



## **PENGARUH AKTIVATOR KONSENTRASI ASAM SULFAT DAN MASSA SERBUK BIJI PEPAYA TERHADAP KUALITAS BIOSORBEN**

**Josua Pasaribu, Rizka Nurlaila\*, Ishak Ibrahim, Muhammad,  
Lukman Hakim**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh  
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355  
Korespondensi: rizka.nurlaila@unimal.ac.id

### **Abstrak**

*Indonesia merupakan salah satu produsen Pepaya terbesar di dunia dengan menduduki sebagai peringkat 5 dengan total produksi sebesar 1.089.578 Ton. Pepaya memiliki manfaat serbaguna, termasuk bijinya. Pepaya memiliki banyak manfaat, salah satunya adalah bijinya. Kandungan abu sebanyak 15,8 gram yang terdapat dalam biji pepaya dianggap sebagai komponen paling signifikan dalam hal sifat biosorbennya. Maka dari itu biji pepaya digunakan sebagai adsorben dalam menyerap zat pewarna yang mencemari lingkungan perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan biosorben menggunakan bahan baku alami yang dapat diaktivasi untuk menghasilkan biosorben berkualitas tinggi.. Penelitian ini juga meneliti dampak massa bubuk biji pepaya terhadap biosorben akhir dan pengaruh aktivator konsentrasi asam sulfat terhadap kualitas biosorben akhir, di mana biji pepaya dipisahkan dari daging buah dan dikeringkan selama 24 jam di bawah sinar matahari untuk menghilangkan kadar air. Lalu biji pepaya di furnace dengan suhu pembakaran 500 °C.selama 2 jam. Biji pepaya yang sudah di furnace lalu di ayak menggunakan ayakan 100 mesh. Penelitian ini menggunakan adsorben yang diaktivasi dengan Konsentrasi asam sulfat sebagai aktivator dan massa biji pepaya bervariasi.. Kapasitas penyerapan maksimum pada adsorpsi terdapat massa 0,5 gram dengan konsentrasi asam sulfat 13% yaitu sebesar 4,9841 mg/g, sedangkan untuk efisiensi adsorpsi maksimum pada adsorpsi pada massa 2 gram dengan konsentrasi asam sulfat 13% yaitu sebesar 99,7189 %*

**Kata Kunci:** Biji pepaya, Aktivasi, Metilen Blue.

DOI: <https://doi.org/10.29103/cejs.v4i4.18018>

### **1. Pendahuluan**

Indonesia merupakan salah satu produsen Pepaya terbesar didunia dengan menduduki sebagai peringkat lima dengan total produksi sebesar 1 089 578,00 Ton (Badan Pusat Statistik, 2023). Sejak lama, orang telah menggunakan buah dan

daun pepaya sebagai makanan dan obat. Buah yang sudah matang sering disajikan sebagai hidangan penutup setelah makan dan cukup populer sebagai buah meja karena rasanya yang lezat, kaya akan vitamin A dan C, dan efektif membantu pencernaan. Kebanyakan orang sering mengolah buah pepaya muda menjadi sayur.

Pepaya merupakan tanaman serba guna, selain daging buahnya yang banyak disukai orang, akar, bunga, kulit, dan getahnya dapat diambil kegunaannya. Namun, limbah padat dari buah pepaya yaitu biji pepaya masih belum banyak diolah menjadi produk yang bermanfaat oleh masyarakat setempat. Biji Pepaya yang masih segar atau yang harus dilepas umumnya mengandung air, karbohidrat, mineral, dan protein, sebenarnya biji pepaya mempunyai potensi yang cukup besar karena mengandung beberapa senyawa-senyawa aktif seperti alkaloid, flavonoid, glikosida antraknon, tanin, triterpenoid/steroid, dan saponin (Pavan, 2014). Seperti yang dilakukan oleh Emmanuel dan Hameed menjadikan biji pepaya sebagai biosorben, Biosorben sangat banyak digunakan dalam skala industri sebagai purifikasi atau pemisahan gas atau cairan dan juga sebagai katalis maupun katalis pendukung

Luas permukaan biosorben biji pepaya yang telah diteliti sebelumnya dengan judul "Pembuatan biosorben dari biji pepaya (*Carica Papaya L*) untuk penyerapan zat warna" berkisar antara 1,38 hingga 38,46 m<sup>2</sup>/g. Dengan demikian, luas permukaan biosorben biji pepaya yang diukur pada durasi pemanasan dan konsentrasi aktivator yang berbeda sesuai dengan luas permukaan biosorben biji pepaya yang sudah digunakan.. Pada konsentrasi asam sulfat 10% dan waktu pemanasan 120 menit, luas permukaan maksimum tercapai sebesar 33,4356 m<sup>2</sup>/g. Salah satu variabel yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah pengaruh massa biosorben terhadap adsorpsi zat warna. Efektivitas proses adsorpsi meningkat seiring dengan jumlah massa adsorben yang digunakan (Siswarni, 2017).

