

Pengaruh Suhu Aktivasi Fisika Terhadap Uji Mikrostruktur Karbon Aktif Mangrove

Rima Suastika *1, Masthura*2, Ratni Sirait*3

^{1,2,3} Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

e-mail: rimasuastika@gmail.com, masthura@uinsu.ac.id, sirait.ratni@uinsu.ac.id

Submitted: 10-06-2023

Revised : 27-07-2023

Accepted: 14-08-2023

ABSTRACT. Perbesaran pori pada struktur karbon aktif dimanfaatkan sebagai filter pada pengotor organik dan anorganik yang berasal dari air atau berasal dari limbah domestik maupun industri. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui mikrostruktur dari karbon aktif kayu *mangrove* yang paling optimum. Variasi suhu aktivasi pada pengujian karbon aktif dimulai dari suhu 500°C sampai dengan suhu 700°C dengan waktu penahanan selama 60 menit. Hasil dari pengujian mikrostruktur SEM (*Scanning Elektron Microscopy*) pada suhu 500°C terlihat luas permukaan dan pori belum terbentuk, pada suhu 600°C luas permukaan dan pori karbon telah terbentuk dengan baik, sedangkan hasil mikrostruktur karbon suhu 700°C telah hancur dan ada banyak pengotor dalam karbon aktif. Diameter pori karbon pada suhu 500°C sebesar 0,8895 (μm), suhu 600°C diameter pori 1,1050 (μm) dan pada suhu 700°C dengan diameter pori 1,0784 (μm). Hasil mikrostruktur yang paling optimum di dapatkan di suhu 600°C karena pori yang dihasilkan sudah terbentuk dengan baik dengan diameter 1,1050 (μm).

Keywords: *Mikrostruktur, Aktivasi, Kayu Mangrove*



How to Cite

Suastika, R., Masthura, & Sirait, R. (2023). Pengaruh Suhu Aktivasi Fisika Terhadap Uji Mikrostruktur Karbon Aktif Mangrove. *Attadrib: Jurnal Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah*, 6(2). Retrieved from <https://jurnal.insida.ac.id/index.php/attadrib/article/view/558>

PENDAHULUAN

Mikrostruktur merupakan bagian terkecil dari suatu material yang dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop optik. Karakteristik pada permukaan karbon terbentuk secara tidak beraturan atau amorf. Susunan struktur karbon aktif tidak tersusun tegak lurus namun tersusun tumpang tindih tidak beraturan. Permukaan karbon yang kecil disebabkan karena adanya tar dan zat volatile yang menjadi pengotor dan menutupi permukaan karbon sehingga tidak dapat menjadi absorben yang baik. Jadi, semakin banyak pori yang terbentuk pada permukaan karbon maka kualitas karbon akan semakin baik. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 500 m²/gr sampai dengan 3000 m² /gr. (Vivi Purwandari, 2022; Wahyudi, 2021) Permukaan karbon dalam bentuk internal surface memiliki daya serap yang tinggi. Terdapat beberapa komponen pada karbon aktif yaitu, hydrogen 0,6%-7,8%, karbon bebas 85-95%, senyawa anorganik 1%, 2%, 3% dan senyawa organik 0,04%-0,45%. (Khoiri et al., 2014)

Karbon aktif yang telah di aktivasi memiliki nilai serap yang tinggi dibandingkan dengan karbon yang belum di aktivasi. Pori yang terbentuk pada proses aktivasi menunjukkan luas permukaan karbon. Ukuran pori karbon dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu, pertama mikropori dengan ukuran < 2nm, kedua mesopori berdiameter 2-50 nm dan yang ketiga makropori memiliki ukuran > 50nm. (Siregar, 2009)

Karbon aktif dalam bentuk granular mempunyai pori yang kecil dan luas permukaan internal besar, dalam bentuk powder karbon memiliki luas permukaan internal kecil dan diameter pori besar. Mikrostruktur dari mikropori karbon aktif memiliki tingkat reaktifitas yang tinggi. Fungsi dari karbon aktif sebagai filter penjernihan air, menghilangkan bau, dekolonisasi, pemisahan antara pengotor, deklorinasi, recovery, penyaringan dan untuk membersihkan zat yang berbahaya baik dalam bentuk gas maupun dalam bentuk cairan. Oleh karena itu karbon aktif sangat banyak diminati pada bidang ekonomis maupun dibidang industri. Sehingga permintaan karbon aktif selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. (Udyani & Dkk, 2019) Karbon aktif memiliki nilai densitas dan tingkat kekerasan tertentu tergantung dengan cara pengaktifan dan bahan baku untuk membuat karbon.

