

PEMBUATAN BIOADSORBEN DARI SABUT KELAPA DAN TEMPURUNG KELAPA UNTUK MENURUNKAN KADAR BESI (Fe)

Ma'rifatul Ismiyati¹, Rr Diah Nugraheni Setyowati¹ dan Sulistiya Nengse²

¹Teknik Lingkungan, Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, Jl. Ahmad Yani No. 117, Jemur Wonosari Kecamatan Wonocolo, Kota Surabaya, Kode Pos 60327, Indonesia

²UINSA, Jl. Ahmad Yani No. 117, Kota Surabaya, 60327, Indonesia
E-mail: miaismiyati25@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu kandungan bahan pencemar logam berat dalam air adalah besi. Besi (Fe) merupakan senyawa logam berat yang dapat membahayakan kesehatan manusia seperti keracunan (muntah), kerusakan usus, penuaan dini hingga kematian mendadak, radang sendi, cacat lahir, gusi berdarah, kanker, sirosis ginjal, sembelit, diabetes, diare, pusing, mudah lelah, hepatitis, hipertensi dan insomnia. Pengolahan yang dapat dilakukan untuk menghilangkan kandungan logam berat besi dalam air yaitu pengolahan dengan adsorpsi menggunakan bioadsorben dari limbah pertanian. Limbah pertanian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tempurung kelapa dan sabut kelapa. Penelitian ini bertujuan agar dapat mengetahui efisiensi maupun kapasitas adsorpsi bioadsorben terhadap limbah besi (Fe) menggunakan sistem batch serta dapat mengetahui model isoterm yang sesuai pada adsorpsi ini. Metode dari penelitian ini menggunakan penelitian eksperimen dengan variasi massa 3,75 gr tempurung kelapa : 1,25 gr sabut kelapa, 2,5 gr tempurung kelapa : 2,5 gr sabut kelapa, 1,25 gr tempurung kelapa : 3,75 gr sabut kelapa, 5 gr tempurung kelapa dan 5 gr sabut kelapa dengan waktu kontak selama 15,30 dan 45 menit. Hasil dari penelitian ini menunjukkan persentase efisiensi dan kapasitas adsorpsi tertinggi menggunakan bioadsorben 1,25 gr tempurung kelapa : 3,75 gr sabut kelapa dengan waktu pengadukan selama 45 menit sebesar 92% dan 0,628 mg/g. Dari hasil persamaan isoterm, nilai regresi (R^2) yang diperoleh paling besar sebesar 0,9921 pada isoterm Langmuir. Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa model isoterm yang cocok untuk adsorpsi menggunakan bioadsorben tempurung kelapa dan sabut kelapa yaitu isoterm Langmuir.

Kata kunci: adsorpsi, besi (Fe), bioadsorben, isoterm adsorpsi, sabut kelapa, tempurung kelapa.

ABSTRACT

One of the heavy metal pollutants in water is iron. Iron (Fe) is a heavy metal compound that can endanger human health such as poisoning (vomiting), intestinal damage, premature aging until sudden death, arthritis, birth defects, bleeding gums, cancer, kidney cirrhosis, constipation, diabetes, diarrhea, dizziness, easily tired, hepatitis, hypertension and insomnia. Treatment that can be done to remove the heavy metal content of iron in water is processing by adsorption using bioadsorbents from agricultural waste. Agricultural wastes used in this research are coconut shell and coconut fiber. This study aims to determine the efficiency and capacity of bioadsorbent adsorption of iron (Fe) waste using a batch system and to find out

the appropriate isotherm model in this adsorption. The method of this study uses experimental research with a mass variation of 3.75 grams of coconut shell: 1.25 grams of coconut husk, 2.5 grams of coconut shell: 2.5 grams of coconut husk, 1.25 grams of coconut shell: 3.75 grams of coir coconut, 5 gram coconut shell and 5 gram coconut fiber with contact time for 15.30 and 45 minutes. The results of this study showed the highest percentage of efficiency and adsorption capacity using bioadsorbent 1.25 grams of coconut shell: 3.75 grams of coconut husk with stirring time for 45 minutes by 92% and 0.628 mg / g. From the results of the isotherm equation, the regression value (R^2) obtained is greatest at 0.9921 on the Langmuir isotherm. From this study, it can be concluded that the isotherm model that is suitable for adsorption using coconut shell and coconut husk bioadsorbent is Langmuir isotherm.

Keywords: Adsorption, bioadsorbent, coconut fiber, coconut shell, iron (Fe), isotherm adsorption.

1. PENDAHULUAN

Salah satu kandungan logam berat yang terdapat dalam air adalah besi. Besi (Fe) merupakan senyawa logam berat yang dapat membahayakan kesehatan manusia seperti dapat menimbulkan keracunan (muntah), kerusakan usus, penuaan dini hingga kematian mendadak, radang sendi, cacat lahir, gusi berdarah, kanker, sirosis ginjal, sembelit, diabetes, diare, pusing, mudah lelah, hepatitis, hipertensi dan insomnia (Supriyantini dan Endrawati, 2015).

Kandungan besi dengan kadar yang tinggi dalam air dapat mengakibatkan pencemaran air. Bahaya dari kandungan logam berat besi dalam air yaitu dapat menyebabkan kekeruhan, korosi dan kesadahan (Mandasari dan Purnomo, 2016). Pencemaran logam berat dapat bersumber dari kegiatan industri, kegiatan budidaya dan kegiatan rumah tangga. Dalam ayat Al-Qur'an Allah SWT telah mengisyaratkan, bahwa kerusakan yang terjadi di alam ini sebagian besar diakibatkan oleh ulah manusia, sebagaimana telah disebutkan dalam Surat Ar-Rum ayat 41 yang artinya "*Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)*".