Untuk memastikan mutu biosorben yang diperoleh sesuai dengan SNI, maka peneliti akan melakukan penelitian tentang "Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Berat Serbuk Biji Pepaya terhadap Mutu Biosorben" dengan

menggunakan variabel bebas berupa massa serbuk biji pepaya dan nilai konsentrasi aktivator asam sulfat.

## **2. Bahan dan Metode**

### **2.1 Bahan dan peralatan**

Adapun bahan pada penelitian yaitu limbah Biji pepaya, Aquades,  $H_2SO_4$  pekat, *Methylene Blue*. Adapun peralatan yang digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis, *Erlenmeyer*, *Beaker glass*, kertas saring, Timbangan digital, Oven, Magnetic stirer, Corong, Buret, tabung reaksi, kertas saring, FT-IR, Uji SEM, dan Ayakan 100 mesh.

### **2.2 Metode Penelitian**

Adapun metode penelitian ada beberapa tahapan, yang pertama yaitu prosedur pembuatan Biosorben. Biji pepaya dipisahkan dari buahnya lalu di cuci bersih lalu dijemur dibawah terik matahari selama 24 jam. Biji pepaya yang sudah dikeringkan lalu di *Furnace* dengan suhu tinggi dengan suhu  $500^\circ C$  selama 2 jam, Kemudian biji pepaya di haluskan menggunakan Tumbukan, hasil tumbukan tersebut diayak menggunakan ayakan 100 *mesh*.

Tahap kedua adalah proses aktivasi kimia. Serbuk biji pepaya diaktivasi dengan aktivator asam sulfat sebanyak 5%, 7%, 10%, dan 13% dengan massa biji pepaya masing-masing 0,5 gr, 1 gr, 1,5 gr, dan 2 gr selama 24 jam. Setelah diaktivasi, biji pepaya dicuci dengan akuades untuk menghilangkan kandungan asamnya lalu dikeringkan dalam oven selama 90 menit pada suhu  $115^\circ C$ .

Prosedur adsorpsi karbon aktif biji pepaya terhadap metilen biru dengan variasi massa merupakan tahap ketiga. Sebanyak 0,5 g, 1,0 g, 1,5 g, dan 2 g biosorben dari biji pepaya menggunakan 100 mesh ditimbang ke dalam gelas *beaker* 100 mL. Selama empat puluh menit, larutan pewarna 50 ppm ditambahkan dan di aduk dengan shaker yang diatur pada kecepatan 180 rpm.. Larutan disaring menggunakan kertas whatman No.1 hingga didapatkan filttatnya. Filtrat yang dihasilkan kemudian dianalisa absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Analisa dilakukan dengan pengujian kadar abu Pengujian kadar air dilakukan untuk menghitung presentase kandungan air suatu bahan yang dapat

dinyatakan berdasarkan berat basah (wet basis) atau berdasarkan berat kering (dry basis). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100%. Uji kadar air dilakukan dengan menempatkan 1 gram karbon didalam cawan yang telah diketahui bobotnya, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 1 jam, selanjutnya didinginkan pada kamar suhu ruang. Kadar air dapat dihitung dengan:

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \% \dots\dots\dots(1)$$

Dalam Pengujian Kadar abu, arang aktif yang telah digunakan pada pengujian Kadar air yang telah diketahui bobotnya dimasukkan ke dalam Cawan penguap dan di furnace pada suhu 400°C hingga seluruh sampel menjadi abu selama 1 jam, kemudian didinginkan pada kamar suhu ruang konstan lalu dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu: } \frac{w_2}{w_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

W1 = bobot awal sampel (gram)

W2 = bobot akhir sampel (gram)

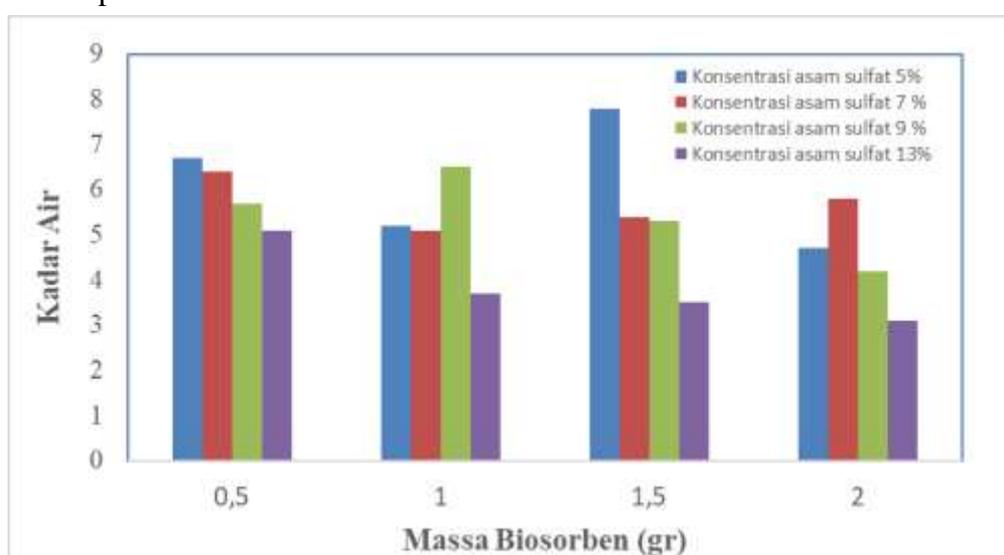
FT-IR digunakan untuk menentukan gugus fungsi sebelum dan selama aktivasi. Setelah menggiling 10 mg KBr secara total, sampel adsorben dengan komposisi sampel 10:1 ditambahkan. Setelah itu, campuran dihomogenkan dengan cara digiling. Setelah itu, sampel ditaruh di atas wadah sampel. Grafik puncak gugus fungsi yang muncul di layar dikenali. Setelah analisis, data pengukuran dicetak..

