

PEMANFAATAN ARANG AKTIF TEMPURUNG KENARI (*Canarium vulgare leenh*) TERAKTIVASI HCl SEBAGAI ADSORBEN SENYAWA FOSFAT PADA LIMBAH DOMESTIK

Yolanda S. Mayar, Titus Lapailaka

*Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adi Sucipto,
Penfui, Kupang-NTT, 85001, Indonesia
E-mail: t_lapailaka@staf.undana.ac.id*

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pemanfaatan arang tempurung kenari teraktivasi HCl sebagai adsorben senyawa fosfat pada limbah domestik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dari aktivator larutan HCl pada arang tempurung kenari dalam mengadsorpsi fosfat pada limbah domestik. Dalam penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi HCl 1, 2, 3, 4 dan 5 M. Hasil penelitian menunjukkan Semakin tinggi konsentrasi aktivator HCl maka semakin tinggi pula daya adsorpsi arang aktif tempurung kenari (*Canarium vulgare leenh*) yang ditunjukkan dengan nilai kadar fosfat yang teradsorpsi dan persentase fosfat yang teradsorpsi pada konsentrasi aktivator HCl 5 M yaitu 2,332 mg/L dan 94,6%. Arang aktif tempurung kenari (*Canarium vulgare leenh*) yang diperoleh memiliki karakteristik hampir mendekati standar mutu SNI 06-3730-1995 antara lain kadar air 9,5%, kadar abu 5,4% dan luas permukaan 27,26 m²/g. Waktu kontak optimum untuk adsorpsi ion fosfat (PO₄)³⁻ adalah 30 menit.

Kata Kunci: *Tempurung kenari, Arang aktif, dan Ion fosfat (PO₄)³⁻*

PENDAHULUAN

Limbah cair domestik merupakan salah satu bahan sisa dari aktivitas manusia yang dihasilkan sepanjang waktu. Bahan sisa yang berasal dari rumah tangga tersebut berupa air yang telah digunakan yaitu meliputi air buangan dari kamar mandi, WC, tempat cuci atau tempat memasak. Pada awalnya bahan sisa tersebut tidak menimbulkan masalah karena lingkungan masih mampu menetralkannya secara alami. Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk menyebabkan volume dan jenis kandungan limbah cair yang dihasilkan semakin besar dan menyebabkan kemampuan lingkungan untuk menetralkan semakin menurun, sehingga limbah cair domestik menimbulkan berbagai masalah, baik terhadap manusia maupun lingkungan itu sendiri, diantaranya dapat mencemari tanah dan merusak ekosistem air. Pengolahan limbah cair domestik dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satu metode yang murah adalah menggunakan adsorben arang aktif. Arang aktif merupakan arang yang dihasilkan dari proses aktivasi untuk meningkatkan daya serap terhadap zat tertentu sebagai target. Arang aktif dapat dibuat dari limbah bagian tumbuhan yang tidak digunakan oleh manusia seperti sabut kelapa, tempurung kelapa, tempurung kemiri, tongkol jagung, sabut lontar dan lain-lain.

Salah satu bahan yang bisa dibuat sebagai arang aktif adalah tempurung kenari. Tempurung kenari merupakan bagian dari buah kenari yang tidak dimanfaatkan oleh masyarakat dan dibuang sebagai limbah. Tempurung kenari juga memiliki struktur yang keras. Berdasarkan uraian di atas maka telah dilakukan penelitian Pemanfaatan Arang Aktif Tempurung Kenari (*Canarium vulgare leenh*) Teraktivasi HCl Sebagai Adsorben Senyawa Fosfat Pada Limbah Domestik

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang aktif dari tempurung kenari, limbah domestik diambil dari perumahan Liliba, kertas saring, HCl 1 M, 2 M, 3 M, 4 M, dan 5 M, Metilen Biru, Aquades, Ammonium Molibdat, KH₂PO₄, Asam Askorbat, Kalium Antimol Tartrat dan Asam Sulfat 2,5 M.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer UV-Vis, oven, tanur, mortal, timbangan digital, stirrer, batang magnet, erlenmeyer 100 ml, gelas beaker 100 ml, corong, pengaduk, ayakan 60 mesh, pipet tetes, pipet volume, bola karet, gelas ukur, kuvet, pH meter universal, labu ukur 100 ml, labu ukur 50 ml dan cawan porselin.