(Susilawati, 2014), pernah meneliti karbon aktif bakau menggunakan suhu yang variasi 500\degc\ sampai dengan suhu 900\degc. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya suhu aktivasi maka banyak oksigen yang teruapkan dan semakin bertambah pula pori dan luas karbon yang dihasilkan. Kayu mangrove sangat mudah ditemukan khususnya di daerah pesisir pantai. Kayu mangrove memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan kayu bakar pada umumnya, karena kayu mangrove dapat menghasilkan arang yang baik, pada saat pembaran kayu bertahan lama dan memiliki tingkat panas yang sangat unggul. Sehingga dapat di jadikan salah satu bahan baku untuk membuat karbon aktif. Ketetapan kualitas tergantung komposisi kimia kayu dan sifat fisik kayu itu sendiri.

Karbon yang paling baik untuk dijadikan bahan baku karbon aktif berasal dari bahan yang mengandung lignoselulosa (komponen utama yang tersusun di dinding sel tumbuhan). Karbon aktif adalah suatu unsur yang mengandung karbon dan menghasilkan pori kecil sehingga dibutuhkan proses aktivasi untuk membuka pori karbon. Aktivasi untuk perbesaran pori dibagi menjadi 2 bagian, pertama aktivasi fisika dan yang kedua aktivasi kimia (Ramadhani et al., 2020; Rochmah et al., 2020; Rosalina et al., 2016)

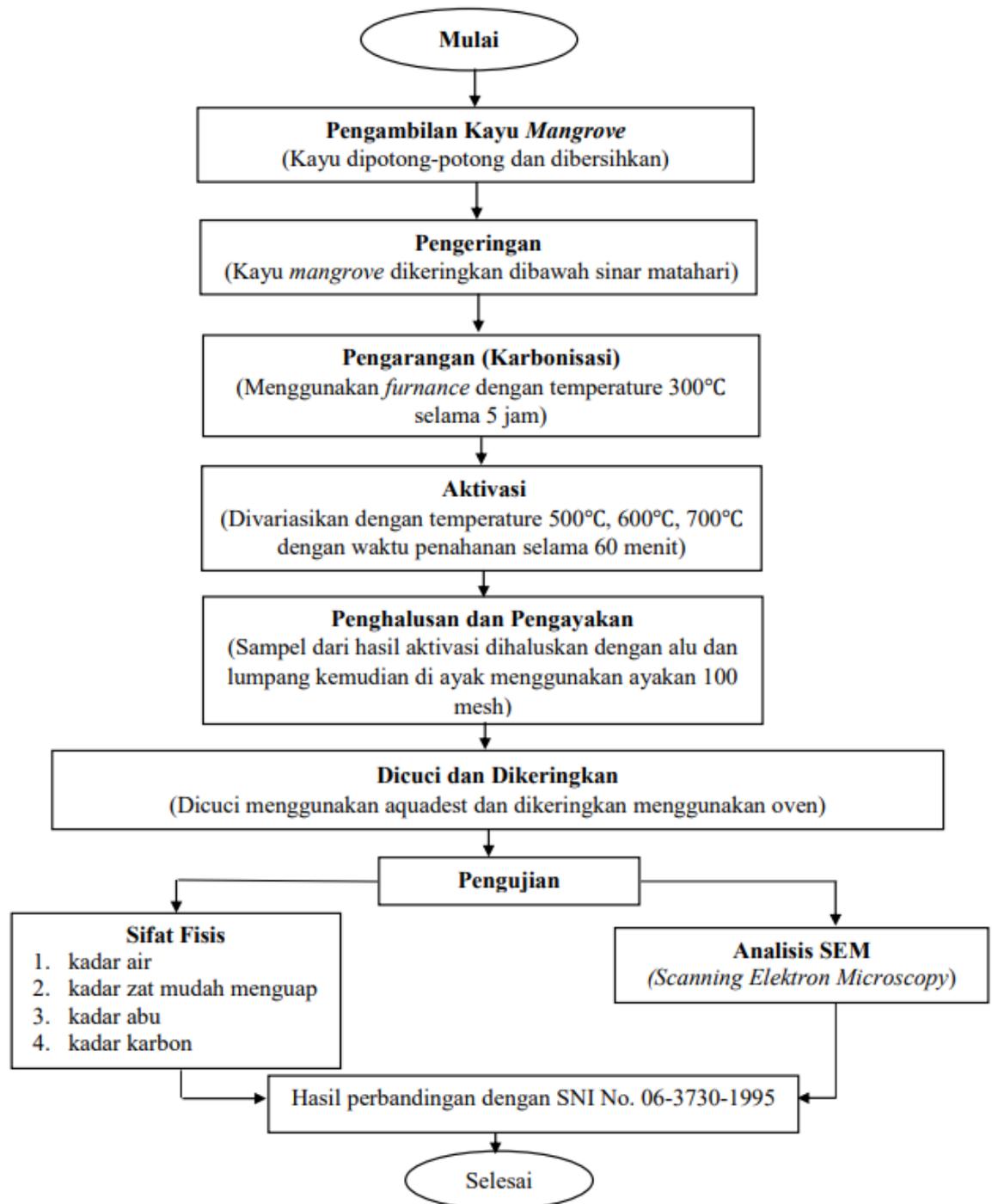
Aktivasi fisika adalah proses untuk memutuskan rantai karbon yang berasal dari senyawa organik dengan cara pemanasan agar uap, CO₂ teruapkan dari permukaan karbon aktif. (Ahmed et al., 2023; Azzahra, 2020) ini dilakukan untuk melihat pori dan luas karbon mangrove. Umumnya dilakukan menggunakan furnance dengan suhu aktivasi divariasikan dari 500\degc , 600\degc dan 700\degc. Dengan adanya penelitian berikut ini diharapkan dapat memberi informasi mengenai mikrostruktur karbon aktif mangrove optimum.