Dengan menggunakan SEM, permukaan dan tekstur sampel dianalisis sebelum dan sesudah aktivasi . Pada pelat logam dua sisi, sampel didistribusikan secara merata dan tipis. Setelah itu, lapisan emas diaplikasikan, sehingga durasi pelapisan sekitar setengah menit. Setelah itu, sampel yang dilapisi diperiksa menggunakan SEM 20 kV pada perbesaran 2.000 dan 30.000. Bentuk dan distribusi ukuran foto SEM yang diperoleh.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Analisis Pengaruh Konsentrasi Aktivasi Asam sulfat dan Massa Adsorben Terhadap Kadar Air

kadar air menurun pada saay penambah aktivasi. Peningkatan kondisi aktivasi ini baik dari konsentrasi hingga waktu aktivasi yang dapat meningkatkan jumlah dan volume pori-pori dan luas permukaan, maka menyebabkan peningkatan kinerja karbon aktif untuk menyerap air dari udara, Pengaruh Konsentrasi Aktivasi Asam sulfat dan Massa Adsorben Terhadap Kadar Air.dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 4.1** Grafik Pengaruh Konsentrasi Asam sulfat dan massa terhadap Kadar Air yang dihasilkan

Kadar air rata-rata, seperti yang ditunjukkan oleh grafik, adalah 6,1% pada massa 0,5 gram dengan konsentrasi 5%, 5,675% pada massa 1 gram dengan konsentrasi 7%, 5,425% pada massa 1,5 gram dengan konsentrasi 9%, dan 3,85% pada massa 2 gram dengan konsentrasi 13%.

Didapatkan hasil tertinggi kadar air pada massa 1,5 gram dengan aktivasi konsentrasi 5% yaitu sebesar 8,9% sedangkan untuk kadar air terendah didapatkan pada massa 2 gram dengan konsentrasi 13% yaitu sebesar 3,7%.

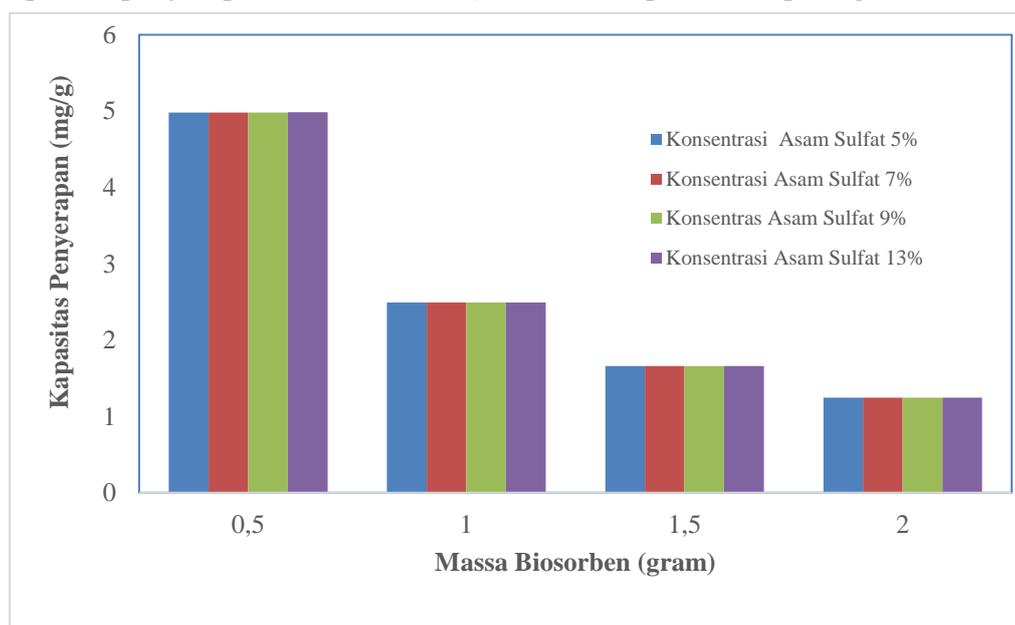
Kadar air karbon aktif yangizinkan menurut SNI 06-3730-1995 maksimal 10%. Rendanya kadar air dipengaruhi oleh temperatur dan waktu pemanasan. Semakin tinggi temperatur serta bertambahnya waktu pemanasan

mengakibatkan kandungan air di dalam karbon aktif semakin rendah. Hal ini disebabkan pada temperatur diatas 100 °C, air mula berubah fasa menjadi uap

