

**ADSORPSI AIR LIMBAH PABRIK SLAB/LUMP MENGGUNAKAN
ADSORBEN KARBON AKTIF DARI SERBUK BAN BEKAS DENGAN
PARAMETER ANALISA COD DAN AMONIAK TOTAL**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



OLEH:

ANORA KEVIN UMIRAH

08031282126060

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN
ADSORPSI AIR LIMBAH PABRIK SLAB/LUMP MENGGUNAKAN
ADSORBEN KARBON AKTIF DARI SERBUK BAN BEKAS DENGAN
PARAMETER ANALISA COD DAN AMONIAK TOTAL

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia
Oleh:

ANORA KEVIN UMAIRAH

08031282126060

Indralaya, 20 Maret 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Dr. Muhammad Said, M.T
NIP. 197407212001121001

Dosen Pembimbing II



Andi Wijaya., S. TP., M. Eng
NIK: 302198814021

Mengetahui,

Dekan FMIPA



Prof. Heriatusah, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 19500711191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan Judul "Adsorpsi Air Limbah Pabrik Slab/Lump Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Dari Serbuk Ban Bekas Dengan Parameter Analisa COD Dan Ammoniak Total" telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 19 Maret 2025 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 20 Maret 2025

Ketua:

1. **Dra. Fatma M.S**
NIP. 196207131991022001

()

Anggota:

1. **Dr. Muhammad Said, M.T**
NIP. 197407212001121001
2. **Andi Wijaya., S. TP., M. Eng**
NIK: 302198814021
3. **Prof. Dr. Muharni, M.Si.**
NIP. 196903041994122001

()

()

()

Mengetahui,

Dekan FMIPA


Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia


Prof. Dr. Muharni, M.Si.
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Anora Kevin Umairah

NIM : 08031282126060

Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana starta (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 20 Maret 2025

Penulis



Anora Kevin Umairah

08031282126060

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademika Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anora Kevin Umairah

NIM : 08031282126060

Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah yang berjudul: "Adsorpsi Air Limbah Pabrik Slab/Lump Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Dari Serbuk Ban Bekas Dengan Parameter Analisa COD Dan Amoniak Total". Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap menvantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sungguh - sungguhnya.

Indralaya, 20 Maret 2025

Penulis



Anora Kevin Umairah

08031282126060

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Ya (cukup). ‘Jika kamu bersabar dan bertakwa ketika mereka datang menyerang kamu secara tiba-tiba, niscaya Allah akan menolongmu dengan lima ribu malaikat yang memakai tanda’,” (QS. Ali Imran: 125).

“ Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal itu baik bagimu, dan boleh jadikamu menyukai sesuatu, padahal itu buruk bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.” (QS. Al-Baqarah/2:216).

“Apapun yang menjadi takdirmu akan mencari jalannya untuk menemukanmu”
(Ali Bin Abi Thalib)

Skripsi ini sebagai salah satu rasa syukur kepada Allah SWT dan Baginda Rasūlullāh Muhammad SAW serta dipersembahkan untuk :

1. Kedua orangtuaku, Ayah Hendri Tahar (Alm) dan Ibu Evi Anora tercinta.
2. Nenek Darneti yang sangat aku sayangi.
3. Saudara saudariku Hayuna Dela Riva dan Jouvan Nicolai
4. Dosen pembimbing tugas akhir yaitu Bapak Dr. Muhammad Said, M.T dan Bapak Andi Wijaya S.TP. M. Eng serta dosen pembimbing akademik yaitu Ibuk Dr. Eliza, M.Si.
5. Seluruh dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Sahabat-sahabatku yang selalu mendoakan dan mendukung.
7. Rekan-rekan seperjuangan di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.

Orang-orang baik yang sering menolong, mendukung, dan mendoakan

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT. karena berkat rahmat, pertolongan dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Adsorpsi Air Limbah Pabrik Slab/Lump Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Dari Serbuk Ban Bekas Dengan Parameter Analisa COD Dan Amoniak Total”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai tantangan yang harus penulis hadapi baik dalam proses penulisan maupun di luar persoalan skripsi. Namun dengan kesabaran dan rasa tanggung jawab serta bantuan dari berbagai pihak berupa material maupun moril, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Muhammad Said, M.T yang telah banyak memberikan bantuan berupa bimbingan, motivasi, arahan, petunjuk dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dua orang yang sangat berjasa dan paling ku sayang Ayah Hendri Tahar (Alm) dan Ibu Evi Anora. Dengan rasa syukur yang paling tulus aku ucapkan terima kasih kepada kedua orang tua ku yang telah berkorban menemani setiap langkahku untuk berproses, memberikan dukungan, motivasi serta semangat. Tanpa doa dari orang tua, aku bukanlah siapa-siapa.
2. Nenek Darneti terimakasih untuk semua, yang menemani hidupku dari kecil hingga sekarang, terimakasih atas doa-doa, kasih sayang mu selama ini.
3. Bunda Fitri Yeni (Almh), yang telah menjadi orang tua yang hebat dan selalu memberi semangat dan motivasi untuk terus maju menggapai cita-cita.
4. Saudariku Hayuna Dela Riva, saudaraku Jouvan Nicolai, Tanteku Ayu Suhana dan Uncu Fidia Fitri, sepupuku Adi, Nazhifah, Reza, Alifa serta keluar besar Darneti. Terima kasih atas segala bantuan, motivasi, doa dan dukungan yang telah diberikan selama ini. Terima kasih telah menjadi keluarga sekaligus teman bagiku.

5. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Ibu Prof. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya dan selaku dosen pembahas II yang telah memberikan ilmu dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.
8. Bapak Dr. Muhammad Said, M.T selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, terimakasih atas kebaikan, dan *support* selama ini.
9. Ibu Dr. Eliza, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberi dukungan moral dan kesabaran menghadapi dan mengayomi penulis serta kebaikan dan Ibu Dra. Fatma, M.S. selaku dosen pembahas yang telah memberikan ilmu pengetahuan serta saran hingga tersusunnya skripsi ini.
10. Kak Iin dan Mba Novi selaku Admin Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah membantu dalam menyelesaikan administrasi selama kuliah hingga akhir kuliah.
11. Analisis laboratorium jurusan kimia (yuk niar, yuk yanti, dan yuk nur) yang telah membantu dalam penelitian penulis.
12. Yulia febrianti. Terimakasih telah menjadi sahabatku sejak SMP hingga sekarang, yang ada saat suka dan duka, yang selalu memberikan support agar selalu bahagia, yang mau diajak ngapain aja, yang rela dengarin curhatanku yang panjang. Terima kasih banyak selalu ada saat masa-masa sulit. Sukses selalu yaa.
13. Teman-temanku Alip, Walid, Kunul yang selalu menghibur ketika sedih, yang selalu bisa diajak cerita random kapanpun. Semangat kerjanya, semoga selalu dalam lindungan Allah SWT, dan diberi rezeki yang halal dan thayyib.
14. Teman-teman magang (Nessa, Putri, Auzan, Fahri, Depi) yang selalu jadi tempat cerita ketika magang dan memberi support serta semangat saat masa-masa skripsian hingga sidang. Semoga kalian sehat selalu dan sukses kedepannya. Aamiin.
15. Julia dan Aulia Rahmadhini, Terima kasih telah menjadi sahabat dari semester 3 hingga sekarang dalam dunia perkuliahan. Julia selalu membuat canda dan

tawa di setiap obrolan serta kadang *deeptalk* masalah kehidupan, jadi partner ke kantin tiap harinya serta makasi juga buat aull yang selalu menolong saat susah dalam tugas perkuliahan, nebeng pulang ke kost an, nyari bahan untuk praktikkum, dan lainnya yang tidak bisa di sebutkan satu persatu. Adanya kalian berdua di dunia perkuliahan ini membuat hari-hari penulis menjadi berwarna. Sukses buat kalian berdua yaa. Aamiin.

16. Puan dan Husnul yang selalu ada, dan selalu membantu dalam suka dan duka, kebaikan dan ketulusan kalian, tempat berkeluh kesah dan diskusi yang selalu memberikan saran dan motivasi dalam memecahkan suatu masalah, yang selalu meluangkan waktunya untuk mendengarkan keluh kesah penulis, yang selalu memberikan dorongan dan semangat agar penulis mampu melewati masa-masa sulit bahkan hampir depresi, penulis sangat bersyukur dipertemukan dengan orang-orang baik dan soleha seperti kalian.
17. Teman-teman Lawrensium (Zeze, Lissa, Cingka, Nima, Wiwik, Utik, Vira, dey, mutiah, amirah, oktajiwara, devimul, Vema) yang seru dan selalu menjadi tempat bertanya dalam hal akademik dan penelitian, yang ga pelit sama ilmunya dan memberikan Solusi ketika lagi pusing saat penelitian. Semoga kalian diberi kemudahan dalam urusan dunia dan akhirat.
18. Sahabat kecilku Flamboyan gank (Chantika adekk, Nalifa, Nessa, Monik) yang selalu ku kunjungi ketika sudah libur perkuliahan, terima kasih sudah menjadi kawan yang seru, gokil, dan ngelawak terus, berteman dengan kalian memberikan warna kehidupan penulis dari kecil hingga sekarang, berkat kalian yang selalu mengajari penulis untuk tidak kalah dengan keadaan, berani dan tegas dalam mengambil keputusan sehingga penulis mempunyai mental yang kuat dalam menghadapi suatu masalah.
19. Nindy Aulia Adriati. Teman SD sampai sekarang yang paling *care* kepada penulis, yang selalu ngajak main kalo lagi di padang, ngajak ke tempat-tempat seru serta sering wujutin *whistlist* penulis saat liburan. Menghibur ketika sedih, bertukar pengalaman, yang selalu ngajak *glow up* bareng dan wujutin *goals* untuk liburan bareng, semoga Allah cepat mengabulkan nya ya hehe, Makasi banyak ya nin semoga apa yang di cita-citakan cepat terwujud dan di berkahi Allah SWT, Aamiin ya Rabb.

