimal 10 mg/L. Nilai TSS yang dihasilkan yaitu 249 mg/L dan nilai COD yang dihasilkan yaitu 254 mg/L masih belum sesuai dengan Permen LH 2014 bahwasannya kadar TSS maksimal 50 mg/L dan COD maksimal 100 mg/L hal ini dikarenakan waktu kontak antara adsorben dan kangkung terhadap air limbah kurang lama.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang didapatkan dapat diberikan saran untuk penelitian selanjutnya yaitu menambah waktu pengendapan adsorben dalam limbah cair industri gula dengan tujuan untuk mengetahui waktu optimal bagi adsorben untuk dapat mengurangi pencemaran yang disebabkan oleh air limbah gula.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, H., & Adiningsih, R. (2019). Efektivitas Metode Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok dan Kangkung Air dalam Menurunkan Kadar BOD dan TSS pada Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Farmasetis*, 8(2), 31–38. <https://doi.org/10.32583/farmasetis.v8i2.599>
- Arini, F. M. S. (2017). Karakter Morfologi Varietas Tebu pada Beberapa Kondisi Cekaman Air. *Agrotrop*, 15(1), 133–137. <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/>
- Azizah, M., & Humairoh, M. (2015). Analisis Kadar Amonia (NH₃) dalam Air Sungai Cileungsi. *Jurnal Nusa Sylva*, 15(1), 47–54.
- Christiana, R., Anggraini, I. M., & Syahwanti, H. (2020). Analisis Kualitas Air dan Status Mutu Serta Beban Pencemaran. *Serambi Engineering*, 1(2), 941–950.
- Desfitri, E. R., Arifanda, A. Y., Yulianti, A., & Desmiarti, R. (2024). Studi Efektivitas Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*) Sebagai Adsorben Pengurangan Kadar Amonia Limbah Cair Tahu. In *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia* (Vol. 21, Issue 1).
- Estikarini, H. D., Hadiwidodo, M., & Luvita, V. (2016). Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Tekstil dengan Metode Ozonasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1), 1–11.
- Firmansyah, A. H., Zamrud, W., & Naryono, E. (2023). Studi Kelayakan Pemanfaatan Limbah (Blotong, Ampas Tebu, Tetes) sebagai Biobriket. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 9(3), 303–317. <https://doi.org/10.33795/distilat.v9i3.3798>
- Fito, Jemal, Tefera Nurelegne, & Hulle, S. (2017). Adsorption of distillery spent wash on activated bagasse fly ash: Kinetics and thermodynamics. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(6), 5381–5388.
- Hadi, S. N., & Pungut. (2022). Penurunan BOD, COD dan TSS pada Limbah Domestik Menggunakan Kombinasi Floating Wetland Dilanjutkan Constructed Wetland. *Jurnal Teknik Waktu*, 20(2), 94–102.
- Hakim, R. R., & Hariyadi, H. (2021). Teknologi Akuaponik sebagai Solusi Kemandirian Pangan Keluarga di Kelompok Kampung Wolulus Kecamatan Turen Kabupaten Malang. *Amalee: Indonesian Journal of Community Research and Engagement*, 2(1), 43–52. <https://doi.org/10.37680/amalee.v2i1.643>