Dari ayat diatas dapat disimpulkan bahwa pada dasarnya pencemaran yang terjadi di bumi disebabkan oleh ulah manusia. Pencemaran yang berasal dari limbah-limbah yang memiliki kadar toksisitas tinggi dapat menghancurkan tatanan lingkungan hidup. Limbah yang memiliki toksisitas tinggi umumnya merupakan limbah kimia yang mengandung logam-logam berat salah satunya besi.

Kandungan logam berat besi dalam air dapat direduksi menggunakan beberapa pengolahan diantaranya yaitu *ion exchange*, pemisahan dengan membran, adsorpsi dan presipitasi (Mandasari dan Purnomo, 2016). Adsorpsi sebagai salah satu metode adalah proses perpindahan massa pada permukaan pori-pori dalam butiran adsorben (Asip dkk, 2008). Proses adsorpsi juga memiliki beberapa keuntungan diantaranya rendah dalam segi biaya, efisiensi penyerapan logam berat tinggi dan mudah mendapatkan bahan baku. Menurut

penelitian Rahayu (2004), penurunan besi pada air tanah menggunakan adsorben tempurung kelapa mendekati 91,69%.

Akhir-akhir ini, penggunaan bahan organik sebagai adsorben alami (bioadsorben) sangat banyak dikembangkan. Keunggulan dari penggunaan bioadsorben yaitu untuk menurunkan kadar logam berbahaya dan beracun di lingkungan karena mudah didapat serta sifatnya yang ramah lingkungan. Pada proses adsorpsi ini memanfaatkan limbah kelapa sawit yang berupa tempurung kelapa dan sabut kelapa. Limbah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bioadsorben untuk mengadsorpsi logam berat termasuk besi karena memiliki kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa yang dapat menyerap ion logam (Mandasari dan Purnomo, 2016).

Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan adsorpsi logam berat besi (Fe) menggunakan adsorben tempurung kelapa dan sabut kelapa yang dilakukan Mastiani (2018) yang menyatakan bahwa adsorben dari tempurung kelapa dapat mengurangi kandungan logam berat besi (Fe) dengan efisiensi sebesar 60,65% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,51 mg/g. Menurut penelitian Wardani, *et al.*, (2018) dapat disimpulkan bahwa bioadsorben ion logam timbal (II) oleh sabut kelapa hijau dapat mengadsorpsi ion timbal sebesar 94,34% selama 30 menit. Semakin banyak waktu interaksi yang dibutuhkan pada saat penjerapan berbanding lurus dengan berkurangnya jumlah ion timbal (II) yang tersisa di dalam larutan residu.

Berdasarkan latar belakang diatas, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kemampuan adsorpsi bioadsorben dari sabut kelapa dan tempurung kelapa untuk penurunan kadar besi (Fe). Penelitian dilakukan dengan sistem batch menggunakan variasi konsentrasi massa dan waktu kontak.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Bahan Penelitian

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kelapa dan sabut kelapa yang diperoleh dari pasar setempat. Bahan lain pendukung dan bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk FeSO₄, NaOH 1 N dan aquades.

2.2. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain gelas beaker, jar test, neraca/timbangan, oven, ayakan (crusher), AAS, lumpang, saringan, erlenmeyer dan corong.

2.3. Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi pembuatan bioadsorben dilakukan di Laboratorium mandiri, sedangkan untuk uji analisa kandungan besi (Fe) dilaksanakan di Laboratorium PDAM Gresik. Waktu pelaksanaan penelitian ini dibulai pada bulan Mei 2020 dan selesai pada bulan Juni 2020.

2.4. Rancangan Penelitian

Variasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu massa dan waktu kontak. Variasi massa terdiri dari perbandingan massa 3,75 gr tempurung kelapa : 1,25 gr sabut kelapa, 2,5 gr tempurung kelapa : 2,5 gr sabut kelapa, 1,25 gr tempurung kelapa : 3,75 gr sabut kelapa, 5 gr tempurung kelapa dan 5 gr sabut kelapa. Sedangkan waktu kontak yang digunakan dalam penelitian ini selama 15, 30 dan 45 menit.

2.5. Prosedur Kerja

a. Pembuatan Bioadsorben

Tempurung kelapa dan sabut kelapa dipotong kecil-kecil dan dibersihkan menggunakan air bersih yang mengalir. Kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama ± 3 hari atau dikeringkan dalam oven selama 18 jam dengan suhu 120°C . Selanjutnya, menghaluskan sabut kelapa dan tempurung kelapa dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Bioadsorben yang telah dihancurkan dan diayak, direndam ke dalam larutan NaOH selama 24 jam. Setelah itu dilanjutkan penetralan menggunakan aquades sampai pH normal kemudian dikeringkan ke dalam oven selama 3 jam dengan suhu 120°C .

b. Pembuatan Limbah Artifisial Besi 10 ppm

Pembuatan limbah artifisial besi dimulai dengan membuat larutan induk 1000 ppm dengan cara menimbang 1,374 gr bubuk FeSO_4 untuk dilarutkan dalam 500 liter aquades. Setelah itu membuat limbah artifisial 10 ppm dengan cara mengambil sebanyak 5 ml larutan induk untuk dilarutkan dalam 500 ml aquades.

c. Pengujian Sampel

Siapkan bioadsorben dengan variasi massa 3,75 gr tempurung kelapa : 1,25 gr sabut kelapa (C_1), 2,5 gr tempurung kelapa : 2,5 gr sabut kelapa (C_2), 1,25 gr tempurung kelapa : 3,75 gr sabut kelapa (C_3), 5 gr tempurung kelapa (D_1) dan 5 gr sabut kelapa (D_2). Masukkan bioadsorben tersebut ke dalam gelas beaker yang telah berisi air limbah artifisial besi (Fe). Lakukan pengadukan dengan menggunakan jar test dengan kecepatan 150 rpm selama 15,30, dan 45 menit secara bergantian. Setelah itu, mengendapkan sampel selama 10 menit dan diambil sebanyak 10 ml untuk di uji menggunakan AAS. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode duplo.

d. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini dilakukan karakterisasi uji kadar air yang terkandung dalam bioadsorben. Uji kadar air dapat ditentukan menggunakan rumus:

$$\text{kadar air (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad \dots (1)$$

dimana: a merupakan berat sampel sebelum dikeringkan (g) dan b merupakan berat sampel setelah dikeringkan.