Melalui kadar air , dapat dilihat kapasitas adsorpsi di mana semakin sedikit kadar air dari suatu karbon aktif, maka akan semakin meningkat kapasitas adsorpsinya (Ariany dkk, 2017). Mengacu pada Maulina dan Iriansyah (2017), kadar air menurun dengan Penabahan kondisi aktivasi . Peningkatan kondisi aktivasi ini baik dari konsentrasi hingga waktu aktivasi yang dapat meningkatkan

### 3.2 Pengaruh Konsentrasi Aktivasi Asam sulfat dan Massa Adsorben Terhadap Kapasitas Penyerapan

Massa adsorben yang digunakan pada proses adsropsi zat warna *Methylene blue* adalah 0,5, 1,0,, 1,5 dan 2 gram, dengan aktivasi konsentrasi asam sulfat 5%, 7%, 9% dan 13%, Konsentrasi *Methylene blue* 50 ppm dengan volume 20 ml dan waktu optimum 40 menit. Pengaruh Konsentrasi dan massa adsorben terhadap kapasitas penyerapan zat warna *Methylene blue* dapat dilihat pada gambar 2.

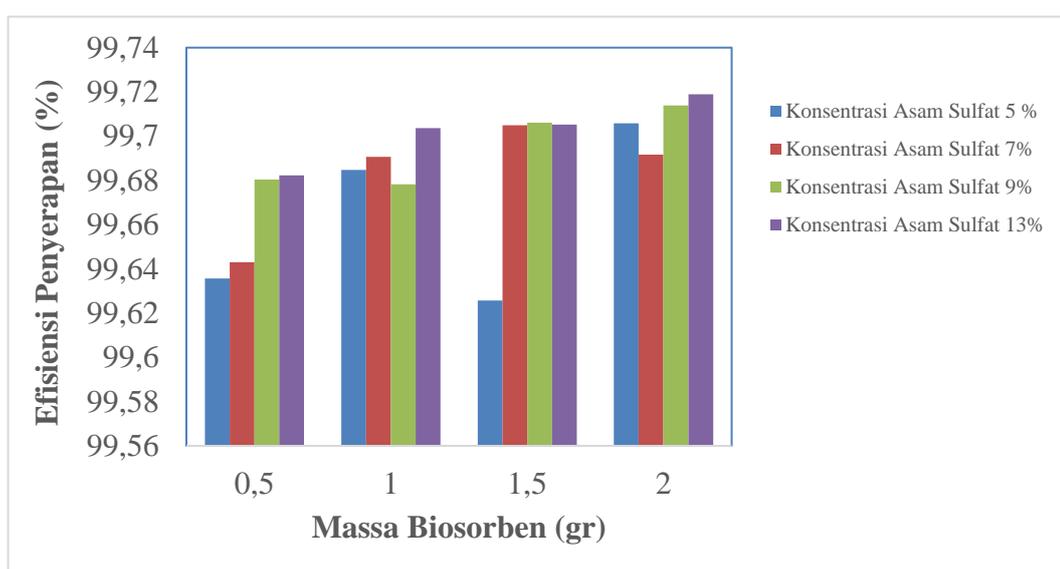


**Gambar 1** Pengaruh Konsentrasi Aktivasi Asam Sulfat dam Massa Adsorben Terhadap Kapasitas penyerapan

Berdasarkan grafik didapatkan hasil pada percobaan nilai tertinggi pada kapasitas penyerapan terdapat pada konsentrasi 5% dengan massa 0,5 gram yaitu sebesar 4,9859 mg/g. Sedangkan kapasitas penyerapan terendah pada terdapat pada konsentrasi 13 % dengan massa 2 gram yaitu sebesar 0,1470 mg/g. Dari

penelitian diatas bahwa massa dan aktivaator asam sulfat sangat berpengaruh terhadap Kapasitas penyerapan, Kapasitas penyerapan, yang meningkatkan situs adsorpsi aktif dan kapasitas penyerapan, sebanding dengan jumlah partikel dan luas permukaan adsorben, dan dipengaruhi oleh jumlah adsorben yang ditambahkan (Sari et al., 2017).**3.3 Hasil Analisa Pengaruh Konsentrasi Aktivasi Asam sulfat dan Massa Adsorben Terhadap Porsen Penyerapan**

Pengaruh Konsentrasi Aktivasi Asam sulfat dan Massa Adsorben Terhadap Porsen Penyerapan dapat dilihat pada gambar 3