- Halim, A., Romadon, J., & Yinal Achyar, M. (2021). Pembuatan Adsorben dari Sekam Padi sebagai Penyerap Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) dalam Air Limbah. *Jurnal SEOI-Universitas Sahid Jakarta*, 3(2), 66–74.
- Hapsari, J. E., Amri, C., & Suyanto, A. (2018). Efektivitas Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*) sebagai Fitoremediasi dalam Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Air Limbah Batik. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 3(01), 30–37.
- Harahap, M. R., Amanda, L. D., & Matondang, A. H. (2020). Analisis Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) dan TSS (Total Suspended Solid) pada Limbah Cair dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS. *Amina*, 2(2), 79–83.
- Harnowo, S., & Yunaidi, Y. (2021). Kinerja Boiler dengan Sistem Pembakaran Bersama antara Ampas Tebu dengan Sekam Padi dan Cangkang Kelapa Sawit. *Semesta Teknika*, 24(2), 102–110. <https://doi.org/10.18196/st.v24i2.12937>
- Hibban, M., Rezagama, A., & Purwono. (2016). Studi Penurunan Kosentrasi Amonia dalam Limbah Cair Domestik dengan Teknologi Biofilter Aerobmedia Tubular Plastik pada Awal Pengolahan. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(2), 1–9.
- Imani, A., Sukwika, T., & Febrina, L. (2021). Karbon Aktif Ampas Tebu Sebagai Adsorben Penurun Kadar Besi dan Mangan Limbah Air Asam Tambang. *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 13(1), 33–42. <https://doi.org/10.24853/jurtek.13.1.33-42>
- Mahendra, R., Prasetyo, P., & Taufikurahman, T. (2023). Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* forsk.) untuk Menurunkan Kadar Logam Berat dalam Limbah Tekstil. *Sekolah Ilmu Dan Teknologi Hayati*, 1, 1–12. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36764.77448>
- Najwa, S., Elvania, N. C., & Margianti, Y. S. (2023). Efektivitas Metode Fitoremediasi Dengan Jenis Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica* Forsk) Terhadap Pengolahan Air Limbah Industri Tahu di Desa Ledok Kulon. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 15(2), 166–170. <http://envirotek.upnjatim.ac.id/>
- Nurhayati, I., & Sutrisno, J. (2014). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu sebagai Penyerap Logam Berat CU. *Wahana*, 63(2), 27–32.
- Rhofita, E. I., & Russo, A. E. (2019). Efektifitas Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Gula di Kabupaten Kediri dan Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(2), 235–242.

- Rum, A. C., & Haryanto. (2023). Studi Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Aktivator Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Dari Ampas Tebu. *Journal of Chemical Engineering*, 4(1), 7–12.
- Sahendra, S. L., Hamsyah, R. A., & Sa'diyah, K. (2021). Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Adsorben dari Kotoran Sapi dan Ampas Tebu. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 4(1), 31. <https://doi.org/10.25273/cheesa.v4i1.8416.31-38>
- Setiati, R., Wahyuningrum, D., Siregar, S., & Marhaendrajana, T. (2016). Optimasi Pemisahan Lignin Ampas Tebu Dengan Menggunakan Natrium Hidroksida. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 257–264.
- Susilawati, N., & Andriyane, F. (2019). Pengaruh Waktu Kontak Dan Aktivasi Ampas Tebu Terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam Cr Dan Mn. *Prosiding Seminar Nasional II Hasil Litbangyasa Industri*, 277–284.
- Tasanif, R., Isa, I., & Rewini Kunusa, W. (2020). Potensi Ampas Tebu Sebagai Adsorben Logam Berat Cd, Cu dan Cr. *Jamb.J.Chem*, 2(1), 33–43.
- Violita, L., Apriani, I., & Sulastri, A. (2022). Kemampuan Tanaman Kangkung Air Dalam Menurunkan Krom Heksavalen (Cr 6+) Pada Limbah Cair Sablon. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis*, 3(1), 37–44. <https://jurnal.untan.ac.id/index.ph>
- Waluyo, M. R., Nurfajriah, Mariati, F. R. I., & Rohman, Q. A. H. H. (2021). Pemanfaatan Hidroponik Sebagai Sarana Pemanfaatan Lahan Terbatas Bagi Karang Taruna Desa Limo. *Ikraith Abdimas*, 4(1), 61–64.
- Widayatno, T., Yuliatwati, T., & Susilo, A. A. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.
- Widiyanti, A., Oktavia, L., & Setiawan, A. (2020). Fitoteknologi Pengolahan Limbah Cair Depo Pemasaran Ikan (DPI) Kabupaten Sidoarjo Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic*). *Journal of Research and Technology*, 6, 227–236.
- Wijayanti, A., Susatyo, E. B., Kurniawan, C., & Sukarjo, D. (2018). Indonesian Journal of Chemical Science Adsorpsi Logam Cr(VI) dan Cu(II) pada Tanah dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 242–248. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Yuliantari, V. R., Novianto, D., Alex Hartono, M., & Rahayu Widodo, T. (2021). Pengukuran Kejenuhan Oksigen Terlarut pada Air menggunakan Dissolved

Oxygen Sensor. *Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 18(2), 2541–1713. <https://doi.org/10.20527/flux.v18i2>

Yulianti, D. A. (2019). Kadar Total Suspended Solid pada Air Sungai Nguneng Sebelum dan Sesudah Tercemar Limbah Cair Tahu. *Jaringan Laboratorium Medis*, 1(1), 16–21. <http://ejournal.poltekkes-smg.ac.id/ojs/index.php/JLM/>

Yulis, A. D. P., Febliza, A., & Pekanbaru, M. (2018). Analisis Kadar DO, BOD, dan COD Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin. *Jurnal Bioterdidik Wahana Ekspresi Ilmiah*, 6(3), 1–11.

