

TESIS
EFEKTIVITAS PENURUNAN KADAR AMONIAK
PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT
MENGUNAKAN KOMBINASI BIOADSORBEN
AMPAS TEBU DAN MEMBRAN NANOFILTRASI



Laily Noor Fitri Lestari
03012682125003

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025

TESIS
EFEKTIVITAS PENURUNAN KADAR AMONIAK
PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT
MENGUNAKAN KOMBINASI BIOADSORBEN
AMPAS TEBU DAN MEMBRAN NANOFILTRASI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



Laily Noor Fitri Lestari
03012682125003

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025

HALAMAN PENGESAHAN

**EFEKTIVITAS PENURUNAN KADAR AMONIAK
PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT
MENGUNAKAN KOMBINASI BIOADSORBEN
AMPAS TEBU DAN MEMBRAN NANOFILTRASI**

TESIS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

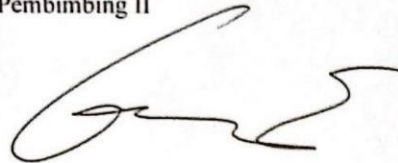
Palembang, Juli 2025

Menyetujui
Pembimbing I



Prof. Ir. Subriyeh Nasir, MS., Ph.D
NIP. 196009091987031004

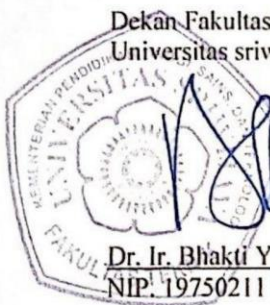
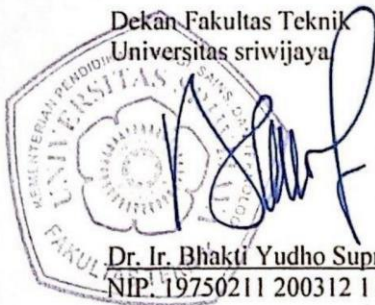
Pembimbing II



Dr. Ir. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.
NIP. 197503261999032002

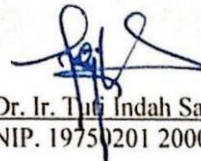
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.
NIP. 19750211 200312 1 002

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. Tutik Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 19750201 200012 2 001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah dengan judul “Efektivitas Penurunan Kadar Amoniak pada Limbah Cair Rumah Sakit menggunakan Kombinasi Bioadsorben Ampas Tebu dan Membran Nanofiltrasi” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada

Palembang, 10 Juli 2025

Tim Penguji karya ilmiah berupa Laporan Tesis

Ketua

Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA

NIP. 196010111985032002

()

Anggota

Prof. Ir. Hj. Tuty Emilia Agustina, Ph.D

NIP. 19720809 200003 2 001

()

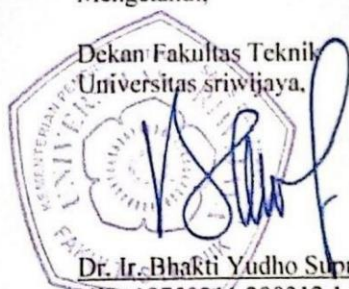
Dr. Ir. David Bahrin, S.T., M.T

NIP. 19801031 200501 1 003

()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,

Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.
NIP. 19750211 200312 1 002

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 19750201 200012 2 001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Laily Noor Fitri Lestari

NIM : 03012682125003

Judul : Efektivitas Penurunan Kadar Amoniak pada Limbah Cair Rumah Sakit menggunakan Kombinasi Bioadsorben Ampas Tebu dan Membran Nanofiltrasi

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Juli 2025

Yang Membuat Pernyataan,



Laily Noor Fitri Lestari

NIM. 03012682125003

RINGKASAN

EFEKTIVITAS PENURUNAN KADAR AMONIAK PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT MENGGUNAKAN KOMBINASI BIOADSORBEN AMPAS TEBU DAN MEMBRAN NANOFILTRASI

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, Juli 2025

Laily Noor Fitri Lestari, Dibimbing oleh Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS., Ph.D., dan Dr. Ir. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.

Effectiveness of Reducing Ammonia Levels in Hospital Wastewater Using A Combination of Bagasse Bio Adsorbent and Nanofiltration Membrane

xii + 62 halaman, 9 Tabel, 28 Gambar, 3 Lampiran

RINGKASAN

Dampak lingkungan yang semakin meningkat akibat limbah cair rumah sakit, terutama karena kandungan amoniak di dalamnya, mengharuskan penerapan metode pengolahan inovatif. Studi ini meneliti efektivitas kombinasi bioadsorben berbasis ampas tebu dan teknologi membran nanofiltrasi dalam mengurangi konsentrasi amoniak pada limbah cair rumah sakit. Karbon aktif diproduksi melalui karbonisasi pada suhu 550°C dan aktivasi kimia menggunakan H₂SO₄ 10%. Eksperimen adsorpsi dilakukan dengan variasi ketinggian unggun (5; 7,5; dan 10 cm) dan laju alir (2; 3; dan 4 L/menit), diikuti dengan nanofiltrasi pada tekanan 25, 30, dan 35 Psi. Hasil studi menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi proses mampu menurunkan pH limbah cair dari 9,08 menjadi 6,53 dan konsentrasi amoniak dari 4,61 mg/L menjadi 0,02 mg/L, berhasil memenuhi standar baku mutu. Hal ini menunjukkan bahwa metode kombinasi secara efektif mampu mengurangi kadar amoniak dan meningkatkan kualitas limbah cair sebelum pembuangan.

Kata Kunci: Adsorpsi; Ampas tebu; Limbah cair rumah sakit; Membran nanofiltrasi; Penghilangan amonia

Kepustakaan : 61 (2015-2024)

SUMMARY

EFFECTIVENESS OF REDUCING AMMONIA LEVELS IN HOSPITAL WASTEWATER USING A COMBINATION OF BAGASSE BIO ADSORBENT AND NANOFILTRATION MEMBRANE

Scientific paper in the form of Tesis, July 2025

Laily Noor Fitri Lestari, Supervised by. Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS., Ph.D., dan Dr. Ir. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T.,M.T.

xii + 62 pages, 9 Tables, 28 Figures, 3 Appendices

SUMMARY

The increasing environmental impact caused by hospital wastewater, particularly due to its ammonia content, necessitates innovative treatment methods. This study investigates the effectiveness of a combination of sugarcane bagasse-based activated carbon bio-adsorbent and nanofiltration membrane technology to reduce ammonia concentrations in hospital wastewater. The activated carbon was produced through carbonization at 550°C and chemical activation using 10% H₂SO₄. Adsorption experiments were conducted by varying bed heights (5, 7.5, and 10 cm) and flow rates (2, 3, and 4 L/min), followed by nanofiltration at 25, 30, and 35 Psi pressures. Results showed that the combined treatment reduced the wastewater pH from 9.08 to 6.53 and ammonia concentration from 4.61 mg/L to 0.02 mg/L, successfully meeting regulatory standards. This indicates that the integrated method effectively decreases ammonia levels and improves wastewater quality before discharge.