20. Lusiana Halimah, teman yang selalu mengingatkan dalam hal kebaikan. Semoga tetap istiqamah dalam hal kebaikan dan menegur penulis apabila berada pada jalan yang salah. Semangat terus lulu, apapun yang lulu lakukan setiap harinya semoga di ridhoi oleh Allah SWT.
21. Ana kavorina dan elsa selaku adek asuh yang sangat baik, pengertian, dan selalu peduli terhadap penulis, sukses terus, semangat kuliahnya jangan sampai ada yang tertinggal ya.
22. Salsabilla M. yang selalu memberi arahan dari awal penelitian sampai sidang, teman yang peduli selama dalam perkuliahan, selalu membimbing, memotivasi di saat mau nyerah, tempat bertanya ketika bingung, selalu memberikan informasi yang lengkap dalam memenuhi persyaratan menuju sidang. Semoga semua kebaikan mu di balas Allah SWT dan dimudahkan segala urusannya di dunia dan akhirat.
23. Usman Afri Marta yang selalu memberi support, semangat, dari awal masuk perkuliahan hingga tahap semester akhir ini, yang selalu peduli mengenai apapun. Semangat kerjanya, semoga selalu dalam lindungan Allah SWT.
24. Teman-teman MAN (Irma, Ima, Yaya, Ihsan, Aini, Ami, Usi, Jijong) yang selalu peduli dengan progress penelitian, memberi semangat saat penelitian hingga sidang ini, mengayomi, dan meluangkan waktunya untuk mendengarkan segala permasalahan perkuliahan.
25. Bang Almer Akbar yang selalu menjadi tempat bertanya ketika mengalami kesulitan dalam pelajaran, penelitian, serta saat praktikkum, terima kasih ilmunya bang. Sukses kedepannya ya bang.
26. Terakhir untuk seseorang yang pernah hadir dalam hidup penulis, memberikan pengajaran dan pengalaman. Terima kasih untuk patah hati yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Guru terbaik adalah kesempatan untuk menjadi lebih dewasa, belajar menjadi lebih baik, menjadi lebih sabar, dan menerima kehilangan sebagai proses penempaan dalam menjalani kehidupan. Terima kasih telah menjadi bagian menyenangkan sekaligus menyakitkan dari pendewasaan ini. Pada akhirnya, setiap orang memiliki masanya sendiri, dan setiap masa memiliki orangnya sendiri.

Penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam karya tulis ini serta jauh dari kata sempurna. Semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Indralaya, 20 Maret 2025

Penulis

Anora Kevin Umairah

08031282126060

SUMMARY

ADSORPTION OF SLAB/LUMP MILL WASTEWATER USING ACTIVATED CARBON ADSORBENT WITH COD AND TOTAL AMMONIA ANALYSIS PARAMETERS

Anora Kevin Umairah: Supervised by Dr. Muhammad Said, M.T dan Andi Wijaya.,
S. TP., M. Eng.

Departement of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sriwijaya
University

X+59 pages, 6 figures, 5 tables, 12 attachments

Rubber wastewater contains chemical compounds such as sulfur, heavy metals, and other organic compounds that can damage water and soil ecosystems, and threaten aquatic life. One of the efforts to treat rubber waste is by using the adsorption method using activated carbon. The purpose of this research is to conduct adsorption of rubber wastewater using activated carbon adsorbent from used tyres. Used tyre powder was pyrolysed and then activated to obtain activated carbon. Furthermore, activated carbon is used as an adsorbent for rubber wastewater based on COD and total ammonia parameters. Analysis in the treatment of rubber wastewater in the form of Chemical Oxygen Demand (COD) and total ammonia.

In this study, pH and mass variations were carried out to determine the effect of these variations on the surface area of activated carbon from used tyre powder adsorbents and assess the ability of activated carbon adsorption power in adsorbing rubber liquid waste. The pH variations used included 2, 3, and 4 while the mass variations used were 0.1; 0.3; and 0.5 g. The pH variations used were 2, 3, and 4. Adsorption of rubber wastewater was carried out in batches. Analysis of COD levels was carried out with a closed reflux method with SNI 6989.02: 2019. Adsorption of ammonia parameters was carried out using the Nesler method with SNI HI 96733C. The adsorption process was carried out by following the Langmuir and Freundlich isotherm rules.

The results showed that the best COD level value in reducing contaminant levels was obtained in the pH 4 variation with a mass of 0.5 g, which was 163.66 mg/L and met the waste quality standard value. Analysis of ammonia levels resulted in the highest decrease in contaminant levels obtained in the pH 2 variation with a mass of 0.5 g of 106,672 mg/L, but this did not meet the waste quality standard value. The adsorption process on the parameters follows the Langmuir isotherm rule as evidenced by the R² value of 0,9987. While the ammonia parameter follows the Freundlich isotherm rule with an R² value of 0.9181. This study shows that used tyre powder adsorbent is able to reduce contaminants in the COD parameter, but not maximally in reducing contaminants in the ammonia parameter of rubber liquid waste.

Keyword :Rubber waste liquid, Total Ammonia, COD, Adsorption, Used Tire
Powder

Citations :59 (2016-2024)

RINGKASAN

ADSORPSI AIR LIMBAH PABRIK SLAB/LUMP MENGGUNAKAN ADSORBEN KARBON AKTIF DARI SERBUK BAN BEKAS DENGAN PARAMETER ANALISA COD DAN AMONIAK TOTAL

Anora Kevin Umairah: Dibimbing oleh Dr. Muhammad Said, M.T dan Andi Wijaya., S. TP., M. Eng.

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya

X+59 halaman, 6 gambar, 5 tabel, 12 lampiran

Limbah cair karet mengandung senyawa kimia seperti belerang, logam berat, dan senyawa organik lainnya yang dapat merusak ekosistem air dan tanah, serta mengancam kehidupan aquatik. Salah satu upaya pengolahan limbah karet adalah dengan menggunakan metode adsorpsi menggunakan karbon aktif. Tujuan penelitian ini adalah melakukan adsorpsi air limbah karet menggunakan adsorben karbon aktif dari ban bekas. Serbuk ban bekas dipirolisis kemudian di aktivasi sehingga diperoleh karbon aktif. Selanjutnya karbon aktif digunakan adsorben sebagai limbah cair karet berdasarkan parameter COD dan amoniak total. Analisa dalam pengolahan limbah cair karet berupa *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan amoniak total.

