

PENGARUH AKTIVASI KOH DAN GELOMBANG MIKRO TERHADAP POROSITAS DAN KAPASITAS ADSORPSI IOD KARBON AKTIF DARI DAUN MANGROVE

Galuh Lukita Putri^{1*}, Rita Dwi Ratnani², Safa'ah Nurfa'izin³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
Jl. Raya Gunungpati No.KM.15, Nongkosawit, Gunungpati, Semarang 50224.

*Email: galuhlukita0000@gmail.com

Abstrak

Daun mangrove Avicennia Marina memiliki potensi sebagai karbon aktif. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh konsentrasi KOH dan gelombang mikro terhadap daya serap iodin pada karbon aktif, serta menganalisis morfologi permukaan karbon aktif dan membandingkan angka iod dengan selulosa dari berbagai biomassa. Penelitian ini menggunakan variabel berubah konsentrasi (0,5; 1; 1,5 M) dan waktu gelombang mikro (2, 4, 6, 8, 10 menit). Uji daya serap iodin dilakukan menggunakan metode titimetri sesuai SNI 06-3730-1995. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi optimal daya serap tertinggi sebesar 286,083 mg/g ditunjukkan pada konsentrasi 1 M. Waktu aktivasi gelombang mikro optimal untuk mencapai daya serap iodium maksimum sebesar 398 mg/g adalah 6 menit. Nilai daya serap maksimum telah memenuhi standar SII No.0258-79 (200 mg/g). Berdasarkan analisis menggunakan SEM, aktivasi menggunakan gelombang mikro mampu menghilangkan pengotor pada permukaan karbon aktif. Dengan demikian, daun Avicennia Marina dapat disimpulkan sebagai bahan baku karbon aktif yang memiliki potensi kualitas adsorpsi yang baik.

Kata kunci: daun mangrove, gelombang mikro, karbon aktif, KOH

1. PENDAHULUAN

Tumbuhan mangrove memiliki banyak manfaat yang dapat digunakan dari setiap bagian pohon. Dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan, obat tradisional, dan sumber biomassa (Halidah 2014). Mangrove juga memiliki potensi sebagai sumber bahan baku dijadikan karbon aktif seperti karbon aktif dari akar, batang, daun serta buah (Nuraisyah dkk. 2021; Paryanto dkk. 2019; Suastika dkk. 2023).

Karbon aktif banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri untuk berbagai tujuan, karena memiliki daya adsorpsi yang besar jika dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi (Poniman 2022; Prasetyo dkk. 2024). Karbon aktif sering kali digunakan sebagai adsorben, karena karbon aktif memiliki daya serap lebih baik dibandingkan dengan adsorben lainnya (Huda dkk. 2020). Aktivasi terdapat dua macam metode yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia (Dewi dkk. 2020; Paryanto dkk. 2019). Beberapa contoh metode aktivasi fisika adalah dengan menggunakan uap air, menggunakan CO₂, pembakaran suhu tinggi dan penggunaan gelombang mikro (*microwave*) (Nuraisyah dkk. 2021; Udyani dkk. 2019). Adapun contoh metode aktivasi kimia yaitu dengan menggunakan aktivator asam atau basa (KOH, H₃PO₄, NaCl dan NaOH) (Muamar 2021).

Metode aktivasi gelombang mikro dapat digunakan sebagai alternatif opsi aktivator yang layak, karena Aktivasi karbon berbantu *microwave* menghasilkan luas permukaan karbon yang tinggi. Pemanasan menggunakan *microwave* jika dibandingkan dengan pemanas konvensional memiliki keunggulan karena memerlukan waktu singkat dalam melakukan perawatan, perpindahan panas cepat dan efisien, serta konsumsi energi yang rendah (Pamungkas dkk. 2022; Sari dkk. 2021). Metode aktivasi kimia beberapa contohnya menggunakan larutan KOH, H₃PO₄, NaCl dan NaOH (Erawati dan Fernando 2018). Salah satu aktivator yang sering digunakan adalah KOH, Alasan KOH sering digunakan sebagai aktivator dan lebih disukai dari aktivator lain karena KOH lebih ramah lingkungan dan menghasilkan hasil lebih tinggi (Paryanto dkk. 2019).

