

## Isolasi dan Karakterisasi Silika Dari Diatom Laut Ambon *Navicula* sp. TAD Menggunakan Variasi Larutan Asam

Ivonne Telussa<sup>1\*</sup>, Adriani Bandjar<sup>1</sup> & Muhamad Faisal Adriyansah Baranyanan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura, Indonesia.

<sup>2</sup> Laboratorium Biokimia Departmen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura, Indonesia

Corresponding author: [ivon\\_telussa@ymail.com](mailto:ivon_telussa@ymail.com)

### Article history

Received: 2 July 2023

Received in revised form:

4 December 2023

Accepted: 27 December 2023

DOI:

10.17977/um0260v7i22023p016

### Kata-kata kunci:

*Diatom,*

*Karakterisasi,*

*Isolasi,*

*Silika,*

*Navicula sp*

*TAD,*

inframerah transformasi fourier pada bilangan gelombang 1631, 1083, 960, 806, dan 462 cm<sup>-1</sup> yang masing-masing berkorespondensi dengan gugus vibrasi tekuk dan ulur dari ikatan Si-O-Si.

### Abstrak

Diatom merupakan mikroalga yang memiliki dinding sel terbuat dari silika dengan pori-pori berukuran nano yang dikenal sebagai frustula. Silika dapat diaplikasi diberbagai bidang, antara lain yaitu penggunaan silika sebagai matriks katalis untuk pemurnian dan pemisahan zat, adsorpsi logam berat, biosensor maupun penghantar obat maupun fotokatalis. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi silika melalui pencucian dengan larutan asam dari diatom perairan teluk Ambon dalam, yaitu *Navicula* sp. Kultivasi sel *Navicula* sp. TAD dilakukan untuk mendapatkan biomassa dikultivasi dalam medium modifikasi selama 7 hari. Pemanenan diperoleh Biomassa basah *Navicula* sp. TAD sebanyak 90,799 g dengan produktivitas biomassa basah adalah sebesar 1,090 g ml<sup>-1</sup> hari<sup>-1</sup>. Isolasi silika dari biomassa *Navicula* sp. TAD dilakukan melalui pencucian asam nitrat, asam klorida, dan asam sulfat diperoleh silika -berturut-turut sebesar 7,650±0,071, 4,550±0,35, dan 6,800±0,707 g. Karakteristik silika dikarakterisasi dengan SEM/EDX menunjukkan struktur nanopori dari permukaan biosilika frustul dapat terlihat jelas dan tersusun atas silikon dan oksigen yang menandakan bahwa biosilika telah dimurnikan dari pengontor-pengotor organik. Gugus fungsi karakteristik kimia silika diidentifikasi dengan spektroskopi

### Abstract

*Diatoms are microalgae with cell walls made of silica with nano-sized pores known as frustules. Silica can be applied in various fields, including silica as a catalyst matrix for the purification and separation of substances, heavy metal adsorption, biosensors, drug delivery, and photocatalysts. This study aims to isolate and characterize silica by washing with an acid solution from the diatoms in the deep waters of Ambon Bay, namely Navicula sp. Navicula sp. TAD cell cultivation was carried out to obtain biomass cultivated in a modified medium for seven days. Harvesting obtained Navicula sp. TAD wet biomass of 90.799 g with wet biomass productivity of 1.090 g ml<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>. Isolation of silica from Navicula sp. TAD biomass was carried out by washing nitric acid, hydrochloric acid, and sulfuric acid to obtain silica of 7.650 ± 0.071, 4.550 ± 0.35, and 6.800 ± 0.707 g, respectively. Characteristics of silica characterized by SEM/EDX showed that the nanoporous structure of the frustule biosilica surface could be seen clearly and was composed of silicon and oxygen, indicating that the biosilica had been purified from organic impurities. Fourier identified the chemical characteristic functional groups of silica transform infrared spectroscopy at wave numbers 1631, 1083, 960, 806, and 462 cm<sup>-1</sup>, corresponding to the bending and stretching vibrations of the Si-O-Si bonds, respectively.*

## PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara maritim memiliki potensi hayati yang sangat besar, sebagai negara beriklim tropis yang mendukung ketersediaan sinar matahari yang melimpah sepanjang tahun, Indonesia menjadi rumah yang nyaman bagi berbagai organisme laut. Salah satu organisme laut yang tersebar luas di perairan adalah mikroalga jenis diatom. Diatom merupakan produsen primer yang cukup melimpah dan diperlukan sebagai pakan alami yang banyak ditemukan di perairan tawar maupun perairan laut. Diatom merupakan kosmopolitan spesies yang terdistribusi secara luas di seluruh lingkungan akuatik bahkan pada lingkungan darat yang terendam secara berkala seperti permukaan batuan, beberapa jenis tumbuhan dan binatang [1], [2]. Ciri khas diatom ditunjukkan dengan adanya nanopori tertentu pada dinding sel yang tersusun dari silika, sehingga memiliki ketahanan yang tinggi terhadap tekanan lingkungan. Silika merupakan elemen yang dibutuhkan diatom terutama untuk pembentukan dinding selnya. Silika ini diambil oleh diatom dalam bentuk yang terlarut dalam air, yaitu sebagai  $\text{Si}(\text{OH})_4$ . Berbagai jenis diatom memerlukan silika dalam jumlah yang berbeda-beda, akibatnya saat terjadi variasi kandungan silika yang terlarut dalam air maka dapat terjadi suksesi diatom, jadi perubahan kandungan silika merupakan salah satu faktor yang menyebabkan suksesi diatom [3].

Pada dasarnya dinding sel diatom terbuat dari silika yang menjadikan diatom unik dan berbeda dengan organisme lain [4][5][6][7][8][9]. Dibandingkan dengan material lain, keunggulan diatom adalah berukuran kecil dan memiliki pori-pori berskala nano sehingga memiliki luas permukaan yang besar, stabil pada temperature tinggi dan dapat dimodifikasikan pada permukaannya selain itu, silika yang dihasilkan dari diatom lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan silika komersial, yang produksinya menggunakan bahan kimia yang berbahaya serta produk samping yang tidak dapat digunakan kembali. Silika hasil isolasi dari diatom dapat diaplikasi di berbagai bidang, antara lain yaitu penggunaan silika sebagai matriks katalis untuk pemurnian dan pemisahan zat, adsorpsi logam berat, biosensor maupun penghantar obat maupun fotokatalis [10][11][12][13]. Pada penelitian ini, kelimpahan diatom pada perairan teluk ambon dieksplorasi untuk memperoleh silika melalui tahapan pencucian dengan variasi larutan asam untuk meningkatkan kemurnian silika [2].

## METODE

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini pro analisis (Merck, Germany) : Asam klorida (HCl), Asam Nitrat ( $\text{HNO}_3$ ), Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), Besi (III) klorida ( $\text{FeCl}_3$ ), KBr,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{EDTA}$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Peralatan yang digunakan terdiri dari erlenmeyer, gelas ukur, tabung reaksi, rak tabung reaksi, Baker glass, pipet tetes, mikro pipet, batang pengaduk, cawan petri, *water bath*, Mikroskop cahaya Nikon YS-100, spektrofotometer Uv-Vis agilent, *Rotary Vacuum Evaporator*.

### Prosedur Kerja

#### Kultivasi *Navicula* sp. TAD

Sebelum kultivasi, peralatan yang digunakan disterilisasi dengan menggunakan autoklaf pada suhu  $121^\circ\text{C}$  untuk menghindari kontaminasi. Sel *Navicula* sp. TAD, ditanam dalam medium modifikasi (Telussa, Rusnadi, & Nurachman, 2019). Kultivasi dilakukan dengan kerapatan sel awal  $5 \times 10^5$  sel  $\text{mL}^{-1}$  dengan fotoperiodie 12:12 jam (gelap: terang), salinitas 28 ppt, pH 8,2–8,5 dan diaerasi dengan gelembung udara bebas. Fotobioreaktor sederhana yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari botol kaca transparan dengan tinggi 25 cm, diameter eksternal 9 cm, dan volume kerja 900 mL. Kultivasi dilakukan pada temperatur ruang di bawah intensitas cahaya 5000 lux.

#### Pemanenan biomassa *Navicula* sp. TAD

Sel *Navicula* sp. TAD, yang telah dikultivasi dipanen dengan menggunakan teknik sedimentasi dan filtrasi menggunakan kanebo. Biomassa basah Sel *Navicula* sp. TAD, ditimbang menggunakan neraca analitik untuk mendapatkan berat biomassa basah.

#### Isolasi silika dari *Navicula* sp. TAD

Sebanyak 1 g biomassa *Navicula* sp. TAD dicuci dengan 10 ml asam pekat 1:1 b/v (variasi asam : HCl,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan  $\text{HNO}_3$ ) campuran dikocok dalam ruang asam sampai seluruh pellet biomassa larut. Kemudian dilakukan sentrifuse dengan kecepatan 5000 rpm selama 5 menit. Proses pencucian dengan asam sebanyak 5 kali hingga warna pellet menjadi putih. Pencucian dilanjutkan menggunakan aquades sebanyak 10 kali dan diikuti dengan menggunakan isopropanol 1 kali. Setelah silika dipisahkan dari larutan pencuci, dikeringkan di dalam oven pada  $70^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Selanjutnya silika dikalsinasi

pada 550°C selama 8 jam. Padatan yang diperoleh disimpan untuk karakterisasi menggunakan spektroskopi inframerah.