Prosedur Kerja

**SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA I
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
Kupang, 31 Maret 2022**

Preparasi arang tempurung kenari (*Canarium vulgare leenh*)

Tempurung kenari (*Canarium vulgare leenh*) dibersihkan dari kotoran, dibakar dalam tungku pengarangan dan dilakukan proses karbonisasi pada tanur dengan suhu 500 °C selama 2 jam. Kemudian digerus dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh.

Aktivasi arang dengan HCl

10 g arang aktif yang telah diayak direndam dalam larutan HCl dengan konsentrasi 1 M, 2 M, 3 M, 4 M dan 5 M, diaduk selama ± 24 jam kemudian didekantasi dan dicuci dengan aquades sampai bebas klorida. Selanjutnya, dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama ± 2 [1].

Karakteristik Arang Aktif Tempurung Kenari

Penentuan kadar air arang aktif

Arang aktif ditimbang 1 g kemudian dikeringkan pada oven 105 °C selama 3 jam. didinginkan dalam destikator dan ditimbang. Kadar air dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \quad (1)$$

Penentuan kadar abu arang aktif

Arang aktif ditimbang 1 g lalu dimasukkan dalam tanur dan dikalsinasi pada temperatur 500 °C. Setelah 120 menit didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar abu dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{Berat abu}}{\text{Berat sampel}} \times 100\% \quad (2)$$

Penentuan luas permukaan arang aktif

Metilen biru 2 ppm diukur pada panjang gelombang 500-700 nm. Kemudian dibuat kurva standar metilen biru dengan variasi konsentrasi 2, 3, 4 dan 5 ppm pada panjang gelombang maksimum. Sebanyak 0,1 gram arang aktif di campur dengan 15 ml larutan metilen biru 50 ppm dan dilakukan pengadukan dengan variasi waktu (20, 30, dan 40 menit). Campuran disaring, diukur adsorbansinya. Konsentrasi metilen biru teradsorpsi yang digunakan untuk menghitung luas permukaan arang aktif,

Pengukuran pH

Sebanyak 5 mL sampel limbah domestik diukur dan dicatat nilai pH yang diperoleh. Kemudian dilakukan perlakuan yang sama untuk limbah domestik setelah diadsorpsi dengan arang aktif tempurung kenari.

Penentuan Kadar Ion Fosfat dengan Spektrofotometer UV-Vis

Pembuatan Amonium Molibdat

Ditimbang 4 gr amonium molibdat dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, lalu diencerkan dengan aquades.

Pembuatan Asam Askorbat 0,1 M

Ditimbang 0,88 gr asam askorbat dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, lalu diencerkan dengan aquades.

Pembuatan Kalium Antimol Tartrat

Ditimbang 0,132 gr kalium antimol tartrat dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, lalu diencerkan dengan aquades.

Pembuatan Asam Sulfat 2,5 M

Diukur 14 mL asam sulfat dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, lalu diencerkan dengan aquades.

Dicampurkan secara berturut-turut 15 mL amonium molibdat, 30 mL asam askorbat, 5 mL kalium antimol tartrat dan 50 mL asam sulfat.

Pembuatan Larutan Induk Fosfat 500 ppm

Ditimbang 0,11 gr Kalium Dihidrogen Fosfat dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, kemudian diencerkan. Selanjutnya membuat larutan baku fosfat 100 ppm, diambil 20 mL larutan induk 500 ppm diencerkan pada labu ukur 100 mL.

Pembuatan Kurva Kalibrasi Ion Fosfat

Untuk menentukan kurva kalibrasi ion fosfat, dilakukan dengan mengukur pada panjang gelombang 800-900 nm dengan variasi konsentrasi kadar fosfat 0,2, 0,4, 0,6, dan 0,8 ppm. Kemudian

**SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA I
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
Kupang, 31 Maret 2022**

diambil masing-masing 10 mL larutan standar tersebut ke dalam erlenmeyer. Kemudian ditambahkan 10 mL reagen dan dihomogenkan lalu diukur absorbansinya.

Prosedur Analisis

Sampel limbah domestik diambil sebanyak 50 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Kemudian ditambahkan 10 mL reagen dan dihomogenkan lalu diukur absorbansinya.