Namun demikian, belum banyak penelitian yang secara spesifik mengkaji manfaat daun *Avicennia Marina* sebagai bahan baku karbon aktif dengan kombinasi aktivasi KOH dan gelombang mikro. Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh aktivasi

KOH dan gelombang mikro terhadap porositas dan kapasitas adsorpsi iod karbon aktif dari daun mangrove.

2. METODOLOGI

2.1. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari: daun Mangrove, KOH, aquades, larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N, larutan iodin 0,1 N, larutan KOH, dan larutan amilum 1,00 %. Peralatan yang digunakan meliputi: *microwave*, mortar, cawan porselin, gelas beaker, gelas ukur, pipet volume, pipet tetes, filler, buret, labu erlenmeyer, timbangan analitik, batang pengaduk, botol semprot, oven, desikator, indikator pH, dan SEM.

2.2. Prosedur Penelitian

2.2.1. Preparasi Bahan

Sebagai tahap awal, daun mangrove dikeringkan. Pengeringan dilakukan dengan menjemur daun mangrove dibawah sinar matahari, selama beberapa hari hingga dirasa sudah kering sebelum dilakukan proses pirolisis. Daun mangrove yang sudah melewati proses pengeringan selanjutnya akan dipirolisis. Daun dimasukkan kedalam tangki pirolisis, kemudian dipirolisis dengan suhu 400°C selama 4 jam diperoleh hasil berupa asap cair dan arang. Hasil arang yang akan digunakan dalam penelitian untuk dimanfaatkan menjadi karbon aktif.

2.2.2. Tahap Aktivasi

Variable pengaruh konsentrasi aktivasi KOH terhadap daya serap iod. Tahap aktivasi ini dilakukan dengan cara merendam arang dalam larutan KOH 0,5; 1; 1,5 M masing masing selama 3 jam. Setelah dilakukan perendaman selanjutnya arang tersebut disaring. Kemudian dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 2 jam kemudian didinginkan dalam desikator.

Variable pengaruh waktu aktivasi menggunakan KOH 1 M dan gelombang mikro terhadap daya serap iod. Tahap Aktivasi Menggunakan KOH dilakukan dengan cara merendam arang dalam larutan KOH 1 M selama 3jam. Setelah dilakukan perendaman selanjutnya arang tersebut disaring. Kemudian dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 2 jam. Selanjutnya tahap aktivasi menggunakan gelombang mikro. Karbon yang sudah diaktivasi menggunakan KOH 1M selanjutnya diaktivasi menggunakan *microwave* dengan variasi waktu selama 2, 4, 6, 8 dan 10 menit dan digunakan pengaturan daya 600 watt. Karbon kemudian dinetralkan pH nya menggunakan aquades hingga pH 6-7. Setelah proses aktivasi dilakukan karbon aktif diuji karakteristik berupa uji daya serap iod.

2.2.3. Uji Karakteristik Karbon Aktif (Daya Serap Iodin)

Prosedur analisis daya serap iod arang aktif mengacu pada Standar Nasional Indonesia 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis. Sebanyak 1 g arang aktif dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer, kemudian ditambahkan 25 mL larutan iodin 0,125 N. Larutan diaduk selama 15 menit lalu erlenmeyer ditutup dan disimpan ditempat yang gelap selama 2 jam. Larutan kemudian disaring, lalu filtratnya dipipet 10 mL, dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer yang bersih dan dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sehingga larutan berwarna kuning muda. Sebanyak 1 mL indikator amilum ditambahkan pada filtrat dan titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang. Volume larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang digunakan dicatat dan dihitung daya serap arang aktif terhadap iodin dalam mg/g.