Pada penelitian dilakukan variasi pH dan massa yang bertujuan untuk menentukan pengaruh dari variasi tersebut terhadap luas permukaan karbon aktif dari adsorben serbuk ban bekas serta menilai kemampuan daya adsorpsi karbon aktif dalam mengadsorpsi limbah cair karet. Variasi pH yang digunakan diantaranya 2, 3, dan 4 sedangkan variasi massa yang digunakan 0,1; 0,3; dan 0,5 g. Adsorpsi air limbah karet dilakukan secara *batch*. Analisis kadar COD dilakukan dengan metode refluks tertutup dengan SNI 6989.02:2019. Adsorpsi parameter ammonia dilakukan dengan menggunakan metode Nesler dengan SNI HI 96733C. Proses adsorpsi dilakukan dengan mengikuti kaidah isoterm Langmuir dan Freundlich.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kadar COD terbaik dalam menurunkan kadar kontaminan didapatkan pada variasi pH 4 dengan massa 0,5 g yaitu sebesar 163,66 mg/L dan memenuhi nilai baku mutu limbah. Analisa kadar ammonia menghasilkan penurunan kadar kontaminan paling tinggi didapatkan pada variasi pH 2 dengan massa 0,5 g sebesar 106,672 mg/L, namun hal ini tidak memenuhi nilai baku mutu limbah. Proses adsorpsi pada parameter COD mengikuti aturan isoterm Langmuir yang dibuktikan dengan nilai R^2 sebesar 0,9987. Sedangkan pada parameter ammonia mengikuti aturan isoterm Freundlich dengan nilai R^2 sebesar 0,9181. Penelitian ini menunjukkan adsorben dari serbuk ban bekas mampu menurunkan kontaminan pada parameter COD, tetapi belum maksimal dalam mengurangi kontaminan pada parameter ammonia limbah cair karet.

Kata Kunci :Limbah cair karet, Amoniak Total, COD, Adsorpsi, Serbuk Ban Bekas

Kutipan : 59 (2016-2024)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	xii
RINGKASAN	xiii
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Limbah Industri Karet	4
2.2 Parameter Pencemaran Air	4
2.2.1 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	4
2.2.2 Derajat Keasaman (pH)	5
2.2.3 Ammonia	6
2.3 Adsorpsi	7
2.3.1 Mekanisme Adsorpsi	7
2.3.2 Jenis-Jenis Adsorpsi	8
2.3.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Adsorpsi	9
2.4 Karbon Aktif	10
2.5 Ban Bekas	11

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat.....	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.2.1 Alat.....	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Prosedur Penelitian	12
3.3.1 Persiapan sampel.....	12
3.3.2 Pirolisis.....	12
3.3.3 Pengeringan	19
3.3.4 Aktivasi dan Karakterisasi Arang Aktif.....	19
3.3.5 Adsorpsi air limbah.....	19
3.4 Analisis Parameter Pengukuran Kualitas Limbah Industri Karet ...	14
3.4.1 Analisis <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) SNI	
6989.2:2019	14
3.4.2 Analisis Ammonia ISM HI 96733C	19
3.5 Analisa Data	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1 Sintesis Karbon Aktif Dari Limbah Serbuk Ban Bekas	19
4.2 Analisa Kadar Air Limbah Karet	21
4.2.1 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	21
4.2.2 Ammonia	22
4.3 Isoterm Adsorpsi	22
4.3.1 Isoterm Adsorpsi pada Analisa COD.....	22
4.3.2 Isoterm Adsorpsi pada Analisa Ammonia	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Serbuk ban bekas	11
Gambar 2. Pirolisis serbuk ban bekas	17
Gambar 3. Pengeringan serbuk ban bekas.....	19
Gambar 4. Arang aktif.....	18
Gambar 5. Pengaruh pH dan massa terhadap penurunan nilai COD	22
Gambar 6. Pengaruh pH dan Massa terhadap Penurunan nilai Ammonia.....	26

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik Air Limbah.....	4
Tabel 2. Hasil Penyerapan COD	20
Tabel 3. Hasil Penyerapan Ammonia	24
Tabel 4. Perbandingan Isoterm Adsorpsi pada Analisa COD.....	28
Tabel 5. Perbandingan Isoterm Adsorpsi pada Analisa Ammonia	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Prosedur Aktivasi karbon	40
Lampiran 2. Skema Prosedur Adsorpsi	42
Lampiran 3. Skema Pengujian Parameter COD	44
Lampiran 4. Skema Pengujian Parameter Ammonia	47
Lampiran 5. Penentuan λ_{maks} dan Nilai Regresi Kurva Kalibrasi	49
Lampiran 6. Perhitungan Nilai COD Awal Limbah Karet	50
Lampiran 7. Pengaruh Variasi pH dan Massa Terhadap Adsorpsi COD	51
Lampiran 8. Perhitungan Nilai Ammonia Awal Limbah Karet	53
Lampiran 9. Pengaruh Variasi pH dan Massa Terhadap Adsorpsi Ammonia	54
Lampiran 10. Data Isoterm Adsorpsi COD	55
Lampiran 11. Data Isoterm Adsorpsi Ammonia	57
Lampiran 12. Gambar Penelitian	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Karet alam (*Havea brasiliensis*) adalah salah satu produk pertanian yang paling banyak dibudidayakan dan dapat meningkatkan perekonomian Indonesia. Pengolahan karet menghasilkan dua produk yaitu produk yang diinginkan dan limbah cair yang bersal dihasilkan dari proses pengolahan seperti pencucian, penggilingan, dan pengeringan. Pengolahan karet dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanik dan fisik karet agar lebih sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Limbah industri karet yang tinggi akan material organik dapat menjadi sumber pencemaran lingkungan perairan jika tidak diolah terlebih dahulu, sehingga berdampak pada penurunan kualitas air. Limbah yang dihasilkan dari industri karet memiliki kadar ammonia yang tinggi, dimana hal tersebut mengakibatkan perubahan warna air serta timbul bau yang tidak sedap (Dewi dkk, 2020).