Penentuan waktu kontak optimum adsorben teraktivasi HCl

0,5 g arang teraktivasi HCl dengan masing-masing konsentrasi 0 M, 1 M, 2 M, 3 M, 4 M, dan 5 M dimasukkan ke dalam 6 buah Erlenmeyer dan ditambahkan masing-masing 10 mL larutan campuran sampel limbah domestik dengan reagen. Campuran diaduk dengan variasi 20, 30, dan 60 menit. Selanjutnya, campuran disaring dan filtratnya diukur pada panjang gelombang 880 nm dan dianalisis jumlah ion fosfat yang tersisa. Kemudian dihitung jumlah ion fosfat yang teradsorpsi (mg/L) dan dibuat grafik hubungan antara waktu kontak dengan jumlah ion fosfat teradsorpsi (mg/L)

Uji Kemampuan Arang Teraktivasi HCl sebagai Adsorben Fosfat (PO_4)³⁻ dalam Limbah Domestik

0,5 g arang teraktivasi HCl dengan masing-masing konsentrasi 0 M, 1 M, 2 M, 3 M, 4 M dan 5 M dimasukkan ke dalam 6 erlenmeyer dan ditambahkan 10 mL campuran sampel limbah domestik dan reagen. Campuran diaduk menggunakan waktu kontak optimum yang didapat kemudian disaring. Filtrat yang diperoleh diukur pada panjang gelombang 880 nm dan dianalisis jumlah ion fosfat yang tersisa kemudian dibandingkan dengan kontrol agar diketahui jumlah ion fosfat yang diadsorpsi. Dihitung jumlah ion fosfat yang teradsorpsi (mg/L)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Preparasi Arang Tempurung Kenari (*Canarium vulgare leenh*)

Hasil arang tempurung kenari berupa arang dengan ukuran 60 mesh. Arang ini diperoleh dari proses pengarangan, kalsinasi dan penggerusan serta pengayakan. Pengarangan bertujuan untuk menurunkan kandungan minyak dan memperoleh arang yang berwarna hitam. Karbonisasi pada tanur dengan suhu 500 °C selama 2 jam yang bertujuan untuk menghilangkan zat-zat organik yang masih tersisa pada saat proses pembakaran. Arang digerus dengan tujuan untuk memperkecil ukuran partikel arang dan memperoleh luas permukaan yang besar. Pengayakan bertujuan untuk memperoleh ukuran luas permukaan yang sama dan menghomogenkan ukuran serbuk arang.

Hasil Aktivasi Arang Tempurung Kenari dengan HCl

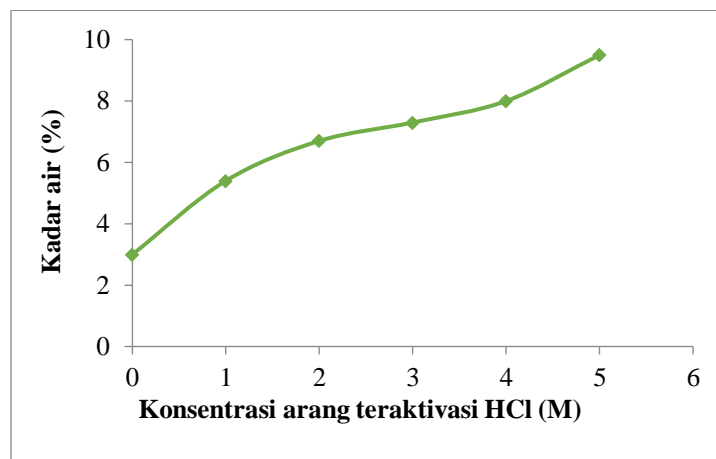
Tujuan penggunaan aktivator asam untuk melarutkan pengotor-pengotor dalam pori-pori karbon, sehingga permukaan karbon lebih terbuka dan daya serap arang semakin besar. Arang tempurung kenari diaktivasi menggunakan larutan HCl dengan variasi 1 M, 2 M, 3 M, 4 M, dan 5 M selama 24 jam.

Tujuan aktivasi arang tempurung kenari untuk meningkatkan karbon aktif dan membuka pori-pori arang yang tertutup pada saat proses karbonisasi oleh zat-zat sisa pembakaran. Tujuan variasi konsentrasi untuk mendapatkan aktivasi terbaik [11].

