

TESIS

**EFEKTIVITAS PENURUNAN KANDUNGAN
AMONIA PADA LIMBAH CAIR MEDIS DENGAN
KOMBINASI METODE ADSORPSI MENGGUNAKAN
BIO-ADSORBEN DARI AMPAS DAUN TEH DAN
MEMBRAN NANOFILTRASI**



OLEH :
SHINTA ARIANI
03012682125001

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

TESIS

**EFEKTIVITAS PENURUNAN KANDUNGAN
AMONIA PADA LIMBAH CAIR MEDIS DENGAN
KOMBINASI METODE ADSORPSI MENGGUNAKAN
BIO-ADSORBEN DARI AMPAS DAUN TEH DAN
MEMBRAN NANOFILTRASI**

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



**SHINTA ARIANI
03012682125001**

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

HALAMAN PENGESAHAN

**EFEKTIVITAS PENURUNAN KANDUNGAN
AMONIA PADA LIMBAH CAIR MEDIS DENGAN
KOMBINASI METODE ADSORPSI MENGGUNAKAN
BIO-ADSORBEN DARI AMPAS DAUN TEH DAN
MEMBRAN NANOFILTRASI**

TESIS

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

Palembang, Januari 2025

Menyetujui,
Pembimbing I,



Prof. Ir. Subriyeo Masir, M.S, Ph.D.
NIP. 19600909 198703 1 004

Pembimbing II,



Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19750511 200001 2 001

Menyetujui,



Dr. D. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.
NIP. 19750211 2003 2 1002

✓ Ketua Jurusan Teknik Kimia,



Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 19750201 200012 2001


HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Taporan tesis ini dengan judul “ Efektivitas Penurunan Kandungan Amonia Pada Limbah Cair Medis Dengan Kombinasi Adsorpsi Menggunakan Bio-Adsorben Dari Ampas Daun Teh dan Membran Nanofiltrasi” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 30 Desember 2024.


Palembang, Januari 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Laporan Tesis

Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA. ( , 7 Januari 2025)
NIP. 196010111985032002

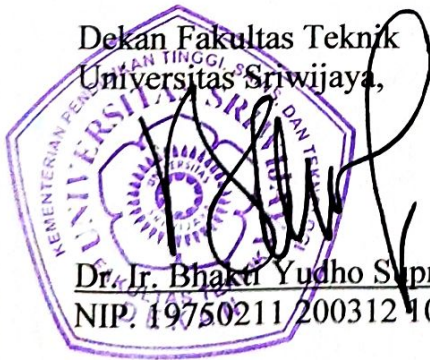
Anggota :

1. Prof. Hj. Tuty Emilia Agustina, Ph.D ( , 6 Januari 2025)
NIP. 197208092000032001

2. Dr. David Bahrin, S.T., M.T. ( , 6 Januari 2025)
NIP. 198010312005011003

Menyetujui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,



Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197502112003121002

✓ Ketua Jurusan Teknik Kimia,


Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :


Nama : Shinta Ariani
NIM : 03012682125001
Judul : Efektivitas Penurunan Kandungan Amonia Pada Limbah Cair Medis Dengan Kombinasi Adsorpsi Menggunakan Bio-Adsorben Dari Ampas Daun Teh dan Membran Nanofiltrasi

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjuplakan/*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, 10 Januari 2025
Yang Membuat Pernyataan,


Shinta Ariani
NIM. 03012682125001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT berkat Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga laporan tesis dengan judul **“Efektifitas Penurunan Kandungan Amonia Pada Limbah Cair Medis Dengan Kombinasi Metode Adsorpsi Menggunakan Bio-Adsorben Dari Ampas Daun Teh dan Membran Nanofiltrasi”** dapat diselesaikan dengan baik. Laporan tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister (M.T) pada Program Studi Teknik Kimia BKU Teknologi Lingkungan Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Semoga laporan tesis ini bermanfaat dan dapat menjadi acuan dalam pengembangan pengolahan limbah cair rumah sakit.

Laporan hasil penelitian ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dr. 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 Program Studi Magister Teknik Kimia.
4. Bapak Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S, Ph.D selaku dosen pembimbing I.
5. Ibu Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D selaku pembimbing II.
6. Kedua Orang Tua, Suami, dan ketiga anak ku yang telah memberikan dukungan dan penyemangat dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar laporan tesisi ini dapat bermanfaat sebagaimana mestinya.

Indralaya, Januari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
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	xiv
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Hipotesa.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Rumah Sakit	6
2.2 Limbah Rumah Sakit.....	7
2.2.1 Limbah Cair Rumah Sakit	7
2.3 Amonia	15
2.3.1 Sifat – Sifat Amonia.....	16
2.3.2 Sumber Amonia	17
2.3.3 Pengaruh Amonia terhadap Lingkungan	18
2.4 Ampas DaunTeh	19

2.4.1. Tanaman Teh.....	19
2.5. Adsorpsi.....	21
2.5.1. Pengertian Adsorpsi.....	21
2.5.2 Mekanisme Adsorpsi	22
2.6 Adsorpsi Amonia	24
2.7 Membran.....	25
2.7.1 Pengertian Membran.....	25
2.7.2 Jenis Membran	26
2.8 Membran Nanofiltrasi	27
2.8.1 Pengertian Membran Nanofiltrasi.....	27
2.8.2 Prinsip Kerja Nanofiltrasi.....	28
2.9 Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive x-ray Spectroscopy (SEM-EDS)	29
2.10 Penelitian Terdahulu	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	37
3.1 Waktu dan Tempat	37
3.2 Alat dan Bahan.....	37
3.2.1 Alat.....	37
3.2.2 Bahan	38
3.3 Prosedur Penelitian	38
3.3.1 Pembuatan Adsorben Karbon dari Ampas Daun Teh.....	38
3.3.2 Aktivasi Adsorben Karbon Ampas Daun Teh.....	39
3.3.3 Proses Pembuatan Adsorben Berbentuk Tablet	40
3.3.4 Proses Pengolahan Limbah Cair Medis	41
3.4 Metode Pengelolaan Data.....	43
3.4.1 Penentuan Efektifitas Adsorpsi	43
3.5 Analisa Sample	44
3.5.1 Analisis Karakteristik Adsorben	44
3.5.2 Analisa Derajat Keasaman (pH).....	46
3.5.3 Analisis Kadar Amonia.....	46
3.5.4 Analisa SEM-EDS	46
3.6 Skematik Rangkaian Alat.....	47

