

# Preparasi Karbon Aktif dari Sabut Kelapa dengan Aktivator Gelombang Mikro untuk Adsorpsi Rhodamin B

Nahdatul Aulia, Miftahul Khair\*

Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang  
Jalan Hamka, Air Tawar, Padang Utara, Padang, Indonesia

\*miftah@fmipa.unp.ac.id

**Abstract** — Activated carbon from coconut husk has been prepared by using microwave assisted activation. Carbonization was conducted at mild condition of 250°C for 105 minutes heating time. Optimum activated carbon is obtained by using microwave assisted activation at 300 watts of irradiation for 4 minutes contact time with iodine number is 779,7604 mg/g. Characterization of activated carbon using FTIR and proximate analysis (water content, vapor content, ash content, bound carbon content and iod absorption). Adsorption test showed that the prepared activated carbon was able to adsorb Rhodamin B at the optimum concentration of 200 mg/L. Adsorption isotherm study conducted by Langmuir equation with a regression coefficient  $R^2 = 0,9640$  with a maximum absorption capacity of 2,923 mg/g. FTIR characterization showed that the activated carbon contains a functional groups O-H at wave numbers 3600-3200  $\text{cm}^{-1}$ , C=C at wave numbers 1500-1650  $\text{cm}^{-1}$ , and C-O at wave numbers 1300-900  $\text{cm}^{-1}$ .

**Keywords** — coconut husk, activated carbon, microwave, adsorption, Rhodamin B

## I. PENDAHULUAN

Kelapa (*Cocos nucifera L*) adalah salah satu tanaman dengan budidaya terbesar yang ada di Indonesia. Tahun 2018 tanaman kelapa di Indonesia memiliki luas area mencapai 3.417.951 hektar. Rata-rata buah kelapa yang dihasilkan sebanyak 15.5 milyar butir/tahun atau sama dengan 3.75 juta ton air, 3.02 juta ton kopra, 0.75 juta ton arang tempurung, 1.8 juta ton serat sabut, dan 3.3 juta ton debu sabut. Saat ini pengolahan hasil daging buah merupakan fokus utama dari kebanyakan industri kelapa, sedangkan hasil sampingan seperti tempurung kelapa, air dan sabut masih berskala kecil dan proses pengolahan masih tradisional.

Sabut kelapa merupakan limbah pertanian yang banyak dijumpai. Saat ini sabut kelapa banyak digunakan sebagai bahan bakar, furniture, kerajinan dan hiasan, namun pemanfaatan tersebut belum dapat memaksimalkan potensi dari sabut kelapa [1]. Untuk memanfaatkan potensi sabut kelapa lebih lanjut, maka sabut kelapa dapat dibuat menjadi karbon aktif. Sabut kelapa mengandung senyawa lignin, selulosa dan hemiselulosa. Senyawa tersebut merupakan komponen utama dari bahan tumbuhan dan merupakan bentuk karbon aromatik yang melimpah [2]. Kandungan karbon pada selulosa sabut kelapa juga cukup tinggi, sehingga sabut kelapa dapat dijadikan alternatif lain dalam pembuatan karbon aktif [3].

Karbon aktif merupakan bahan berbasis karbon yang bersifat amorf. Luas permukaan antar partikelnya cukup besar, karena porositas karbon aktif yang tinggi. Atom karbon pada karbon aktif terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal sehingga memiliki struktur grafit. Kemampuan adsorpsi

karbon aktif ditentukan oleh struktur kimia dari ikatan  $\pi$  yang terikat membentuk ikatan rangkap terkonjugasi sehingga memiliki struktur yang amorf. Porositas karbon aktif disebabkan karena ikatan van der Waals pada masing-masing lapisan [4].

Preparasi karbon aktif melibatkan proses karbonisasi dan aktivasi. Pada tahap karbonisasi terjadi penghilangan unsur oksigen dan hydrogen yang dilakukan pada suhu tinggi. Setelah dikarbonisasi dilakukan aktivasi. Pada aktivasi fisik dilakukan aktivasi termal dengan menggunakan gas pengoksidasi seperti  $\text{H}_2\text{O}$ , karbon dioksida atau keduanya [5]. Sedangkan proses aktivasi kimia, karbon direndam dengan agen pengaktifasi seperti  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{KOH}$  atau  $\text{ZnCl}_2$  [6].