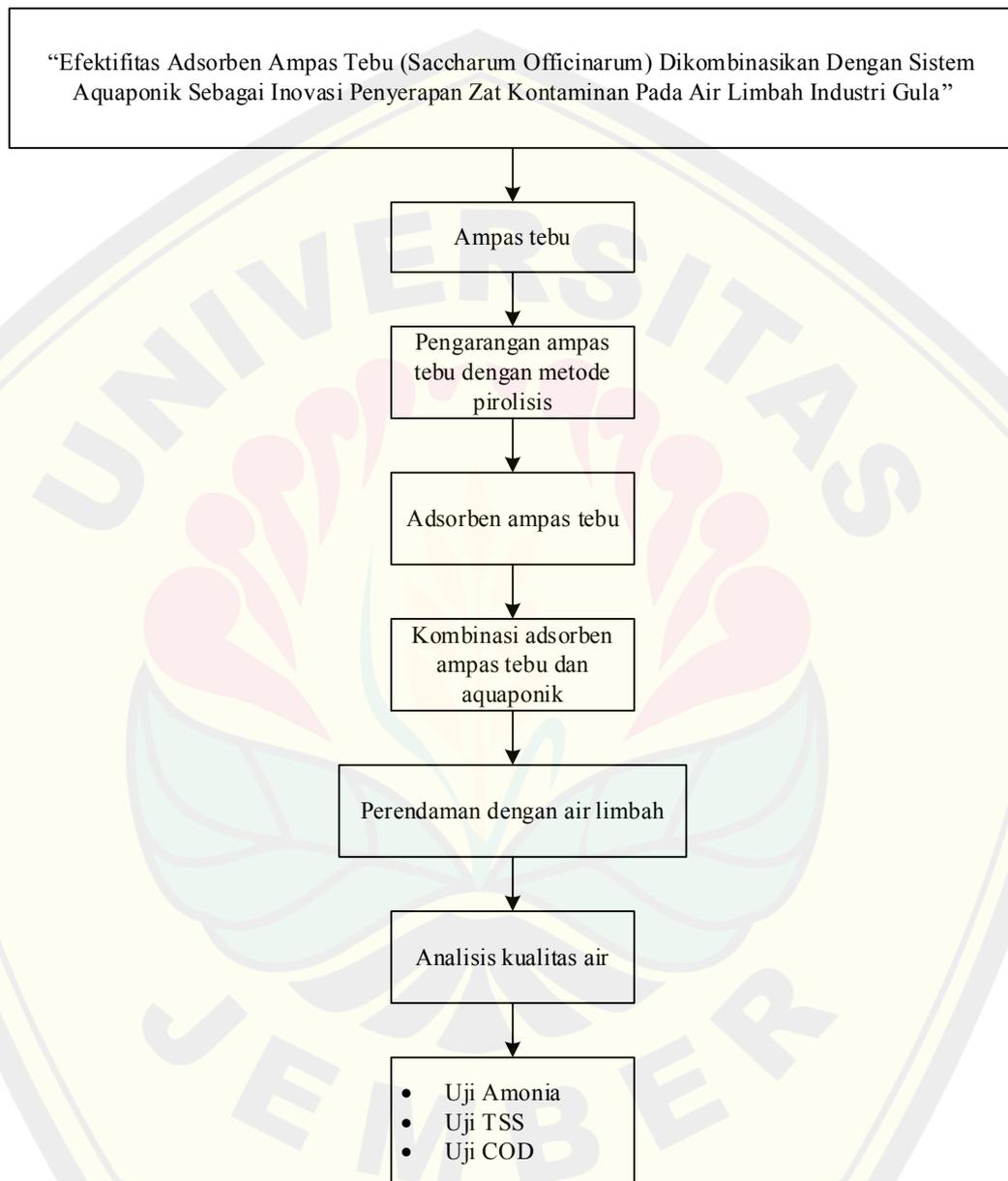
Zakaria, A., Sauri, S., Mira Fadela, D., Sri Ayu Wardhani Program Studi Pengolahan Limbah Industri, P., AKA Bogor Jl Pangeran Sogiri No, P., Baru, T., Utara, B., Bogor, K., & Barat, J. (2021). Efisiensi Penurunan Kadar COD, TS, TSS, Kekeruhan, dan TDS pada Air Limbah Industri Pangan menggunakan Koagulan Poly Aluminium Chloride dengan metode Jar Test. *Warta Akab*, 45(2), 98–104.