Keywords: Adsorption; Ammonia removal; Hospital wastewater; Nanofiltration membrane; Sugarcane bagasse

Citations: 61 (2015-2024)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Laporan Hasil Penelitian yang berjudul **“Efektivitas Penurunan Kadar Amoniak Pada Limbah Cair Rumah Sakit Menggunakan Kombinasi Bioadsorben Ampas Tebu dan Membran Nanofiltrasi”** dapat diselesaikan dengan baik. Laporan ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik (M.T) pada Program Studi Magister Teknik Kimia BKU Teknologi Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Keseluruhan rangkaian penyusunan laporan ini dapat terlaksana dengan baik oleh bantuan berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM. selaku Dekan fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Selpiana, S.T., M.T. selaku Koordinator Prodi Magister Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS., Ph.D. selaku dosen pembimbing I.
5. Ibu Dr. Ir. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II.
6. Orang tua, Suami, dan kedua anakku yang telah memberikan dukungan, doa dan motivasi sehingga penyusunan laporan tesis ini dapat terselesaikan.

Akhir kata diharapkan kritik dan saran yang bersifat ilmiah dan membangun agar laporan hasil penelitian tesis ini dapat lebih bermanfaat sebagaimana mestinya.

Palembang, 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
RINGKASAN	v
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SIMBOL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Hipotesa.....	4
1.5. Ruang Lingkup.....	4
1.6. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Air Limbah	5
2.1.1. Definisi Air Limbah	5
2.1.2. Karakteristik Air Limbah	5
2.1.3. Limbah Cair Rumah Sakit.....	7
2.1.4. Kandungan Amoniak Limbah Rumah Sakit	12
2.2. Adsorben Ampas Tebu.....	13
2.3. Karbon Aktif	14
2.3.1. Proses Aktivasi Arang Aktif	15
2.3.2. Karakteristik Arang Aktif.....	16

2.4. Metode Uji.....	17
2.4.1. Uji Kandungan Amoniak	17
2.5. Membran Nanofiltrasi	17
2.6. Prinsip Kerja Membran Nanofiltrasi	20
2.7. Isoterm Adsorpsi	21
2.7.1. Isoterm Adsorpsi Langmuir	22
2.7.2. Isoterm Adsorpsi Freundlich.....	22
2.8. Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian	25
3.2.1. Bahan Penelitian	25
3.2.2. Peralatan Penelitian.....	25
3.3. Prosedur Penelitian.....	26
3.4. Skema Proses Penelitian.....	28
3.5. Alat Penelitian	29
3.6. Metode Analisa	29
3.7. Analisa Data	30
3.7.1. Analisa Derajat Keasaman (pH).....	30
3.7.2. Analisa Kadar Amoniak	30
3.7.3. Analisa SEM-EDS.....	31
3.8. Metode Pengolahan Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Karbonisasi Ampas Tebu	33
4.2. Analisa Karbon Aktif	33
4.3. Pengaruh Waktu, Tinggi Unggun, dan Laju Alir terhadap pH Effluent Adsorpsi	35
4.4. Pengaruh Waktu, Tinggi Unggun, dan Tekanan terhadap pH Permeat	38
4.5. Pengaruh Waktu, Tinggi Unggun, dan Laju Alir terhadap Kadar Amoniak Effluent Adsorpsi	39
4.6. Pengaruh Waktu, Tinggi Unggun, dan Tekanan terhadap Kadar Amoniak Permeat.....	42
4.7. Pengaruh Laju Alir terhadap Efisiensi Penurunan Kadar Amoniak	44
4.8. Pengaruh Tekanan terhadap Efisiensi Penurunan Kadar Amoniak.....	45
4.9. Kapasitas Adsorpsi	47

4.10.Morfologi Adsorben Ampas Tebu menggunakan SEM - EDS.....	48
4.11.Penentuan Ukuran Adsorben.....	52
4.12.Penentuan Model Isoterm Adsorpsi	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
5.1. Kesimpulan.....	62
5.2. Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Alat Penelitian

Lampiran B : Hasil Analisa SEM-EDS

Lampiran C : Perhitungan

Lampiran D : Hasil Pemeriksaan Air Limbah

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Standar Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Rumah Sakit.....	11
Tabel 2. 2. Standar Kualitas Arang Aktif (SNI) 06-3730-1995.....	16
Tabel 2. 3. Potensi Membran Nanofiltrasi terhadap Pengolahan Air	19
Tabel 4. 1. Hasil pengukuran kadar air dan kadar abu.....	34
Tabel 4. 2. Kandungan atom dalam adsorben teraktivasi H ₂ SO ₄ 10%.....	37
Tabel 4. 3. Distribusi unsur hasil analisa EDS.....	52
Tabel 4. 4. Ukuran diameter partikel rata-rata karbon aktif.....	54
Tabel 4. 5. Parameter Isoterm Adsorpsi dengan model Isoterm Langmuir	57
Tabel 4. 6. Parameter Isoterm Adsorpsi dengan model Isoterm Freundlich.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Ampas Tebu	13
Gambar 2. 2. Skema proses pembuatan karbon aktif.....	16
Gambar 2. 3. Skema pembagian filtrasi membran berdasarkan ukuran partikel ..	18
Gambar 2. 4. Karakteristik Proses Membran	21
Gambar 3. 1. Skema Pembuatan Karbon Aktif Ampas Tebu	27
Gambar 3. 2. Skema Proses Adsorpsi dan Membran Nanofiltrasi.....	28
Gambar 3. 3. Rangkaian Alat Penelitian.....	29
Gambar 4. 1. (a) Ampas tebu kering; (b) Karbonisasi ampas tebu	33
Gambar 4. 2. Prosentase kadar air dan kadar abu karbon aktif.....	34
Gambar 4. 3. Pengaruh waktu dan laju alir terhadap pH effluent;.....	35
Gambar 4. 4. Pengaruh waktu dan tekanan terhadap pH permeat membran;	38
Gambar 4. 5. Pengaruh waktu dan laju alir terhadap kadar amoniak effluent;	40
Gambar 4. 6. Pengaruh waktu dan tekanan terhadap kadar amoniak permeat;	42
Gambar 4. 7. Efisiensi penurunan kadar amoniak proses adsorpsi.....	44
Gambar 4. 8. Efisiensi penurunan kadar amoniak membran nanofiltrasi;	46
Gambar 4. 9. Kapasitas adsorpsi	47
Gambar 4. 10. Hasil analisa SEM-EDS adsorben sebelum aktivasi	49
Gambar 4. 11. Hasil analisa SEM-EDS adsorben setelah aktivasi H ₂ SO ₄	50
Gambar 4. 12. Hasil analisa SEM-EDS adsorben setelah proses adsorpsi	51
Gambar 4. 13. Potongan sebelum aktivasi	53
Gambar 4. 14. Potongan setelah aktivasi	53
Gambar 4. 15. Potongan setelah adsorpsi	54
Gambar 4. 16. Model isoterm langmuir laju alir 2 L/menit	55
Gambar 4. 17. Gambar 4 17. Model isoterm langmuir laju alir 3 L/menit	56
Gambar 4. 18. Model isoterm langmuir laju alir 4 L/menit.....	56
Gambar 4. 19. Model isoterm freundlich laju alir 2 L/menit	58
Gambar 4. 20. Model isoterm freundlich laju alir 3 L/menit	59
Gambar 4. 21. Model isoterm freundlich laju alir 4 L/menit	60