Banyaknya ion logam besi (Fe) yang teradsorpsi untuk tiap (mg/g) dan % adsorpsi ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{m_{\text{adsorben}}} \times V \quad \text{dan} \quad \% \text{ Efisiensi} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \quad \dots (2)$$

Dimana: q_e merupakan kapasitas adsorpsi (mg/g), C_0 merupakan konsentrasi awal limbah (mg/L), C_e merupakan konsentrasi akhir limbah (mg/L), V merupakan volume larutan (L), m merupakan massa adsorben (g).

Untuk menentukan isoterm adsorpsinya menggunakan persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich. Berikut ini merupakan persamaan isoterm Langmuir dan freundlich.

Isoterm langmuir

$$q_e = \frac{q_m \cdot K_a \cdot C_e}{1 + K_a \cdot C_e} \text{ atau } \frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{K_a \cdot q_m} \quad \dots(3)$$

Isoterm Freundlich

$$q = K_f \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \quad \dots(4)$$

$$\text{atau } \log(q_e) = \log(K_f) + 1/n \cdot \log(C_e) \quad \dots(5)$$

Dimana: q_e merupakan kapasitas adsorpsi (mg/g), K_a merupakan konstanta Langmuir, K_f merupakan konstanta Freundlich, q_m merupakan kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g), C_e merupakan konsentrasi pada saat kesetimbangan (mg/L) dan $1/n$ merupakan ketidakinieran. Persamaan Langmuir dapat diketahui melalui hubungan grafik antara C_e/q_e dengan C_e , sedangkan Persamaan Freundlich dapat diketahui melalui hubungan grafik $\log q_e$ dengan $\log C_e$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

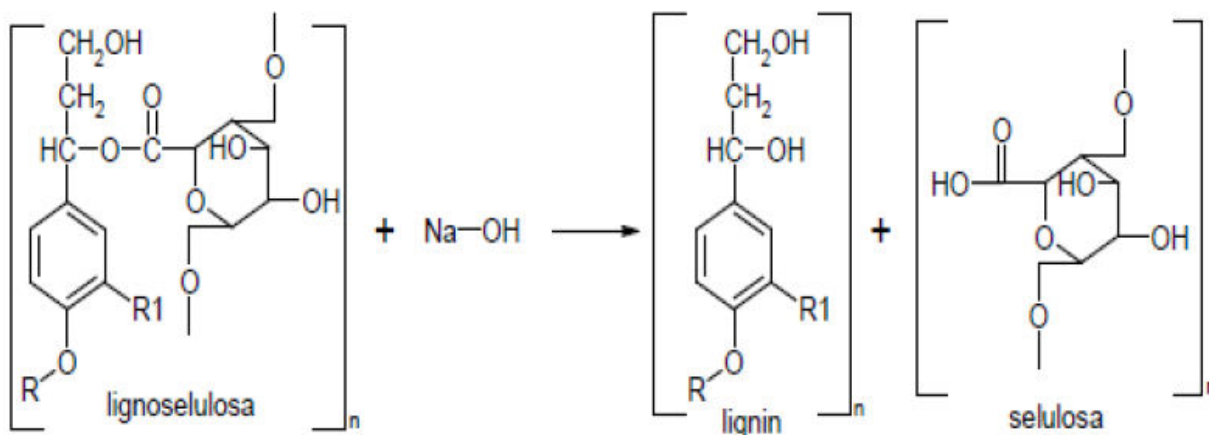
3.1. Karakterisasi Bioadsorben

Sebanyak 1 gr sabut kelapa dan tempurung kelapa dimasukkan ke dalam cawan petri yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukkan ke dalam oven selama 1 jam dengan suhu 105°C . Selanjutnya didinginkan lalu ditimbang. Pada tempurung kelapa kadar air yang dihasilkan sebelum proses aktivasi pada perlakuan 1 dan 2 berturut-turut adalah 12% dan 10%. Sedangkan pada sabut kelapa kandungan kadar air pada perlakuan 1 dan 2 adalah 9% dan 6%. Untuk kadar air setelah aktivasi, pada tempurung kelapa pada perlakuan 1 dan 2 diperoleh sebesar 7% dan 6% sedangkan pada sabut kelapa pada perlakuan 1 dan 2 sebesar 6% dan 4%. Menurut SNI 06-3730-1995 persyaratan kadar air untuk adsorben yaitu maksimal 15%. Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari adsorben yang dihasilkan. Dimana adsorben mempunyai sifat salinitas yang besar terhadap air (Zaini dan Sami, 2017).

3.2. Pengaruh dari Aktivasi Bioadsorben

Proses aktivasi berfungsi untuk membuka pori-pori adsorben yang tertutup oleh hidrokarbon, tar dan zat-zat organik lainnya yang menyumbat pori-pori adsorben sehingga dapat memperbesar kapasitas adsorpsi dan proses adsorpsi berlangsung lebih optimal (Mastiani dkk, 2018). Pada penelitian ini proses aktivasi menggunakan aktivator NaOH 1 N. Menurut penelitian Situmorang dan Farma (2013), persentase daya serap adsorben terhadap logam berat besi (Fe) menggunakan aktivator NaOH lebih besar sebesar 58,38% dibandingkan dengan menggunakan aktivator KOH sebesar 56,43%. Hal ini dikarenakan makropori yang terlihat pada adsorben dengan aktivator KOH sedikit pada perbesaran 500x dan 1000x, sedangkan makropori yang terlihat pada adsorben dengan aktivator NaOH pada perbesaran 500x dan 1000x terlihat lebih banyak. Adsorben dengan aktivator KOH belum terdekomposisi sempurna sehingga bahan dasar adsorben terikat satu sama lain yang dapat menyebabkan morfologi permukaan adsorben membentuk sedikit rongga pori. Aktivasi dengan menggunakan larutan NaOH bertujuan agar terjadi proses delignifikasi pada adsorben. Proses delignifikasi mempunyai fungsi yaitu untuk melarutkan senyawa-senyawa yang dapat

menghambat proses adsorpsi seperti senyawa lignin. Hal ini terjadi karena senyawa lignin dalam proses adsorpsi dapat menghalangi proses transfer ion ke sisi aktif adsorben. Larutan NaOH akan memecah selulosa dan lignin (Utomo, 2014). Ikatan-ikatan struktur dasar lignin akan diputus oleh ion OH⁻ dari NaOH sehingga lignin mudah larut. Lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut dengan lindi hitam (Harni dkk, 2015).