### Karakterisasi silika dari *Navicula* sp. TAD

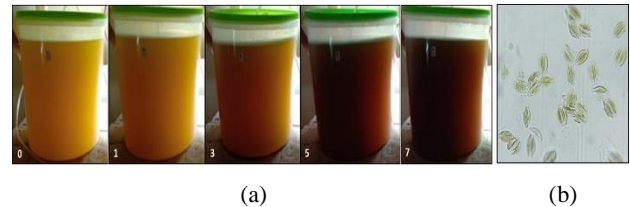
Karakterisasi silika dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer FTIR pada beberapa perlakuan sampel yaitu sampel biomassa yang belum dihilangkan materi organiknya, sampel pencucian dengan variasi asam, sampel hasil kalsinasi tanpa pencucian, dan sampel hasil kalsinasi setelah pencucian. Sampel padat digerus halus bersama KBr dengan perbandingan berat sampel dan KBr 1:10 (w/w). Sampel ditekan menjadi pellet padat dan spectrum diukur dari bilangan gelombang 400-4000  $\text{cm}^{-1}$  dengan spektrofotometer FTIR. Untuk proses pengambilan gambar dan data komposisi sampel teroksidasi dengan alat SEM, sampel diletakkan dan ditempel di atas SEM *specimen holder* dengan menggunakan *carbon double tipe* dengan bagian penampang lintang (*cross section*) mengarah vertikal ke atas atau lensa obyektif. Agar susunan lapisan matriks bahan dengan lapisan oksida terlihat dengan jelas. Double tip ini terbuat dari bahan karbon yang konduktif di dua sisi yang berfungsi menghantarkan semua elektron yang masuk ke dalam sampel keluar melalui grounding. Ruang sampel divakum hingga 10<sup>-6</sup> torr untuk menjamin bahwa kolom SEM bebas dari molekul udara. SEM dioperasikan dengan standar parameter operasi sebagai berikut: High Voltage: 20 kV Spot Size : 50 Work Distance (WD) : 10 mm WD setinggi 10 mm dipilih sebagai kompromi terhadap setingan untuk akuisisi sinyal EDX yang mensyaratkan 10 mm agar pendeteksian X-Ray dan pencacahannya optimal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kultivasi dan Pemanenan *Navicula* sp. TAD

*Navicula* sp. TAD dikultivasi dalam medium modifikasi pada kondisi dalam ruangan dengan intensitas cahaya 5000 lux, fotoperiode 12:12 dengan jumlah inokulum awal adalah 500.000 sel/mL untuk mendapatkan biomassa sebagai bahan baku silika yang berukuran nano. Kultivasi dilakukan selama 7 hari untuk mendapatkan kerapatan sel yang tinggi. Pertumbuhan sel meningkat ditandai dengan perubahan warna kultur yang semakin gelap selama pertumbuhan. Gambar 1(a) menunjukkan kondisi kultur yang mengalami perubahan warna menjadi lebih gelap sampai hari ke 7. Hal ini mengindikasikan bahwa kultur pada hari ke 7 memiliki kerapatan sel yang tinggi. Pada

penelitian ini, sel *Navicula* sp. TAD yang ditumbuhkan dalam medium diamati bentuk sel dibawah mikroskop cahaya. Sel *Navicula* sp. TAD diamati dibawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 400 menunjukkan bentuk sel yang lonjong, memanjang, berbentuk seperti huruf D, dan berwarna coklat keemasan (Gambar 1 (b)).



**Gambar 1.** Kultur *Navicula* sp. TAD. (a) Kultivasi *Navicula* sp. TAD pada hari ke-7 (1. Hari ke 0; 2. Hari ke 1; 3. Hari ke 3; 4. hari ke 5; 5. Hari ke 7), (b) Sel yang diamati menggunakan mikroskop cahaya

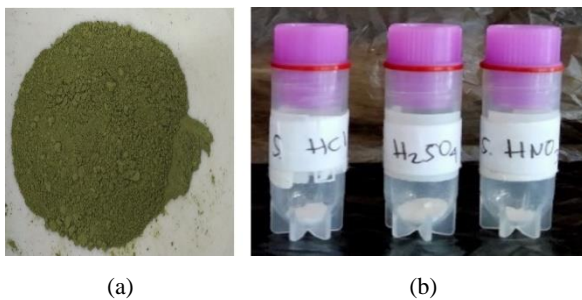
Pemanenan *Navicula* sp. TAD dilakukan pada hari ke-7, dimana kultur mencapai pertumbuhan optimumnya. Hal ini dilakukan agar keadaan sel *Navicula* sp. TAD masih baik dan belum masuk ke fase kematian [14][15][16]. Pemanenan dilakukan dengan teknik sedimentasi dan filtrasi. berat biomassa basah, berat biomassa basah yang diperoleh adalah 90,7992 g.