Kemampuan adsorpsi karbon aktif berhubungan dengan besarnya pori serta adanya gugus kimia pada permukaan karbon. Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon diantaranya yaitu dengan *impregnation treatment*, *plasma treatment*, *surfactant treatment*, *microwave treatment*, *ozone treatment*, dan lainnya [7].

Salah satu metode dalam aktivasi karbon aktif yaitu dengan menggunakan gelombang mikro. Penggunaan radiasi gelombang mikro dalam aktivasi karbon aktif merupakan salah satu solusi dalam mengurangi pemakaian bahan kimia. Selain itu, penggunaan gelombang mikro dapat membantu mengurangi biaya produksi, ramah lingkungan dan efisiensi waktu [8]. Aktivasi dengan microwave dipilih untuk memenuhi kebutuhan prinsip Kimia Hijau, diantaranya pemenuhan prinsip mencegah timbul limbah, desain proses sintesis yang aman, dan efisiensi energi. Penggunaan microwave dapat menghemat waktu dan biaya produksi

karena gelombang mikro dapat menghasilkan panas yang mampu masuk kedalam struktur karbon secara menyeluruh, sehingga mampu meningkatkan daya serap dari karbon aktif.

Karbon aktif memiliki banyak kegunaan sebagai bahan penyerap dibidang industri, Salah satunya yaitu sebagai adsorben zat warna Rhodamin B. Rhodamin B merupakan pewarna karsinogenik, biasanya Rhodamin B digunakan untuk pewarnaan wol, sutra dan kain. Rhodamin B ini sangat berbahaya jika tertelan oleh manusia dan hewan. Paparan dari Rhodamin B dapat mengiritasi kulit, mata, saluran pernafasan, reproduksi, neurotoksisitas serta toksisitas kronis [9].

## II. METODA PENELITIAN

### A. Alat

Furnance (heaters from LAG Asia ltd brand Ht40), FTIR (PANalytical Expert Pro), UV-VIS (Specord 210), Spektrometri (Genesys 20 visible spectrophotometer thermofisher), shaker (SHO-ID) dan Microwave Oven EMM2308X.

### B. Bahan

Limbah sabut kelapa, I<sub>2</sub> (merk EMSURE), Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> teknis (merk EMSURE), KI (merk EMSURE), kanji langsung digunakan tanpa proses pemurnian ulang.

### C. Prosedur Penelitian

#### 1. Proses preparasi karbon aktif dari sabut kelapa.

Sabut kelapa dipisahkan dari kulitnya terlebih dahulu kemudian dicuci bersih dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 105°C sampai bobot konstan. Kemudian dikarbonisasi dalam furnance pada temperatur 250 dan 300°C selama 60, 75, 90 dan 105 menit. Selanjutnya arang yang terbentuk didinginkan dalam desikator lalu dilakukan penghalusan dan diayak dengan ayakan 100 mesh. Karbon yang lolos dilakukan uji proksimat. Selanjutnya hasil karbonisasi optimum di aktivasi dengan mikrowave dengan variasi waktu radiasi yaitu 1, 2, 3, 4, dan 5 menit dan daya radiasi 150, 300 dan 450 watt. Setelah proses aktivasi, karbon aktif dibilas dengan aquades untuk menghilangkan zat pengotor. Kemudian dioven pada temperatur 105°C selama 2 jam hingga bobot konstan. Karbon aktif kemudian didinginkan dalam desikator, lalu diuji karakteristiknya. Hasil karbon optimum dan karbon aktif optimum dikarakterisasi strukturnya dengan FTIR.

#### 2. Uji adsorpsi zat warna Rhodamin B

##### a. Penentuan waktu kontak optimum

Sebanyak 1 gram karbon aktif optimum diinteraksikan dengan larutan Rhodamin B 25 mL dengan konsentrasi 100 ppm. Kemudian di shacker dengan kecepatan 150 rpm selama 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Kemudian disaring lalu filtrat diukur absorbansinya dengan spektrometri.