Gambar 1. Mekanisme pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa
(Sumber: Harni dkk, 2015)

Penggunaan NaOH 1 N sebagai aktivator pada proses aktivasi sudah cukup karena pengotor dapat larut sehingga lebih membuka permukaan pori adsorben. Tetapi, proses adsorpsi yang menggunakan aktivator larutan NaOH 2 N terjadi penurunan pada daya serap adsorben, dikarenakan struktur bagian dalam pada adsorben telah terjadi pelarutan sehingga sehingga dapat menutup kembali sebagian pori-pori adsorben. Pelarutan struktur bagian dalam adsorben dapat terjadi jika konsentrasi aktivator lebih tinggi sehingga menutup kembali bagian pori-pori (Atminingtyas dkk, 2016). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zaini and Sami (2017) menyatakan bahwa adsorben yang diaktivasi dengan larutan NaOH 1 N daya serapnya jauh lebih baik dibandingkan dengan yang diaktivasi secara fisik dan dengan asam sulfat. Daya serap larutan NaOH 1 N sebesar 96,57%.

3.3. Pengaruh Massa dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Logam Fe

Hasil dari pengujian sampel limbah artifisial besi sebesar 6,76 mg/L. Hal ini dapat terjadi dikarenakan perbedaan antara pembacaan sebenarnya dengan perhitungan secara teori. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya permasalahan ini salah satunya terjadinya *human eror* atau kesalahan saat melakukan pengenceran sehingga memungkinkan hasilnya tidak sesuai perhitungan (Maghfirana, 2019). Berikut ini tabel data dari hasil konsentrasi limbah besi (Fe) setelah mendapatkan perlakuan.

Tabel 1 Konsentrasi Logam Besi (Fe) dalam Sampel Setelah Perlakuan

| Sampel | Konsentrasi Logam Besi (Fe) (mg/L) | | |
|-----------------------------------------------|------------------------------------|----------------|----------------|
| | t ₁ | t ₂ | t ₃ |
| C ₀ | 6,760 | 6,760 | 6,760 |
| Bioadsorben Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa | | | |
| C ₁ | 1,785 | 1,355 | 1,300 |
| C ₂ | 1,480 | 1,320 | 1,200 |
| C ₃ | 1,175 | 1,030 | 0,485 |
| Rata-Rata | 1,480 | 1,235 | 0,995 |
| Bioadsorben Tempurung Kelapa | | | |
| D ₁ | 4,230 | 4,075 | 3,470 |
| Bioadsorben Sabut Kelapa | | | |
| D ₂ | 1,540 | 1,405 | 1,265 |

Setelah mendapatkan hasil dari konsentrasi limbah akhir, dari data tersebut dapat ditentukan variasi massa dan waktu kontak optimum dalam bioadsorben sabut kelapa dan tempurung kelapa. Penentuan massa dan waktu kontak optimum ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui berapakah massa dan waktu kontak paling optimum pada proses adsorpsi menggunakan bioadsorben tempurung kelapa dan sabut kelapa.

Dari data hasil akhir limbah, selain dapat menentukan efisiensi adsorpsi juga dapat menentukan kapasitas adsorpsinya. Berikut ini data dari kapasitas adsorpsi bioadsorben tempurung kelapa dan sabut kelapa terhadap limbah besi (Fe).