Hasil Karakteristik Arang Aktif Tempurung Kenari

Kadar Air

Kadar air merupakan banyaknya kandungan air dalam suatu bahan. Penentuan kadar air ini bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari arang aktif. Sifat higroskopis ini menyebabkan arang aktif pada kondisi dan kelembaban tertentu akan mencapai keseimbangan kadar air [15]. Nilai kadar air pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. berikut ini.

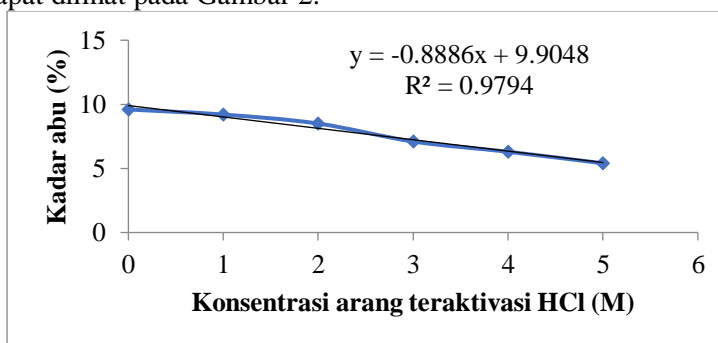


Gambar 1. Grafik hubungan antara konsentrasi arang aktif dan kadar air

Pada Gambar 1. menunjukkan kadar air arang aktif lebih besar dibandingkan dengan arang yang tidak diaktivasi yaitu sebesar 3 % sedangkan arang teraktivasi HCl pada konsentrasi 5 M sebesar 9,5 %. Kadar air arang aktif yang besar dapat menurunkan kualitas dari daya adsorpsi. Kadar air yang tinggi akan mengurangi daya serap arang terhadap gas maupun cairan gas [10]. Jika kadar air semakin besar maka kemampuan arang aktif untuk adsorpsi akan semakin kecil karena molekul-molekul air masih menutupi pori-pori arang. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia kadar air arang aktif yang diperoleh maksimum 15 %, maka presentase kadar air arang aktif tempurung kenari memenuhi baku mutu Standar Nasional Indonesia.

Kadar Abu

Arang aktif yang dibuat dari bahan alam tidak hanya mengandung senyawa karbon saja, namun juga mengandung beberapa mineral. Kadar abu merupakan banyaknya kandungan oksida logam yang terdiri dari mineral-mineral dalam suatu bahan yang tidak dapat menguap pada proses pengabuan [7]. Nilai kadar abu dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara konsentrasi arang aktif kadar abu

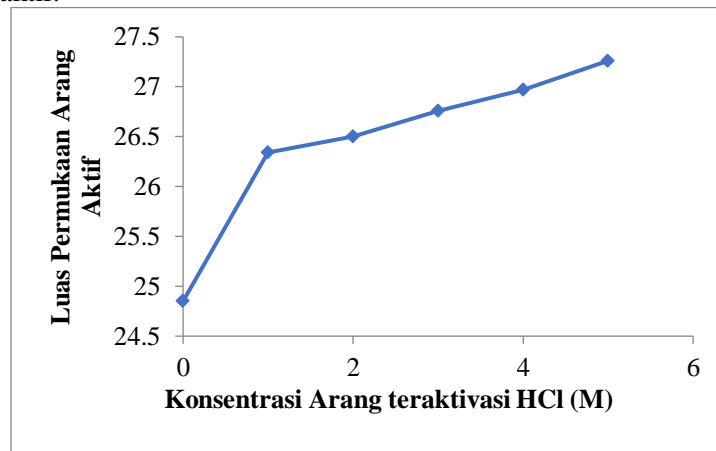
Arang aktif pada Gambar 2. memiliki kadar abu yang lebih rendah dibandingkan dengan kadar abu yang tidak diaktivasi yaitu 9,6% sedangkan arang teraktivasi HCl pada konsentrasi 5 M sebesar 5,4%. Kualitas suatu adsorben sangat bergantung pada kadar abu dari arang aktif tersebut. Hal ini dikarenakan semakin tinggi kadar abu maka kualitas arang aktif sebagai adsorben semakin rendah. Kadar abu yang diperbolehkan Standar Nasional Indonesia sebagai adsorben adalah 10%. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa presentase kadar abu tempurung kenari memenuhi nilai baku mutu Standar Nasional Indonesia [12].