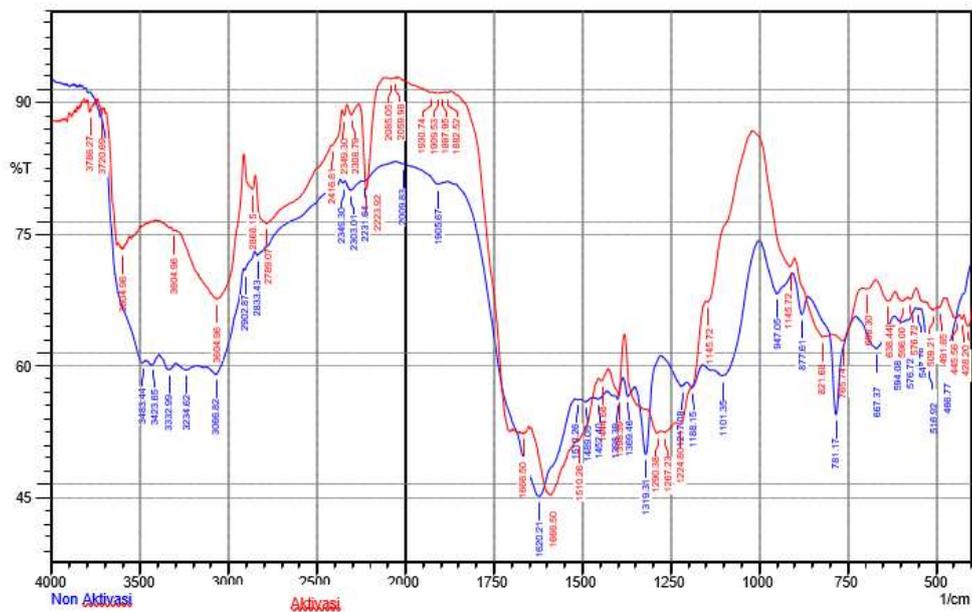
**Gambar 2** Pengaruh Konsentrasi Aktivasi Asam Sulfat dan Massa Adsorben Terhadap Efisiensi Penyerapan

Pengaruh massa dan konsentrasi asam sulfat terhadap kualitas kadar penyerapan adsorpsi dapat dianalisis dengan mempertimbangkan beberapa faktor, termasuk kapasitas adsorpsi, interaksi kimia, dan perubahan fisik pada adsorben. Asam sulfat juga dapat memodifikasi permukaan adsorben, misalnya dengan meningkatkan porositas atau mengubah struktur permukaan, yang dapat berdampak pada kapasitas adsorpsi. Namun, konsentrasi yang terlalu tinggi dapat merusak struktur adsorben, terutama jika adsorben sensitif terhadap kondisi asam kuat, yang akhirnya menurunkan kapasitas dan efisiensi adsorpsi. Kombinasi optimal antara massa adsorben dan konsentrasi asam sulfat perlu dicari untuk mencapai efisiensi adsorpsi maksimal, karena interaksi keduanya sangat menentukan jumlah situs aktif yang tersedia tanpa merusak struktur adsorben.

Gambar 2 mengilustrasikan bagaimana penambahan konsentrasi dan massa yang digunakan menghasilkan peningkatan efisiensi penyerapan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi berdampak pada efisiensi penyerapan.. Pada seluruh percobaan didapatkan rata-rata kadar penyerapan 99,6915 %. Pada percobaan ini didapatkan hasil optimum efisiensi penyerapan pada massa 2 gram dengan konsentrasi asam sulfat 13% yaitu sebesar 99,7189 %, sedangkan kadar penyerapan terendah didapat pada massa 0,5 gram dengan konsentrasi asam sulfat 13 % yaitu sebesar 99,6357 %. Jumlah adsorben yang ditambahkan mempengaruhi efisiensi penyerapan, dimana hal ini sebanding dengan jumlah partikel dan luas permukaan adsorben sehingga menyebabkan sisi aktif adsorpsi dan efisiensi penyerapan meningkat (Imran dkk., 2019).

### 3.3 Hasil Analisis Gugus Fungsi dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Sampel adsorben biji pepaya setelah diaktivasi kimia menggunakan Asam Sulfat , Sebelum di aktivasi menggunakan asam sulfat menggunakan Asam sulfat. Analisa FTIR Bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang ada dalam adsorben (Astari dan Utami, 2018). Berikut hasil analisa FT-IR dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 3 FT-IR Sebelum Aktivasi dan sesudah Aktivasi

Pada uji FT-IR sampel yang diujikan merupakan sampel terbaik setelah dilakukan uji Uv-Vis. Sampel yang diuji adalah sampel 2 gram konsentrasi asam sulfat 13% dan sampel sebelum aktivasi.

Beberapa puncak utama yang dapat diamati pada spektrum ini termasuk area sekitar  $3400\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$ , yang biasanya terkait dengan regangan O-H atau N-H. Ini dapat mengindikasikan keberadaan gugus hidroksil atau amina dalam sampel. Puncak di sekitar  $2900\text{ cm}^{-1}$  umumnya terkait dengan regangan C-H, yang merupakan indikasi dari gugus alkil (Pambudi, 2017). Perbedaan intensitas dan posisi puncak antara dua kurva dapat memberikan informasi tentang perubahan komposisi kimia yang terjadi akibat proses oksidasi .