Berbagai upaya dilakukan dalam mengatasi dampak negatif pencemaran air limbah karet antara lain dengan melakukan pengolahan terlebih dahulu. Pengukuran kualitas limbah industri karet dapat menggunakan parameter berupa BOD, COD, TSS, Ammonia, Nitrogen Total dan pH. Nilai baku mutu air limbah karet menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no. 5 Tahun 2014 untuk kadar COD sebesar 250 mg/L, NH₃ total sebesar 15 mg/L, dan pH antara 6-9. Metode adsorpsi adalah salah satu cara yang efektif untuk mengolah air limbah dengan cara menyerap bahan-bahan polutan ke permukaan lain. Adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi efektif mengurangi konsentrasi logam berat dalam air limbah (Putri dan Purnomo, 2024). Adsorpsi adalah metode yang efektif, ekonomis, dan banyak digunakan dalam proses pengolahan air limbah (Indah dkk, 2021).

Berbagai jenis adsorben yang umum digunakan dalam penanganan air limbah diantaranya karbon aktif, silika gel, alumina, zeolit, dan adsorben lain yang mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi zat kimia lainnya (Indah dkk, 2021). Adsorben yang berbentuk arang aktif merupakan adsorben yang banyak digunakan. Karbon aktif memiliki kemampuan menyerap zat-zat tertentu dengan kapasitas penyerapan sebesar 25-1000% (Roni dkk, 2021). Karbon aktif banyak digunakan

untuk menyerap zat warna dan logam berat. Karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben karena memiliki luas permukaan yang besar dimana struktur berpori karbon aktif dapat membentuk jaringan makropori, mesopori, atau mikropori yang saling berhubungan sehingga dapat meningkatkan kapasitas penyerapan terhadap senyawa organik maupun anorganik (Arifin dkk, 2024). Salah satu bahan yang berpotensi tinggi sebagai sumber karbon adalah limbah ban bekas (Adhitia dkk, 2024).

Limbah ban bekas mengandung *fixed carbon* yang tinggi. Ketersediaan limbah ban bekas yang terus melimpah setiap tahunnya bahkan hingga mencapai 11 juta ban bekas menjadi masalah yang harus dikurangi. Oleh sebab itu dilakukan penanganan agar tidak terjadi pencemaran lingkungan (Adhitia dkk, 2024). Komposisi ban karet alam terdiri dari beberapa bahan kimia, yaitu *butadiene* 15,24%, minyak *aromatic* 1,85%, karbon hitam 30,47%, *stearic acid* 1,07%, antioksidan 0,83%, dan sulfur 1,42% (Anwar, 2022). Kandungan karbon dalam ban yang relatif besar (44,32%) membuatnya dapat digunakan sebagai sumber alternatif produksi karbon aktif. (Arifin dkk, 2024). Akan tetapi belum banyak dilakukan penelitian tentang pemanfaatan ban bekas sebagai adsorben.

Penelitian Oktaviani (2025), telah melakukan karakterisasi adsorben dari serbuk ban bekas dengan menggunakan instrumen SEM dan XRD. Pada penelitian tersebut diperoleh hasil morfologi karbon aktif dengan pemotretan 200 kali memiliki permukaan yang teraglomerasi atau bertumpuk-tumpuk serta pori yang dihasilkan hanya sedikit. Hasil spektrum data XRD adsorben dari serbuk ban bekas menunjukkan pola puncak difraksi utama yang melebar pada sudut 2θ sekitar $19,08^{\circ}$ - $29,22^{\circ}$, hal mengindikasikan karakteristik bidang dari karbon dalam fase grafen atau grafen oksida tereduksi sesuai dengan JCPDS No.75-1621. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan memanfaatkan karbon aktif dari ban bekas sebagai adsorben air limbah pabrik slab/lump. Pengolahan ban bekas menjadi karbon aktif melalui proses pirolisis yang kemudian di aktivasi menggunakan asam sulfat 2M. Pengaruh variasi pH dan masa adsorben digunakan untuk memaksimalkan proses adsorpsi. Adapun parameter uji sampel air limbah meliputi COD dan amoniak total

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi massa (0,1; 0,3; 0,5 g) dan pengaruh variasi pH (2, 3, 4) karbon aktif sebagai adsorben terhadap penurunan kadar polutan air limbah pabrik slab/lump?
2. Berapa nilai %efisiensi kadar akhir COD dan ammonia total?
3. Bagaimana proses adsorpsi berlangsung dengan menggunakan metode isotherm Langmuir dan Freundlich?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan pengaruh variasi massa (0,1; 0,3; 0,5 g) dan pengaruh variasi pH (2, 3, 4) karbon aktif sebagai adsorben terhadap penurunan kadar polutan air limbah pabrik slab/lump
2. Menentukan nilai %efisiensi kadar akhir COD dan ammonia total.
3. Menentukan proses adsorpsi berlangsung dengan menggunakan metode isotherm Langmuir dan Freundlich.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pemanfaatan limbah serbuk ban bekas sebagai adsorben yang dapat digunakan dalam proses adsorpsi air limbah pabrik slab/lump.