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>
RO	<i>Reverse Osmosis</i>
NF	Nanofiltrasi
SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
EDS	<i>Energy Dispersive x-ray Spectroscopy</i>
RSUD	Rumah Sakit Umum Daerah
IPAL	Instalasi Pengolahan Air Limbah

DAFTAR SIMBOL

V	<i>Volume</i>	L
A	<i>Luas Permukaan</i>	Cm2
t	<i>Waktu</i>	min
Ef	<i>Efektivitas</i>	%

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Rumah sakit merupakan fasilitas umum yang melayani Kesehatan masyarakat dengan jam operasional yang cukup padat. Salah satu sumber pencemaran lingkungan yang berbahaya berasal dari limbah cair rumah sakit. Kandungan senyawa organik dan senyawa kimia seperti amoniak menyebabkan sifat limbah cair rumah sakit dapat mencemari lingkungan. Selain itu juga mengandung senyawa pathogen seperti *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* dan *Klebsiella pneumonia* (Tarigan & Ukur, 2019).

Air limbah yang berasal dari aktifitas rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemaran yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan karena kandungan senyawa organik yang cukup tinggi dan mikroorganisme pathogen yang dapat membahayakan Kesehatan masyarakat. Salah satu pencemar dalam air limbah adalah amoniak terlarut, yang memiliki konsentrasi rendah dan jumlah buang yang rendah. Jika amoniak terlarut dalam air limbah tidak dapat dikurangi, akan menimbulkan masalah yang cukup serius (Riyanto & Hayati, 2017).

Urin turut menyumbang kadar amoniak yang tinggi dalam perairan. Dampak bagi lingkungan adalah jika keberadaan amoniak yang cukup tinggi di lingkungan perairan, dapat menyebabkan biota dalam perairan tersebut mati. Selain berdampak pada biota perairan, tingginya kadar amoniak juga memberikan dampak terhadap manusia, diantaranya dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan dan mata, bahkan dapat menjadi penyebab kematian. Pencemaran air karena kandungan amoniak dikarenakan sifat amoniak yang mudah larut dalam air, sehingga menyebabkan pH air menjadi basa (Ruhmawati et al., 2020). Berdasarkan hal tersebut, maka rumah sakit memiliki kewajiban dalam mengolah limbahnya berdasarkan baku mutu yang telah ditetapkan.

Berdasarkan Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 8 Tahun 2012 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri, hotel, rumah sakit, domestik dan pertambangan batubara bahwa parameter NH_3 bebas kadar maksimum yang diperbolehkan dalam limbah cair rumah sakit adalah sebesar 0,1 mg/l.

Menjadi kewajiban bagi rumah sakit dalam menekan angka pencemaran lingkungan salah satunya yaitu dengan mengolah limbah cair yang dihasilkan agar memenuhi standar baku mutu dan aman bagi lingkungan. Untuk itu diperlukan teknologi alternatif dalam menurunkan kadar amoniak limbah cair rumah sakit, yaitu salah satunya dengan menggunakan metode kombinasi proses adsorpsi karbon aktif berbahan ampas tebu yang dikombinasikan dengan teknologi membran nanofiltrasi.

Salah satu proses pengolahan air limbah yaitu adsorpsi yang merupakan suatu proses yang bekerja dengan cara molekul-molekul zat terlarut berkumpul dan melekat pada permukaan adsorben (biasanya padatan). Proses adsorpsi dapat terjadi ketika gaya tarik pada permukaan adsorben mengalahkan gaya tarik zat terlarut dalam cairan. Teknik ini merupakan teknik ramah lingkungan yang melibatkan penggunaan berbagai adsorben sistesis dan alami seperti kitosan, karbon aktif, dan zeolite (Saheed et al., 2022)

Karbon aktif merupakan adsorben yang sangat serbaguna karena ukuran dan distribusi pori-pori dalam matriks karbon dapat dikendalikan (Ruhmawati et al., 2020). Salah satu bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuat karbon aktif yaitu ampas tebu yang merupakan sisa dari proses penggilingan tebu pada proses produksi gula. Ampas tebu merupakan bahan alam yang dapat digunakan untuk membuat karbon aktif karena lebih ramah lingkungan sehingga tidak menghasilkan polutan baru dan biaya pembuatan yang tergolong murah.

Limbah cair yang mengandung konsentrasi NH_4^+ yang tinggi biasanya diolah menggunakan sistem pengolahan biologis, yang merupakan sistem paling populer dalam hal tingkat pengolahan. Dibandingkan dengan menggunakan biofilter yang membutuhkan banyak energi dan memiliki persyaratan teknik yang tinggi, absorpsi adalah proses yang sangat efisien dan mapan (Peng et al., 2020).

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, metode yang diharapkan mampu menurunkan kadar amoniak pada limbah cair rumah sakit yaitu dengan kombinasi metode adsorpsi karbon aktif berbahan ampas tebu dan penggunaan membran nanofiltrasi sehingga dapat diketahui efektivitas dari metode tersebut. Faktor yang berpengaruh terhadap efektivitas adsorben yaitu sifat adsorben (luas permukaan, prositas, kemampuan adsorpsi), sifat molekul yang diserap (ukuran

molekul, polaritas), kondisi lingkungan (konsentrasi larutan, suhu, pH), waktu kontak, kondisi operasional (kecepatan aliran, konsentrasi adsorben), regenerasi adsorben, kontaminan lain, serta bentuk, dan ukuran adsorben. Sedangkan efektifitas membran dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya ukuran poros membran, muatan permukaan membran, tekanan operasi, konsentrasi larutan, suhu, pretreatment, kondisi kimia, regenerasi membran, dan juga ketebalan membran.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini:

1. Bagaimana karakteristik arang aktif berbahan ampas tebu yang digunakan sebagai adsorben?
2. Bagaimana efektivitas arang aktif berbahan ampas tebu sebagai adsorben untuk mereduksi kadar amoniak dari limbah cair rumah sakit?
3. Bagaimana efektivitas kombinasi adsorben ampas tebu dan membran nanofiltrasi dalam mereduksi kadar amoniak pada limbah cair rumah sakit?
4. Bagaimana model isoterm yang sesuai untuk proses adsorpsi limbah cair rumah sakit menggunakan adsorben ampas tebu?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini:

1. Mengetahui karakteristik karbon aktif berbahan ampas tebu sebagai adsorben amoniak pada limbah cair rumah sakit berdasarkan SNI 06-3730-1995.
2. Menentukan efektivitas adsorben dari ampas tebu dalam menurunkan kadar amoniak dalam limbah cair rumah sakit.
3. Menentukan efektivitas/kinerja kombinasi adsorben ampas tebu dan membran nanofiltrasi.
4. Mengetahui model isoterm yang sesuai untuk proses adsorpsi limbah cair rumah sakit menggunakan adsorben ampas tebu.