BAB IV HASIL DAN PEMBASAHAN	48
4.1 Karakteristik Awal Sampel Limbah Cair Medis	48
4.2 Karakteristik Adsorben Karbon Ampas Daun Teh	48
4.3 Karakteristik Limbah Cair Setelah Pretreatment	50
4.4 Karakteristik Limbah Cair Medis Pada Keluaran Kolom Adsorpsi	52
4.4.1 Pengaruh Waktu Operasi Terhadap Karakteristik Limbah Cair Medis Keluaran Kolom Adsorpsi	52
4.4.2 Pengaruh Rasio Massa Adsorben Terhadap Karakteristik Limbah Cair Medis Keluaran Kolom Adsorpsi	57
4.4.3 Pengaruh Laju Alir Terhadap Karakteristik Limbah Cair Medis Keluaran Kolom Adsorpsi	57
4.5 Karakteristik Limbah Cair Medis Keluaran Kolom Membran Nanofiltrasi ...	59
4.6 Efektivitas Proses Pengolahan Limbah Cair Medis	61
4.6.1 Efektivitas Penurunan Kadar Amonia Pada Proses Pretreatment dengan Penggunaan Spons Filter 10 μm	61
4.6.2 Efektivitas Penurunan Kadar Amonia Pada Proses Adsorpsi dengan Adsorben Karbon Ampas Daun Teh	62
4.6.3 Efektivitas Penurunan Kadar Amonia Dengan Membran Nanofiltrasi ...	63
4.7 Perbandingan Hasil Analisa SEM-EDS Adsorben Karbon Ampas Daun Teh Sebelum Aktivasi, Setelah Aktivasi, dan Setelah Proses Adsorpsi	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	70
5.1 KESIMPULAN.....	70
5.2 SARAN	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN A	80
LAMPIRAN B.....	87
LAMPIRAN C	96

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Penelitian Terdahulu	80
Lampiran B Gambar Dokumentasi Penelitian.....	87
Lampiran C Data Hasil Analisis	96

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Standar Baku Mutu Limbah cair Untuk Kaegiatan Rumah Sakit	12
Tabel 2.2 Kandungan pada ampas daun teh	20
Tabel 2.3 Perbedaan Adsorbsi Fisika dan Kimia	22
Tabel 2.4 Jenis Membran Berdasarkan Fungsi	26
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu	30
Tabel 3.1 Spesifikasi Membran Nanofiltrasi yang digunakan	37
Tabel 3.2 Karakteristik Adsorben (Arang Teknis)	45
Tabel 4.1 Hasil Analisis Sampel Awal Limbah Cair Rumah Sakit	47
Tabel 4.2 Hasil analisis kualitas karbon aktif.....	47
Tabel 4.3 Kondisi optimum penurunan kadar amonia pada variasi waktu operasi (Laju alir 3 L/min; Massa Ads 140 gram).....	53
Tabel 4.4 Kondisi optimum penurunan pH pada variasi waktu operasi waktu operasi (Laju alir 3 L/min; Massa Ads 140 gram).....	54
Tabel 4.5 Kondisi optimum penurunan kadar amonia pada variasi massa Adsorben (Laju alir 3 L/min; Waktu Operasi 60 min).....	55
Tabel 4.6 Kondisi optimum penurunan pH pada variasi massa adsorben (Laju alir 3 L/min; Waktu Operasi 75 min).....	57
Tabel 4.7 Kondisi optimum penurunan kadar amonia pada variasi laju alir (Waktu operasi 60 min; Massa Ads 140 gram).....	58
Tabel 4.8 Kondisi optimum penurunan pH pada variasi laju alir (Waktu operasi 60 min; Massa Ads 140 gram).....	59
Tabel 4.9 Kondisi Optimum Penurunan Kadar Amonia Pada Keluaran Membran Nanofiltrasi.....	60
Tabel 4.10 Kondisi Optimum Penurunan pH Pada Keluaran Membran Nanofiltrasi.....	60
Tabel 4.11 Efektivitas penurunan kadar amonia pada tahap pretreatment (waktu 75 min)	61
Tabel 4.12 Efektivitas Penurunan Kadar Amonia Pada Kolom Adsorben (Massa Ads 140 gram; Laju Alir 3 L/min)	62
Tabel 4.13 Tabel Efektivitas Penyerapan Amonia pada Kolom Membran NF	63

Tabel 4.14 Efektivitas Metode yang digunakan (Massa Adsorben 140 g, Laju Alir 3 L/min) : (A) Filtrasi (B) Filtrasi + Adsorpsi (C) Filtrasi + Adsorpsi + Nanofiltrasi.....	64
Tabel 4.15 Hasil Analisis SEM-EDS Komposisi Senyawa Karbon Ampas Daun Teh.....	68

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tanaman Teh	19
Gambar 2.2 Skema Pemisahan Membran	25
Gambar 2.3 Membran nanofiltrasi	28
Gambar 2.4 Skema Kerja SEM – EDS	30
Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Adsorben Karbon dari Ampas Daun Teh	38
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Adsorben Karbon dari Ampas Daun Teh Teraktivasi	39
Gambar 3.3 Diagram alir pembuatan adsorben berbentuk tablet	40
Gambar 3.4 Diagram alir pretreatment pada kolom filtrasi	41
Gambar 3.5 Diagram alir proses pada kolom adsorpsi	41
Gambar 3.6 Diagram alir proses pada kolom membran NF	42
Gambar 3.7 Diagram Alir Proses Pengolahan Limbah Cair Medis	45
Gambar 4.1 Adsorben Karbon Ampas Daun Teh	49
Gambar 4.2 Nilai pH pada keluaran filter	50
Gambar 4.3 Kadar amonia pada keluaran spon filter	51
Gambar 4.4 Pengaruh waktu operasi pada penurunan kadar amonia (Laju alir 3 L/min; Massa Ads 140 gram)	53
Gambar 4.5 Pengaruh waktu operasi pada penurunan pH (Laju alir 3 L/min; Massa Ads 140 gram)	55
Gambar 4.6 Pengaruh variasi massa adsorben pada penurunan kadar Amonia (Laju alir 3 L/min; Waktu operasi 60 min)	56
Gambar 4.7 Pengaruh variasi massa adsorben pada penurunan pH (Laju alir 3 L/min; Waktu operasi 60 min)	57
Gambar 4.8 Pengaruh variasi laju alir pada penurunan kadar amonia (Waktu Operasi 60 min; Massa Ads 140 gram)	58
Gambar 4.9 Pengaruh variasi laju alir pada penurunan pH (Waktu Operasi 60 min; Massa Ads 140 gram)	59
Gambar 4.10 Penurunan pH Pada Kondisi Optimum Keluaran Membran NF	61