##### b. Penentuan konsentrasi larutan optimum

Sebanyak 1 gram karbon aktif optimum diinteraksikan dengan larutan Rhodamin B 25 mL dengan konsentrasi 50, 100, 150, 200, 250 dan 300 ppm. Kemudian di shacker

dengan kecepatan 150 rpm selama waktu optimum. Kemudian disaring lalu filtrat diukur adsorbansinya dengan spektrometri.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Proses Preparasi Karbon Aktif

Proses preparasi karbon aktif terdiri dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi. Tujuan dehidrasi yaitu untuk menghilangkan kadar air sehingga asap yang dihasilkan saat karbonisasi tidak banyak. Tahap karbonisasi merupakan proses pembentukan karbon dengan menghilangkan unsur-unsur non karbon pada suhu tinggi dengan oksigen yang terbatas. Pada proses pengurangan senyawa organik berupa selulosa, lignin dan hemiselulosa akan terurai. Selanjutnya dilakukan aktivasi dengan menggunakan prinsip kimia hijau dengan memanfaatkan gelombang mikro. Variasi aktivasi yaitu variasi daya radiasi 150, 300 dan 450 watt selama 1, 2, 3, 4, dan 5 menit [11].

### B. Analisa Proksimat Karbon Aktif

Analisa proksimat karbon aktif meliputi kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, kadar karbon terikat, dan daya serap iod. analisa proksimat bertujuan untuk menentukan karbon aktif optimum setelah aktivasi. Karbon aktif didapat melalui karbonisasi karbon optimum pada suhu 250°C selama 105 menit. Aktivasi dilakukan dengan mikrowave pada daya 150, 300 dan 450 watt selama 1, 2, 3, 4, dan 5 menit.

TABEL 1  
ANALISA PROKSIMAT KARBON AKTIF DAYA 150 WATT

Waktu	kadar air (%)	kadar uap (%)	kadar abu (%)	karbon terikat (%)	daya serap iod (mg/g)
1 menit	6,09	14,26	1,92	83,82	565,9551
2 menit	2,65	13,31	1,98	84,71	679,1462
3 menit	2,42	15,58	1,63	82,79	691,7230
4 menit	2,20	15,59	1,83	82,58	716,8765
5 menit	1,25	12,84	1,92	85,24	591,1087

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui tingkat higroskopis karbon dan mengetahui berapa kandungan air pada karbon aktif. Hilangnya molekul air dalam karbon aktif menyebabkan bertambahnya luas permukaan karbon karena porositas karbon yang semakin besar. Kadar air tertinggi pada daya 150 watt selama 1 menit yaitu 6,09% dan terendah pada daya 300 watt selama 5 menit yaitu 1,14%. Berdasarkan teori, bertambahnya waktu aktivasi akan menurunkan kadar air. Dalam penelitian ini, hasil yang didapatkan menunjukkan adanya peningkatan kadar air di beberapa waktu. Hal ini disebabkan karena pori-pori karbon aktif akan terbuka seiring dengan lamanya aktivasi, sehingga saat pemindahan karbon aktif dari oven ke desikator terjadi kontak antara udara dengan

karbon aktif yang bersifat higroskopis. Jumlah air diudara, sifat higroskopis karbon aktif, lama pendinginan, penggilingan, dan pengayakan dapat mempengaruhi kadar air karbon aktif [12].

Pemanasan mengakibatkan terjadinya penguapan zat-zat penyusun arang yang mudah menguap. Tujuan analisis kadar zat mudah menguap yaitu untuk mengukur senyawa yang belum menguap saat aktivasi. Kadar zat mudah menguap terendah pada daya 450 watt selama 1 menit yaitu 9,26% dan tertinggi pada daya 300 watt selama 1 menit yaitu 16,32%. Daya radiasi berpengaruh terhadap kadar zat mudah menguap karbon aktif dari sabut kelapa. Zat mudah menguap akan turun seiring dengan naiknya suhu aktivasi, yang disebabkan karena adanya pelepasan senyawa CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub> yang terikat pada pori karbon aktif. Peningkatan suhu menyebabkan senyawa volatil yang tersisa menguap yang menyebabkan pori yang terbuka makin banyak [9].