1.4. Hipotesa

Adapun hipotesa dari penelitian ini adalah:

1. Pengolahan limbah cair rumah sakit menggunakan adsorben ampas tebu yang diaktivasi menggunakan H_2SO_4 10% mampu menurunkan kandungan amoniak.
2. Penggunaan kombinasi proses adsorpsi dan proses filtrasi membran lebih efektif dalam menurunkan kandungan amoniak dalam limbah cair rumah sakit.

1.5. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian berskala laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan DLH Kabupaten Ogan Ilir dan kolam IPAL RSUD Ogan Ilir.
2. Limbah cair medis diperoleh dari limbah cair RSUD Ogan Ilir pada bulan Mei 2024.
3. Aktivasi ampas tebu menggunakan H_2SO_4 10% teknis.
4. Variabel bebas terdiri dari tinggi unggun kolom adsorpsi (5 cm; 7,5 cm; dan 10 cm), waktu operasi (30 menit, 60 menit, dan 90 menit), Laju alir (2 L/menit, 3 L/menit, dan 4 L/menit), tekanan membran (25 Psi, 30 Psi, dan 35 Psi).
5. Proses adsorpsi menggunakan adsorben ampas tebu merupakan proses *pretreatment* sebelum dilakukan proses lanjutan menggunakan membran nanofiltrasi.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini:

- a. Menyediakan data berbasis riset tentang proses adsorpsi dan karakteristik karbon aktif ampas tebu sebagai adsorben untuk penurunan kadar amoniak pada limbah cair rumah sakit.
- b. Memberi rekomendasi dan alternatif teknologi proses pengolahan limbah yang mengandung kadar amoniak sehingga dapat mengurangi pencemaran dan lingkungan terjaga dari bahaya limbah cair beracun.

DAFTAR PUSTAKA

- Adila, H. (2024). *Efektivitas Adsorben Ampas Tebu (Saccharum officinarum) Dan Penerapan Hidroponik Kangkung Untuk Meminimalisir Pencemaran Air Limbah Industri Gula.*
- Al-Ghouti, M. A., Al-Kaabi, M. A., Ashfaq, M. Y., & Da'na, D. A. (2019). Produced water characteristics, treatment and reuse: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 28(February), 222–239. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.02.001>
- Andamari, D. (2022). Efektivitas Adsorben Arang Aktif dari Ampas Kopi untuk Mengurangi Kandungan Kadmium (Cd) dalam Media Air. *Thesis, Universitas Islam Indonesia.*
- Anita Zaharah, T., & Sapar, A. (2020). Kapasitas Adsorpsi Biomassa Paku Air (*Lemna minor* Linn) Teresterifikasi Oleh Asam Sitrat Terhadap Mangan (II). *Al-Kimia*, VIII(2), 177–188. <https://doi.org/10.24252/al-kimiav8i2.16144>
- Antonio Bolinches, A., Blanco-Gutiérrez, I., Zubelzu, S., Garrido, A., Hernández Díaz-Ambrona, C. G., Arce, A., Sánchez, R., Calatrava, J., & Manuel López Correa, J. (2021). Current state of reclaimed water reuse for irrigation in Spain. *The Contribution of Water REuse to a ResourCe-Efficient and SustainabLe Water ManageMent for IrrigatiOn (RECLAMO)*, July. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4882799>
- Baker, R. W. (2023). Membranes and Modules. In *Membrane Technology and Applications*. <https://doi.org/10.1002/9781119686026.ch4>
- Bidari, M., Putri, M. A., & Nasir, S. (2022). Pengaruh karbon aktif terhadap fouling membran reverse osmosis pada pengolahan air terproduksi. *Jurnal Teknik Kimia*, 28(3), 100–106. <https://doi.org/10.36706/jtk.v28i3.991>
- Dewi, W. T., Budiarsa Suyasa, I. W., & Rai, I. N. (2019). Pengaruh Penambahan Lumpur Aktif Pada Biofilter Anoksik-Oksik Dalam Menurunkan Kadar Amonia Air Limbah Rumah Sakit. *ECOTROPHIC : Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 13(1), 49. <https://doi.org/10.24843/ejes.2019.v13.i01.p06>
- Febrianto, D. (2023). *Pengolahan Air Lindi Menggunakan Adsorben Limbah Biji*

Salak dengan Parameter Mangan (Mn). 26–49.

- Fleming, J. G., Lin, S., & Hadley, R. (2019). *Studi Pengolahan Air Limbah Pencucian Jeans Dengan Metode Fisik* (Vol. 28, Issue 10).
- Frandica, D., Masrullita, M., Ulfa, R., Suryati, S., Sulhatun, S., & Nuralita, N. (2024). Adsorpsi Rhodamin B Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Dari Daun Ketapang (*Terminalia Catappa*). *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 4(3), 423–432. <https://doi.org/10.29103/cejs.v4i3.15141>
- Imani, A., Sukwika, T., & Febrina, L. (2021). Karbon Aktif Ampas Tebu sebagai Adsorben Penurun Kadar Besi dan Mangan Limbah Air Asam Tambang. *Jurnal Teknologi*, 13(1), 33–42.
- Imaniar, A., Prasadi, O., & Fadlilah, I. (2022). Efektivitas Kayu Apu Dan Kangkung Air Untuk Menurunkan Kadar COD, BOD, Dan Amonia Pada Air Limbah Domestik. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 15(2), 105–112. <https://doi.org/10.29238/sanitasi.v15i2.1425>
- Ismadji, S., Soetaredjo, F. E., & Santoso, S. P. (2021). *Adsorpsi Pada Fase Cair Kesetimbangan, Kinetika, Dan Termodinamika*. <http://www.ukwms.ac.id/>
- Karmanto. (2017). Pengembangan Alat Konverter Ammonium Dari Limbah Bagi Pengelolaan Limbah Cair Rumah Sakit Ramah Lingkungan. *Integrated Lab*, 05(01), 13–18.
- Kedang, Y. I. (2018). Review: Karakterisasi dan Modifikasi Membran Poliamida untuk Aplikasi Pemisahan Zat Warna. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 1(2), 28–30. <https://doi.org/10.32938/slk.v1i2.568>
- Kiswanto, K., Rahayu, L. N., & Wintah, W. (2019). Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi Di Kota Pekalongan. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 17, 72–82. <https://doi.org/10.54911/litbang.v17i0.109>
- Latifah. (2021). *Pemanfaatan kulit Kayu Menjadi karbon Aktif Untuk mengurangi Kandungan Mangan (Mn) Pada Air Lindi*.
- Luna, P., Hoerudin, Usmiati, S., & Sunarmani. (2020). Teknologi Pembuatan Adsorben Dari Limbah Ekstraksi Biosilika Sekam Padi. *Pasundan Food Technology Journal*, 7(3), 116–125. <https://doi.org/10.23969/pftj.v7i3.3001>
- Masyruroh, A., & Ramadhan, A. (2024). Penurunan Beban Pencemar Limbah