### Isolasi silika dari frustul *Navicula* sp. TAD

Pada tahap ini, biomassa basah *Navicula* sp. TAD dicuci dengan asam kuat (HCl, HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) untuk melarutkan material-material organik dalam biomassa seperti protein, lipid, karbohidrat, pigmen dan mineral-mineral. Sampel hasil pencucian memberikan warna putih yang mengindikasikan hilangnya material-material organik dalam sel *Navicula* sp. TAD. Penggunaan HCl, HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dalam proses pencucian dikarenakan sifat kimia SiO<sub>2</sub> tidak larut/reaktif terhadap semua asam kecuali HF, sehingga tidak mengurangi rendamen SiO<sub>2</sub> yang terbentuk. Setelah pencucian asam, selanjutnya pencucian dengan air untuk menetralkan frustul dan dilanjutkan pencucian dengan isopropanol. Kemudian, dilakukan pengeringan di oven selama 24 jam pada suhu 70°C

Hasil pengeringan dilanjutkan dengan pembakaran menggunakan tanur pada suhu 550°C selama 8 jam untuk menghilangkan sisa-sisa material organik dan material lainnya pada permukaan frustul. Pada gambar 2, biomassa yang belum dicuci dengan asam memiliki warna hijau yang menunjukkan masih terdapat material-material organik sedangkan silika yang dihasilkan

dari tahap pencucian biomassa dengan asam dan pembakaran menghasilkan serbuk yang berwarna putih. Hal ini menandakan telah diperoleh frustul tanpa material organik. Perolehan silika dari frustul *Navicula* sp. TAD pencucian dengan asam HNO<sub>3</sub>, HCl, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> berturut-turut sebesar sebesar 8,050 ± 0,071, 4,750 ± 0,035, dan 7,050 ± 0,078 g dengan kadar silika dari frustul *Navicula* sp. TAD berturut-turut sebesar 8,050 ± 0,071, 4,750 ± 0,035, dan 7,050 ± 0,078 mg/g biomassa basah. Ini menunjukkan bahwa jenis asam kuat juga berpengaruh terhadap proses pencucian biomassa *Navicula* sp. TAD.



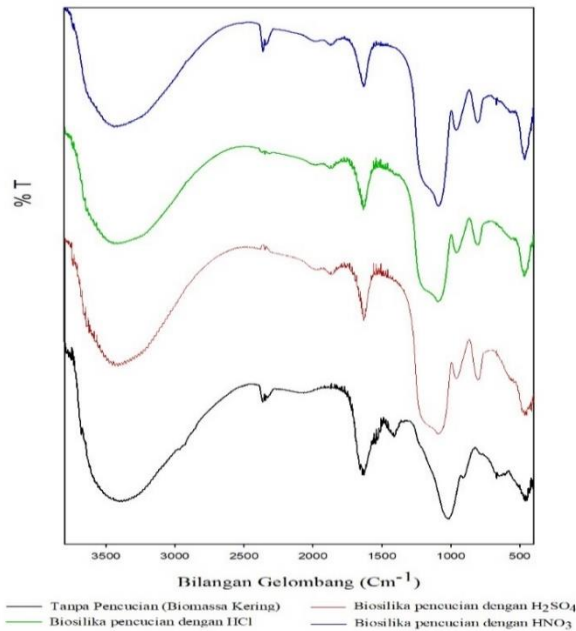
**Gambar 2.** Karakteristik fisik. (a) biomassa kering tanpa pencucian, (b) silika dari frustul *Navicula* sp. TAD

### Karakterisasi Silika dari Diatom *Navicula* sp. TAD

Karakteristik gugus fungsi silika dari frustul dianalisis menggunakan spektroskopi inframerah Transformasi Fourier (FTIR). Pada spektrum biomassa tanpa pencucian asam (Gambar 3 (garis hitam), Tabel 1), diamati puncak sekitar 1600-1690 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya jenis senyawa amida I dengan vibrasi C=O stretching. Pita serapan ikatan gugus CN stretching dan NH bonding terlihat pada daerah bilangan gelombang 1480- 1575 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya jenis senyawa amida II menunjukkan pita serapan khas dari protein yaitu adanya ikatan gugus N-H, C-N, dan C=O dan gugus fungsi Si-O-Si pada bilangan gelombang 443 cm<sup>-1</sup> merupakan vibrasi ulur Si-O serta pada bilangan gelombang 1629 cm<sup>-1</sup>, 1411 cm<sup>-1</sup>, dan 1010 cm<sup>-1</sup> yang merupakan pita vibrasi ulur Si-O, vibrasi ulur simetri dan vibrasi tekuk ikatan Si-O-Si dan pada bilangan gelombang 3381 cm<sup>-1</sup>, dan 2364 cm<sup>-1</sup> merupakan pita vibrasi ulur gugus -OH dari silanol dan vibrasi tekuk dari molekul air yang terjebak pada matriks silika.