DAFTAR PUSTAKA

- Adithia, R.P., Muckharom, A.A., Ditalistya, T., Karimah, P.D.W., Efiyanti, L. and Subagio, A., 2024. Pemanfaatan Limbah Ban Bekas untuk Sintesis Nanokomposit MnO₂/C dengan Metode Hidrotermal sebagai Material Superkapasitor. *Jurnal Riset Kimia*, 15(2), 106-115.
- Agustiani, T., Saefumillah, A. and Ambarsari, H., 2021. Studi Pemanfaatan Limbah Biomassa sebagai Raw Material Adsorben SIC dalam Penurunan Konsentrasi Amonia Sebagai Parameter Bau dalam Air Limbah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(2), 190-198.
- Alvarez, S. and Nasra, E., 2023. Pengaruh pH Pada Biosorpsi Ion Cr (VI) Menggunakan Selulosa Hasil Ekstraksi Kulit Durian (*Durio Zibethinus Murr*). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 23832-23840.
- Al Qory, D.R., Ginting, Z. and Bahri, S., 2021. Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Salak (*Salacca Zalacca*) Sebagai Adsorben Alami dengan Aktivator H₂SO₄. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(2), 26-36.
- Alwina, E., 2023. Efektivitas Hot Plate Modifikasi Pada Proses Analisis Cod (Chemical Oxygen Demand). In *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (Sentrinov)* 9 (1), 1079-1084).
- Anggriani, U.M., Hasan, A. and Purnamasari, I., 2021. Kinetika adsorpsi karbon aktif dalam penurunan konsentrasi logam tembaga (Cu) dan timbal (Pb). *Kinetika*, 12(2), 29-37.
- Angraini, N., Agustina, T.E. and Hadiah, F., 2022. Pengaruh pH dalam Pengolahan Air Limbah Laboratorium Dengan Metode Adsorpsi untuk Penurunan Kadar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd. *Journal Ilmu Lingkungan*, 20(2), 345-355.
- Anwar, F., Mangalla, L.K. and Sisworo, R.R., 2022. Pengujian sifat fisik dan mekanik pada komposit papan partikel berbahan dasar limbah serbuk kayu, serbuk ban bekas dan resin polyester. *ETHALPY: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 7(2), 51-56.
- Arazaq, T., Safentry, A. and Husnah, H., 2021. Perbandingan Pengolahan Air Limbah Karet Antara Dua Membran Keramik. *Jurnal Redoks*, 6(1), 72-79.
- Arifin, U.F., Adetya, N.P., Pambudi, W., Listyalina, L. and Ratnaningsih, W., 2024. Pengaruh Waktu Iradiasi Ultrasonik dengan Aktivasi Kalium Hidroksida terhadap Sifat Fisis Karbon Aktif dari Serbuk Karet End Life Tire. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 13(2), 80-87.
- Assegaf, M.H., Rosyani, R. and Alamsyah, Z., 2023. Studi Isotherm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) Menggunakan Abu POFA Teraktivasi. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 6(2), 69-79.

- Aulia, M.A. and Mu'min, B., 2021. Studi Isoterm Dan Kinetika Adsorpsi Cod (Chemical Oxygen Demand) Pada Air Sungai Terhadap Karbon Aktif Kayu Ulin. *Jernih: Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa*, 4(2), 23-36.
- Astuti, D.H., Fadilla, A.K.N. and Mahendra, Y.I., 2020. Kajian Kualitas Komposisi Adsorben Berbahan Baku Lumpur Panas Sidoarjo. *Jurnal Teknik Kimia*, 14(2), 80-85.
- Azhar, O.H.A., 2024. Analisis Efisiensi Hidrogen Peroksida Sebagai Bahan Tambahan Dalam Aerasi Untuk Mengurangi Pertumbuhan Bakteri Filamentous Pada Air Limbah (Doctoral Dissertation, Upn" Veteran" Jawa Timur).
- Azwan Mat Lazim, A.M.L., Adil Hakam Osman, A.H.O. and Maryam Mokhtarom, M.M., 2018. Absorption ability of gamma irradiated bacterial cellulose hydrogel using: langmuir and Freundlich isotherme.
- Bahriana, S.N., Yusuf, B. And Wirawan, T., 2023, July. Adsorpsi Ion Kadmium (Cd^{2+}) Menggunakan Adsorben Dari Ampas Teh Dengan Metode Kolom. In *Prosiding Seminar Nasional Kimia* 1(2), 87-93).
- Berliany, N.A., Hidayat, N.A., Budiastuti, H. and Widiastuti, E., 2023. Pengaruh konsentrasi aktivator NaOH terhadap kinerja karbon aktif kulit kacang tanah sebagai adsorben fosfat dalam limbah laundry. *Jurnal Teknik Kimia*, 29(2), 54-61.
- Desfitri, E.R., Arifanda, A.Y., Yulianti, A., Paysmi, P. and Desmiarti, R., 2024. Studi Efektivitas Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) Sebagai Adsorben Pengurangan Kadar Amonia Limbah Cair Tahu. *Eksergi*, 21(1), 24-28.
- Dewi, D.S., Prasetyo, H.E. and Karnadeli, E., 2020. Pengolahan Air Limbah Industri Karet Remah (Crumb Rubber) Dengan Menggunakan Reagen Fenton. *Jurnal Redoks*, 5(1), 47-57.
- Efendi, Y.D., Nasution, H.I., Rahmah, S. and Zubir, M., 2021. Process Treatment of Heavy Metal Waste From Various Types of Adsorbents (Clay, Flay Ash, and Natural Zeolite): A Review. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, 4(1), 34-38.
- Faradila, R., Huboyo, H.S. and Syakur, A., 2023. Rekayasa Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Metode Kombinasi Filtrasi Untuk Menurunkan Tingkat Polutan Air. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(3), 342-350.
- Fatmawati, S., Syar, N.I., Suhartono, S., Maulina, D. and Ariyadi, R., 2021. Arang Aktif Gambut sebagai Filter Logam Berat Mercury (Hg). *Jurnal Ilmiah Sains*, 21(1), 63-72.