- Cair Rumah Sakit Menggunakan Rancang Moving Bed Biofilter Reactor (Mbbr) Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Medis Di Provinsi Banten. *Jurnal Kebijakan Pembangunan Daerah*, 8(1), 60–77. <https://doi.org/10.56945/jkpd.v8i1.299>
- Mustafa, Kurniawan, A., & Djalil, M. S. (2023). Pengaruh Waktu Adsorpsi Terhadap Penurunan Beban Pencemar Pada Limbah Cair Rumah Sakit Menggunakan Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI)*, 10(1), 176–182.
- Natalia, A. E., Pratiwi, D. E., & Hasri. (2024). Sintesis Karbon Aktif dari Ampas Tebu (Bagasse) dan Aplikasinya Sebagai Penurun Konsentrasi Cod Limbah Cair Gula Synthesis of Activated Carbon from Bagasse and Its Application as a Reducing COD Levels of Sugar Liquid Waste. *Chemica*, 25, 20–31.
- Nayan, A., & Hafli, T. (2022). Analisa Stuktur Mikro Material Komposit Polimer Berpenguat Serbuk Cangkang Kerang. *Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology*, 6(1), 15. <https://doi.org/10.29103/mjmst.v6i1.8184>
- Notoatmodjo, S. (2018). Metodologi Penelitian Kesehatan. In *Rineka Cipta* (pp. 1–242).
- Novita, E., & Wahyuningsih, S. (2021). *Agrin_ModelAdsoprsi_Iqo*. 25(1), 22–35.
- Nugroho, A. S. (2015). *Menapis Nitrat Dan Amonium Air Limbah*. *lim*, 1–103.
- Oktavia, S. (2018). Analisis Kualitas Badan Air Dan Kualitas Air Sumur Di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 1–12. <https://pdfs.semanticscholar.org/105b/b836826836d6adcb9cdc47871138df30f20d.pdf>
- Pane, N. A., Dewi, R., Zulnazri, Z., Sulhatun, S., & Nurlaila, R. (2023). Pembuatan Glukosa Dari Ampas Tebu Dengan Proses Hidrolisis. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 2(5), 54. <https://doi.org/10.29103/cejs.v2i5.7955>
- Peng, F., Gao, Y., Zhu, X., Pang, Q., Wang, L., Xu, W., Yu, J., Gao, P., Huang, J., & Cui, Y. (2020). Removal of high-strength ammonia nitrogen in biofilters: Nitrifying bacterial community compositions and their effects on nitrogen transformation. *Water (Switzerland)*, 12(3), 1–16.

<https://doi.org/10.3390/w12030712>

- Polii, F. F. (2017). Pengaruh Suhu dan Lama Aktivitasi Terhadap Mutu Arang Aktif Dari Kayu Kelapa (Effects of Activation Temperature and Duration Time on the Quality of the Active Charcoal of Coconut Wood). *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*.
<http://bpkimi1.kemenperin.go.id/bbihp/article/view/1672%0Ahttp://bpkimi1.kemenperin.go.id/bbihp/article/download/1672/2744>
- Pramaningsih, V., Wahyuni, M., & Saputra, M. A. W. (2020). Kandungan AMonia Pda IPAL Rumah Sakit Umum daerah Abdul Wahab Sjahranie, Samarinda. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 34–44.
- Prasetia, F., Bangun, A. P., Hasanuddin, M., & Mubarak, A. S. (2024). *Analisa penurunan kadar amonia dengan arang aktif ampas tebu pada limbah cair industri menggunakan aplikasi python*. 3, 97–102.
- Putri, Y., & Hasna Oktaviana, A. (2024). Adsorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R Pada Limbah Industri Batik Menggunakan Adsorben dari Mahkota Buah Nanas Adsorption of Remazol Brilliant Blue R Dye on Batik Industry Waste Using Pineapple Crown Adsorbent. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 21(1), 2460–8203.
- Rachmawati, L. A. (2020). *Pengelolaan Limbah Medis Padat Dan Limbah Cair Rumah Sakit Onkologi Surabaya*.
- Rahmilaila Desfitri, E., Yoga Arifanda, A., Yulianti, A., & Desmiarti, R. (2024). Studi Efektivitas Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) Sebagai Adsorben Pengurangan Kadar Amonia Limbah Cair Tahu Effectivity Study of Palm Shell Activated Charcoal Utilization (*Elaeis guineensis*) as Adsorbent for Reducing Amm. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 21(1), 2460–8203.
- Reyra, A. S., Daud, S., & Yenti, S. R. (2017). *Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Daun Nanas Terhadap efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut*. Oktober, 27555.
- Riyanto, & Hayati, L. (2017). Treatment of ammonia in liquid hospital waste using activated carbon. *AIP Conference Proceedings*, 1911.
<https://doi.org/10.1063/1.5016023>

- Rofikoh, V., Zaman, B., & Samadikun, B. P. (2024). Penyisihan BOD, Minyak Dan Lemak Dalam Air Limbah Domestik Dengan Menggunakan Karbon Aktif Dari Kulit Pisang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23(1), 59–66. <https://doi.org/10.14710/jkli.23.1.59-66>
- Ruhmawati, T., Budiayah, T., & Setiawan, R. (2020). Efisiensi Penyisihan Kadar Amoniak Limbah Cair Rumah Sakit dengan Proses Adsorpsi Karbon Aktif Bijih Plastik. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(2), 82–88. <https://doi.org/10.14710/jkli.19.2.82-88>
- Saheed, I. O., Azeez, S. O., & Suah, F. B. M. (2022). Imidazolium based ionic liquids modified polysaccharides for adsorption and solid-phase extraction applications: A review. *Carbohydrate Polymers*, 298.
- Sari, S. A. P., Lesta, L., Syarmila, S., Hanum, Y., Mawaddah, Z., Jurian, J., & Nurhadini, N. (2022). Extra A Review of Nanofiltration Membrane Technology To Treat Water Problems. *Stannum : Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 4(2), 74–80. <https://doi.org/10.33019/jstk.v4i2.2936>
- Sarifudin, K. (2022). Penggunaan Karbon Aktif Kayu Kesambi (*Schleicera oleosa* MERR) dalam Pengolahan Air Sadah. *Haumeni Journal of Education*, 2(1), 197–207. <https://doi.org/10.35508/haumeni.v2i1.7555>
- Sedlak, R. (2018). Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater: Principles and Practice, Second Edition. *Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater*. <https://www-taylorfrancis-com.ezproxy.llu.lv/books/mono/10.1201/9780203743546/phosphorus-nitrogen-removal-municipal-wastewater-richardi-sedlak>
- Septiani, M., Darajat, Z., Pasinda, I., & Kurniawan, D. (2021). Kajian Perbandingan Efektivitas Adsorben Ampas Kopi Dan Fly Ash Pada Penurunan Konsentrasi Amonia (NH_3) Dalam Limbah Cair Urea. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 7(2), 52–59. <https://doi.org/10.32487/jst.v7i2.1171>
- Setiati, R., Wahyuningrum, D., Siregar, S., & Marhaendrajana, T. (2020). Optimasi Pemisahan Lignin Ampas Tebu Dengan Menggunakan Natrium Hidroksida. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 257–264.
- Shi, J., Huang, W., Han, H., & Xu, C. (2020). Review on treatment technology of salt wastewater in coal chemical industry of China. *Desalination*,