Zumroh, A., Budi, S., & Lailiyah, W. N. (2023). Keanekaragaman Genetik, Heritabilitas, dan Produktivitas Klon Batu Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada Tanah Sawah dalam Meningkatkan Produksi Gula di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 20(2), 189–199. <https://doi.org/10.31849/jip.v20i2.12533>

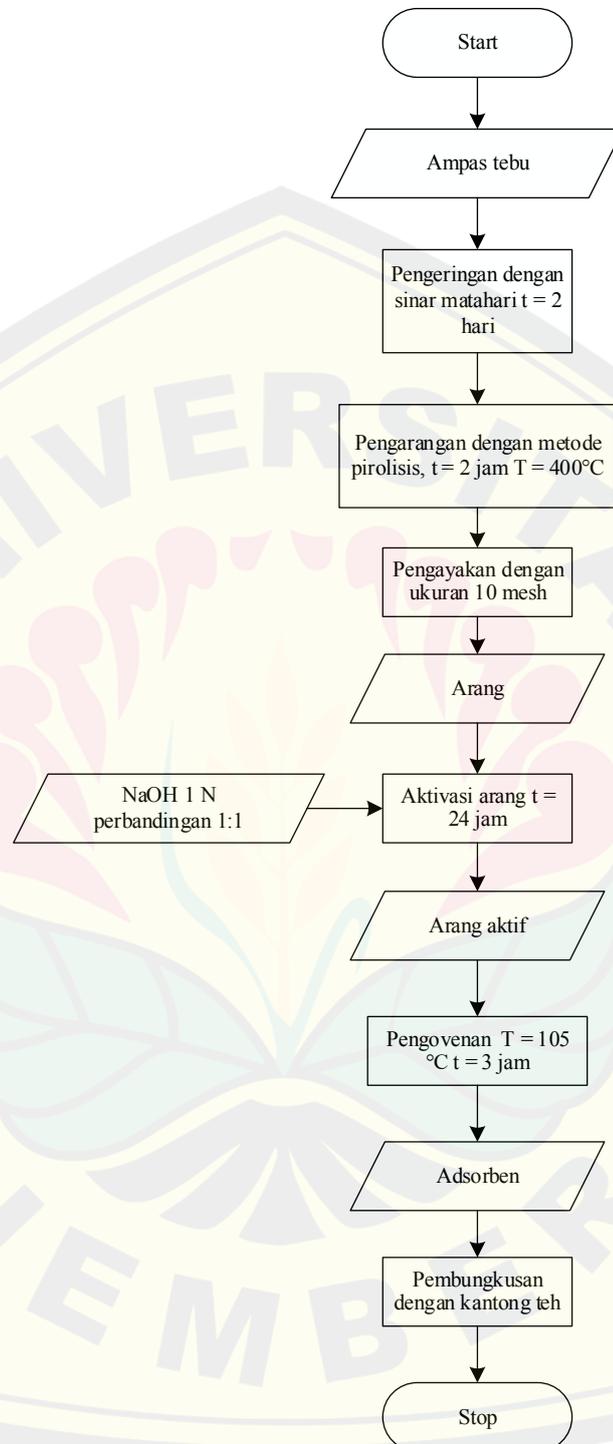
LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian

a. Kerangka Penelitian



b. Pembuatan Adsorben Ampas Tebu

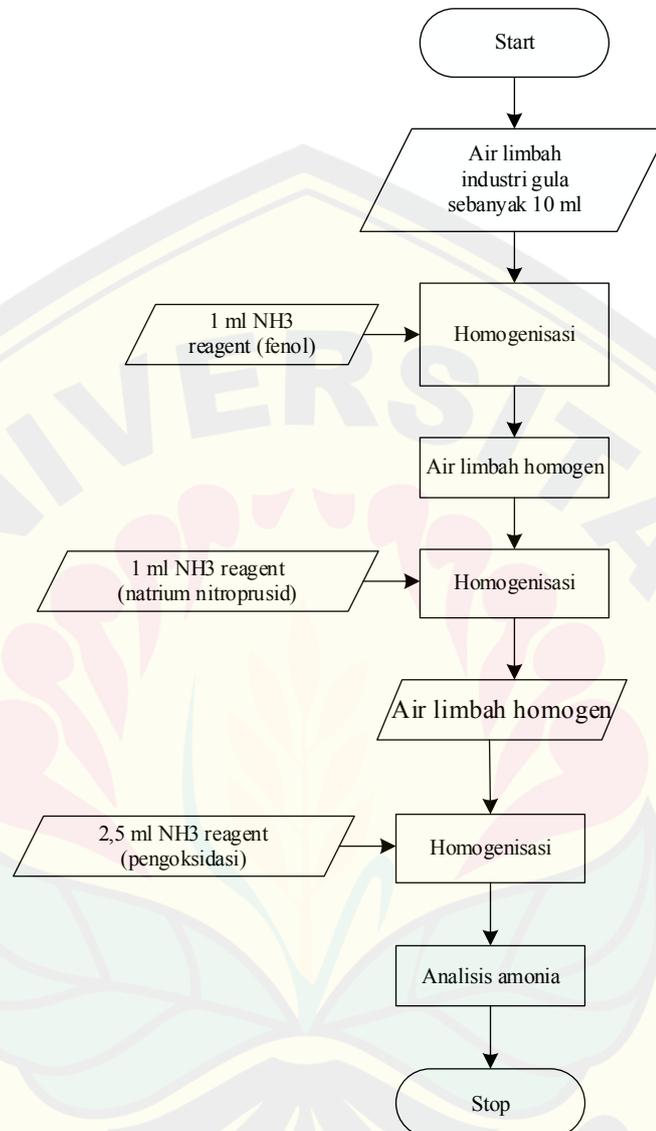


c. Pembuatan Hidroponik

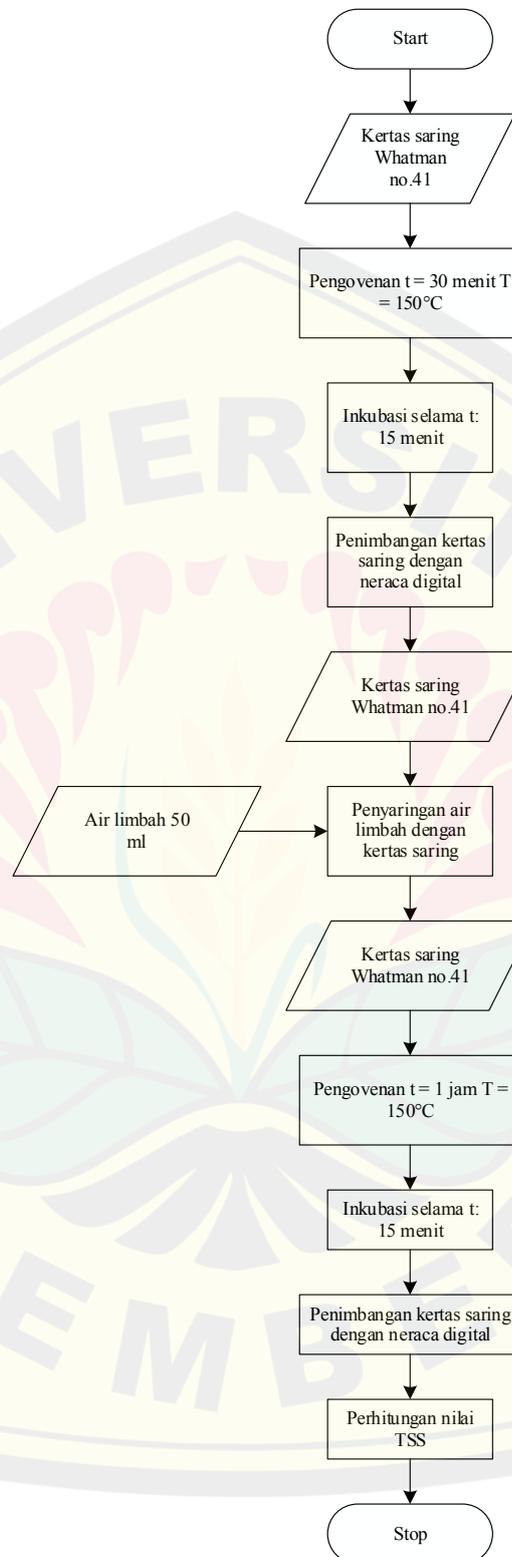


Lampiran 2. Prosedur Analisis

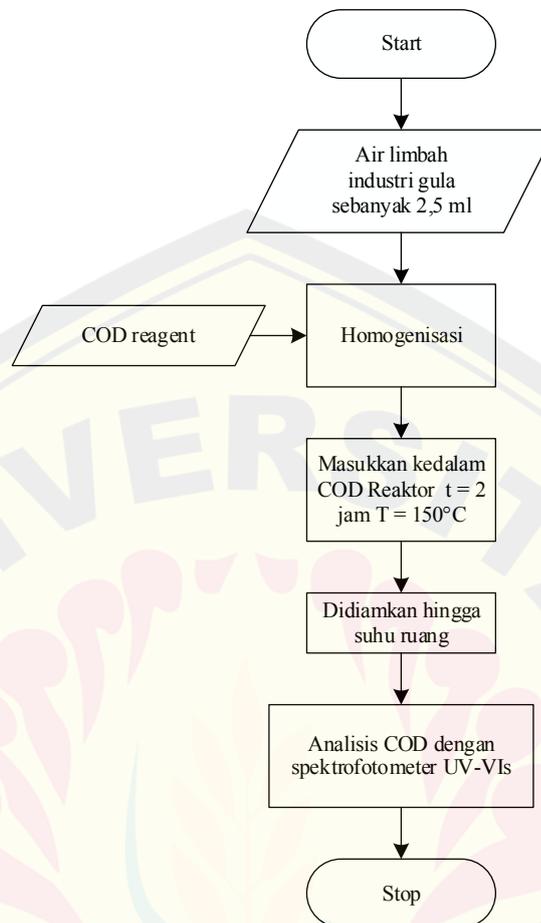
a. Uji Amonia



b. Uji TSS



c. Uji COD



Lampiran 3. Data Hasil Penelitian

a. Pengujian Amonia 1%

Waktu Pengolahan	Nilai awal	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Rata-rata
6 jam	2	0,5	0,5	0,5 mg/L
12 jam		1	1	1 mg/L
24 jam		0,5	0,5	0,5 mg/L
48 jam		1	1	1 mg/L

b. Pengujian Amonia 3%

Waktu Pengolahan	Nilai awal	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Rata-rata
6 jam	2	0,5	0,5	0,5 mg/L
12 jam		0	0	0 mg/L
24 jam		0,5	0,5	0,5 mg/L
48 jam		0	0	0 mg/L

c. Pengujian Amonia 5%

Waktu Pengolahan	Nilai awal	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Rata-rata
6 jam	2	0	0	0 mg/L
12 jam		0	0	0 mg/L
24 jam		0,5	0,5	0,5 mg/L
48 jam		1	1	1 mg/L

d. Pengujian TSS 1%

Waktu Pengolahan	Nilai awal	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Rata-rata
6 jam	392 mg/L	114	266	190 mg/L
12 jam		178	208	193 mg/L
24 jam		200	220	210 mg/L
48 jam		228	72	150 mg/L