- Febrina, I. and Rizki, P.S., 2023. Pengaruh Karbon Aktif Dari Kulit Pisang Tanduk Terhadap Limbah Cair Tahu Menggunakan Parameter pH, Cod (Chemical Oxygen Demand), Do (Disolved Oxygen) & Chlorida. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 2(10), 4249-4262.
- Firmanto, R.P., Setyowati, R.D.N. and Suprayogi, D., 2021. Kemampuan Adsorben dari Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati terhadap Penurunan Kandungan Timbal (Pb) pada Limbah Cair dengan menggunakan Sistem Batch. *Journal of Research and Technology*, 7(2), 197-206.
- Handoyo, E., Andriani, Y., Rosmayati, L., Chairuna, A. and Suhendi, E., 2020. Optimalisasi Metode Aktivasi Adsorben Karbon Aktif dengan Sulfur, Tembaga, Sulfida, dan Seng Klorida Serta Uji Kapasitas Adsorpsi dengan Variasi Kondisi Saturasi Gas Alam. *Lembaran publikasi minyak dan gas bumi*, 54(3), 169-178.
- Haris, M.N. and Maghfiroh, M., 2024. Efektivitas Adsorpsi Zat Warna Yellow Disperse oleh Limbah Cangkang Kerang Simpson dengan Pendekatan Isoterm Adsorpsi. *Jurnal Penelitian Inovatif*, 4(4), 2309-2316.
- Hastari, M.P. and Wijayanti, Y., 2024. Perbedaan Penurunan pH antara Pemberian Tawas dengan Pemberian Phosphate pada Limbah Cair PT. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 8(1), 31-38.
- Hikmah, N., 2021. Analisis Kadar Ammonia (NH₃) Di Perairan Sekitar Pabrik Karet Daerah Banjarmasin Menggunakan Spektrofotometri Visible. *Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika (J-PhAM)*, 4(1), 20-30.
- Ilmanafia, A. and Sudarminto, H.P., 2022. Pemanfaatan Adsorben Arang Aktif Bonggol Jagung Untuk Penurunan Bod Dan Cod Pada Limbah Cair Pengolahan Rumput Laut. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(4), 909-913.
- Ikhsan, J., Sulastri, S. and Priyambodo, E., 2015. The Effect of pH on The Adsorption of Micronutrient Cations of Ca²⁺ And K⁺ By Silica from Lapindo Mud. *Jurnal Penelitian Saintek*, 20(1), 10-18.
- Indah, D.R., Hatimah, H. and Hulyadi, H., 2021. Efektivitas Ampas Tahu Sebagai Adsorben Logam Tembaga Pada Air Limbah Industri. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 9(2), 57-66.
- Isnaeni, D.A., 2022. Observasi Lapangan, Karakteristik Fisik Limbah Cair, Analisis COD, Analisis (TS, TSS, Dan TDS), Dan Analisis (BOD Dan DO) Pada Limbah Tahu Industri XYZ Di Yogyakarta. *Teknologi Pangan*, 1-14.
- Khair, R.M., Prihatini, N.S., Apriani, A. and Pramaningsih, V., 2021. Penurunan Konsentrasi Warna Limbah Cair Sasirangan Menggunakan Adsorbenlimbah Padat. Lumpur-Aktif Teraktivasi Industri Karet. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 7(1), 74-83.

- Kusuma, M.F.M., Faizah, R. and Nugroho, G., 2021. Pengaruh Penggantian Agregat Halus dengan Serbuk Ban Bekas pada Campuran Beton Terhadap Daya Redam Getaran. *Bulletin of Civil Engineering*, 1(1), 25-28.
- Maulidifa, N.A. and Hidayah, E.N., 2024. Pengaruh Waktu Pengadukan Biosorben Cangkang Maggot dalam Menyisihkan Ion Fe. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(2), 9040-9044.
- Natsir, M.F., Liani, A.A. and Fahsa, A.D., 2021. Analisis Kualitas BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Domestik (Grey water) pada Rumah Tangga di Kabupaten Maros 2021. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 4(1).
- Nur, M., Munawar, E. and Mariana, M., 2017. Recovery Process of Condensate the Ammonia Wastewater Plant of PT. PIM with A Combination of Technology Air Stripping Jet Bubble Colum, Advance Oxidation process and Ion Exchange Resin. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 12(1), 8-14.
- Pratiwi, N.I., Indah, S. and Helard, D., 2019, May. Agen Desorpsi Terbaik pada Regenerasi Batu Apung Sungai Pasak untuk Penyisihan Amonium (NH₄⁺) dalam Air. In *Prosiding SNPBS (Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek)*, 174-181).
- Pinem, J.A., 2016. Pengaruh kecepatan pengadukan dan tekanan pemompaan pada kombinasi proses koagulasi dan membran ultrafiltrasi dalam pengolahan limbah cair industri karet (Doctoral dissertation, Riau University), 3 (1), 1-9.
- Putri, S.A., 2024. Pengaruh Massa Karbon Aktif Serabut Kelapa Sebagai Adsorben Terhadap Penurunan Kadar Limbah Amonia Pada Air Sungai Code, Yogyakarta. *Chemtag Journal of Chemical Engineering*, 5(2), 39-44.
- Ramadani, R., Samsunar, S. and Utami, M., 2021. Analisis suhu, derajat keasaman (ph), chemical oxygen demand (cod), dan biological oxygen demand (bod) dalam air limbah domestik di dinas lingkungan hidup sukoharjo. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(2), 12-22.
- Rusdianto, T.A. dan Fitriyah. (2022) 'Efisiensi Adsorpsi Tempurung Kelapa (cocos nucifera L) dalam menurunkan kadar BOD, COD, TSS Dan pH pada limbah Cair Detergen Rumah Tangga', *JURNALIS*. Vol. 5, No. 1. ISSN 2828-5638.
- Roni, K.A., Martini, S. and Legiso, L., 2021. Analisis Adsorben Arang Aktif Sekam Padi dan Kulit Pisang Kepok untuk Pengolahan Air Sungai Gasing, Talang Kelapa, Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Konversi*, 10(2), 13-18.
- Sa'diyah, K., Suharti, P.H., Hendrawati, N., Pratamasari, F.A. and Rahayu, O.M., 2021. Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu sebagai Karbon Aktif melalui Proses Pirolisis dan Aktivasi Kimia. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 4(2), 91-99.