Gambar 4.11 Hasil analisis SEM pada karbon ampas daun teh sebelum diaktivasi	65
Gambar 4.12 Hasil analisis SEM pada karbon ampas daun teh setelah diaktivasi	65
Gambar 4.13 Hasil analisis SEM pada karbon ampas daun teh setelah proses adsorpsi	66
Gambar 4.14 Hasil SEM-EDS sebelum aktivasi	67
Gambar 4.15 Hasil SEM-EDS setelah aktivasi	68
Gambar 4.16 Hasil SEM-EDS setelah proses adsorpsi	68

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

<i>V</i>	<i>Volume</i>	L
<i>A</i>	<i>Luas Permukaan</i>	Cm ²
<i>t</i>	<i>Waktu</i>	min
<i>Ef</i>	<i>Efektivitas</i>	%

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah penduduk yang setiap tahun bertambah yang mengakibatkan semakin banyak nya kebutuhan akan pelayanan kesehatan salah satunya yaitu rumah sakit, dimana dengan semakin banyak nya rumah sakit maka semakin banyak pula limbah yang dihasilkan, sehingga semakin tinggi pula dampak pencemaran nya bagi lingkungan (Waang dkk., 2016).

Limbah rumah sakit merupakan semua limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit baik dalam bentuk padat, cair, dan gas yang mengandung mikroorganism patogen, bersifat infeksius, bahan berbahaya dan beracun, radioaktif, dan domestik (Purwaningrum dkk., 2023).

Limbah cair dari kegiatan rumah sakit termasuk salah satu sumber pencemar yang berbahaya, karena didalamnya terkandung mikroorganism patogen, obat – obatan (termasuk residu yang keluar dari urine), metabolit manusia (seperti bekas darah, cairan tubuh), bahan kimia (desinfektan), yang jika tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan sekitar (Khan dkk., 2020)

Pengolahan limbah cair rumah sakit umumnya dilakukan dengan proses biologis yaitu proses aerob dan an-aerob (Purwaningrum dkk., 2023). Penguraian limbah memerlukan waktu minimal 30 hari dengan tingkat efisiensi sangat tergantung pada kemampuan bakteri pengurainya (Rawis dkk., 2022). Persyaratan minimal yang harus dipenuhi dengan metode ini adalah tersedianya kolam buatan pengolahan limbah cair. Kendala yang sering dihadapi adalah pendangkalan kolam yang mengakibatkan efektivitas mikroba berkurang (Emmanuel dkk., 2005)

Limbah cair yang dihasilkan oleh berbagai kegiatan di lingkungan rumah sakit berpotensi mencemari lingkungan jika parameter yang terkandung di dalamnya melebihi baku mutu yang ditentukan. Karakteristik pada limbah cair terdiri dari fisika, kimia dan mikrobiologi yang masing – masing mempunyai kadar maksimum atau baku mutu. Salah satu unsur yang menjadi parameter kimia kualitas air limbah adalah amonia (Khan dkk., 2021).

Amonia merupakan senyawa nitrogen yang mudah larut dalam air dan bersifat basa sehingga dalam air akan membentuk ammonium hidroksida. Menurut Peraturan Daerah Sumatera Selatan Nomor 8 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Rumah Sakit, Domestik, dan Pertambangan Batubara standar baku mutu amonia yang berasal dari limbah cair rumah sakit adalah 0,1 mg/L.

Pencemaran yang berasal dari air limbah yang banyak mengandung amonia ke lingkungan menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut pada badan air penerima karena oksigen yang ada digunakan untuk nitrifikasi NH_3 , akibatnya organisme yang ada pada air akan kekurangan oksigen dan akan mengalami kematian (Nugroho dkk., 2014). Untuk kesehatan amonia dapat berpengaruh pada refleksi pernapasan, batuk – batuk, sesak nafas, serta dapat mengganggu selaput conjunctive pada mata, adapula efek kronis pada bronchus, peningkatan eksresi ludah, gejala kencing tersendatsendat/urine retention (Rohani dkk., 2021).

Pengolahan secara konvensional tidak mengurangi konsentrasi amonia secara signifikan, karena dengan proses konvensional pengolahan air limbah rumah sakit pada umumnya hanya melibatkan proses fisika. Oleh karena itu perlu dicari alternatif pengolahan yang efektif dalam pengaplikasian di lapangan (Ruhmawati dkk., 2020). Salah satu cara yang dapat digunakan yaitu dengan metode kombinasi adsorben yang berbahan dasar dari alam salah satunya bio adsorben dari limbah ampas daun teh dan membran sehingga kandungan amonia dalam limbah medis dapat diturunkan sehingga memenuhi baku mutu atau air limbah nya mungkin dapat digunakan kembali atau dimanfaatkan.