- 493(August), 114640. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114640>
- Siew, Y. W., Zedda, K. L., & Velizarov, S. (2020). Nanofiltration of simulated acid mine drainage: Effect of pH and membrane charge. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/app10010400>
- Suryani, F., Madagaskar, M., & Moulita, R. A. N. (2022). Analisis Pengaruh Waktu Dan Tekanan Terhadap Demineralisasi Air Buangan Ac Dengan Metode Reverse Osmosis. *Jurnal Redoks*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.31851/redoks.v7i1.7924>
- Suwerda, B. (2019). *Studi Penanganan Limbah padat infeksius laboratorium Rumah Sakit Umum Derah Makasar*. 1–23.
- Sylvia, N., Dewi, R., Fitriani, Hakim, L., Abidin, N. Z., Ramadhan, R., & Rahayu, N. A. I. (2023). Adsorption of Methylene Blue on Fix Bed Column Using Adsorbent from Tea Waste. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 18(2), 251–259. <https://doi.org/10.18280/ijдне.180202>
- Tangahu, B. V., Vyatrawan, L., Nurmallasari, R., & Pirade, F. (2017). Bioremediation of Oil Contaminated Soil by Biostimulation Method Using NPK Fertilizer. *OALib*, 04(11), 1–8. <https://doi.org/10.4236/oalib.1103791>
- Tarigan, B., & Ukur, R. (2019). Kemampuan *Acinetobacter baumannii* dan *Nitrobacter winogradskyi* dalam Menurunkan Kandungan Fosfat dan Amonia Limbah Cair Rumah Sakit. *E-Journal Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.
- Teke, S., Dewi, W. O. N. T. D., Jali, W., & Yumnawati, Y. (2021). Pembuatan dan Karakteristik Arang Aktif Ijuk Pohon Aren (*Arenga pinnata*) Sebagai Media Filtrasi Desalinasi Air Payau. *Jurnal Berkala Fisika*, 24(1), 10–21.
- Ulayya, K. (2024). *Studi Kinetika Adsorpsi Rhodamin-B Oleh Karbon Aktif Kulit Durian dan sabut Pinang*.
- Utami, A. R., & Mahmudah, L. (2018). Penurunan Kadar Fosfat Dalam Limbah Rumah Sakit Dengan Menggunakan Reaktor Fitobiofilm. 3(1). <https://doi.org/10.36048/jtpii.v3i1.4185>
- Wahyuningsih, S., & Gitarama, A. M. (2020). Amonia Pada Sistem Budidaya Ikan. 2507(February), 1–9.
- Wenten, I. G. (2019). Teknologi Membran Dalam Pengolahan Air Dan Limbah

- Industri Studi Kasus: Pemanfaatan Ultrafiltrasi untuk Pengolahan Air Tambak. *Sustainability* (Switzerland), 11(1), 1–14. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Winata, B. Y., Erliyanti, N. K., Yogaswara, R. R., & Saputro, E. A. (2021). Pra Perancangan Pabrik Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Proses Aktivasi Kimia pada Kapasitas 20.000 ton/tahun. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 0–5. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.52338>
- Xing, X., Alharbi, N. S., Ren, X., & Chen, C. (2022). *A comprehensive review on emerging natural and tailored materials for chromium-contaminated water treatment and environmental remediation*. 10.
- Yeganeh, G., Ramavandi, B., Esmaeili, H., & Tamjidi, S. (2019). Dataset of the aqueous solution and petrochemical wastewater treatment containing ammonia using low cost and efficient bio-adsorbents. *Data in Brief*, 26, 104308. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104308>
- Zaya Aisyahlika, S., Lutfi Firdaus, M., & Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP Universitas Bengkulu, P. (2018). *Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (Cerbera odollam) Terhadap Zat Warna Sintetis Reactive Red-120 Dan Reactive Blue-198*. 2, 148–155.
- Adila, H. (2024). *Efektivitas Adsorben Ampas Tebu (Saccharum officinarum) Dan Penerapan Hidroponik Kangkung Untuk Meminimalisir Pencemaran Air Limbah Industri Gula*.
- Al-Ghouti, M. A., Al-Kaabi, M. A., Ashfaq, M. Y., & Da'na, D. A. (2019). Produced water characteristics, treatment and reuse: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 28(February), 222–239. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.02.001>
- Andamari, D. (2022). Efektivitas Adsorben Arang Aktif dari Ampas Kopi untuk Mengurangi Kandungan Kadmium (Cd) dalam Media Air. *Thesis., Universitas Islam Indonesia*.
- Anita Zaharah, T., & Sapar, A. (2020). Kapasitas Adsorpsi Biomassa Paku Air

- (*Lemna minor* Linn) Teresterifikasi Oleh Asam Sitrat Terhadap Mangan (II). *Al-Kimia*, VIII(2), 177–188. <https://doi.org/10.24252/al-kimiav8i2.16144>
- Antonio Bolinches, A., Blanco-Gutiérrez, I., Zubelzu, S., Garrido, A., Hernández Díaz-Ambrona, C. G., Arce, A., Sánchez, R., Calatrava, J., & Manuel López Correa, J. (2021). Current state of reclaimed water reuse for irrigation in Spain. *The Contribution of Water REuse to a ResourCe-Efficient and SustainabLe WAtEr ManageMent for IrrigatiOn (RECLAMO)*, July. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4882799>
- Baker, R. W. (2023). Membranes and Modules. In *Membrane Technology and Applications*. <https://doi.org/10.1002/9781119686026.ch4>
- Bidari, M., Putri, M. A., & Nasir, S. (2022). Pengaruh karbon aktif terhadap fouling membran reverse osmosis pada pengolahan air terproduksi. *Jurnal Teknik Kimia*, 28(3), 100–106. <https://doi.org/10.36706/jtk.v28i3.991>
- Dewi, W. T., Budiarsa Suyasa, I. W., & Rai, I. N. (2019). Pengaruh Penambahan Lumpur Aktif Pada Biofilter Anoksik-Oksik Dalam Menurunkan Kadar Amonia Air Limbah Rumah Sakit. *ECOTROPHIC : Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 13(1), 49. <https://doi.org/10.24843/ejes.2019.v13.i01.p06>
- Febrianto, D. (2023). *Pengolahan Air Lindi Menggunakan Adsorben Limbah Biji Salak dengan Parameter Mangan (Mn)*. 26–49.
- Fleming, J. G., Lin, S., & Hadley, R. (2019). *Studi Pengolahan Air Limbah Pencucian Jeans Dengan Metode Fisik* (Vol. 28, Issue 10).
- Frandica, D., Masrullita, M., Ulfa, R., Suryati, S., Sulhatun, S., & Nurmawati, N. (2024). Adsorpsi Rhodamin B Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Dari Daun Ketapang (*Terminalia Catappa*). *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 4(3), 423–432. <https://doi.org/10.29103/cejs.v4i3.15141>
- Imani, A., Sukwika, T., & Febrina, L. (2021). Karbon Aktif Ampas Tebu sebagai Adsorben Penurun Kadar Besi dan Mangan Limbah Air Asam Tambang. *Jurnal Teknologi*, 13(1), 33–42.
- Imaniar, A., Prasadi, O., & Fadlilah, I. (2022). Efektivitas Kayu Apu Dan Kangkung Air Untuk Menurunkan Kadar COD, BOD, Dan Amonia Pada Air Limbah Domestik. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 15(2), 105–112.