Selain itu, puncak di daerah  $1700\text{ cm}^{-1}$  sering dikaitkan dengan regangan C=O, yang menunjukkan adanya gugus karbonil seperti aldehida, keton, atau asam karboksilat. Perbandingan antara spektrum sampel yang dioksidasi dan tidak dioksidasi dapat menunjukkan perubahan yang terjadi pada struktur kimia sampel sebagai akibat dari oksidasi, seperti pembentukan atau degradasi gugus fungsional tertentu. Analisis ini sangat penting dalam berbagai aplikasi, termasuk studi degradasi material, pengembangan bahan baru, dan analisis komposisi kimia dalam berbagai industri.

Berdasarkan analisis spektrum FTIR untuk sampel yang tidak diaktivasi (non-aktivasi) dan yang diaktivasi, terlihat beberapa perbedaan signifikan yang menunjukkan perubahan dalam struktur kimia dan fisik material tersebut. Pertama, intensitas transmitansi pada spektrum non-aktivasi secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan spektrum aktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa material yang tidak diaktivasi memiliki lebih sedikit penyerapan energi inframerah, yang mungkin mengindikasikan permukaan yang lebih polos atau struktur yang kurang kompleks dibandingkan dengan material yang diaktivasi.

Adanya terdapat pergeseran puncak pada daerah sekitar  $3000\text{-}3500\text{ cm}^{-1}$ . Pergeseran ini mengindikasikan perubahan dalam gugus fungsi OH atau NH, yang merupakan karakteristik umum dari gugus hidroksil atau amina. Aktivasi kemungkinan menyebabkan peningkatan jumlah atau perubahan dalam struktur

gugus fungsi ini, yang dapat mempengaruhi sifat kimia dan fisik material, seperti peningkatan hidrofobisitas atau afinitas terhadap molekul tertentu.

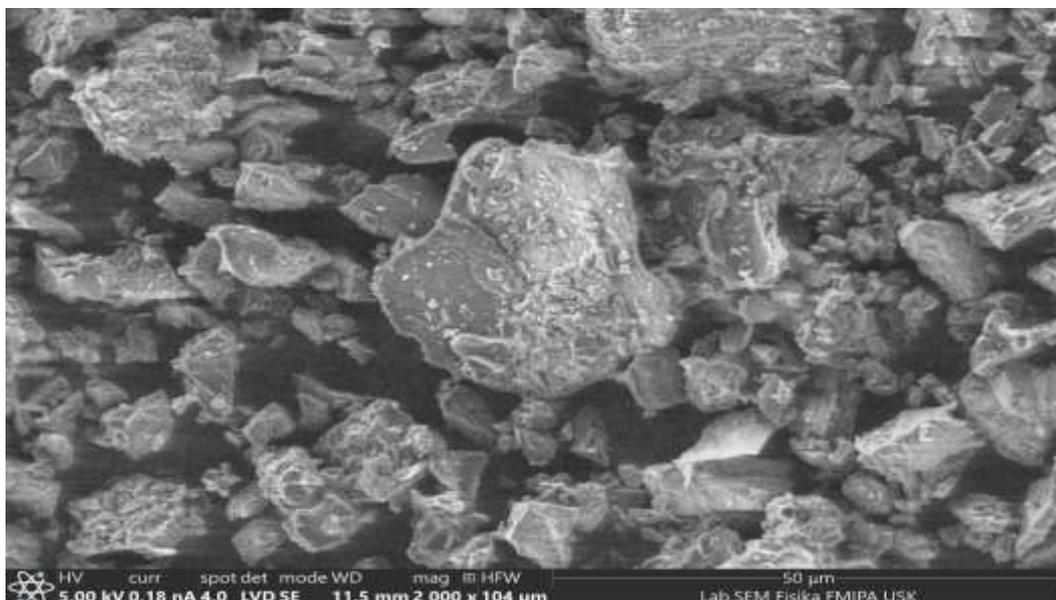
Selain itu, spektrum aktivasi menunjukkan beberapa puncak baru atau lebih jelas di sekitar 1500-1700  $\text{cm}^{-1}$ . Puncak-puncak ini mungkin terkait dengan pembentukan atau peningkatan intensitas ikatan tertentu, seperti ikatan C=C dalam struktur aromatik atau ikatan C=O dalam gugus karbonil. Perubahan ini menunjukkan bahwa aktivasi tidak hanya memodifikasi permukaan material tetapi juga mungkin menyebabkan reaksi kimia yang menghasilkan gugus fungsi baru atau memperkuat gugus fungsi yang sudah ada.

pada daerah sekitar 1000-1200  $\text{cm}^{-1}$ , terdapat peningkatan intensitas yang signifikan pada spektrum aktivasi. Ini menunjukkan peningkatan jumlah gugus fungsi yang mengandung oksigen, seperti C-O atau Si-O, yang sering ditemukan dalam struktur silikat atau eter. Peningkatan intensitas ini, bersama dengan munculnya puncak baru dan pergeseran puncak lainnya, menunjukkan bahwa proses aktivasi secara substansial memodifikasi struktur material, baik secara kimia maupun fisik, yang dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi dan efisiensi dalam aplikasi tertentu.