TABEL 2  
ANALISA PROKSIMAT KARBON AKTIF DAYA 300 WATT

waktu	kadar air (%)	kadar uap (%)	kadar abu (%)	karbon terikat (%)	daya serap iod (mg/g)
1 menit	4,94	16,32	1,45	82,23	628,8391
2 menit	3,57	11,72	2,08	86,20	603,6855
3 menit	3,23	12,07	1,46	86,47	754,6069
4 menit	1,62	10,27	1,73	88,00	779,7604
5 menit	1,14	10,01	1,8	88,19	754,6069

Abu merupakan oksida logam dan non logam dalam arang yang terdiri dari mineral yang tidak dapat menguap. Adanya abu dapat mempengaruhi luas permukaan karbon aktif karena abu dapat menyumbat pori-pori karbon. Tujuan penentuan kadar abu yaitu untuk mengetahui adanya kandungan oksida pada karbon aktif. Kadar abu tertinggi pada daya 300 watt selama 2 menit yaitu 2,08% dan terendah pada daya 450 watt selama 1 menit yaitu 1,27%. Pada penelitian kadar abu mengalami kenaikan dan penurunan persentase, hal ini karena pori-pori karbon aktif akan terbuka dengan lamanya aktivasi, sehingga memungkinkan uap air diudara masuk kedalam pori-pori karbon aktif dan menambah kadar air sehingga pada proses pengabuan masih terdapat sisa mineral yang tidak dapat menguap [7].

TABEL 3  
ANALISA PROKSIMAT KARBON AKTIF DAYA 450 WATT

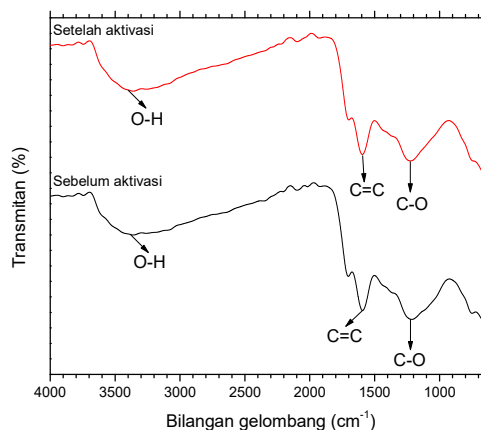
waktu	kadar air (%)	kadar uap (%)	kadar abu (%)	karbon terikat (%)	daya serap iod (mg/g)
1 menit	5,62	9,26	1,27	89,47	628,8391
2 menit	1,79	10,68	1,76	87,56	679,1462
3 menit	1,48	9,88	1,81	88,31	754,6069
4 menit	2,42	9,67	2,07	88,26	742,0301
5 menit	3,97	9,78	1,99	88,23	653,9926

Kadar karbon terikat merupakan jumlah karbon murni yang terdapat dalam arang. Tujuan analisis karbon terikat yaitu untuk mengetahui jumlah karbon yang tersisa setelah proses karbonisasi dan saat aktivasi berlangsung. Kadar karbon terikat tertinggi pada daya 450 watt selama 1 menit yaitu 89,47% dan terendah pada daya 300 watt selama 1 menit yaitu 82,23%. Kadar zat mudah menguap dan kadar abu serta kadar lignin dan selulosa bahan akan mempengaruhi jumlah karbon terikat. Selain itu atom karbon yang bereaksi dengan uap air akan menurunkan kadar karbon terikat karena akan menghasilkan CO dan CO<sub>2</sub> [10].

Luas permukaan karbon aktif berhubungan dengan penyerapan iodium. Semakin tinggi bilangan iod maka kemampuan karbon aktif dalam menyerap adsorbat semakin besar. Daya serap iod tertinggi pada daya radiasi 300 watt dengan waktu kontak 4 menit yaitu sebesar 779,7604 mg/g. Daya serap iod menunjukkan struktur karbon yang terbentuk dan menandakan besarnya diameter pori-pori karbon aktif. Daya serap iod meningkat seiring dengan lamanya waktu radiasi. Hal ini karena pori-pori karbon akan terbuka seiring lamanya aktivasi karbon aktif sehingga meningkatkan daya serapnya. Namun semakin lama karbon terpapar dengan radiasi gelombang mikro menyebabkan hancurnya dinding pori-pori karbon sehingga luas permukaan karbon aktif berkurang [13].