Teh merupakan minuman tradisional yang biasa dikonsumsi oleh penduduk Indonesia. Selain menjadi minuman yang sehari-hari dapat dikonsumsi, teh mengandung banyak kandungan yang dapat menyehatkan tubuh dan mencegah dari berbagai penyakit (Tugiyanti dkk., 2017). Seiring dengan berkembang pesatnya industri sekarang ini termasuk industri makanan dan minuman yang berbahan dasar dari daun teh, sehingga pihak perusahaan harus mencari alternatif dari pemanfaatan limbah ampas daun teh agar tidak mencemari lingkungan (Rizki dkk., 2022). Sekarang ini alternatif paling mudah adalah dengan menjadikan ampas daun teh menjadi bahan baku pupuk kompos, tetapi untuk menjadi pupuk kompos limbah

ampas daun teh memerlukan waktu yang lama dan tempat yang cukup luas, sehingga salah satu alternatifnya yaitu menjadikan limbah ampas daun teh menjadi adsorben (Tugiyanti dkk., 2017). Sifat fisik yang dimiliki limbah ampas teh seperti kapasitas permukaan yang luas dan kinetika adsorpsinya yang cepat membuat limbah ampas teh cocok digunakan sebagai adsorben ramah lingkungan dengan modal minim dan ketersediaan bahan baku yang mudah didapat dan juga menjadi alternatif dalam pengelolaan lingkungan dengan mengurangi limbah yang bersumber dari ampas daun teh (Duran dkk., 2011). Karena kandungan karbonnya yang tinggi, limbah teh telah terbukti menjadi prekursor yang sangat efektif untuk diaktifkan produksi karbon. Ini sering digunakan sebagai adsorben utama dalam pengolahan air (Mariah dkk., 2023).

Ampas daun teh mengandung kadar selulosa yang cukup tinggi yaitu berkisar 37% dari berat keringnya, hemiselulosa dan lignin 14% dan polifenol 25% (Madrakian dkk., 2012).

Pada penelitian ini, setelah menggunakan adsorben proses dilanjutkan menggunakan membran, yaitu membran nanofiltrasi. Kelebihan penggunaan teknologi membran ini adalah biaya operasi yang relatif murah, ramah lingkungan, efisiensi ruang, dan keunggulan lain dari teknologi membran adalah proses pemisahan dapat berlangsung secara kontinyu (Oatley dkk., 2017). Membran nanofiltrasi mempunyai ukuran pori $0,001\mu\text{m}$ yang dapat menyaring limbah dengan kadar organik sangat tinggi (Nugroho dkk., 2014), dan diharapkan membran nanofiltrasi dapat menyaring sisa amonia yang tidak dapat di serap oleh adsorben dari limbah ampas daun teh.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana karakteristik adsorben karbon dari ampas daun teh?
2. Bagaimana proses adsorpsi terhadap amonia pada limbah cair medis dengan menggunakan adsorben karbon dari ampas daun teh?
3. Bagaimana pengaruh proses lanjutan penggunaan membran nanofiltrasi terhadap pengurangan kadar amonia pada limbah cair medis?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengevaluasi dan menganalisis karakteristik adsorben karbon dari ampas daun teh.
2. Mengevaluasi dan menganalisis proses adsorpsi terhadap amonia pada limbah cair medis dengan menggunakan adsorben karbon dari ampas daun teh.
3. Mengevaluasi dan menganalisis pengaruh penggunaan membran nanofiltasi terhadap pengurangan kadar amonia pada limbah cair medis.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu :

1. Hasil penelitian untuk mengetahui karakteristik arang adsorben dari ampas daun teh.
2. Menyediakan referensi baru penggunaan metode hybrid antara bio-adsoben dari limbah ampas daun teh dan membran nanofiltrasi dalam pegurangan kadar amonia pada limbah cair medis sehingga limbah cair medis dapat dimanfaatkan kembali.

1.5 Ruang Lingkup

Adapun Ruang Lingkup dari penelitian ini, yaitu :

1. Adsorben berbahan limbah ampas teh, dimana ampas teh diperoleh dari PT. Sosro Palembang.
2. Limbah cair medis di ambil dari inlet IPAL Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Ogan Ilir.
3. Variabel tetap pada proses adalah suhu dengan range 25 – 26 °C, dan ukuran dari adsorben yaitu 100 mesh.
4. Membran yang dipakai adalah jenis nanofiltrasi dengan tipe membran NF-1812-150 dengan bahan membran komposit film tipis organik.
5. Laju alir yang digunakan dalam pengolahan limbah cair medis yaitu 2 L/menit dan 3 L/menit.
6. Waktu yang digunakan dalam pengolahan limbah cair medis yaitu 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, dan 75 menit.
7. Kandungan limbah yang di pelajari adalah kandungan amonia, dan pH.

1.6 Hipotesa

1. Pengolahan limbah cair medis dengan menggunakan ampas daun teh mampu menurunkan kadar amonia dalam limbah cair medis. (Fernianti dkk., 2018).
2. Penggunaan membran nanofiltrasi sebagai lanjutan proses pengolahan limbah cair medis akan meningkatkan penurunan persentase kadar amonia. (Tria dkk., 2015).

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, B. K., Lolo, E. U., Gunawan, R. I., & Pambudi, Y. S. (2021). Reduksi Kadar Phospat Limbah Cair Rumah Sakit Menggunakan Bakung Putih (*Crinum asiaticum* Linn.) (Studi Kasus: RSUD dr. Soehadi Prijonegoro Kabupaten Sragen). *Jurnal Serambi Engineering*, 6(2), 1860–1869. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i2.2887>
- A. Lia Fitriana. (2016). Uji Efektifitas Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Pertamedika Menggunakan Sistem Biofilter Aerob-Anaerob Lia Fitriana 1) , Encik Weliyadi 2). 9(2), 111–122.
- Ahmaruzzaman, M., & Gayatri, S. L. (2010). Activated tea waste as a potential low-cost adsorbent for the removal of p -nitrophenol from wastewater. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 55(11), 4614–4623. <https://doi.org/10.1021/je100117s>
- Akbar, I. (2023). Pemanfaatan ampas teh kaskara sebagai adsorben penyerap logam besi (fe) dengan pendekatan kinetika isoterm freundlich dan. *Tugas Akhir*, 66.
- Anggraeni, N. D. (2018). Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite. *Seminar Nasional - VII Rekayasa Dan Aplikasi Teknik Mesin Di Industri*, 50–56.
- Anggriani, U. M., Hasan, A., & Purnamasari, I. (2021). Kinetic adsorption of activated carbon in decreasing concentrations of copper (cu) and lead (pb) metals. *Jurnal kinetika*, 12(02), 29–37. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>
- Aufiyah, & Damayanti, A. (2013). Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Membran Nanofiltrasi Aliran Cross Flow untuk Menurunkan Kekeruhan dan Fosfat. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2), 98–103.
- Ayuningtiyas, R. D. (2019). Proses pengolahan limbah cair di rsud dr . Program d - iii hiperkes dan keselamatan kerja. 15–59.
- Azizah, M., & Mira, H. (2015). Analisis Kadar Amonia (NH₃) dalam Air Sungai Cileungsi. *Nusa Sylva*, 15(82), 47–54.
- Azzahra, R. F., & Taufik, M. (2020). Bio-Adsorben Berbahan Dasar Limbah Ampas Teh (*Camellia Sinensis*) Sebagai Agent Penyerap Logam Berat Fe Dan Pb Pada Air Sungai Bio-Adsorbent From Waste Tea Leaves (*Camellia Sinensis*) As Heavy Metal Fe and Pb Adsorption Agent in River Water. *Jurnal Kinetika*, 11(01), 65–70. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index65>
- Bajpai, S. K., & Jain, A. (2010). Removal of copper(II) from aqueous solution using spent tea leaves (STL) as a potential sorbent. *Water SA*, 36(3), 221–228.