Tabel 2 Efisiensi Adsorpsi Limbah Besi (Fe) dalam Air Limbah

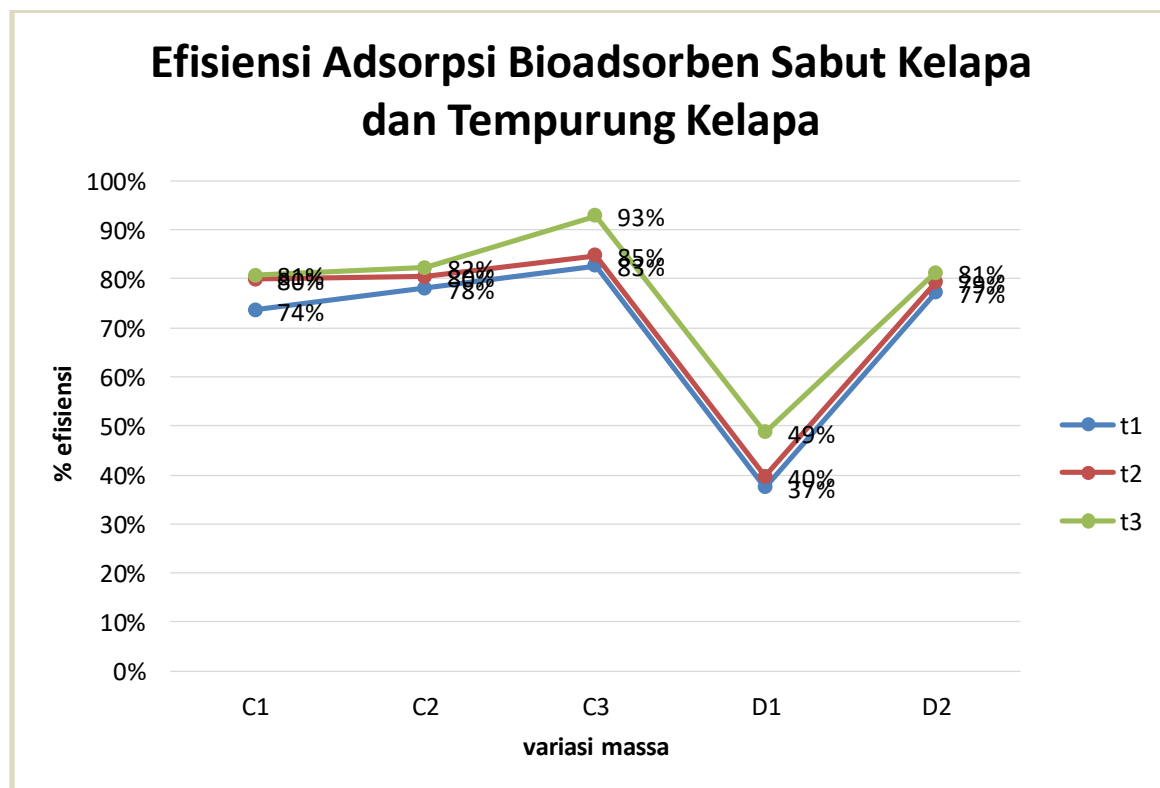
| Sampel | Efisiensi Adsorpsi Limbah Besi (Fe) (%) | | |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------------|
| | t ₁ | t ₂ | t ₃ |
| Bioadsorben Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa | | | |
| C ₁ | 74 | 80 | 81 |
| C ₂ | 78 | 80 | 82 |
| C ₃ | 83 | 85 | 93 |
| Rata-Rata | 78,3 | 82 | 85,3 |
| Bioadsorben Tempurung Kelapa | | | |
| D ₁ | 37 | 40 | 49 |
| Bioadsorben Sabut Kelapa | | | |
| D ₂ | 77 | 79 | 81 |

]

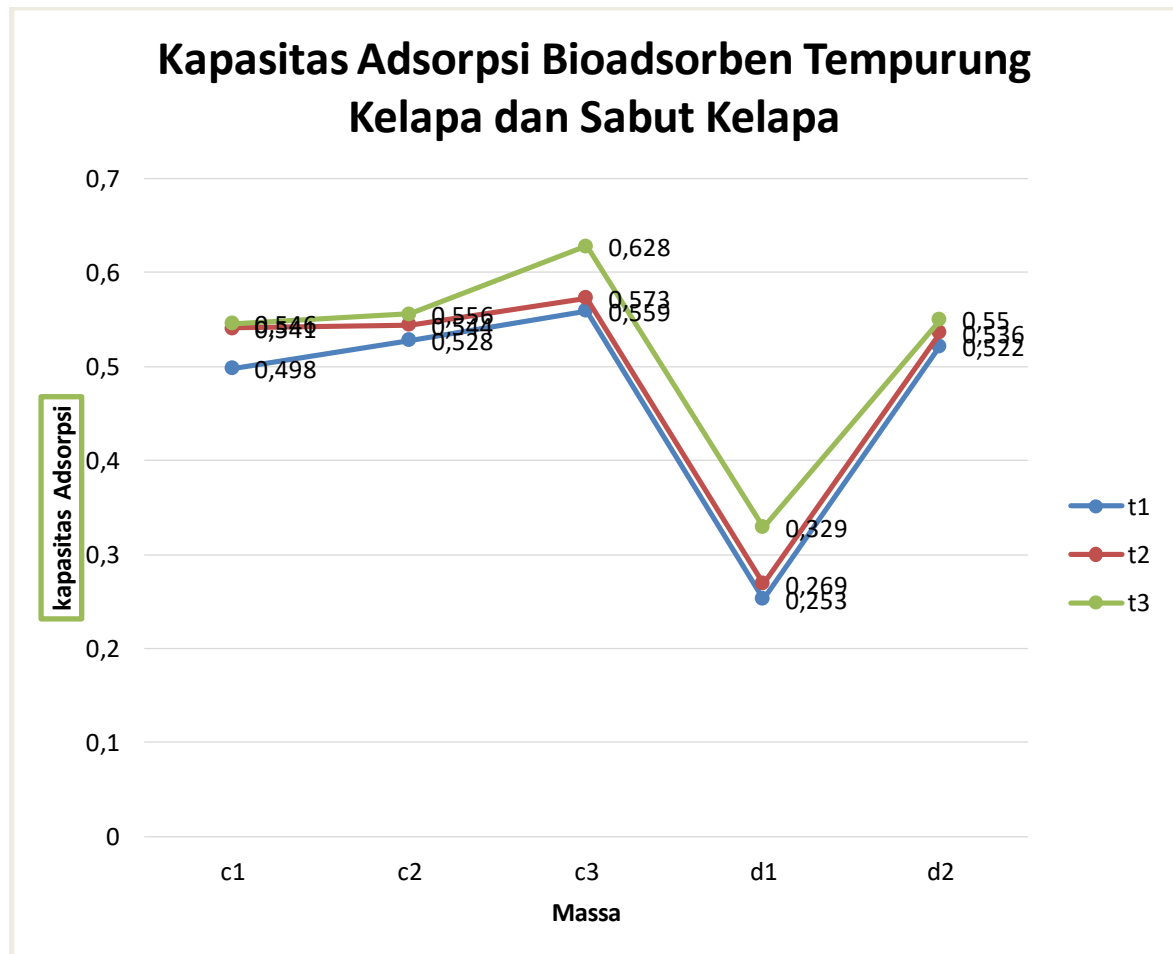
Tabel 3 Kapasitas Adsorpsi Besi (Fe) dalam Limbah Artifisial

| Sampel | Kapasitas Adsorpsi Besi (Fe) (mg/g) | | |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|
| | t ₁ | t ₂ | t ₃ |
| Bioadsorben Tempurung Kelapa dan Sabut Kelapa | | | |
| C ₁ | 0,498 | 0,541 | 0,546 |
| C ₂ | 0,528 | 0,544 | 0,556 |
| C ₃ | 0,559 | 0,573 | 0,628 |
| Rata-Rata | 0,528 | 0,553 | 0,577 |
| Bioadsorben Tempurung Kelapa | | | |
| D ₁ | 0,253 | 0,269 | 0,329 |
| Bioadsorben Sabut Kelapa | | | |
| D ₂ | 0,522 | 0,536 | 0,550 |