C. Uji karakterisasi dengan FTIR

Gugus fungsi senyawa organik karbon aktif dapat dilihat melalui spektra FTIR.



Gambar 1. Uji FTIR karbon dan karbon aktif

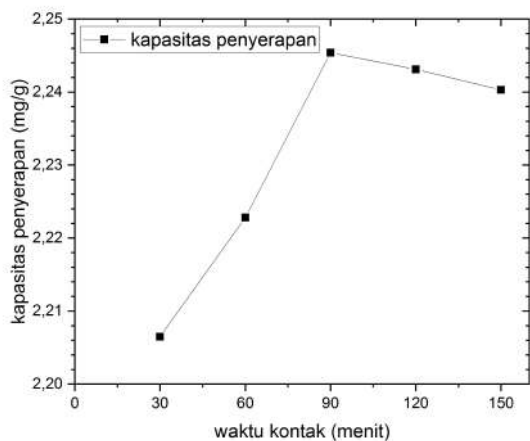
Pada bilangan gelombang 3000-3500 cm<sup>-1</sup> terdapat gugus fungsi O-H stretching, ini menunjukkan keberadaan air pada kedua kondisi karena karbon dengan struktur grafit berporinya bersifat higroskopis lantaran afinitas elektron pi yang terkonjugasi pada grafit terhadap molekul polar air.. Pada bilangan gelombang 1500-1650 cm<sup>-1</sup> terdapat gugus fungsi C=C aromatik, gugus fungsi C=C aromatik adalah struktur dasar dari grafit yang dibangun oleh lapisan grafene dengan heksagonal C=C terkonjugasi. Dan pada bilangan gelombang 1300-900 cm<sup>-1</sup> terdapat gugus fungsi dari C-O stretching, dimana karbon sebelum aktivasi memiliki bilangan

gelombang 1213,34 cm<sup>-1</sup> dan sesudah aktivasi memiliki bilangan gelombang 1224,27 cm<sup>-1</sup>.

D. Uji adsorpsi Rhodamin B

1. Pengaruh waktu kontak

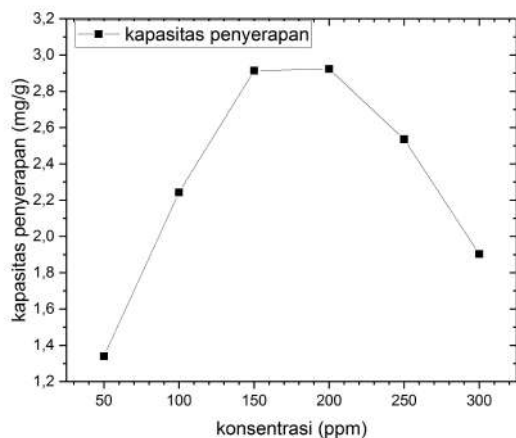
Penyerapan zat warna semakin besar dengan meningkatnya waktu kontak dari 30 hingga 90 menit dan menurun dari 120 menit. Hal ini dikarenakan pada awal adsorpsi, belum terdapatnya pengotor pada pori-pori karbon, sehingga pengotor dapat dengan mudah terikat pada pori-pori karbon. Pada waktu kontak 120 menit terjadi penurunan adsorpsi, hal ini karena larutan zat warna membentuk lapisan yang menutupi permukaan adsorben sehingga mengakibatkan penurunan kapasitas penyerapan [14]. Kapasitas adsorpsi terbesar pada waktu kontak 90 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,24535 mg/g.