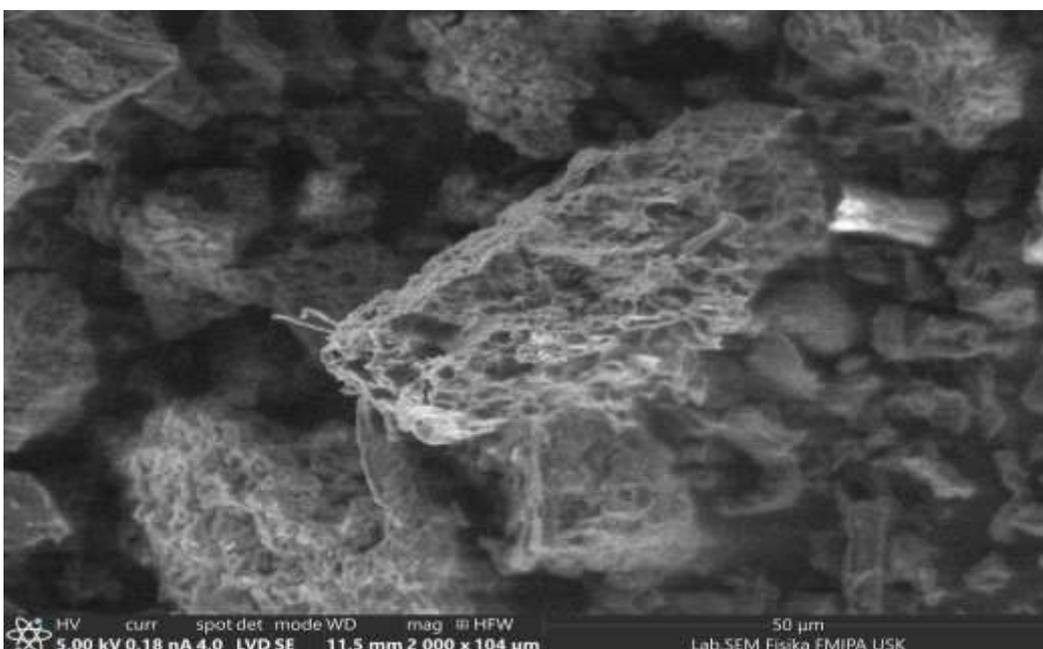
#### **3.4 Hasil Analisis Morfologi Permukaan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)**

Hasil karakterisasi morfologi karbon aktif biji pepaya sebelum digunakan untuk proses adsorpsi menggunakan SEM pada gambar 4.7 Menunjukkan adanya pori pori serta permukaan yang memiliki tekstur terkawah setelah dilakukannya proses karbonisasi dan aktivasi. Pada proses aktivasi, terbentuk pori-pori baru dan meningkatkan pori-pori yang telah terbentuk pada saat karbonisasi (Achaw,2012). Dikutip dari (Gonzalez, 2009), adanya proses aktivasi Asam sulfat menyebabkan berbagai perubahan topologi karbon aktif yaitu bahwa tekstur kawah sebenarnya adalah “ cerobong asap” yang terbentuk ketika gas panas yang dihasilkan selama karbonisasi keluar secara tiba-tiba dari sampel sehingga membentuk lubang,. Begitupun menurut (Achaw, 2012), pori-pori yang terbentuk dikembangkan sebagai akibat dari tekanan termal pada strukturya bahan prekursor. Tekanan ini

mengarah pada pengembangan retakan, celah, dan segala macam bukaan dalam matriks bahan utama.



**Gambar 4** Morfologi permukaan adsorben biji Pepaya sebelum aktivasi dengan perbesarn 2.000x



**Gambar 4.** Morfologi permukaan adsorben biji Pepaya setelah aktivasi dengan perbesarn 2.000x

Hasil dari analisis menggunakan SEM setelah aktivasi menunjukkan bentuk morfologi yang memadat, berongga dan bergelombang. Hal ini membuktikan jika sampel yang telah diaktivasi menghasilkan bentuk yang

semakin terbuka karena pengaruh asam sulfat yang membuka pori-pori di dalam sampel adsorben. Sesuai dengan penelitian (Pham *et al.*, 2) menunjukkan morfologi permukaan serbuk biji pepaya sebelum dan sesudah aktivasi. Ada perubahan signifikan pada morfologi permukaan adsorben. Adsorben sebelum aktivasi memiliki tekstur struktur teratur, memiliki jumlah pori-pori yang banyak dan muncul di permukaan adsorben yang menunjukkan kemungkinan potensial untuk zat warna untuk diserap, sementara adsorben setelah adsorpsi menunjukkan bentuk morfologi yang tidak teratur.