Penentuan Luas Permukaan Arang Aktif

Luas permukaan arang aktif merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi proses adsorpsi. Penentuan luas permukaan arang aktif dilakukan dengan metode adsorpsi metilen biru dimana banyaknya metilen biru yang teradsorpsi sebanding dengan luas permukaan adsorben. Semakin besar luas permukaan arang aktif maka kemampuan adsorpsinya juga semakin besar [17].

**SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA I
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
Kupang, 31 Maret 2022**

Luas permukaan adsorben ditentukan dengan menggunakan metilen biru yang teradsorpsi pada waktu kontak 30 menit. Berikut ini merupakan grafik hubungan antara konsentrasi arang aktif dan luas permukaan arang aktif.

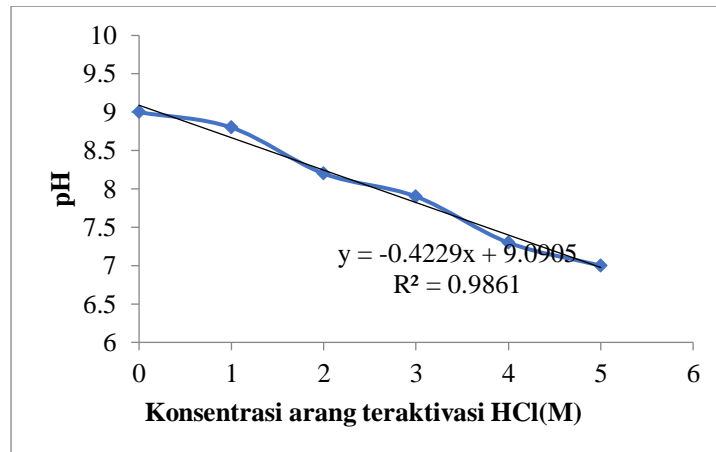


Gambar 3. Luas permukaan arang aktif

Pada Gambar 3. menunjukkan nilai luas permukaan metilen biru tertinggi pada konsentrasi arang teraktivasi HCl 5 M sebesar 27,26 m²/g. Nilai luas permukaan metilen biru sebelum dan sesudah proses aktivasi dari 24,85 m²/g mencapai 27,26 m²/g.

Pengukuran pH

Derajat keasaman (pH) biasa digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan melalui konsentrasi atau aktivitas H⁺. pH merupakan suatu parameter penting dalam pengendalian limbah karena banyak reaksi-reaksi kimia dan biologis yang melibatkan mikroorganisme berlangsung dalam pH tertentu [8]. Berikut ini hubungan antara konsentrasi arang aktif dan pH.



Gambar 4. Grafik hubungan antara konsentrasi arang aktif dan pH

Pada Gambar 4. menunjukkan nilai pH hasil pengujian sebelum perlakuan dengan arang aktif bersifat basa yaitu 9. Dalam limbah domestik terdapat deterjen yang berasal dari natrium tripolifosfat sehingga pH limbah domestik tinggi. Kemudian nilai pH yang diperoleh setelah perlakuan dengan arang aktif yaitu 7. Kondisi ini dapat dikatakan masih berada dalam kisaran baku mutu air limbah domestik. Menurut Permen LH No. 68 tahun 2016 menyatakan bahwa nilai pH berada diantara 6-9 untuk limbah domestik. Dengan demikian, kondisi pH yang didapatkan mencapai Standar Nasional baku mutu limbah yang ditetapkan.

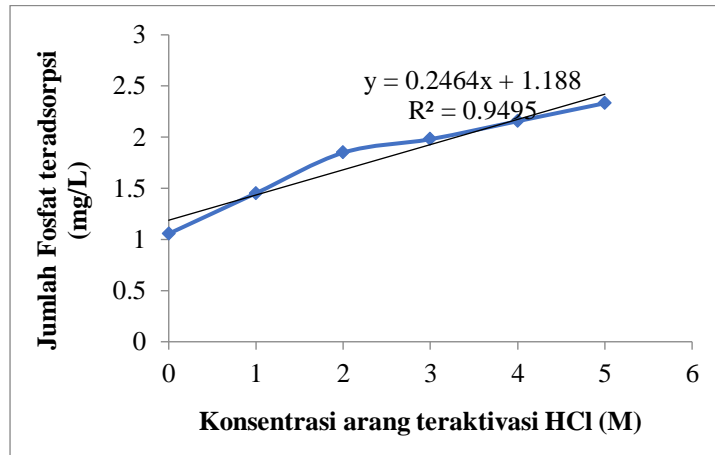
Hasil Analisis Adsorpsi Fosfat (PO₄)³⁻ dalam Limbah Domestik