Pada spektrum silika hasil pencucian dengan ketiga asam dan pembakaran tidak teramati pita lain selain dari puncak khas silika (Gambar 3 (garis biru, hijau dan merah), Tabel 1). Hasil analisa FTIR

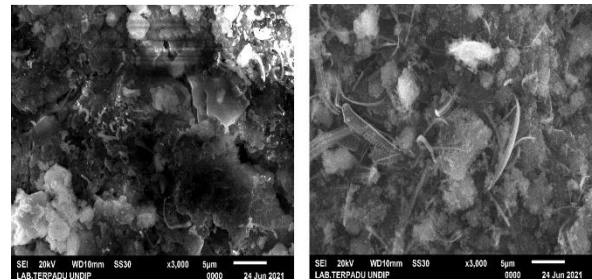
dengan pencucian menggunakan HNO<sub>3</sub> menunjukkan gugus fungsi Si-O-Si pada bilangan gelombang 462 cm<sup>-1</sup> merupakan vibrasi ulur Si-O serta pada bilangan gelombang 806 cm<sup>-1</sup> merupakan vibrasi ulur simetris Si-O-C dan pada bilangan gelombang 960 cm<sup>-1</sup> merupakan vibrasi ulur Si-OH, untuk bilangan gelombang 1631,78 cm<sup>-1</sup>, dan 1083 cm<sup>-1</sup> yang merupakan pita vibrasi ulur Si-O vibrasi ulur simetri dan vibrasi tekuk ikatan Si-O-Si. Pada bilangan gelombang 3441 cm<sup>-1</sup>, dan 2360 cm<sup>-1</sup> merupakan pita vibrasi ulur gugus -OH dari silanol dan vibrasi tekuk dari molekul air yang terjebak pada matriks silika (Gambar 7 (garis biru). Sedangkan pada pencucian menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menunjukkan gugus fungsi Si-O-Si pada bilangan gelombang 462 cm<sup>-1</sup> merupakan vibrasi ulur Si-O serta pada bilangan gelombang 802 cm<sup>-1</sup> merupakan vibrasi ulur simetris Si-O-C dan pada bilangan gelombang 960 cm<sup>-1</sup> merupakan vibrasi ulur Si-OH, untuk bilangan gelombang 1631 cm<sup>-1</sup>, dan 1091 cm<sup>-1</sup> yang merupakan pita vibrasi ulur Si-O, vibrasi ulur simetri, dan vibrasi tekuk ikatan Si-O-Si serta pada bilangan gelombang 3415 cm<sup>-1</sup> merupakan pita vibrasi ulur gugus -OH dari silanol (Gambar 3 (garis merah)), kemudian pada pencucian menggunakan HCl menunjukkan gugus fungsi Si-O-Si pada bilangan gelombang 466 cm<sup>-1</sup> merupakan vibrasi ulur Si-O serta pada bilangan gelombang 802 cm<sup>-1</sup> merupakan vibrasi ulur simetris Si-O-C dan pada bilangan gelombang 956 cm<sup>-1</sup> merupakan vibrasi ulur Si-OH, untuk pada bilangan gelombang 1631 cm<sup>-1</sup>, dan 1089 cm<sup>-1</sup> yang merupakan pita vibrasi ulur Si-O, vibrasi ulur simetri, dan vibrasi tekuk ikatan Si-O-Si serta pada bilangan gelombang 3415 cm<sup>-1</sup> merupakan pita vibrasi ulur gugus -OH dari silanol (Gambar 3 (garis hijau). Berdasarkan hasil FTIR (Tabel 1) maka dapat disimpulkan bahwa proses pencucian dengan asam efektif dilakukan untuk meningkatkan kemurnaan silika pada *Navicula* sp. TAD. Pencucian dengan asam dapat melarutkan materi organik. Hal ini dapat dilihat hilangnya puncak-puncak spektrum yang merupakan representatif dari materi organik seperti N-H, C=O, C-H dan C-N.