Gambar 2. Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi Rhodamin B

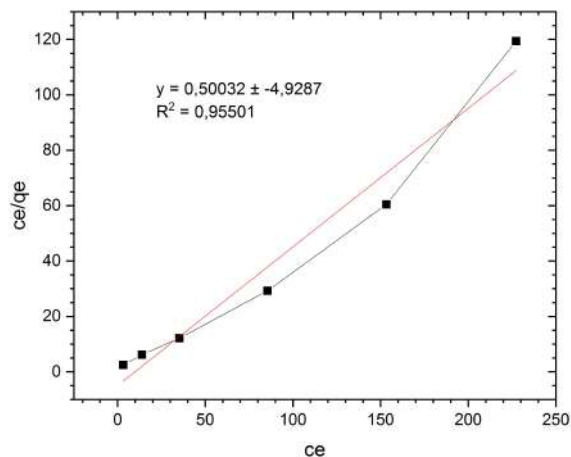
2. Pengaruh konsentrasi

Pengaruh konsentrasi bertujuan untuk melihat hubungan antara konsentrasi Rhodamin B dengan kapasitas penyerapan. Kapasitas adsorpsi akan meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi hingga titik optimum penambahan konsentrasi.



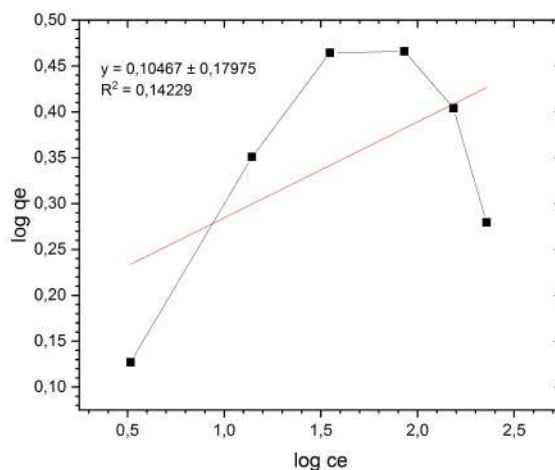
Gambar 3. Pengaruh konsentrasi terhadap adsorpsi Rhodamin B

Kapasitas penyerapan tertinggi terdapat pada konsentrasi 200 ppm. Peningkatan adsorpsi ini terjadi karena masih terbebasnya permukaan adsorben dari molekul adsorbat sehingga dengan peningkatan konsentrasi zat warna maka zat warna yang terserap semakin banyak. Pada 250 ppm terjadi penurunan kapasitas penyerapan. Penurunan jumlah molekul yang teradsorpsi menunjukkan bahwa pada permukaan adsorben telah terbentuk suatu lapisan sehingga situs aktifnya tidak mampu lagi mengikat pengotor.



Gambar 3.. Persamaan Isoterm Langmuir

Penentuan isoterm adsorpsi bertujuan untuk mengetahui jumlah ion Rhodamin B yang diserap. Mekanisme adsorpsi antara adsorben dengan adsorbat dapat diketahui melalui tipe isoterm adsorpsi.



Gambar 4. Persamaan Isoterm Freundlich

Berdasarkan perbandingan nilai R<sup>2</sup> pada gambar maka proses adsorpsi karbon aktif dari sabut kelapa cenderung mengikuti pola isoterm Langmuir. Penentuan pola ini didasarkan pada nilai koefisien korelasi (R<sup>2</sup>) yang mendekati 1. Isoterm Langmuir menandakan adanya lapisan tunggal

adsorbat pada permukaan adsorben. Hal ini menunjukkan bahwa pori-pori karbon aktif sabut kelapa bersifat homogen, sehingga adsorben hanya dapat mengadsorpsi satu jenis adsorbat pada sisi aktif. Pada isoterm Langmuir, terjadi adsorpsi dengan adanya pertukaran ion pada permukaan adsorben antara  $H^+$  dan  $N^+$  dalam Rhodamin B [14]. Gambar diatas menunjukkan nilai  $R^2 = 0,95501$ .