Setelah data hasil dari efisiensi dan kapasitas adsorpsi, dapat dibuat grafik untuk mengetahui efisiensi dan kapasitas paling tertinggi dari adsorpsi limbah besi (Fe) menggunakan bioadsorben dari tempurung kelapa dan sabut kelapa.



Gambar 2. Grafik Persentase Adsorpsi



Gambar 3. Grafik Kapasitas Adsorpsi

Dari kedua grafik diatas dapat disimpulkan bahwa efisiensi dan kapasitas adsorpsi paling optimum pada bioadsorben sabut kelapa dan tempurung kelapa yaitu sebesar 93% dan 0,628 mg/g dimana terletak pada bioadsorben dengan perbandingan massa 1,25 gr tempurung kelapa : 3,75 gr sabut kelapa dengan waktu kontak selama 45 menit. Efisiensi dan kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh massa bioadsorben dan waktu kontak. Massa bioadsorben yang digunakan sangat berpengaruh terhadap efisiensi kapasitas adsorpsi dalam penyisihan Fe. Bertambahnya jumlah massa adsorben sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan adsorben sehingga menyebabkan jumlah tempat mengikat ion logam juga bertambah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi dan kapasitas adsorpsi meningkat dengan bertambahnya massa adsorben sabut kelapa. Hal ini juga dikarenakan kandungan selulosa dalam sabut kelapa lebih banyak dibandingkan dengan kandungan selulosa pada tempurung kelapa. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Pari dan Sailah (2001), kandungan selulosa dalam sabut kelapa sebesar 28,28% sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh Cheremunusoff dalam Suhartana (2007) kandungan selulosa yang terdapat dalam tempurung kelapa sebesar 26,60%.

Waktu kontak juga sangat berpengaruh pada proses adsorpsi. Hubungan antara waktu kontak dan berkurangnya logam berat pada air limbah berbanding terbalik. Jika semakin lama waktu kontak yang dibutuhkan maka kadar ion besi (Fe) dalam limbah artifisial semakin berkurang.

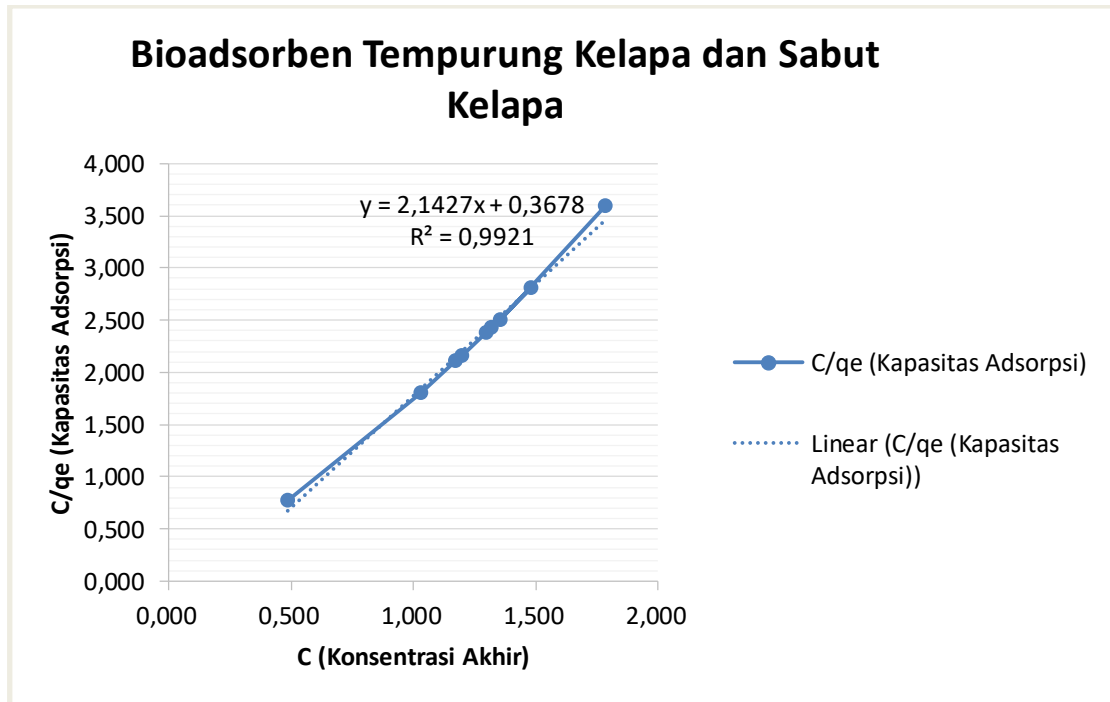
Pada proses adsorpsi, penentuan waktu kontak memiliki tujuan yaitu untuk mengetahui waktu yang paling minimum dibutuhkan dalam menyerap logam besi menggunakan bioadsorben secara maksimum sampai mencapai keadaan jenuh. Keadaan jenuh terjadi apabila reaksi logam berat besi (Fe) dengan bioadsorben melewati waktu setimbangnya sehingga logam berat tersebut tidak mampu diserap lagi oleh bioadsorben. Apabila telah terjadi kesetimbangan antara kadar adsorbat dalam larutan dengan bioadsorben, maka proses adsorpsi akan berhenti. Hal ini dikarenakan gugus aktif hidroksil (-OH) yang terkandung dalam selulosa mengalami kesetimbangan sehingga larutan menjadi jenuh dan penyerapan logam berat sudah tidak optimal (Udin, 2015).