METHOD

Metode yang dilakukan dari penelitian ini adalah metode eksperimen dengan cara melakukan pendekatan dengan kuantitatif (Daniel & Harland, 2017; Dr. Sigit Hermawan, SE., 2016; Hanson et al., 2005). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis karbon aktif mangrove dengan memvariasikan suhu pemanasan, Dengan memvariasikan suhu pemanasan dapat memberikan karakteristik karbon aktif yang berbeda-beda pada setiap sampel. Pengujian dilakukan berdasarkan standar SNI No. 06-3730-1995 yang meliputi sifat kimia dan sifat fisik seperti kadar air, kadar zat menguap, kadar abu, dan kadar karbon.

Adapun penelitian karbon aktif mangrove ini akan dilakukan di beberapa lokasi, pertama Pembuatan sampel dan penelitian ini dilakukan di laboratorium Kimia Dasar, LIDA Universitas Sumatera Utara (USU) JL. Tridarma, Kecamatan Padang Bulan, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara dan kedua Karakterisasi SEM (Scanning Electron Microscopy) dilakukan di laboratorium Fisika Universitas Negeri Medan, Provinsi Sumatera Utara. Waktu penelitian ini dilaksanakan periode bulan November 2021 sampai dengan Januari 2022.

Adapun diagram alir penelitian di uraikan pada gambar 1 berikut ini :



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Adapun prosedur penelitiannya adalah dengan mengambil kayu mangrove kemudian dipotong-potong, setelah itu dikeringkan dengan pemrosesan penjemuran kayu mangrove dibawah sinar matahari langsung, Kemudian dilakukan karbonisasi kayu mangrove menggunakan furnace dengan temperatur 300°C selama 5 jam, Karbon kemudian diaktivasi dengan suhu yang bervariasi yaitu 500°C, 600°C, 700°C selama 60 menit, Hasil dari karbon yang telah diaktivasi kemudian dihaluskan dengan alu dan lumpang kemudian di ayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh, Kemudian karbon aktif mangrove dicuci dan dibersihkan dari sisa abu menggunakan aquadest kemudian dikeringkan dengan oven, Selanjutnya dilakukan tahapan pengujian karbon aktif mangrove melalui kadar air, kadar abu, kadar karbon, kadar zat mudah menguap dan mikrostruktur dan terakhir melakukan perbandingan dengan SNI No. 06-3730-1995