### KESIMPULAN

Penggunaan gelombang mikro sebagai aktivator karbon aktif mampu meningkatkan daya serap karbon aktif dan memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 06-3730-1995). Karbon aktif dari sabut kelapa berhasil dibuat dengan aktivator gelombang mikro pada daya radiasi 300 watt selama 4 menit. Adsorpsi Rhodamin B optimum terjadi pada konsentrasi 200 ppm selama 90 menit dengan penyerapan sebesar 2,923 mg/g.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak pembimbing dan teman-teman mahasiswa yang telah membantu dalam penulisan artikel ini. Tidak lupa pula terima kasih kepada bapak/ibu analisis Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

### REFERENSI

- [1] Rahayu, L., Purnavita, S., & Sriyana, H. (2014). Potensi Sabut Dan Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Untuk Meregenerasi Minyak Jelantah. *Jurnal Momentum UNWAHAS*.
- [2] Rosa, M. F., Medeiros, E. S., Malmonge, J. A., Gregorski, K. S., Wood, D. F., Mattoso, L. H. C., Glenn, G., Orts, W. J., & Imam, S. H. (2010). Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibers: Effect of preparation conditions on their thermal and morphological behavior. *Carbohydrate Polymers*. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.01.059>
- [3] Tumimomor, F. R., & Palilingan, S. C. (2018). Pemanfaatan karbon aktif dari sabut kelapa sebagai elektroda superkapasitor. *Fullerene Journal of Chemistry*, 3(1), 13. <https://doi.org/10.37033/fjc.v3i1.29>
- [4] Marsh, H. and Rodriguez-Reinoso, F. (2006). Activated Carbon, Elsevier Science and Technology Books, pages 7,15,322-378. In *Elsevier Science and Technology Books*.
- [5] Bouchelta, C., Medjram, M. S., Bertrand, O., & Bellat, J. P. (2008). Preparation and characterization of activated carbon from date stones by physical activation with steam. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2007.12.009>
- [6] Liu, Q. S., Zheng, T., Wang, P., & Guo, L. (2010). Preparation and characterization of activated carbon from bamboo by microwave-induced phosphoric acid activation. *Industrial Crops and Products*. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.10.011>
- [7] Husin, A., & Hasibuan, A. (2020). Studi Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Posfat ( $H_3PO_4$ ) dan Waktu Perendaman Karbon terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Kulit Durian Study. 09(2), 80-86.
- [8] Nabais, J. M. V. (2004). *Preparation and modification of activated carbon fibres by microwave heating. May 2019*. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2004.01.033>
- [9] Jain, R., Mathur, M., Sikarwar, S., & Mittal, A. (2007). Removal of the hazardous dye rhodamine B through photocatalytic and adsorption treatments. *Journal of Environmental Management*, 85(4), 956-964. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.11.002>
- [10] Kusdarini, E., Budianto, A., & Ghafarunnisa, D. (2017). Produksi Karbon Aktif Dari Batubara Bituminus Dengan Aktivasi Tunggal  $H_3PO_4$ , Kombinasi  $H_3PO_4-NH_4HCO_3$ , Dan Termal. *Reaktor*, 17(2), 74-80. <https://doi.org/10.14710/reaktor.17.2.74-80>
- [11] Jaya, D. D., & Khair, M. (2021). *Preparation of carbon via heating of oil palm trunk Preparation of Carbon via Heating of Oil Palm Trunk. 040012(April)*.
- [12] Lestari, K. D. L. F., Ratnani, R. D., Suwardiyono, & Kholis, N. (2017). Pengaruh waktu dan suhu pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa sebagai upaya pemanfaatan limbah dengan suhu tinggi secara pirolisis. *J. Inovasi Teknik Kimia*, 2(1), 32-38.
- [13] Udyani, K., Purwaningsih, D. Y., Setiawan, R., & Yahya, K. (2019). Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Bakau Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia dan Fisika Dengan Microwave. *JURNAL IPTEK MEDIA KOMUNIKASI TEKNOLOGI*, 23, 39-46. <https://doi.org/10.31284/j.iptek.2019.v23i1>
- [14] Musafira, N., Adam, M., & Puspitasari, D. J. (2019). *Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Pisang Kepok ( Musa paradisiaca ) Sebagai Biosorben Zat Warna Rhodamin B [The Utilization of Banana Peels ( Musa paradisiaca ) as Biosorbent of Rhodamine B] Musafira 1 , Nurfitriah. M. Adam 2\*, Dwi Juli Puspitasari 2. 5(3), 308-314*.