- Barus, B. R. (2019). Analisa kualitas limbah cair rumah sakit sembiring, deli tua. *Jurnal Inovasi Kesehatan Masyarakat*, 1(1), 39–48.
- Benyamin, Y., Suwari, & Darmakusuma, D. (2020). Efektivitas Pengolahan Limbah Cair RSUD Kefamenanu Melalui Proses Filtrasi. *Jurnal Biologi Edukasi*, 12(2), 43–47.
- Berliana, A., & Wijayanti, F. (2022). Analisa Kadar Ammonia (NH₃) dari Limbah Cair Industri Rumah Sakit Secara Fenat Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 5, 2022.
- Bernardo, P., Iulianelli, A., Macedonio, F., & Drioli, E. (2021). Membrane technologies for space engineering. *Journal of Membrane Science*, 626(February), 119177. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2021.119177>
- Biofive. (2022). Manual book pengolahan air limbah (ipal) wastewater treatment.
- Boussu, K., Van der Bruggen, B., Volodin, A., Van Haesendonck, C., Delcour, J. A., Van der Meeren, P., & Vandecasteele, C. (2016). Characterization of commercial nanofiltration membranes and comparison with self-made polyethersulfone membranes. *Desalination*, 191(1–3), 245–253. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.07.025>
- Çelebi, H., Gök, G., & Gök, O. (2020). Adsorption capability of brewed tea waste in waters containing toxic lead(II), cadmium (II), nickel (II), and zinc(II) heavy metal ions. *Scientific Reports*, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74553-4>
- Cui, Z. F., & Muralidhara, H. S. (2010). Membrane Technology. In *Membrane Technology*. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-19129-8>
- Dey, S., Haripavan, N., Basha, S. R., & Babu, G. V. (2021). Removal of ammonia and nitrates from contaminated water by using solid waste bio-adsorbents. *Current Research in Chemical Biology*, 1, 100005. <https://doi.org/10.1016/j.crchbi.2021.100005>
- Chulqi, Linatul. (2019). Pengaruh Polietilen Glikol (PEG) Terhadap Fenomena Fouling Pada Proses Desalinasi Air Laut Dengan Membran Hybrid/zeolit Alam/Polivinil Alkohol (PVA). *Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto*.
- Dun, R. K., Wang, Y. L., Liu, B. Z., Shen, H., Wang, D. S., Jia, W. J., & Nie, R. F. (2024). Study on the nanofiltration membrane fouling control and cleaning efficiency of micro- and nanobubbles. *Desalination and Water Treatment*, 317(January), 100297. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100297>
- Dunggio, I., & Musa, W. J. A. (2022). Pengujian Kualitas Kimia dan Fisika Limbah Cair Pada Industri Kecil dan Menengah di Daerah Aliran Sungai (DAS) Poso Kabupaten Gorontalo Utara. *Jambura Journal of Chemistry*, 4(2), 36–46.
- Duran, C., Ozdes, D., Gundogdu, A., Imamoglu, M., & Senturk, H. B. (2011). Tea-

- industry waste activated carbon, as a novel adsorbent, for separation, preconcentration and speciation of chromium. *Analytica Chimica Acta*, 688(1), 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.12.029>
- Emmanuel, E., Perrodin, Y., Keck, G., Blanchard, J. M., & Vermande, P. (2015). Ecotoxicological risk assessment of hospital wastewater: A proposed framework for raw effluents discharging into urban sewer network. *Journal of Hazardous Materials*, 117(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.08.032>
- Faidah, N. N. (2017). Komparasi Efisiensi Penurunan Warna Limbah Batik Pada Pengolahan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Lidah Mertua (*Sansivera* sp) Dan Pisang-pisangan (*Heliconia* sp) Di Purwokerto Tahun 2017. Kementerian Kesehatan RI Politeknik Kesehatan Semarang Jurusan Kesehatan Lingkungan Purwokerto, 36, 1–88.
- Fatimah, Effendi, S.R.E., & Sofith, C. D (2021). Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Alam yang Diaktivasi dan Diimpregnasi HCl dan Mg²⁺ pada Penjerapan Ion Posfat. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 10(1), 13- 18. <https://doi.org/10.1032734/jtk.v10i1.4010>
- Fauziyah, N. (2022). Sistem Pengolahan Limbah Cair Di Rumah Sakit Ortopedi Prof. Dr. R. Soeharso Surakarta. In Skripsi : Program Studi Kedokteran USM Surakarta.
- Fernanda, D. D., Rupiasih, N. N., Wendri, N., & Eri Sandriani, N. W. (2019). Chitosan as A Silver (Ag) Adsorbent on Hospital Photography Fixer Waste. *Buletin Fisika*, 20(1), 6. <https://doi.org/10.24843/bf.2019.v20.i01.p02>
- Hartaja, D. R. K. (2018). Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Kapasitas 40 M3/Hari. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 10(2), 99–113. <https://doi.org/10.29122/jrl.v10i2.2850>
- Hasiholan, I. (2014). Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, 53(9), 1689–1699.
- Inkson, B. J. (2016). Scanning Electron Microscopy (SEM) and Transmission Electron Microscopy (TEM) for Materials Characterization. In *Materials Characterization Using Nondestructive Evaluation (NDE) Methods*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100040-3.00002-X>
- Irawan, C. (2018). Pengaruh Konsentrasi Adsorbat Terhadap Efektivitas Penurunan Logam Fe Dengan Menggunakan Fly Ash Sebagai Adsorben. *Seminastika*, 291–293.
- Irmanto dan Suyata. (2009). Penurunan Kadar Amonia, Nitrit, dan Nitrat Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi. 4(2) : 105 - 114.
- Iryani, A., & Pakuan, U. (2017). Pemanfaatan ampas teh sebagai adsorben ion