RESULT AND DISCUSSION

Result

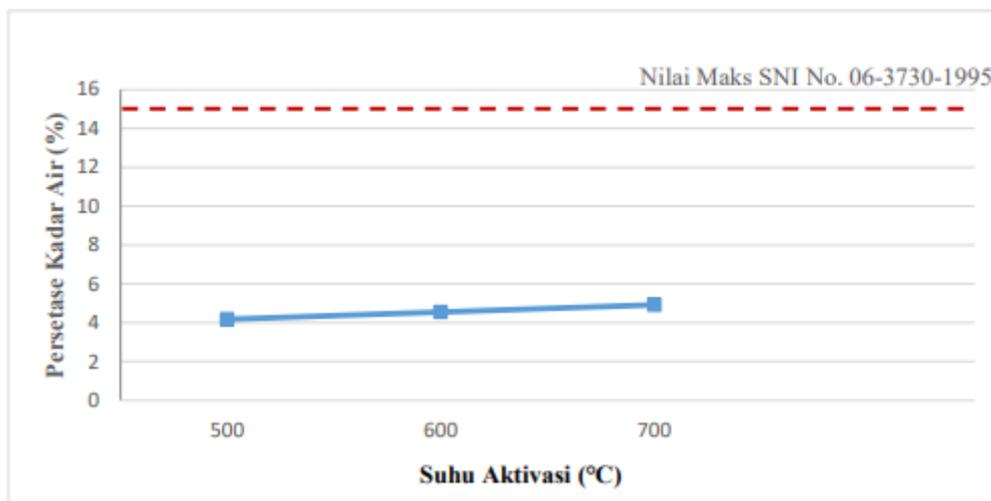
. Hasil yang dibahas dalam pembuatan karbon aktif mangrove dengan variasi suhu aktivasi fisika terbaik (optimum) meliputi sifat fisik yaitu kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu dan kadar karbon berdasarkan standar SNI No. 06- 3730-1995, serta uji SEM (Scanning Elektron Microscopy). Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada sampel karbon aktif mangrove maka diperoleh data dan analisis.

Karakteristik karbon aktif kayu mangrove dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini :

Tabel 1

Suhu (°C)	Kadar Air (%)	Rata-rata	SNI No. 06-3730-1995
	5,26		
500	3,09	4,17%	
	4,16		
	4,16		
600	6,38	4,54%	Maks 15%
	3,09		
	5,26		
700	3,09	4,91%	
	6,38		

Dari Tabel 4.1. diatas dapat dilihat nilai kadar air pada suhu 500°C diperoleh massa sebesar 4,17%, pada suhu 600°C sebesar 4,54% dan sampel 700°C sebesar 4,91%. Syarat mutu karbon aktif menurut SNI No. 06-3730-1995 untuk kadar air adalah maks 15%, untuk hasil analisa kadar air karbon aktif mangrove telah memenuhi SNI No. 06-3730-1995 yang diperoleh di suhu aktivasi 500°C, 600°C, 700°C. Grafik pada pengujian kadar air dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini :



Gambar 2 Grafik Kadar Air

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat tentang hasil dari kadar air karbon mangrove mengalami kenaikan seiring dengan suhu yang semakin tinggi. Seharusnya hasil dari kadar air semakin menurun seiring dengan kenaikan suhu akan tetapi hasil yang diperoleh sebaliknya. Hal ini disebabkan semakin tinggi suhu aktivasi maka pori-pori karbon akan semakin terbuka sehingga pada saat pemindahan karbon dari furnace ke disikator dan neraca terjadi kontak langsung antara karbon dengan udara sehingga karbon banyak menyerap uap air.

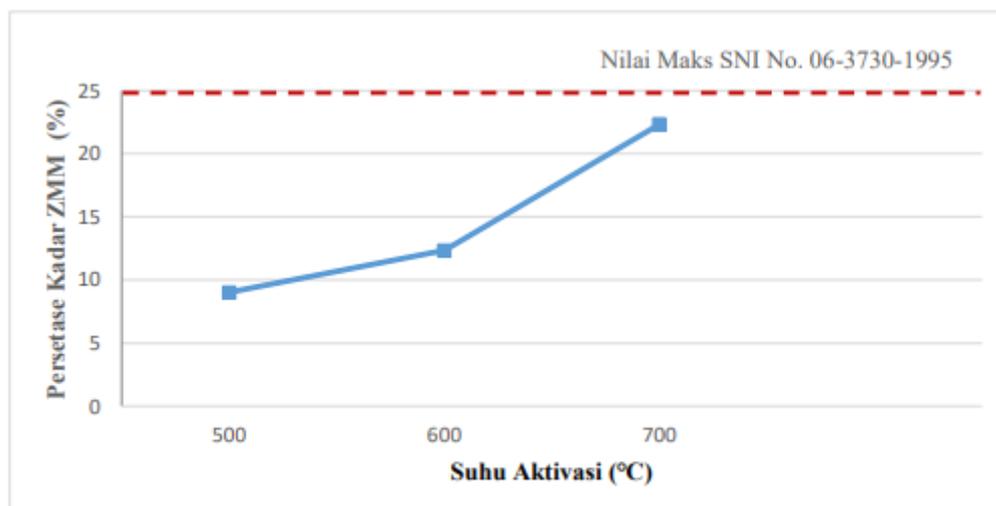
Dari hasil pengujian kadar zat mudah menguap karbon aktif mangrove maka diperoleh nilai zat mudah menguap sebagai berikut ini