Sumber fosfat (PO₄)³⁻ didalam air dapat berbentuk anorganik dan organik. Fosfat anorganik adalah hasil buangan deterjen, alat pembersih rumah tangga atau industri. Sedangkan fosfat organik berasal dari makanan dan buangan rumah tangga/rumah sakit. Fosfat sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroorganisme dan merupakan parameter untuk mendeteksi pencemaran air. Analisis

SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA I UNIVERSITAS NUSA CENDANA

Kupang, 31 Maret 2022

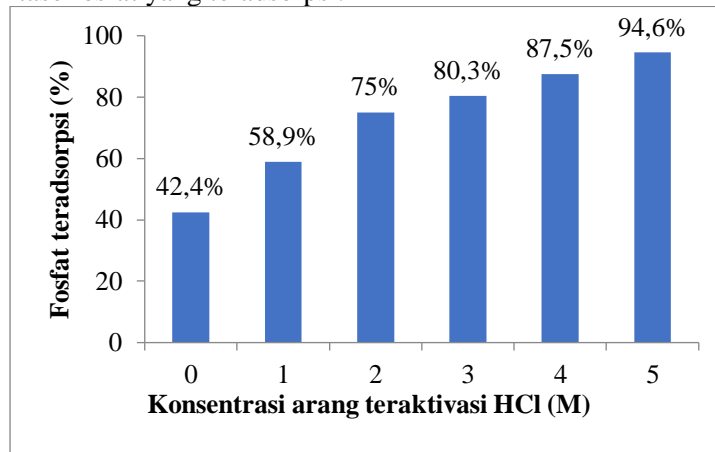
fosfat dalam air limbah domestik bertujuan untuk menurunkan kadar fosfat sehingga tidak menyebabkan pertumbuhan tumbuh-tumbuhan dalam air. Kadar fosfat yang teradsorpsi disajikan dalam Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Grafik hubungan antara konsentrasi arang aktif dan fosfat teradsorpsi

Dari grafik 5 di atas dapat dilihat bahwa peningkatan nilai fosfat yang teradsorpsi sangat signifikan. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai fosfat yang teradsorpsi dengan arang tanpa aktivasi sebesar 1,056 mg/L sedangkan adsorben teraktivasi HCl memperoleh nilai fosfat yang teradsorpsi paling besar pada 5 M yaitu 2,332 mg/L. Pada penelitian ini penggunaan variasi konsentrasi adsorben yang semakin besar maka memperoleh nilai fosfat yang teradsorpsi semakin besar juga.

Dalam penurunan kadar fosfat ini menggunakan metode amonium molibdat. Ortofosfat dalam suasana asam akan bereaksi dengan amonium molibdat kalium antimonat membentuk senyawa asam fosfomolibdat. Keberadaan asam askorbat akan mereduksi bentuk asam ini menjadi senyawa kompleks molibden biru [9]. Intensitas warna yang dihasilkan diukur menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 880 nm. Berikut ini adalah grafik hubungan antara konsentrasi arang aktif dengan persentase fosfat yang teradsorpsi.



Gambar 6. Grafik hubungan antara konsentrasi arang aktif dan fosfat teradsorpsi

Berdasarkan gambar 6 di atas, maka efisiensi adsorpsi ion fosfat paling besar terjadi pada konsentrasi arang teraktivasi HCl 5 M yaitu sebesar 94,6%. Arang tanpa aktivasi menunjukkan konsentrasi optimum adsorpsi fosfat yaitu sebesar 42,8%. Dalam penelitian ini konsentrasi adsorben berbanding lurus dengan efisiensi adsorpsi. Dimana penggunaan variasi konsentrasi arang teraktivasi HCl yang semakin besar maka persentase penurunan kadar fosfat semakin besar juga.