#### **4. Simpulan dan Saran**

##### **4.1 Kesimpulan**

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa:

1. biji pepaya yang merupakan bahan baku yang ada di alam dapat dijadikan sebagai biosorben alami yang dapat dijadikan sebagai bahan adsorpsi yang sesuai dengan SNI.
2. Massa biji pepaya dapat mempengaruhi kualitas biosorben yang mana semakin banyak massa karbon aktif maka akan semakin besar pula kapasitas penyerapan. Kapasitas penyerapan tertinggi didapatkan pada massa 2 gram dengan kapasitas penyerapan sebesar 99,7189 % tetapi untuk kapasitas penyerapannya semakin kecil Ketika massa biji pepaya semakin besar.
3. Aktivasi biji pepaya berbanding lurus dengan massa biji pepaya terhadap kualitas biosorben yang dihasilkan yang mana semakin besar massa dan konsentrasi asam sulfat yang digunakan massa semakin besar pula persen penyerapannya

##### **4.2 Saran**

1. Perlu dilakukan penelitian dalam melakukan penelitian untuk mendapatkan hasil yang maksimal.
2. Perlu dilakukan analisis terhadap kandungan cairan hasil sintesis Methylenen Blue yang dibuat sebelum digunakan pada proses penelitian .

3. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan melakukan percobaan menggunakan ammonia pada lingkungan yang sesuai dengan kondisi lapangan, scale up, dan analisa ekonomi untuk penerapan langsung di lapangan seperti pada industri peternakan skala kecil.

## 5. Daftar Pustaka

1. Aini, N., Rahayu, A., & Jamilatun, S. (2016.). Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ Website: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit> E-ISSN:2745-6080 Potensial Biosorben Dalam Removal Fosfat Dengan Metode adsorpsi: a review. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>.
2. Achaw, Osei-Wusu. 2012. A Study of the Porosity of Activated Carbons Using the Scanning Electron Microscope. Diperoleh melalui situs internet : WWW. Intechopen.com. Diakses pada 19 mei 2019.
3. Badan Pusat Statistik. Pertanian dan Industri <http://www.bps.go.id> diunduh pada tanggal 11 November 2023.
4. Gonzales, J. F., Roman, S., Gonzales-Garcia, C, M., Nabaiz, J, M.V., dan Ortiz, A. L, (2009): Porosity Development in Activated Carbon Prepared from Walnut Shell by Carbon Dioxide or Steam Activation. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48(16), 7474-7481. <http://dx.doi.org/10.1007/s10163-018-0730-9>
5. Mounir, B., Asmaa, M., Buscotin, B., Mohammed, H., Amine, A., Abdeljalil, Z., & Abdellah, A. (2017). A New Low Cost Biosorbent for a Cationic Dye Treatment. *International Journal of Environment, Agriculture*. <https://dx.doi.org/10.22161/ijeab/2.4.52>
6. Natanael, C. L., & Sulaeman, A. P. (2015). Respon Air Olahan Limbah Cantinamipa Dengan Perendaman Batang Pisang Dan Ampas Teh Terhadap Tanaman Mangkokan. *Chimica et Natura Acta*, 3(1). <https://doi.org/10.24198/cna.v3.n1.9175>.
7. Imran, M., Anwar, K., Akram, M., Shah, G. M., Ahmad, I., Shah, N. S., Khan, Z. U. H., Rashid, M. I., Akhtar, M. N., Ahmad, S., Nawaz, M. & Nawaz, M. (2019). Biosorption of Pb (II) from Contaminated Water onto *Moringa oleifera* Biomass: Kinetics and Equilibrium Studies. *International Journal of Phytoremediation*; 21; 777-789. <https://doi.org/10.1021%2Facsomega.1c03069>
8. Pambudi, A., Susanti, dan Priambodo. 2017. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Tanah Sawah di Desa Sukawali dan Desa Belimbing, Kabupaten

- Tangerang. *Journal of Biology*, 10 (2): 1-9. <https://dx.doi.org/10.15408/kauniyah.v10i2.4907>
9. Pavan, Flavio A., Eveline S.Campicho, Ederc. Lima., Guilherme L.Petty, and Vivian T.A Branco., Silvio L.P Dias. 2014. "Formossa Papaya Seed Powder (FPSP):Preparation, Characterization And Application As On Alternative Adsorben For The Removal Of Crystal Violet From Aqueous Phase".*Jurnal Of Environmenta Chemical Engineering* 2 (2014) 230-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2013.12.017>
  10. Pham, T. T., Hoang, M. T., Nguyen, M. K., Dinh, T. H., & Loan, P. (2015). Evaluation of Chemical Modified Sugarcane Bagasse for Cadmium Removal in Aqueous Environment. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering*, 88(2), 6–10 and *Biotechnology*, 2(4), 1885–1889. <https://doi.org/10.22161/ijeab/2.4.52>.
  11. Rosanti, A. D., Kusumawati, Y., Hidayat, F., Fadlan, A., Wardani, A. R. K., & Anggraeni, H. A. (2022). Adsorption of Methylene Blue and Methyl Orange from Aqueous Solution using Orange Peel and CTAB-Modified Orange Peel. *Journal of the Turkish Chemical Society, Section A: Chemistry*, 9(1), 237–246. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.1003132>.
  12. Sari, M. F. P., Loekitowati, P., & Mohadi, R. (2017). Penggunaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Merah Limbah Cair Industri Songket. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 7(1), 37–40. <https://dx.doi.org/10.19081/jpsl.2017.7.1.37>