Tabel 2 Hasil Pengujian Kadar Zat Mudah Menguap

Suhu (°C)	Kadar ZMM (%)	Rata-rata	SNI No. 06-3730-1995
	8		
500	10	9%	
	9		
600	12	12,33%	Maks 25%
	15		
700	25	22,33%	
	20		

Dari Tabel 2 diatas dapat dilihat nilai kadar zat mudah menguap pada suhu 500°C diperoleh massa sebesar 9%, pada suhu 600°C sebesar 12,33% dan sampel 700°C sebesar 22,33%. Syarat mutu karbon aktif menurut SNI No. 06-3730-1995 untuk kadar zat mudah menguap adalah maks 25%, untuk hasil Analisa kadar zat mudah menguap karbon aktif mangrove telah memenuhi SNI No. 06-3730-1995 yang diperoleh pada suhu aktivasi 500°C, 600°C, 700°C.

Grafik pada pengujian kadar zat mudah menguap dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini :



Gambar 2 Grafik Kadar Zat Mudah Menguap Terhadap Suhu Aktivasi

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu aktivasi maka akan semakin banyak kadar zat mudah menguapnya. Besarnya nilai kadar zat mudah menguap dikarenakan adanya senyawa non karbon yang terdapat pada permukaan karbon dalam bentuk CO₂ dan CO.

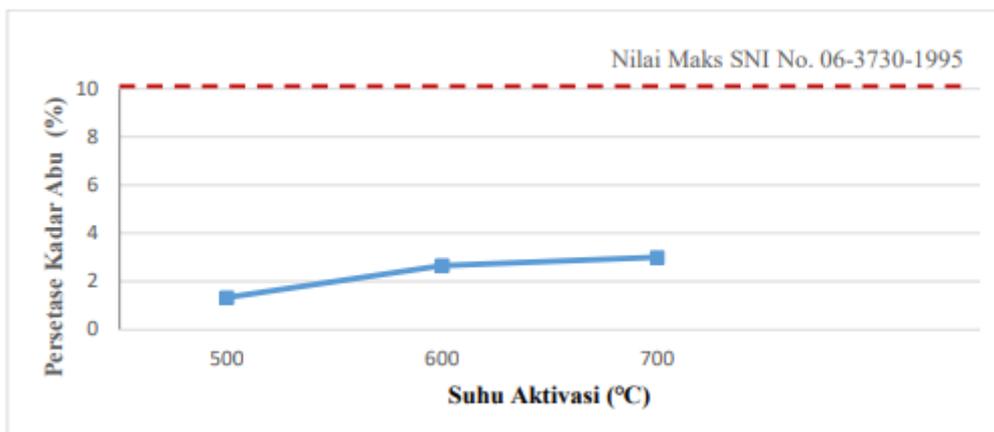
Dari hasil pengujian kadar abu karbon aktif mangrove maka diperoleh nilai kadar abu sebagai berikut ini :

Tabel 3 Hasil Pengujian Kadar Abu

Suhu (°C)	Kadar Abu (%)	Rata-rata	SNI No. 06-3730-1995
500	1	1,33%	
	2		
	1		
600	2	2,66%	Maks 10%
	3		
	3		
700	4	3%	
	2		
	3		

Dari Tabel 4.4. diatas dapat dilihat nilai kadar abu pada suhu 500°C diperoleh massa sebesar 1,33%, pada suhu 600°C sebesar 2,66% dan sampel 700°C sebesar 3%. Syarat mutu karbon aktif menurut SNI No. 06-3730-1995 untuk kadar abu adalah maks 10%, untuk hasil analisa kadar abu karbon aktif mangrove telah memenuhi SNI No. 06-3730-1995 yang telah diperoleh pada suhu aktivasi 500°C, 600°C, 700°C.