<https://doi.org/10.29238/sanitasi.v15i2.1425>

- Ismadji, S., Soetaredjo, F. E., & Santoso, S. P. (2021). *Adsorpsi Pada Fase Cair Kesetimbangan, Kinetika, Dan Termodinamika*. <http://www.ukwms.ac.id/>
- Karmanto. (2017). Pengembangan Alat Konverter Ammonium Dari Limbah Bagi Pengeloaan Limbah Cair Rumah Sakit Ramah Lingkungan. *Integrated Lab*, 05(01), 13–18.
- Kedang, Y. I. (2018). Review: Karakterisasi dan Modifikasi Membran Poliamida untuk Aplikasi Pemisahan Zat Warna. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 1(2), 28–30. <https://doi.org/10.32938/slk.v1i2.568>
- Kiswanto, K., Rahayu, L. N., & Wintah, W. (2019). Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi Di Kota Pekalongan. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 17, 72–82. <https://doi.org/10.54911/litbang.v17i0.109>
- Latifah. (2021). *Pemanfaatan kulit Kayu Menjadi karbon Aktif Untuk mengurangi Kandungan Mangan (Mn) Pada Air Lindi*.
- Luna, P., Hoerudin, Usmiati, S., & Sunarmani. (2020). Teknologi Pembuatan Adsorben Dari Limbah Ekstraksi Biosilika Sekam Padi. *Pasundan Food Technology Journal*, 7(3), 116–125. <https://doi.org/10.23969/pftj.v7i3.3001>
- Masyruroh, A., & Ramadhan, A. (2024). Penurunan Beban Pencemar Limbah Cair Rumah Sakit Menggunakan Rancang Moving Bed Biofilter Reactor (Mbbr) Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Medis Di Provinsi Banten. *Jurnal Kebijakan Pembangunan Daerah*, 8(1), 60–77. <https://doi.org/10.56945/jkpd.v8i1.299>
- Mustafa, Kurniawan, A., & Djalil, M. S. (2023). Pengaruh Waktu Adsorpsi Terhadap Penurunan Beban Pencemar Pada Limbah Cair Rumah Sakit Menggunakan Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI)*, 10(1), 176–182.
- Natalia, A. E., Pratiwi, D. E., & Hasri. (2024). Sintesis Karbon Aktif dari Ampas Tebu (Bagasse) dan Aplikasinya Sebagai Penurun Konsentrasi Cod Limbah Cair Gula Synthesis of Activated Carbon from Bagasse and Its Application as a Reducing COD Levels of Sugar Liquid Waste. *Chemica*, 25, 20–31.
- Nayan, A., & Hafli, T. (2022). Analisa Stuktur Mikro Material Komposit Polimer

- Berpenguat Serbuk Cangkang Kerang. *Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology*, 6(1), 15. <https://doi.org/10.29103/mjmst.v6i1.8184>
- Notoatmodjo, S. (2018). Metodologi Penelitian Kesehatan. In *Rineka Cipta* (pp. 1–242).
- Novita, E., & Wahyuningsih, S. (2021). *Agrin_ModelAdsoprasi_Iqo*. 25(1), 22–35.
- Nugroho, A. S. (2015). *Menapis Nitrat Dan Amonium Air Limbah. lim*, 1–103.
- Oktavia, S. (2018). Analisis Kualitas Badan Air Dan Kualitas Air Sumur Di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 1–12. <https://pdfs.semanticscholar.org/105b/b836826836d6adcb9cdc47871138df30f20d.pdf>
- Pane, N. A., Dewi, R., Zulnazri, Z., Sulhatun, S., & Nurlaila, R. (2023). Pembuatan Glukosa Dari Ampas Tebu Dengan Proses Hidrolisis. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 2(5), 54. <https://doi.org/10.29103/cejs.v2i5.7955>
- Peng, F., Gao, Y., Zhu, X., Pang, Q., Wang, L., Xu, W., Yu, J., Gao, P., Huang, J., & Cui, Y. (2020). Removal of high-strength ammonia nitrogen in biofilters: Nitrifying bacterial community compositions and their effects on nitrogen transformation. *Water (Switzerland)*, 12(3), 1–16. <https://doi.org/10.3390/w12030712>
- Polii, F. F. (2017). Pengaruh Suhu dan Lama Aktivitasi Terhadap Mutu Arang Aktif Dari Kayu Kelapa (Effects of Activation Temperature and Duration Time on the Quality of the Active Charcoal of Coconut Wood). *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*. <http://bpkimi1.kemenperin.go.id/bbihp/article/view/1672%0Ahttp://bpkimi1.kemenperin.go.id/bbihp/article/download/1672/2744>
- Pramaningsih, V., Wahyuni, M., & Saputra, M. A. W. (2020). Kandungan AMonia Pda IPAL Rumah Sakit Umum daerah Abdul Wahab Sjahranie, Samarinda. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 34–44.
- Prasetya, F., Bangun, A. P., Hasanuddin, M., & Mubarak, A. S. (2024). *Analisa penurunan kadar amonia dengan arang aktif ampas tebu pada limbah cair industri menggunakan aplikasi python*. 3, 97–102.