3.4. Isoterm Adsorpsi

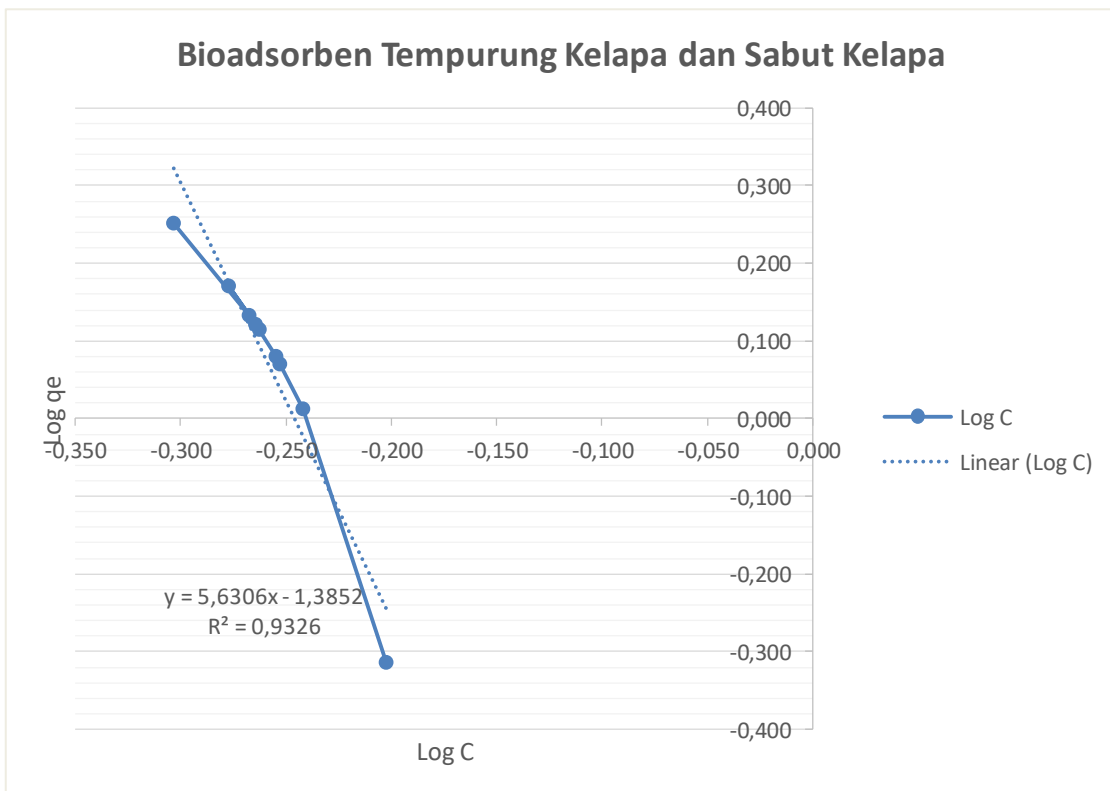
Penelitian ini menggunakan dua model isoterm yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Tujuan dari penggunaan isoterm Freundlich dan Langmuir yaitu agar dapat mengetahui persamaan kesetimbangan yang digunakan dalam mengetahui seberapa besar adsorben yang dapat mengadsorpsi massa adsorbat dalam larutan. Isoterm Freundlich digunakan dengan asumsi terjadi gaya Van der Waals pada ikatan antara adsorbat dengan adsorbennya dimana ikatannya tidak terlalu kuat/lemah sehingga lapisan yang terbentuk adalah lapisan multilayer, sedangkan isoterm Langmuir digunakan dengan asumsi bahwa ikatan antara adsorbat dengan adsorbennya cukup kuat karena suatu ikatan kimia telah terbentuk sehingga lapisan yang terbentuk pada adsorpsi ini adalah lapisan monolayer (Abdullah dkk, 2015).

Persamaan isoterm yang nantinya akan digunakan dapat diketahui dengan melakukan perhitungan terlebih dahulu lalu dilakukan pengeplotan data pada masing-masing persamaan isoterm. Kemudian didapatkan nilai regresi (R^2) lalu membandingkannya antara nilai R^2 yang didapatkan dari persamaan Langmuir dengan nilai R^2 yang didapatkan dari persamaan Freundlich. Kemudian persamaan isoterm yang dipilih yaitu persamaan yang menghasilkan nilai regresi (R^2) dengan konstanta yang paling terbesar.

Dalam menentukan jenis isoterm adsorpsi logam Fe digunakan model isoterm Langmuir dan Freundlich. Persamaan isoterm Langmuir dibuat dengan menghubungkan grafik antara C/q_e dengan C . Sedangkan persamaan isoterm Freundlich dibuat dengan menghubungkan grafik antara $\log q_e$ dengan $\log C_e$. Model isoterm yang didapatkan dari hasil penelitian menggunakan bioadsorben tempurung kelapa dan sabut kelapa dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 4. Grafik Persamaan Isoterm Langmuir dalam Adsorpsi Logam Fe



Gambar 5. Grafik Persamaan Isoterm Freundlich dalam Adsorpsi Logam Fe

Berdasarkan data pada gambar 4 dan 5, dapat disimpulkan bahwa adsorpsi besi (Fe) dengan menggunakan variasi bioadsorben tempurung kelapa dan sabut kelapa mengikuti persamaan Langmuir. Hal tersebut dapat dilihat dari perolehan nilai regresi (R^2) yang paling terbesar diantara kedua persamaan. Nilai regresi terbesar yang didapatkan dari persamaan Langmuir yaitu sebesar 0,9921 (mendekati 1). Dari nilai regresi tersebut dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini cenderung mengikuti persamaan isoterm Langmuir dengan asumsi bahwa terjadi adsorpsi kimia yang membentuk lapisan monolayer dan luas permukaan pada bioadsorben yang digunakan besar sehingga molekul besi (Fe) sudah dapat teradsorpsi semua hanya dengan membentuk satu lapisan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zhang, *et al.*, (2014) dapat disimpulkan bahwa biosorpsi logam berat Fe menggunakan abu sekam padi mampu mengadsorpsi ion besi (Fe) sebesar 6,211 mg/g. Untuk model isoterm adsorpsi lebih mengikuti isoterm Langmuir dibandingkan isoterm Freundlich dikarenakan koefisien korelasi R^2 lebih besar yaitu 0,995 untuk Langmuir dan 0,986 untuk Freundlich.