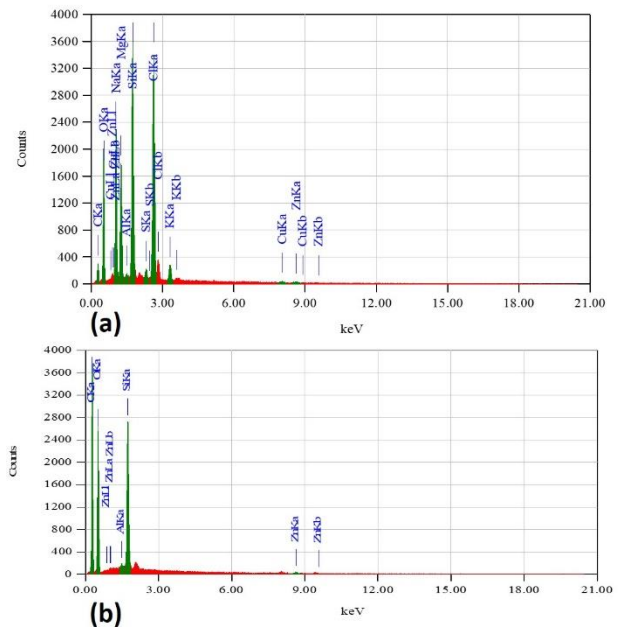
**Gambar 3.** Spektrum Inframerah biomassa tanpa pencucian dan dan silika dari diatom *Navicula* sp. TAD

Analisis SEM/EDX (*Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) pada mikrostruktur permukaan menunjukkan bahwa sel diatom mampu melapisi permukaan serat dan mendeteksi adanya mineralisasi silika. Citra SEM dari biomassa *Navicula* sp. TAD tan pencucian asam (Gambar 4. (a)) menunjukkan permukaan yang tertutup kotoran sehingga tidak terlihat struktur nanopori dari frustul diatom, tetapi setelah dicuci dengan asam HNO<sub>3</sub>, citra SEM pada silika dari diatom *Navicula* sp. TAD (Gambar 4. (b)) menunjukkan struktur dengan nanopori dari permukaan silika frustul dapat terlihat jelas. Hal ini mengindikasikan bahwa pencucian dengan asam dapat menghilangkan pengotor maupun materi organik sehingga silika dari frustul *Navicula* sp. TAD yang diperoleh memiliki struktur kerangka dan pori yang bersih dibandingkan dengan biomassa tanpa pencucian asam. Selain itu,

diperlihat dinding frustul *Navicula* sp. TAD sangat kuat sehingga tidak mudah rapuh pada suhu tinggi karena mampu mempertahankan strukturnya pada saat pembakaran dengan suhu 550°C.



**Gambar 4.** Citra SEM. (a) biomassa *Navicula* sp. TAD tanpa pencucian asam, (b) silika dari diatom *Navicula* sp. TAD hasil pencucian asam HNO<sub>3</sub>.



**Gambar 5.** Spektrum EDX. (a) biomassa *Navicula* sp. TAD tanpa pencucian dengan asam, (b) silika dari Diatom *Navicula* sp. TAD hasil pencucian asam HNO<sub>3</sub>

**Tabel 1.** Gugus Fungsi biomassa dan silika dari diatom *Navicula* sp. TAD

Senyawa Pencucian	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi	Keterangan
	3381	-OH	Pita vibrasi ulur gugus -OH dari ikatan silanol, Si-OH dan penyerapan molekul air.
	2924	C-H	Pita vibrasi tekuk C-H dari ikatan hidrogen

Tanpa Pencucian	2364	H-O-H	Pita vibrasi tekuk dari molekul air
	1734	C=O	Pita vibrasi tekuk C=O dari gugus dari ikatan karbonil
	1642	Amida I	Pita vibrasi Amida I dari gugus amida
	1629	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	1543	Amida II	Pita vibrasi ulur Amida II dari gugus amida
	1474	C-NH	Pita vibrasi ulur C-NH dari gugus amina
	1411	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	1010	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
443	Si-O	Pita vibrasi ulur Si-O pada ikatan Si-O-Si	
HNO <sub>3</sub>	3441	-OH	Pita vibrasi ulur gugus -OH dari ikatan silanol, Si-OH dan penyerapan molekul air.
	2360	H-O-H	Pita vibrasi tekuk dari molekul air
	1631	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	1083	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	960	Si-OH	Pita vibrasi ulur Si-OH pada ikatan Si-O-Si
	806	Si-O-C	Pita vibrasi ulur Si-O-C pada ikatan Si-O-Si
	462	Si-O	Pita vibrasi ulur Si-O pada ikatan Si-O-Si
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3415	-OH	Pita vibrasi ulur gugus -OH dari ikatan silanol, Si-OH dan penyerapan molekul air.
	1631	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	1091	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	960	Si-OH	Pita vibrasi ulur Si-OH pada ikatan Si-O-Si
	802	Si-O-C	Pita vibrasi ulur Si-O-C pada ikatan Si-O-Si
	462	Si-O	Pita vibrasi ulur Si-O pada ikatan Si-O-Si
HCl	3415	-OH	Pita vibrasi ulur gugus -OH dari ikatan silanol, Si-OH dan penyerapan molekul air.
	1631	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	1089	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	956	Si-OH	Pita vibrasi ulur Si-OH pada ikatan Si-O-Si
	802	Si-O-C	Pita vibrasi ulur Si-O-C pada ikatan Si-O-Si
	466	Si-O	Pita vibrasi ulur Si-O pada ikatan Si-O-Si