Grafik pada pengujian kadar abu dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini :



Gambar 3 Grafik Kadar Abu Terhadap Suhu Aktivasi

Dari tersebut diatas, dapat dilihat bahwa seiring dengan kenaikan suhu aktivasi maka banyak pula mineral yang hilang pada proses pembakaran. Nilai kadar abu merupakan nilai akhir dari zat mineral yang tersisa pada proses pembakaran. Kadar abu ini tidak memiliki nilai kalor dan unsur karbon lagi.

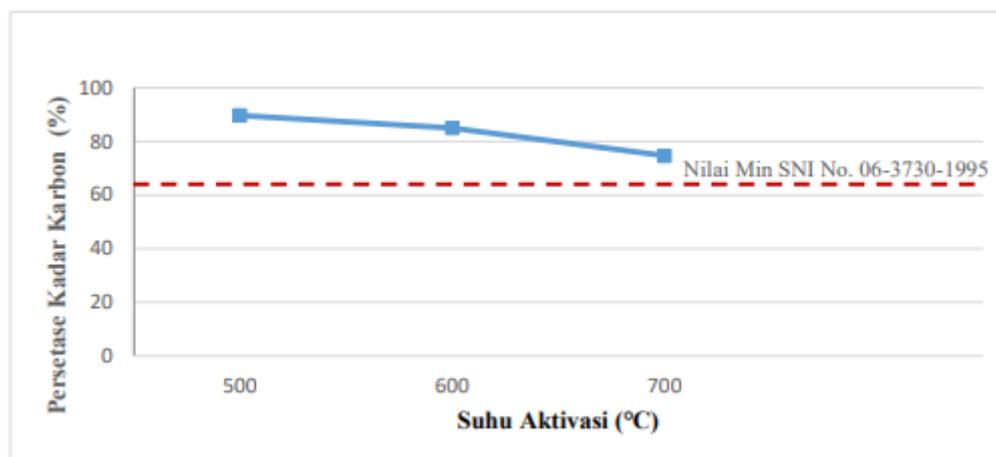
Dari hasil pengujian kadar karbon karbon aktif mangrove maka diperoleh nilai kadar karbon sebagai berikut ini :

Tabel 4 Data Hasil Pengujian Kadar Karbon

Suhu (°C)	Kadar Karbon (%)	Rata-rata	SNI No. 06-3730-1995
500	91	89,66%	Min 65%
	88		
	90		
600	88	85%	Min 65%
	85		
	82		
700	74	74,66%	Min 65%
	73		
	77		

Dari Tabel 4 diatas dapat dilihat nilai kadar karbon pada suhu 500°C diperoleh massa sebesar 89,66%, pada suhu 600°C sebesar 85% dan sampel 700°C sebesar 74,66%. Syarat mutu karbon aktif menurut SNI No. 06-3730-1995 untuk kadar karbon adalah min 65%, untuk hasil analisa karbon aktif mangrove telah memenuhi dengan SNI No. 06-3730-1995 diperoleh pada suhu aktivasi 500°C, 600°C, 700°C.

Grafik pada pengujian kadar karbon dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini :



Gambar 4 Grafik Kadar Karbon Terhadap Suhu Aktivasi

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa seiring dengan kenaikan suhu aktivasi maka nilai dari karbon semakin kecil. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh dari kadar zat menguap dan kadar abu yang turun secara tidak konstan. Kadar karbon yang terikat dalam suatu karbon aktif menentukan kualitas dari karbon itu sendiri. Pengujian kadar karbon bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak kandungan karbon yang tersisa pada proses karbonisasi dan aktivasi

Analisis SEM pada karbon aktif mangrove dengan variasi suhu aktivasi 500°C, 600°C dan 700°C bertujuan untuk dapat melihat mikrostruktur pada permukaan karbon aktif dengan

menggunakan scanning electron microscopy dengan perbesaran 250K x. Berdasarkan hasil karakterisasi karbon aktif mangrove pada aktivasi fisika untuk parameter kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu dan kadar karbon yang mendekati syarat mutu SNI No. 06-3730-1995 adalah karbon aktif dengan suhu aktivasi 600°C. Akan tetapi untuk mengetahui hasil karbon aktif mangrove terbaik maka dilakukan pengujian SEM (Scanning Electron Microscopy).