e. Pengujian TSS 3%

Waktu Pengolahan	Nilai awal	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Rata-rata
6 jam	392 mg/L	228	228	228 mg/L
12 jam		182	206	194 mg/L
24 jam		256	694	475 mg/L
48 jam		158	168	163 mg/L

f. Pengujian TSS 5%

Waktu Pengolahan	Nilai awal	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Rata-rata
6 jam	392 mg/L	264	314	314 mg/L
12 jam		52	448	250 mg/L
24 jam		236	242	239 mg/L
48 jam		338	428	383 mg/L

g. Pengujian COD 1%

Waktu Pengolahan	Nilai awal	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Rata-rata
6 jam	1440 mg/L	1218	1211	1214,5 mg/L
12 jam		1188	1190	1189 mg/L
24 jam		746	803	774,5 mg/L
48 jam		301	385	343 mg/L

h. Pengujian COD 3%

Waktu Pengolahan	Nilai awal	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Rata-rata
6 jam	1440 mg/L	1272	1237	1254,5 mg/L
12 jam		1220	1250	1235 mg/L
24 jam		880	979	929,5 mg/L
48 jam		549	467	508 mg/L

i. Pengujian COD 5%

Waktu Pengolahan	Nilai awal	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Rata-rata
6 jam	1440 mg/L	976	975	975,5 mg/L
12 jam		1091	1171	1131 mg/L
24 jam		877	891	884 mg/L
48 jam		232	276	254 mg/L