Kesimpulan

1. Semakin tinggi konsentrasi aktivator HCl maka semakin tinggi pula daya adsorpsi arang aktif tempurung kenari (*Canarium vulgare leenh*) yang ditunjukkan dengan nilai kadar fosfat yang

**SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA I
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
Kupang, 31 Maret 2022**

- teradsorpsi dan persentase fosfat yang teradsorpsi pada konsentrasi aktivator HCl 5 M yaitu 2,332 mg/L dan 94,6%.
2. Arang aktif tempurung kenari (*Canarium vulgare leenh*) yang diperoleh memiliki karakteristik hampir mendekati standar mutu SNI 06-3730-1995 antara lain kadar air 9,5%, kadar abu 5,4% dan luas permukaan 27,26 m²/g.
 3. Waktu kontak optimum untuk adsorpsi ion fosfat (PO₄)³⁻ adalah 30 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfiany H., Bahri S. dan Nurakhirawati. 2013. Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam, *Jurnal Natural Science*, 2(3): 75-86.
- [2] Artiyani S. 2016. Kemampuan filtrasi upflow dengan media pasir zeolite dan arang aktif dalam menurunkan kadar fosfat dan deterjen air limbah domestik. Prodi Teknik Lingkungan, FTSP, Institut Teknologi Nasional Malang.
- [3] Besituba, Novita R. 2015. Pemanfaatan arang aktif tempurung kenari (*canarium vulgare leenh*) sebagai adsorben pada minyak jelantah. Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- [4] Boimau, Apris B.S. 2020. Penurunan Kandungan Ion Fosfat (PO₄)³⁻ dalam Limbah Domestik Menggunakan Sistem *Constructed Wetland* dengan Media Batu Karang, Zeolit dan Pasir. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- [5] Deodarma, Didimus F. 2018. Pemanfaatan Arang Aktif Teraktivasi NaOH dari Tempurung Kenari Sebagai Adsorben Ion Logam Ca(II) Dan Mg(II). Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- [6] Didu, Elton Edy Jatas Lango. 2018. Pemanfaatan Tempurung Kenari (*Canarium vulgare leenh*) Teraktivasi HCl dalam Mengadsorpsi Ion Ca(II) dan Mg(II). Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana. Kupang
- [7] Herlandien, Y.L 2013. Pemanfaatan Arang Aktif sebagai Adsorben Logam Berat dalam Air Lindi di TPA Pakusari Jember. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.
- [8] Lasindrang, M. 2014. Adsorpsi Pencemaran Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit oleh Kitosan yang Melapisi Arang Aktif Tempurung Kelapa. Fakultas Pertanian, Universitas Gorontalo, Sulawesi Utara. Vol 3. No. 2
- [9] Nurhasanah, D. 2020. Penentuan Kadar Fosfat dalam Air Sawah Menggunakan Elektroda Kobalt-Karbon (Co-C). Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Jember.
- [10] Pari, G., 1996. Pembuatan Arang Aktif dari Serbuk Gergaji dengan cara Kimia. Buletin Penelitian Hasil Hutan, 14: 308-320
- [11] Prabarini, N. dan Okayadnya, D.G. 2013. Penyisihan Logam Besi (Fe) Air Sumur dengan Tempurung Kemiri. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol 5:2, halaman 33-41.
- [12] 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* (11) 1: 1-9
- [13] Setyoningsih, L.A., Indarti ., Mulyono T. 2018. Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif Kulit Singkong menggunakan Aktivator ZnCl₂. *Jurnal Kimia*. Vol 3(1): 13-19
- [14] Suhendarwati L., Suharto B dan Susanawati L.D. 2013, Pengaruh Konsentrasi Larutan Kalium Hidroksida pada Abu Dasar Ampas Tebu Teraktivasi. Universitas Bramawijawa. Malang
- [15] Tsoumis, G. 1991. *Science and Technology of Wood : Structure, Proporties, Utilization. Van Nostrand Reinold*. New York
- [16] Widayanti, Isa I., Aman, L.O. 2012. Studi Daya Aktivasi Arang Sekam Padi pada Proses Adsorpsi Logam Cd. *Jurnal Sainstek*, 6(5) : 488-494
- [17] Widihati, Ida Ayu Gede Ni G. A. M. Dwi Adhi Suastuti dan M. A. Yohanita Nirmalasari. 2012. Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Ion Logam Kromium (Cr) menggunakan Arang Batang Pisang (*Musa paradisiaca*). Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana. Bukit Jimbaran