Pembahasan

Secara umum hasil pengujian karbon aktif mangrove berdasarkan variasi aktivasi fisika pada karbon aktif mempengaruhi nilai dan kualitas karbon. Parameter uji meliputi pengujian kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu dan kadar karbon. Hasil pengujian sifat fisis dijelaskan bahwa karbon aktif yang optimum terdapat pada suhu aktivasi 600°C berdasarkan SNI No. 06-3730-1995. Dengan parameter pengujian kadar air 4,54%, kadar zat mudah menguap 12,33%, kadar abu 2,66% dan kadar karbon 85%. Hasil mikrostruktur uji SEM yang optimum dapat dilihat pada gambar 4.5. dimana karbon dengan suhu aktivasi 600°C sudah membentuk pori-pori, sudah membentuk lubang dan luas secara merata dibandingkan dengan sampel 500°C dan sampel 700°C.

Dapat disimpulkan bahwa untuk menentukan karbon aktif terbaik tidak hanya dilihat dari uji fisis saja akan tetapi harus dilihat dari pengujian SEM (scanning electron microscopy). Jadi kedua pengujian tersebut harus memenuhi syarat dan ketentuan yang telah ditentukan standar Nasional Indonesia (SNI). Karbon aktif mangrove pada suhu 600°C dinyatakan sebagai karbon terbaik karena memenuhi kedua syarat dan ketentuan sebagai karbon aktif yang memiliki kualitas terbaik untuk digunakan.

Hasil penelitian seperti ini juga pernah diperoleh (Budianto et al., 2017; Hasanah et al., 2019; Radiyawati et al., 2019) pada pembuatan karbon aktif kulit kakao. Hal ini terjadi disebabkan oleh adanya pengaruh udara dari luar lingkungan pada saat proses pendinginan yang dilakukan di ruang terbuka (manual) sehingga karbon menyerap uap air dilingkungan tersebut.

Senyawa dari non karbon tersebut adalah pengotor yang menutupi karbon aktif, sehingga dapat mengurangi efektifitas dalam penyerapan kontaminan pada air atau udara (Masthura, 2013). Zat mudah menguap menunjukkan bahwa adanya zat terbang yang berasal dari interaksi karbon dengan uap air. (Arief Henry Kurniawan, Rita Dwi Ratnani, Suwardiyono, 2020; Mudaim & Hidayat, 2021)

Karbon aktif tidak hanya mengandung senyawa karbon akan tetapi juga mengandung beberapa mineral. Didalam proses karbonisasi dan aktivasi Sebagian mineral hilang dan sebagian lagi masih tertinggal di dalam karbon sehingga hasil akhir pada pembakaran disebut dengan kadar abu. Kadar abu mempunyai pengaruh yang besar terhadap kualitas karbon aktif karena kadar abu yang berlebihan dapat menyumbat pori-pori sehingga menyebabkan luas permukaan karbon aktif menjadi tertutupi atau berkurang (Herlandien, 2013). Besarnya kadar abu yang menempel pada karbon aktif menjadi pengotor dipermukaan karbon aktif sehingga mengurangi efektifitas adsorbat. (Putra, 2013)

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian mikrostruktur karbon aktif *mangrove* menggunakan *Scanning Elektron Microscopy* (SEM) terlihat bahwa pada suhu 500°C luas permukaan karbon dan pori-pori belum terbentuk, sedangkan suhu 600°C pori dan luas permukaan karbon telah berbentuk lobang-lobang kecil secara merata, dan mikrostruktur karbon di suhu 700°C telah berbentuk pipih dan terdapat banyak abu serta pengotor dalam karbon aktif. Adapun diameter pori pada suhu 500°C didapatkan 0,8895(μm), di suhu 600°C diameter pori sebesar 1,1050(μm) dan pada suhu 700°C diameter pori 1,0784 (μm). Dari hasil pengujian karakteristik karbon aktif kayu *mangrove* maka

dapat disimpulkan bahwa suhu yang paling optimum yaitu karbon aktif suhu 600°C dengan besar pori berdiameter 1,1050(μm).

ACKNOWLEDGMENT

Penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak Sabarmin Paragin-angin, M.Si yang telah memberikan wadah sebagai tempat saya menyelesaikan penelitian ini di laboratorium LIDA USU, dan terimakasih juga kepada pembimbing saya yang membantu untuk penyelesaian jurnal ini. RM melakukan analisis data dan sebagai peneliti pertama yang bertanggung jawab atas manuskrip original dan manuskrip revisi. M dan RS yang berkontribusi untuk gagasan ide penelitian