**Tabel 2.** Komposisi unsur hasil pengujian EDX *Navicula* sp. TAD (biomassa) tanpa dengan pencucian asam dan Silika dari diatom *Navicula* sp. TAD hasil Pencucian dengan HNO<sub>3</sub>

Unsur	Biomassa <i>Navicula</i> sp. TAD tanpa pencucian (wt%)	Silika dari diatom <i>Navicula</i> sp. TAD hasil Pencucian dengan HNO <sub>3</sub> (wt%)
C	30.95	83.75
Al	0.32	0.34
Si	25.34	15.12
Zn	0.65	0.79
Mg	10.96	-
S	1.64	-
Cl	14.84	-
K	1.68	-
Cu	0.74	-
Na	12.88	-
Total	100.00	100.00

Spektrum EDX menunjukkan kandungan Si dari biomassa *Navicula* sp. TAD tanpa pencucian asam dan silika dari diatom hasil pencucian asam HNO<sub>3</sub> berbeda (Gambar 5 (a) dan (b), Tabel 2). Kandungan Si dalam biomassa tanpa pencucian asam lebih tinggi 1,8 kali dari silika dari frustul hasil pencucian dengan asam. Kandungan Si yang tinggi pada biomassa tanpa pencucian asam mengindikasikan bahwa adanya pengotor pada permukaan frustul *Navicula* sp. TAD. Pengotor ini berasal nutrien silika dari medium modifikasi yang masih tersedia pada kultur yang dipanen di hari ke 7. Penyerapan silika dari medium oleh *Navicula* sp. sampai hari ke 7 belum maksimal sehingga masih terdapat silika di dalam medium pada saat pemanenan biomassa [17]. Hal ini mengindikasikan bahwa kandungan Si pada silika dari frustul hasil pencucian dengan asam memiliki kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan biomassa tanpa pencucian dengan asam. Dengan demikian, proses pencucian dengan asam perlu dilakukan untuk mendapatkan kemurnian silika dari frustul *Navicula* sp. TAD.

## KESIMPULAN

Silika dari diatom *Navicula* sp. TAD dapat ditentukan melalui pencucian dengan menggunakan asam dan dikalsinasi dengan suhu 550°C selama 8 jam. Karakteristik fisik dari Silika dari diatom *Navicula* sp. TAD hasil pencucian HNO<sub>3</sub> memiliki warna silika yg lebih putih dengan kandungan sebesar 7,650 mg/g biomassa basah. Silika diidentifikasi dengan spektroskopi inframerah pada bilangan gelombang 1631, 1083, 960, 806, dan 462 cm<sup>-1</sup> yang masing-masing berkorespondensi dengan gugus vibrasi tekuk dan rengangn dari ikatan Si-O-