kalsium (Ca^{2+}) dan ion magnesium (Mg^{2+}) dalam air sadah utilization of tea waste as adsorbent ion calcium (Ca^{2+}) and ion magnesium june.

- Jafapour, M. Foolad, A., Mansouri, M., Nikbakhsh, Z., and Saeedizade, H. (2010). Ammonia removal from nitrogenous industrial waste water using Iranian natural zeolite of clinoptilolite type, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 70 : 939-945.
- Junary, E., Pane, J. P., & Herlina, N. (2015). Pengaruh Suhu dan Waktu Karbonisasi Terhadap Nilai Kalor dan Karakteristik pada Pembuatan Bioarang Berbahan Baku Pelepah Aren (*Arenca pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(2), 46–52. repository.usu.ac.id
- Kavindra Kumar Kesari & Ramendra Soni. (2021). Sci-Hub | Wastewater Treatment and Reuse: a Review of its Applications and Health Implications. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232(5) | 10.1007/s11270-021-05154-8. <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1007/s11270-021-05154-8>
- Kedang, Y. I. (2019). Membran Nanofiltrasi untuk Aplikasi Pemisah Zat. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 2(1), 27–29. <https://doi.org/10.32938/slk.v2i1.444>
- Kerubun, A. A. (2014). Kualitas Limbah Cair di Rumah Sakit Umum Daerah Tulehu (Wastewater Quality in Tulehu Regional Public Hospital). *Media Kesehatan Masyarakat*, 180–185.
- Khan, A. H., Khan, N. A., Ahmed, S., Dhingra, A. (2020). Application of advanced oxidation processes followed by different treatment technologies for hospital wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production*, 269. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122411>
- Khan, M. T., Shah, I. A., Ihsanullah, I., Naushad, M., Ali, S., Shah, S. H. A., & Mohammad, A. W. (2021). Hospital wastewater as a source of environmental contamination: An overview of management practices, environmental risks, and treatment processes. *Journal of Water Process Engineering*, 41(March), 101990. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.101990>
- Körner, S., Das, S. K., Veenstra, S., & Vermaat, J. E. (2021). The effect of pH variation at the ammonium/ammonia equilibrium in wastewater and its toxicity to *Lemna gibba*. *Aquatic Botany*, 71(1), 71–78. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(01\)00158-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(01)00158-9)
- Lathifah, T., Yuliani, N., & Wardhani, G. A. P. K. (2019). Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat Sebagai Adsorben Dalam Pemurnian Pelumas Bekas. *Jurnal Sains Natural*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.31938/jsn.v9i1.170>
- Latifah, I. L. (2018). Kinetika Adsorpsi Senyawa Pengotor Dalam Crude Glycerol (Hasil Pengasaman) Menggunakan Hidrotalsit Mg-Al-CO 3. 1–114.
- Lim, M. Z. Y., Chong, W. C., Lau, W. J., & Koo, C. H. (2021). Performance of thin film composite membranes for ammonium removal and reuse of ammonium-enriched solution for plant growth. *Water Science and Technology: Water*

Supply, 21(1), 318–330. <https://doi.org/10.2166/ws.2020.295>

- Madrakian, T., Afkhami, A., & Ahmadi, M. (2022). Adsorption and kinetic studies of seven different organic dyes onto magnetite nanoparticles loaded tea waste and removal of them from wastewater samples. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 99, 102–109. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2012.09.025>
- Maharani, R. M., & Damayanti, A. (2019). Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Membran Silika Nanofiltrasi Aliran Cross Flow untuk Menurunkan Fosfat dan Amonium. *Teknik Pomits*, 2(2), 113–117.
- Maria, M., & Ahmad, A. (2017). Pengaruh Konsentrasi Klorin Terhadap Penurunan Kadar Amoniak (NH₃) Pada Air Limbah Domestik. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 6(04), 206–213. <https://doi.org/10.33221/jikm.v6i04.29>
- Mariah, M. A. A., Rovina, K., Vonnie, J. M., & Erna, K. H. (2023). Characterization of activated carbon from waste tea (*Camellia sinensis*) using chemical activation for removal of methylene blue and cadmium ions. *South African Journal of Chemical Engineering*, 44(December 2022), 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2023.01.007>
- Maulana, M. R., & Marsono, B. D. (2021). Penerapan Teknologi Membran untuk Mengolah Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Its*, 10(2), 54–61.
- Mayasari, R., Purba, E., & Djana, M. (2020). Prosiding Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA) 3. Penyisihan kadar amoniak (NH₃) dalam limbah cair karet dengan kombinasi adsorben bentonit dan zeolit secara kontinyu. 110.
- M.A., & Fernianti, D. (2018). Karbonisasi Ampas Teh Yang Sudah Diseduh dan Aktivasi Menggunakan Asam Sulfat. 3(2), 10–15.
- Mistar, E. K., Sara, T., Alfatah, T. (2017). Pengaruh Laju Alir Terhadap Kinetika Adsorpsi Methylene Blue dengan Karbon Aktif Tempurung Kelapa Teraktivasi NaOH. *Jurnal Serambi Engineering*. 103 - 108.
- Moradihamedani, P. (2021). Recent developments in membrane technology for the elimination of ammonia from wastewater: A review. *Polymer Bulletin*, 78(9), 5399–5425. <https://doi.org/10.1007/s00289-020-03386-y>
- Mouni, L., Belkhiri, L., Bollinger, J. C., Bouzaza, A., Assadi, A., Tirri, A., Dahmoune, F., Madani, K., & Remini, H. (2018). Removal of Methylene Blue from aqueous solutions by adsorption on Kaolin: Kinetic and equilibrium studies. *Applied Clay Science*, 153(March 2017), 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.11.034>
- Muhajjalin, R. G., Agawijaya, I., Santoso, B., & Suryadi, J. (2021). Perbandingan Efektivitas Ampas Teh Hitam dan Ampas Teh Hijau sebagai Adsorben Ion Logam Cr (VI). *Fullerene Journ. Of Chem*, 6(2), 101–109. <https://doi.org/10.37033/fjc.v6i2.327>