Isoterm Langmuir pada umumnya terjadi interaksi secara kimia. Adsorpsi kimia merupakan adsorpsi yang melibatkan antara adsorben dan adsorbat dengan interaksi yang lebih kuat sehingga adsorbat sulit untuk bebas bergerak dari satu bagian ke bagian yang lain (Parker, 1993 ; Siregar (2019).

4. KESIMPULAN

Adsorpsi ion logam besi (Fe) menggunakan bioadsorben tempurung kelapa dan sabut kelapa paling optimum terjadi pada perbandingan massa 1,25 gr tempurung kelapa : 3,75 gr sabut kelapa dengan waktu pengadukan selama 45 menit. Dari penelitian ini diperoleh efisiensi adsorpsi dan kapasitas adsorpsi paling optimum berturut-turut sebesar 93% dan 0,628 mg/g. Model isoterm yang sesuai digunakan dalam pengolahan limbah besi (Fe) menggunakan bioadsorben sabut kelapa dan tempurung kelapa adalah model isoterm Langmuir. Dapat disimpulkan bahwa bioadsorben tempurung kelapa dan sabut kelapa memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menjerap ion logam besi (Fe).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Astriah, Asri Saleh, dan In Novianty. (2015). Adsorpsi Karbon Aktif dari Sabut Kelapa (*Cocos nucifera*) Terhadap Peurunan Fenol. *Al-Kimia*, 32–34.
- Asip, Faisal, Ridha Mardhiah, dan Husna. (2008). Uji Efektifitas Cangkang Telur Dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2), 22–26.
- Atminingtyas, Salasatun, Wiharyanto Oktiawan, dan Irawan Wisnu Wardana. (2016). Pengaruh Konsentrasi Aktivator NaOH dan Tinggi Kolom pada Arang Aktif dari Kulit Pisang Terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) Limbah Cair Industri Elektroplating. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1), 11.
- Harni, Muhammad Rudy, Ani Iryani, dan Hilman Affandi. (2015). Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis L.f.*) Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb). 1-10.
- Maghfirana, Cendekia Aghni. (2019). Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif dari Limbah Kulit Singkong Terhadap Logam Timbal (Pb) Menggunakan Sistem Kontinyu. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.

- Mandasari, Istifiarti, dan Alfian Purnomo. 2016. Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1), 11–16.
- Mastiani, Neng, Vina Amalia, dan Tina Dewi Rosahdi. (2018). Potensi Penggunaan Tempurung Kelapa sebagai Adsorben Ion Logam Fe(III). *al-Kimiya*, 5(1), 42–47.
- Pari, Gustan, dan Ilah Sailah. (2001). Pembuatan Arang Aktif Dari Sabut Kelapa Sawit dengan Bahan Pengaktif NH_4HCO_3 dan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ Dosis Rendah. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 19(4), 231–244.
- Rahayu, Tuti. (2004). Karakteristik Air Sumur Dangkal di Wilayah Kartasura dan Upaya Penjernihannya. 5(2), 47–53.
- Siregar, Khoirin Nissa Azhar. (2019). Penyisihan Logam Berat Pb (II) dan Cd (II) dengan Adsorben yang Dibuat dari Serbuk Kayu yang Diaktivasi dengan H_3PO_4 . Universitas Sumatera Utara.
- Situmorang, Tiur Malinda, dan Rakhmawati Farma. (2013). Pengaruh Aktivator Kimia Terhadap Kualitas Karbon Aktif dari Kulit Singkong Sebagai Bahan Penyerap Logam Berat. 1–5.
- Suhartana. (2007). Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Baku Arang Aktif Dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Air Limbah Industri Petis Di Tambak Lorok Semarang. *Momentum*, 3(2), 10–15.
- Supriyantini, Endang, dan Hadi Endrawati. (2015). Kandungan Logam Berat Besi (Fe) pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(1), 38–45.
- Udin, Yuniati. (2015) Biosorpsi Kadmium (Cd) Pada Serat Sabut Kelapa Hijau (*Cocos nucifera*) Teraktivasi Natrium Hidroksida (NaOH). Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Utomo, Suratmin. (2014). Pengaruh Waktu Aktivasi dan Ukuran Partikel Terhadap Daya Serap Karbon Aktif dari Kulit Singkong dengan Aktivator NaOH. 1–4.
- Wardani, Gatut Ari, Dea Dara Pamungkas, Winda Trisna Wulandari, dan Fajar Setiawan. (2018). Pengaruh Waktu Kontak dan Keasaman Terhadap Daya Bio Adsorpsi Limbah Sabut Kelapa Hijau pada Ion Logam Timbal(II). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 4(2), 215–220.
- Zaini, Halim, dan Muhammad Sami. (2017). Penyisihan Pb(II) Dalam Air Limbah Laboratorium Kimia Sistem Kolom Dengan Bioadsorben Kulit Kacang Tanah. *ETHOS (Jurnal Penelitian dan Pengabdian)*, 5(1), 8–14.
- Zhang, Ying, Jiaying Zhao, Zhao Jiang, Dexin Shan, and Yan Lu. (2014). Biosorption of Fe(II) and Mn(II) Ions from Aqueous Solution by Rice Husk Ash. *BioMed Research International*, 1–10.