- Sahania, R.R., Utubira, Y. and Manuhutu, J.B., 2024. Efisiensi dan Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif dari Kulit Jagung Untuk Menurunkan Kadar Logam Fe. *Molluca Journal of Chemistry Education (MJoCE)*, 14(1), 60-69.
- Sariadi, S., 2024. Penurunan Kandungan Ammonia Pada Limbah Cair Dengan Metoda Aerasi Bubbling Dan Pemanasan. *Jurnal Sains dan Teknologi Reaksi*, 22(02), 132-136.
- Setyaningrum, D., Anisa, Z. and Rasydta, H.P., 2022. Pengujian kadar chemical oxygen demand (COD) pada air limbah tinggi kalsium klorida menggunakan metode refluks terbuka. *Formosa Journal of Science and Technology*, 1(4), pp.353-362.
- Setyowati, W.J.D., Lestari, R.A.S. and Purwaningtyas, E.F., 2022. Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Penurunan Kadar Cod Pada Limbah Cair Karet. *CHEMTAG Journal of Chemical Engineering*, 3(1), 19-24.
- Sipayung, E.F. and Putra, R., 2021, September. Pemantauan Kualitas Air Limbah di PT. Bridgestone Sumatra Rubber Estate. In *Seminar Nasional Hari Air Sedunia* 3(1), 67-72).
- Siswanti, S., Oktafiana, A.H. and Putri, Y., 2023. Adsorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R Pada Limbah Industri Batik Menggunakan Adsorben dari Mahkota Buah Nanas. *Eksergi*, 21(1), 9-16.
- Sylvia, N., Damanik, S., Muhammad, M. and Nasrul, Z.A., 2022. Kajian Kolom Adsorpsi Zat Warna Methyl Orange menggunakan Adsorben dari Ampas Teh. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 11(2), 122-135.
- Tarmidzi, F.M., Putri, M.A.S., Andriani, A.N. and Alviany, R., 2021. Pengaruh Aktivator Asam Sulfat dan Natrium Klorida pada Karbon Aktif Batang Semu Pisang untuk Adsorpsi Fe. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi*
- Tati, R., Teguh, B. and Ridwan, S., 2020. Efisiensi Penyisihan Kadar Amoniak Limbah Cair Rumah Sakit dengan Proses Adsorpsi Karbon Aktif Bijih Plastik. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(2), 82-88. Berkelanjutan, 5(1), 17-21.
- Wardani, G.A., Octavia, A.N., Fathurohman, M., Hidayat, T. and Nofiyanti, E., 2022. Arang aktif ampas tebu termodifikasi kitosan sebagai adsorben tetrasiklin: pemanfaatan metode kolom. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 8(3), 280-291.
- Wardani, S.J., Fahrurrozi, M. and Sulisty, H., 2024. Pengaruh Kondisi Pirolisis terhadap Penurunan Kandungan Volatile Matter pada Batubara Kualitas Rendah. *Jurnal Sosial Teknologi*, 4(8), 537-545.

- Yunisari, Y.D., Utomo, Y. and Sholikah, L.P., 2024. Uji Banding Metode Penentuan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) secara Titrimetri dan Spektrofotometri Visible untuk Pengembangan Prosedur Praktikum Kimia Lingkungan. *ALCHEMY: Journal of Chemistry*, 12(2), 20-27.
- Yustinah, Y., Hudzaifah, H., Aprilia, M. and Ab, S., 2020. Kesetimbangan adsorpsi logam berat (Pb) dengan adsorben tanah diatomit secara batch. *Jurnal Konversi*, 9(1), 17-28.
- Zakaria, A., Aynuddin, A. and Djasmasari, W., 2021. Analisis Pengukuran Logam Cu, Fe, Mn, dan Pb pada Variasi Preparasi Suhu dan Pelarut. *WARTA AKAB*, 45(2), 38-42.
- Zega, F.I., Selly, R. and Zubir, M., 2021. Review of Adsorption of Fe Metal by Activated Carbon Adsorbent. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, 4(2), 74-78.