- Mulder, M. (1991). Basic Principle of Membran. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 110, Issue 9).
- Murti, R. S., Maria, C., Purwanti, H., Kulit, B. B., Hi, W. K. H., Ri, F., Dqg, D., Wkh, W., Lqwr, G., Dqg, U., Lvrwkhup, D., Frhi, R., Dqg, F., Vtxduhg, P., Zhuh, H., Wr, X., Wkh, H., Ri, S., Prghov, W. K. H., ... Shqmhudsdq, H. V. (2013). Adsorption of ammonia from tannery wastewater.
- Muthia, E. (2017). Proses pemisahan menggunakan teknologi membran. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Nsi, E. W., Akpakpan, A. E., Ekwere, I. O., & Udoh, D. P. (2017). Equilibrium and isotherm studies on the adsorption of methylene blue and malachite green by activated carbon prepared from *irvingia gabonensis* seed shells. *International Journal of Ecological Science and Environmental Engineering*, 4(5), 72–77.
- Nugroho, A. S., & Damayanti, A. (2014). Uji Kinerja Membran Nanofiltrasi Zeolit Untuk Menapis Nitrat Dan Amonium Air Limbah Produksi Tahu Test Performance of Zeolite Nanofiltration Membranes To Screen for Nitrate and Ammonium Tofu Production Wastewater. *Jurnal Purifikasi*, 14(2), 106–117.
- Oatley-Radcliffe, D. L., Walters, M., Ainscough, T. J., Williams, P. M., Mohammad, A. W., & Hilal, N. (2017). Nanofiltration membranes and processes: A review of research trends over the past decade. *Journal of Water Process Engineering*, 19(July), 164–171. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.07.026>
- Okoh, A. I., Odjadjare, E. E., Igbinsosa, E. O., & Osode, A. N. (2017). Wastewater treatment plants as a source of microbial pathogens in receiving watersheds. *African Journal of Biotechnology*, 6(25), 2932–2944. <https://doi.org/10.5897/ajb2007.000-2462>
- Permadi (2014). Utilitas Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit. Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta. 173–184.
- Pinem, J. A., Tumanggor, I., & Saputra, E. (2020). The Application of Nanofiltration Membrane for Palm Oil Mill Effluent Treatment by Adding Polyaluminium Chloride (PAC) as Coagulant. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 15(1), 1–9. <https://doi.org/10.23955/rkl.v15i1.13952>
- Prachakittikul, P., Wantawin, C. (2016). ANAMMOX-like performances for nitrogen removal from ammonium-sulfate-rich wastewater in an anaerobic sequencing batch reactor. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 51(3), 220–228. <https://doi.org/10.1080/10934529.2015.1094336>
- Pramaningsih, V., Wahyuni, M., & Saputra, M. A. W. (2020). Kandungan Amonia Pada Ipal Rumah Sakit Umum Daerah Abdul Wahab Sjahrani, Samarinda. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(1), 34–44. <https://doi.org/10.20527/jukung.v6i1.8236>

- Pratiwi, I., & Indah Agustiorini. (2023). Penurunan nilai ph, cod, tds, tss pada air sungai menggunakan limbah kulit jagung melalui adsorben. *Jurnal Redoks*, 8(1), 55–62. <https://doi.org/10.31851/redoks.v8i1.10830>
- Purwaningrum, S. I., & Syarifuddin, H. (2023). Analisis Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) RSUD H. Abdurrahman Sayoeti Kota Jambi. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 6(2), 61–68.
- Putri, P. D. K. (2020). Perbedaan Kualitas Air Limbah Rumah Sakit Wangaya Denpasar Tahun 2020. 9–41. [http://repository.poltekkes-denpasar.ac.id/4311/2/BAB II fix.pdf](http://repository.poltekkes-denpasar.ac.id/4311/2/BAB%20II%20fix.pdf)
- Radjenović, J., Petrović, M., Ventura, F., & Barceló, D. (2008). Rejection of pharmaceuticals in nanofiltration and reverse osmosis membrane drinking water treatment. *Water Research*, 42(14), 3601–3610. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.05.020>
- Rawis, L., & et all. (2022). Analisis Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Bhayangkara Tingkat III Manado. *Tekno*, 20, 233–243. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/tekno/article/view/42567>
- Redjeki, S. (2011). Proses Desalinasi Dengan Membran. *Proses Desalinasi Dengan Membran*, 1–113.
- Rizki, S., Aeni, N., Baehaki, F., & Muwahiddah, Z. (2022). Pemanfaatan ampas daun teh pada proses biosorpsi logam berat Cr (VI) pada air sungai Citarum. *Pemanfaatan ampas daun teh pada proses biosorpsi logam berat Cr (VI) pada air sungai Citarum*. 27(2), 103–111.
- Rohani, R., Yusoff, I. I., Khairul Zaman, N., Mahmood Ali, A., Rusli, N. A. B., Tajau, R., & Basiron, S. A. (2021). Ammonia removal from raw water by using adsorptive membrane filtration process. *Separation and Purification Technology*, 270(April), 118757. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.118757>
- 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>
- Sahara, E.-, Sulihingtyas, W. D., & Mahardika, I. P. A. S. (2017). Pembuatan dan karakterisasi arang aktif dari batang tanaman gumitir (*tagetes erecta*) yang diaktivasi dengan h₃po₄. *Jurnal kimia*, 1–9. <https://doi.org/10.24843/jchem.2017.v11.i01.p01>
- 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>
- Sari, S. A., Studi, P., Masyarakat, K., Kesehatan, F. I., & Surakarta, U. M. (2020).