- Putri, Y., & Hasna Oktaviana, A. (2024). Adsorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R Pada Limbah Industri Batik Menggunakan Adsorben dari Mahkota Buah Nanas Adsorption of Remazol Brilliant Blue R Dye on Batik Industry Waste Using Pineapple Crown Adsorbent. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 21(1), 2460–8203.
- Rachmawati, L. A. (2020). *Pengelolaan Limbah Medis Padat Dan Limbah Cair Rumah Sakit Onkologi Surabaya*.
- Rahmilaila Desfitri, E., Yoga Arifanda, A., Yulianti, A., & Desmiarti, R. (2024). Studi Efektivitas Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) Sebagai Adsorben Pengurangan Kadar Amonia Limbah Cair Tahu Effectivity Study of Palm Shell Activated Charcoal Utilization (*Elaeis guineensis*) as Adsorbent for Reducing Amm. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 21(1), 2460–8203.
- Reyra, A. S., Daud, S., & Yenti, S. R. (2017). *Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Daun Nanas Terhadap efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut*. Oktober, 27555.
- Riyanto, & Hayati, L. (2017). Treatment of ammonia in liquid hospital waste using activated carbon. *AIP Conference Proceedings*, 1911. <https://doi.org/10.1063/1.5016023>
- Rofikoh, V., Zaman, B., & Samadikun, B. P. (2024). Penyisihan BOD, Minyak Dan Lemak Dalam Air Limbah Domestik Dengan Menggunakan Karbon Aktif Dari Kulit Pisang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23(1), 59–66. <https://doi.org/10.14710/jkli.23.1.59-66>
- Ruhmawati, T., Budiasyah, T., & Setiawan, R. (2020). Efisiensi Penyisihan Kadar Amoniak Limbah Cair Rumah Sakit dengan Proses Adsorpsi Karbon Aktif Biji Plastik. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(2), 82–88. <https://doi.org/10.14710/jkli.19.2.82-88>
- Saheed, I. O., Azeez, S. O., & Suah, F. B. M. (2022). Imidazolium based ionic liquids modified polysaccharides for adsorption and solid-phase extraction applications: A review. *Carbohydrate Polymers*, 298.
- Sari, S. A. P., Lesta, L., Syarmila, S., Hanum, Y., Mawaddah, Z., Jurian, J., & Nurhadini, N. (2022). Extra A Review of Nanofiltration Membrane

- Technology To Treat Water Problems. *Stannum : Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 4(2), 74–80. <https://doi.org/10.33019/jstk.v4i2.2936>
- Sarifudin, K. (2022). Penggunaan Karbon Aktif Kayu Kesambi (*Schleicera oleosa* MERR) dalam Pengolahan Air Sadah. *Haumeni Journal of Education*, 2(1), 197–207. <https://doi.org/10.35508/haumeni.v2i1.7555>
- Sedlak, R. (2018). Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater: Principles and Practice, Second Edition. *Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater*. <https://www-taylorfrancis-com.ezproxy.llu.lv/books/mono/10.1201/9780203743546/phosphorus-nitrogen-removal-municipal-wastewater-richardi-sedlak>
- Septiani, M., Darajat, Z., Pasinda, I., & Kurniawan, D. (2021). Kajian Perbandingan Efektivitas Adsorben Ampas Kopi Dan Fly Ash Pada Penurunan Konsentrasi Amonia (NH_3) Dalam Limbah Cair Urea. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 7(2), 52–59. <https://doi.org/10.32487/jst.v7i2.1171>
- Setiati, R., Wahyuningrum, D., Siregar, S., & Marhaendrajana, T. (2020). Optimasi Pemisahan Lignin Ampas Tebu Dengan Menggunakan Natrium Hidroksida. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 257–264.
- Shi, J., Huang, W., Han, H., & Xu, C. (2020). Review on treatment technology of salt wastewater in coal chemical industry of China. *Desalination*, 493(August), 114640. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114640>
- Siew, Y. W., Zedda, K. L., & Velizarov, S. (2020). Nanofiltration of simulated acid mine drainage: Effect of pH and membrane charge. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/app10010400>
- Suryani, F., Madagaskar, M., & Moulita, R. A. N. (2022). Analisis Pengaruh Waktu Dan Tekanan Terhadap Demineralisasi Air Buangan Ac Dengan Metode Reverse Osmosis. *Jurnal Redoks*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.31851/redoks.v7i1.7924>
- Suwerda, B. (2019). *Studi Penanganan Limbah padat infeksius laboratorium Rumah Sakit Umum Derah Makasar*. 1–23.
- Sylvia, N., Dewi, R., Fitriani, Hakim, L., Abidin, N. Z., Ramadhan, R., & Rahayu, N. A. I. (2023). Adsorption of Methylene Blue on Fix Bed Column Using Adsorbent from Tea Waste. *International Journal of Design and Nature and*

- Ecodynamics*, 18(2), 251–259. <https://doi.org/10.18280/ij dne.180202>
- Tangahu, B. V., Vyatrawan, L., Nurmallasari, R., & Pirade, F. (2017). Bioremediation of Oil Contaminated Soil by Biostimulation Method Using NPK Fertilizer. *OALib*, 04(11), 1–8. <https://doi.org/10.4236/oalib.1103791>
- Tarigan, B., & Ukur, R. (2019). Kemampuan *Acinetobacter baumannii* dan *Nitrobacter winogradskyi* dalam Menurunkan Kandungan Fosfat dan Amonia Limbah Cair Rumah Sakit. *E-Journal Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.
- Teke, S., Dewi, W. O. N. T. D., Jali, W., & Yumnawati, Y. (2021). Pembuatan dan Karakteristik Arang Aktif Ijuk Pohon Aren (*Arenga pinnata*) Sebagai Media Filtrasi Desalinasi Air Payau. *Jurnal Berkala Fisika*, 24(1), 10–21.
- Ulayya, K. (2024). *Studi Kinetika Adsorpsi Rhodamin-B Oleh Karbon Aktif Kulit Durian dan sabut Pinang*.
- Utami, A. R., & Mahmudah, L. (2018). *Penurunan Kadar Fosfat Dalam Limbah Rumah Sakit Dengan Menggunakan Reaktor Fitobiofilm*. 3(1). <https://doi.org/10.36048/jtpii.v31.4185>
- Wahyuningsih, S., & Gitarama, A. M. (2020). *Amonia Pada Sistem Budidaya Ikan*. 2507(February), 1–9.
- Wenten, I. G. (2019). Teknologi Membran Dalam Pengolahan Air Dan Limbah Industri Studi Kasus: Pemanfaatan Ultrafiltrasi untuk Pengolahan Air Tambak. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 1–14. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Winata, B. Y., Erliyanti, N. K., Yogaswara, R. R., & Saputro, E. A. (2021). Pra Perancangan Pabrik Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Proses Aktivasi Kimia pada Kapasitas 20.000 ton/tahun. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 0–5. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.52338>
- Xing, X., Alharbi, N. S., Ren, X., & Chen, C. (2022). *A comprehensive review on emerging natural and tailored materials for chromium-contaminated water treatment and environmental remediation*. 10.

- Yeganeh, G., Ramavandi, B., Esmaeili, H., & Tamjidi, S. (2019). Dataset of the aqueous solution and petrochemical wastewater treatment containing ammonia using low cost and efficient bio-adsorbents. *Data in Brief*, 26, 104308. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104308>
- Zaya Aisyahlika, S., Lutfi Firdaus, M., & Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP Universitas Bengkulu, P. (2018). *Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (Cerbera odollam) Terhadap Zat Warna Sintetis Reactive Red-120 Dan Reactive Blue-198*. 2, 148–155.