REFERENCES

- Ahmed, Y., Kurniawan, C. A., Efendi, G. R., Pribadi, R., Nainggolan, F. A., & Samudra, M. B. G. S. (2023). Estimasi Cadangan Karbon Mangrove Berdasarkan Perbedaan Tahun Tanam Rehabilitasi Mangrove (2005, 2008, 2011, 2014 dan 2017) di Kawasan Ekowisata Mangrove Pandansari, Kabupaten Brebes. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(1), 9–19. <https://doi.org/10.14710/buloma.v12i1.40871>
- Arief Henry Kurniawan1*, Rita Dwi Ratnani1, Suwardiyono1, dan I. S. (2020). Pengaruh Waktu Dan Suhu Pembuatan Karbon Aktif Dari Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah Dengan Suhu Tinggi Secara Pirolisis. *Inovasi Teknik Kimia*, 5(2), 73–80.
- Azzahra, F. (2020). Estimasi Serapan Karbon Pada Hutan Mangrove Desa Bedono, Demak, Jawa Tengah. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(2), 308–315. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2020.004.02.15>
- Budianto, A., Romiarito, & Fitrianingtyas. (2017). Pemanfaatan Limbah Kakao (*Theobroma cacao L.*) sebagai Karbon Aktif dengan Aktivator Termal dan Kimia. *Jurnal Teknik Kimia*, August, 207–212.
- Daniel, B. K., & Harland, T. (2017). Higher Education Research Methodology. *Higher Education Research Methodology*. <https://doi.org/10.4324/9781315149783>
- Dr. Sigit Hermawan, SE., M. S. (2016). *Metode Penelitian Pendekatan Kuantitatif Kualitatif*.
- Hanson, W. E., Plano Clark, V. L., Petska, K. S., Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2005). Mixed methods research designs in counseling psychology. *Journal of Counseling Psychology*, 52(2), 224–235. <https://doi.org/10.1037/0022-0167.52.2.224>
- Hasanah, M., Asahan, U., Yani, J. J. A., Fax, T. /, & Mesin, P. T. (2019). Pengaruh Suhu Pemanasan Terhadap Karakteristik Dan Mikrostruktur Karbon Aktif Kulit Kakao. *Jurnal Laminar*, 1(1), 22–27.
- Khoiri, F., Utomo, B., & Lesmana, I. (2014). Analisis Kelayakan Pengembangan Ekowisata Mangrove di Pantai Muara Indah Kecamatan Pantai Labu Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Aquacoastmarine*, 2(1), 48–55.
- Mudaim, S., & Hidayat, S. (2021). Analisis Proksimat Karbon Kulit Kemiri (*Aleurites Moluccana*) Dengan Variasi Suhu Karbonisasi. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 05(02), 157–163.
- Radiyahwati, R., Pratiwi, D. E., & Yunus, M. (2019). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao L.*) terhadap Kromium (Cr) Total. *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 20(1), 71. <https://doi.org/10.35580/chemica.v20i1.13620>
- Ramadhani, L. F., Imaya M. Nurjannah, Ratna Yulistiani, & Erwan A. Saputro. (2020). Review: teknologi aktivasi fisika pada pembuatan karbon aktif dari limbah tempurung kelapa. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(2), 42–53. <https://doi.org/10.36706/jtk.v26i2.518>
- Rochmah, O. L., Mareza, L., & Muslim, A. H. (2020). Peran Guru Kelas pada Pelaksanaan Bimbingan dan Konseling dalam Pembentukan Karakter dan Motivasi Berprestasi Siswa di SD Negeri 8 Kranji. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 6(3), 395–406.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.3969957>

- Rosalina, Tedja, T., Riani, E., & Sugiarti, S. (2016). Pengaruh Aktivasi Fisika dan Kimia ArangAktif Buah Bintaro terhadap daya Serap Logam Berat Korm. *Biopropal Industri*, 7(1), 35–45.
- Siregar, D. (2009). *Penggunaan Nanokitosan Sebagai Penyalut Karbon Aktif Untuk Menyerap Logam Stannum Dengan Spektrofotometri Serap Atom*. Pascasarjana USU. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/39621>
- Susilawati, T. I. N. (2014). KARAKTERISASJ KARBON AKTTF KAYU BAKAU DENGAN AKTIVASI TERMAL SEBAGAI FILTER PENJERNIH AIR SUNGAI TAMIANG. *Prosiding Semirata2*. file:///C:/Users/- LENOVO -/Downloads/fulltext (1).pdf
- Vivi Purwandari, M. T. (2022). Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan. *JKSP Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan*, 1, 72–78.
- Wahyudi, A. (2021). Karakterisasi Komposit TiO₂ Karbon Aktif Tandan Pisang Menggunakan FTIR Dan SEM-EDX. *Skripsi*.