Penurunan kadar amonia secara alami pada limbah cair tahu.

- Sari, W. M. (2015). Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Muhammadiyah Palembang (RSMP) Dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob. *Jurnal Distilasi*, 1(1), 7–18.
- Seader, J.D & Henley, E.J., 1998. *Separation Process Principles*. John Wiley & Sons. New York.
- Setyarini, H. D., Apriani, M., & Cahyono, L. (2020). Karakterisasi Adsorben dari Ampas Teh Tanpa Aktivasi dan Teraktivasi. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, 3(1), 156–159.
- Sianipar, L. D., Zaharah, T. A., & Syahbanu, I. (2016). Adsorpsi Fe(II) dengan arang kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) teraktivasi asam klorida. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(2), 50–59.
- Solihat, I., & Setyowati, A. D. (2021). Penggunaan Limbah Kulit Singkong pada Filter Air Sederhana Skala Rumah Tangga. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 5(1), 61. <https://doi.org/10.32493/jitk.v5i1.8639>
- Sri Lestari, E., Pari, G., & Sudo Hadi, Y. (2019). Pemanfaatan campuran arang aktif kayu muntingia calabura l. Dan bakteri escherichia coli pada pengolahan limbah kromium industri elektroplating. *Jurnal penelitian hasil hutan*, 37(2), 105–122. <https://doi.org/10.20886/jphh.2019.37.2.105-122>
- Sulistiyani, E., Budi, E., & Bakri, F. (2013). Pengaruh Temperatur terhadap Adsorpsi Karbon Aktif Berbentuk Pelet Untuk Aplikasi Filter Air Erlinda. *Seminar Nasional Fisika*, 67–72.
- Sugiharto, P. (2006). Penurunan Konsentrasi Amonia (NH₃) dan Phospat (PO₄) Pada Limbah Cair Rumah Sakit Dengan Menggunakan REaktor Aerokarbonfilter Dengan Kombinasi Pecahan Genteng.
- Susanti, R. (2020). Penurunan Kadar Amonia Pada Air Baku PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Menggunakan Bio-Adsorben Dari Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana*). July, 1–23.
- Suwazan, D., & Nurhidayanti, N. (2022). Efektivitas Kombinasi Kitosan dan Ampas Teh Sebagai Adsorben Alami dalam Menurunkan Konsentrasi Timbal Pada Limbah Cair PT PXI. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 37–44. <https://doi.org/10.14710/jil.20.1.37-44>
- Thabede, P. M., Shooto, N. D., Xaba, T., & Naidoo, E. B. (2020). Adsorption studies of toxic cadmium(II) and chromium(VI) ions from aqueous solution by activated black cumin (*Nigella sativa*) seeds. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(4), 104045. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104045>
- Tria, F., Heru, C., & Sudarno, S. (2015). Pengolahan limbah lindi menggunakan membran nanofiltrasi nf270. 4(4), 86–96.

- Tugiyanti, E., Susanti, E., & HS, I. (2017). Pemanfaatan ampas teh sebagai feed aditif pakan unggas dan anti bakteri terhadap *escherichia coli*. Prosiding seminar teknologi dan agribisnis peternakan, november, 54–62. <http://journal.umsu.ac.id/index.php/agrium/article/view/4691>
- Waang, D. G., Fernandez, H., & Ramang, R. (2016). Analisis Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Dan Penilaian Masyarakat Terhadap Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Umum W. Z. Yohanes Kupang. Bumi Lestari Journal of Environment, 16(2), 92. <https://doi.org/10.24843/blje.2016.v16.i02.p02>
- Wardani, S., & Rosa, E. (2018). Potensi Limbah Tulang Kambing Sebagai Arang Aktif Yang Teraktivasi Asam Sulfat. Jurnal Serambi Engineering, 3(2), 308–315. <https://doi.org/10.32672/jse.v3i2.714>
- Wijaya, I. K., Farra Yulia, Y., & Udyani, K. (2020). Pemanfaatan Daun Teh Sebagai Biosorben Logam Berat Dalam Air Limbah (Review). Jurnal Envirotek, 12(2), 25–33. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v12i2.55>
- Wiyanto, E., Harsono, B., Makmur, A., Pangputra, R., & Stefanus Kurniawan, M. (2014). Penerapan Elektrokoagulasi Dalam Proses Penjernihan Limbah Cair. Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 12(1), 19–36.
- Wu, Y., Liao, Y., Liu, G., & Ma, X. (2018). Syngas production by chemical looping gasification of biomass with steam and CaO additive. International Journal of Hydrogen Energy, 43(42), 19375–19383. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.08.197>
- Yangali-Quintanilla, V., Maeng, S. K., Fujioka, T., Kennedy, M., Li, Z., & Amy, G. (2011). Nanofiltration vs. reverse osmosis for the removal of emerging organic contaminants in water reuse. Desalination and Water Treatment, 34(1–3), 50–56. <https://doi.org/10.5004/dwt.2011.2860>
- Yanti, N. F. (2019). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit (Studi Kasus Rumah Sakit Umum Daerah Arifin Achmad Pekanbaru). Tugas Akhir, Fakultas T (Universitas Islam Riau).
- Yasmine, R. R. (2017). Perancangan Sistem Pengolahan Air Limbah Pada Gedung Perkantoran (Studi Kasus : Gedung Perkantoran “ Mipa Tower ” Its Surabaya). Jurnal Teknik ITS, 199.
- Zein, R., Marliani, I. T., Emriadi, E., Ramadhani, P., & Fauzia, S. (2023). Potensi Biosorben Kulit Batang Sagu (*Metroxylon sago*) untuk Penyerapan Zat Warna Crystal Violet. Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry, 15(2), 83–98. <https://doi.org/10.22437/jisic.v15i2.29245>
- Zulfi, F., Dahlan, K., & Sugita, P. (2014). Karakteristik Fluks Membran Dalam Proses Filtrasi Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. Jurnal Biofisika, 10(11), 19–29.