Si. Berdasarkan karakterisasi kimianya, tidak teridentifikasi puncak senyawa pengotor pada silika yang menandakan silika berhasil diisolasi dari diatom *Navicula* sp. TAD. Pengamatan SEM menunjukkan menunjukkan struktur dengan nanopori dari permukaan silika frustul dapat terlihat jelas dan hasil EDX, silika dari kultur *Navicula* sp. TAD tersusun atas silikon dan oksigen, menandakan bahwa silika berhasil diperoleh dari diatom *Navicula* sp. TAD.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Aprisanti, A. Mulyadi, and S. H. Siregar, "STRUKTUR KOMUNITAS DIATOM EPILITIK PERAIRAN SUNGAI SENAPELAN DAN SUNGAI SAIL, KOTA PEKANBARU," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 7, no. 2.
- [2] I. Telussa, N. Hattu, and A. Sahalessy, "Morphological Observation, Identification and Isolation of Tropical Marine Microalgae from Ambon Bay, Maluku," *Indo J Chem Res*, vol. 9, no. 3, pp. 137–143, Nov. 2021, doi: 10.30598/ijcr.2022.9-ivo.
- [3] S. Umiatun, C. Carmudi, and C. Christiani, "HUBUNGAN ANTARA KANDUNGAN SILIKA DENGAN KELIMPAHAN DIATOM BENTHIK DI SEPANJANG SUNGAI PELUS KABUPATEN BANYUMAS," *Scr. Biol.*, vol. 4, no. 1, p. 61, Mar. 2017, doi: 10.20884/1.sb.2017.4.1.387.
- [4] Dietrich Werner, *The Biology of diatoms*. in Botanical monographs. Blackwell Scientific, 1977.
- [5] M. Hale and J. Mitchell, "Functional morphology of diatom frustule microstructures: hydrodynamic control of Brownian particle diffusion and advection," *Aquat. Microb. Ecol.*, vol. 24, pp. 287–295, 2001, doi: 10.3354/ame024287.
- [6] A. Taşdemirci, S. Yüksel, D. Karsu, E. Gültürk, I. W. Hall, and M. Güden, "Diatom frustule-filled epoxy: Experimental and numerical study of the quasi-static and high strain rate compression behavior," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 480, no. 1–2, pp. 373–382, May 2008, doi: 10.1016/j.msea.2007.07.037.
- [7] S. Wilken *et al.*, "Diatom frustules show increased mechanical strength and altered valve morphology under iron limitation," *Limnol. Oceanogr.*, vol. 56, no. 4, pp. 1399–1410, Jul. 2011, doi: 10.4319/lo.2011.56.4.1399.
- [8] A. Leynaert *et al.*, "Diatom Frustules Nanostructure in Pelagic and Benthic

- Environments,” *Silicon*, vol. 10, no. 6, pp. 2701–2709, Nov. 2018, doi: 10.1007/s12633-018-9809-0.
- [9] I. Telussa, Rahayu, and E. R. M. A. P. Lilipaly, “ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF BIOSILICA AS BIONANOMATERIAL FROM THE WASTE OF FRUSTULES DIATOM *Navicula* sp. TAD,” *RASAYAN J. Chem.*, no. Special Issue, pp. 198–203, 2022, doi: 10.31788/RJC.2022.1558109.
- [10] M. A. Meyers, P.-Y. Chen, A. Y.-M. Lin, and Y. Seki, “Biological materials: Structure and mechanical properties,” *Prog. Mater. Sci.*, vol. 53, no. 1, pp. 1–206, Jan. 2008, doi: 10.1016/j.pmatsci.2007.05.002.
- [11] R. Gordon, D. Losic, M. A. Tiffany, S. S. Nagy, and F. A. S. Sterrenburg, “The Glass Menagerie: diatoms for novel applications in nanotechnology,” *Trends Biotechnol.*, vol. 27, no. 2, pp. 116–127, Feb. 2009, doi: 10.1016/j.tibtech.2008.11.003.
- [12] S. Phogat, A. Saxena, N. Kapoor, C. Aggarwal, and A. Tiwari, “Diatom mediated smart drug delivery system,” *J. Drug Deliv. Sci. Technol.*, vol. 63, p. 102433, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.jddst.2021.102433.
- [13] F. Zobi, “Diatom Biosilica in Targeted Drug Delivery and Biosensing Applications: Recent Studies,” *Micro*, vol. 2, no. 2, pp. 342–360, Jun. 2022, doi: 10.3390/micro2020023.
- [14] I. Telussa, E. G. Fransina, E. R. M. A. P. Lilipaly, and A. M. I. Efruan, “Effect of Photosynthetic Pigment Composition of Tropical Marine Microalgae from Ambon Bay *Navicula* sp. TAD on Dye-Sensitized Solar Cell Efficiency,” *Sci. Technol. Indones.*, vol. 7, no. 4, pp. 486–491, Oct. 2022, doi: 10.26554/sti.2022.7.4.486-491.
- [15] I. Telussa, E. G. Fransina, J. Singerin, and M. I. Taipabu, “Bioethanol Production From Tropical Marine Microalgae Ambon Bay *Navicula* sp. of The Inner Ambon Bay Strain,” *Indo J Chem Res*, vol. 10, no. 3, pp. 136–142, Jan. 2023, doi: 10.30598/ijcr.2023.10-ivo.
- [16] I. Telussa, Rusnadi, and Zeily Nurachman, “Dynamics of  $\beta$ -carotene and fucoxanthin of tropical marine *Navicula* sp. as a response to light stress conditions,” *Algal Res.*, vol. 41, p. 101530, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.algal.2019.101530.
- [17] Z. Nurachman, D. S. Brataningtyas, Hartati, and L. M. G. Panggabean, “Oil from the Tropical Marine Benthic-Diatom *Navicula* sp.,” *Appl. Biochem. Biotechnol.*, vol. 168, no. 5, pp. 1065–1075, Nov. 2012, doi: 10.1007/s12010-012-9841-2.