Lampiran 4. Analisis Data Uji Anova dan Uji Duncan

a. Uji Normalitas Parameter Amonia

	Tests of Normality					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for Amonia	0,225	24	0,003	0,869	24	0,005

a. Lilliefors Significance Correction

b. Uji Two Way Anova parameter Amonia

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable:						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Corrected Model	3,458 ^a	11	0,314	1,913E+31	0,000	
Intercept	5,042	1	5,042	3,068E+32	0,000	
Waktu	0,458	3	0,153	9,296E+30	0,000	
Kosentrasi	1,083	2	0,542	3,296E+31	0,000	
Waktu * Kosentrasi	1,917	6	0,319	1,944E+31	0,000	
Error	1,972E-31	12	1,643E-32			
Total	8,500	24				
Corrected Total	3,458	23				

a. R Squared = 1,000 (Adjusted R Squared = 1,000)

c. Uji Lanjut Duncan Parameter Amonia

Nilai Amonia				
Duncan ^{a,b}				
Waktu	N	Subset		
		1	2	3
6 Jam	6	0,3333		
12 Jam	6	0,3333		
24 Jam	6		0,5000	
48 Jam	6			0,6667
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 1,64E-032.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

b. Alpha = 0,05.

Nilai Amonia				
Duncan ^{a,b}				
Kosentrasi	N	Subset		
		1	2	3
3%	8	0,2500		
5%	8		0,3750	
1%	8			0,7500
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 1,64E-032.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,000.

b. Alpha = 0,05.

d. Uji Normalitas Parameter TSS

	Tests of Normality					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for TSS	0,187	24	0,029	0,882	24	0,009

a. Lilliefors Significance Correction

e. Uji Two Way Anova parameter TSS

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable:					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	198972,000 ^a	11	18088,364	1,062	0,457
Intercept	1464216,000	1	1464216,000	85,980	0,000
Waktu	31657,333	3	10552,444	0,620	0,616
Kosentrasi	47569,000	2	23784,500	1,397	0,285
Waktu * Kosentrasi	119745,667	6	19957,611	1,172	0,382
Error	204356,000	12	17029,667		
Total	1867544,000	24			
Corrected Total	403328,000	23			

a. R Squared = ,493 (Adjusted R Squared = ,029)

f. Uji Normalitas Parameter COD

	Tests of Normality					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for COD	0,086	24	,200*	0,963	24	0,508

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

g. Uji Two Way Anova parameter COD

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable:					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2753060.458 ^a	11	250278,223	160,003	0,000
Intercept	19054926,042	1	19054926,042	12181,834	0,000
Waktu	2559323,458	3	853107,819	545,393	0,000
Kosentrasi	117849,083	2	58924,542	37,671	0,000
Waktu * Kosentrasi	75887,917	6	12647,986	8,086	0,001
Error	18770,500	12	1564,208		
Total	21826757,000	24			
Corrected Total	2771830,958	23			

a. R Squared = ,993 (Adjusted R Squared = ,987)

h. Uji Lanjut Duncan Parameter COD

Nilai COD				
Duncan ^{a,b}				
Waktu	N	Subset		
		1	2	3
48 Jam	6	368,33		
24 Jam	6		862,67	
6 Jam	6			1148,17
12 Jam	6			1185,00
Sig.		1,000	1,000	0,133

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1564,208.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

b. Alpha = 0,05.

Nilai COD				
Duncan ^{a,b}				
Kosentrasi	N	Subset		
		1	2	3
5%	8	811,13		
1%	8		880,25	
3%	8			981,75
Sig.		1,000	1,000	1,000

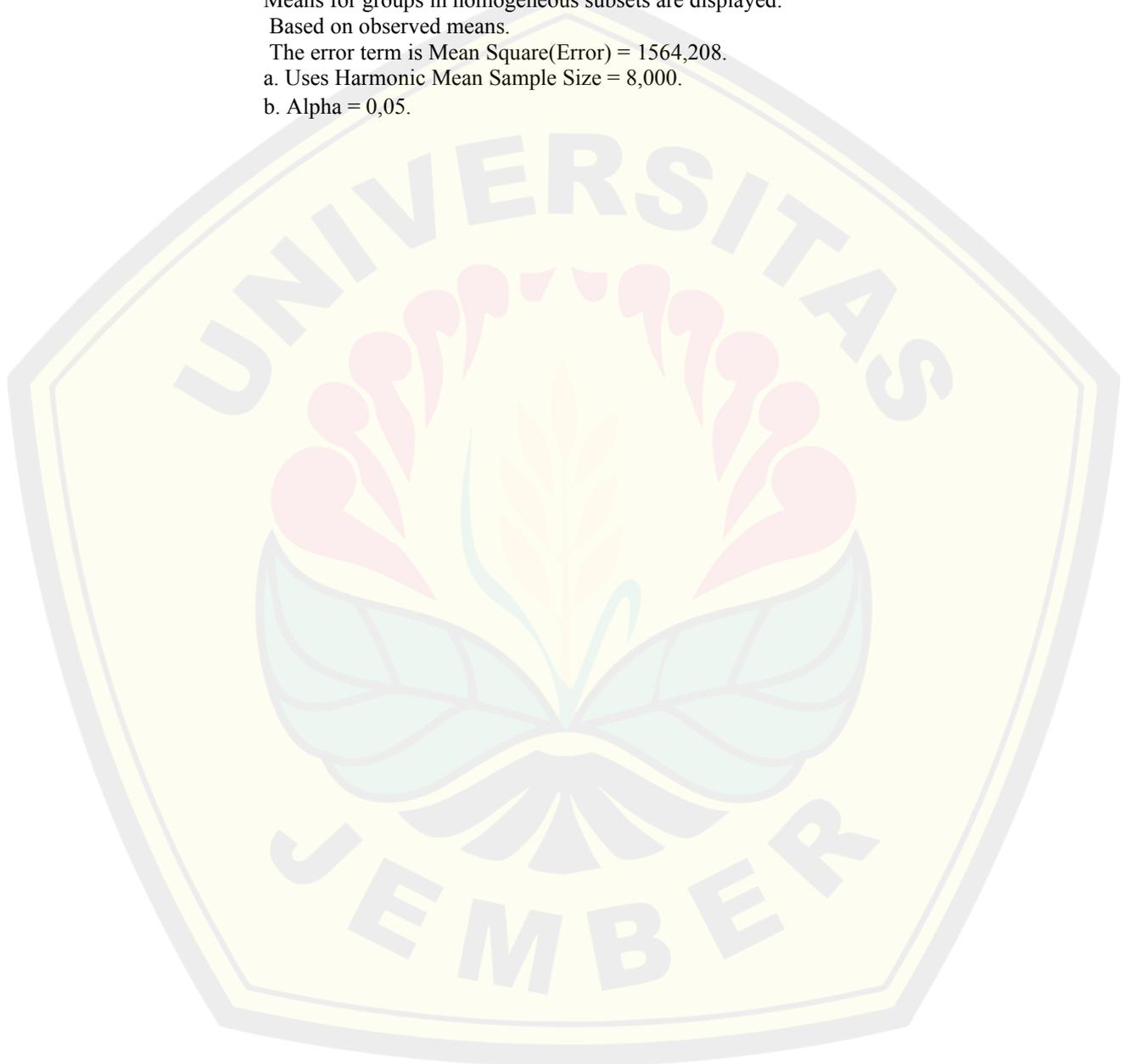
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1564,208.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,000.

b. Alpha = 0,05.



Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian

a. Pengujian sampel awal air limbah



Sampel limbah air industri gula



Proses pengenceran air limbah sebagai sampel awal pengujian kualitas air



Pengujian kualitas air pada sampel awal air limbah



Pengujian amonia pada air limbah industri gula

b. Pembuatan adsorben ampas tebu



Pengambilan ampas tebu di pedagang Es Tebu



Penjemuran ampas tebu di bawah sinar matahari selama 2 hari



Proses pirolisis ampas tebu



Proses pengayakan arang ampas tebu



Aktivasi arang ampas tebu dengan NaOH selama 24 jam



Hasil adsorben ampas tebu

c. Pembuatan hidroponik



Tanaman kangkung



Pembuatan media hidroponik



Hidroponik dan adsorben ampas tebu



Air limbah hasil perendaman dengan adsorben dan hidroponik

d. Pengujian amonia



Sampel air limbah



Pengujian amonia dengan ammonia test



Hasil pengujian amonia

e. Pengujian TSS



Sampel air limbah



Pengovenan pertama kertas saring



Pengeringan pertama kertas saring di desikator



Penimbangan pertama kertas saring



Pengujian TSS air limbah pada kertas saring



Pengovenan kedua kertas saring



Pengeringan kedua kertas saring di desikator



Penimbangan kedua kertas saring

f. Pengujian COD



Sampel air limbah



Penambahan air limbah pada COD reagent



Hasil pemanasan dengan COD reactor



Pengukuran air limbah dengan spektrofotometer