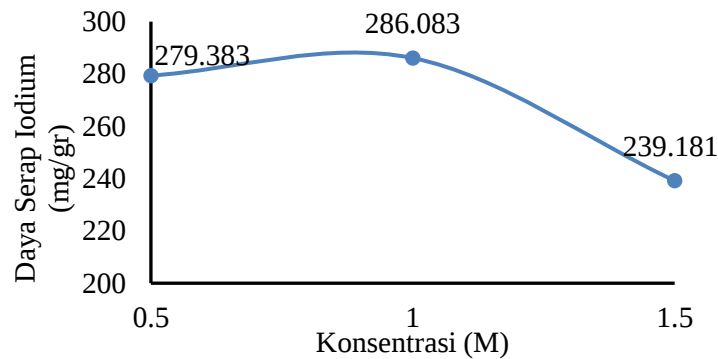
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Konsentrasi Aktivasi KOH terhadap Daya Serap Iodin

Tujuan dari Analisa daya serap iod ini guna menunjukkan kemampuan menyerap adsorbat pada karbon aktif yang teraktivasi menggunakan KOH. Daya serap iodin merupakan salah satu parameter penting dalam mengetahui karakteristik karbon aktif, karena hasil daya serap iodin dapat menunjukkan derajat aktivasi karbon yang menentukan kemampuan adsorpsi dari karbon aktif

(Banelamo dkk. 2017). Menurut SNI 06-3037-1995 batas minimal yaitu 750 mg/g sedangkan SII No.0258-79 dengan batas minimal 200mg/g.

Hasil dari Analisa daya serap iod dengan variabel konsentrasi aktivator KOH dapat dilihat pada grafik berikut:



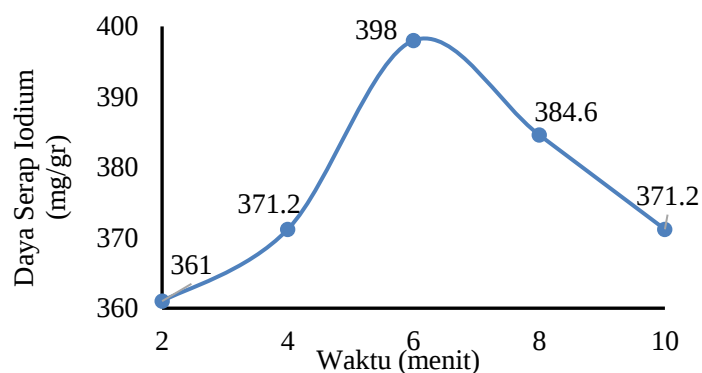
Gambar 1. Pengaruh konsentrasi KOH terhadap daya serap iod

Gambar 1 menunjukkan hubungan antara konsentrasi aktivator KOH dengan daya serap iodium. Perolehan hasil daya serap iodium terendah pada konsentrasi KOH sebesar 1,5 M dengan hasil 239,181 mg/g; sedangkan hasil daya serap tertinggi pada konsentrasi KOH 1 M dengan hasil yang diperoleh yaitu 286,083 mg/g. Semua hasil yang diperoleh belum memenuhi SNI 06-3037-1995, namun sudah memenuhi ketentuan dari SII No.0258-79 dengan batas minimal 200mg/g.

Hasil perolehan angka iod dalam penelitian ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu oleh Putri dkk. (2019) yang menggunakan bahan baku ampas tebu dengan konsentrasi KOH 0,1N, hanya mencapai angka iod sebesar 142,9 mg/g. Perbedaan hasil ini mengindikasikan bahwa pemilihan konsentrasi aktivator KOH berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif yang dihasilkan. Daun mangrove dengan konsentrasi KOH 1M hasil peneliti terbukti lebih efektif dalam menghasilkan karbon aktif dengan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi.

3.2. Pengaruh Waktu Aktivasi Menggunakan KOH 1M dan Gelombang Mikro (Microwave) terhadap Daya Serap Iodin

Hasil Analisis daya serap iodin oleh karbon aktif yang telah diaktivasi menggunakan KOH dengan konsentrasi 1 M dan gelombang mikro daya 600Watt dengan variabel waktu (2, 4, 6, 8, dan 10 menit) Microwave dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 1. Pengaruh waktu aktivasi gelombang mikro terhadap daya serap iod

Gambar 2 menunjukkan kemampuan karbon aktif untuk menyerap iodium, pada gambar tersebut dapat dilihat jika hasil terendah diperoleh pada karbon dengan waktu aktivasi microwave

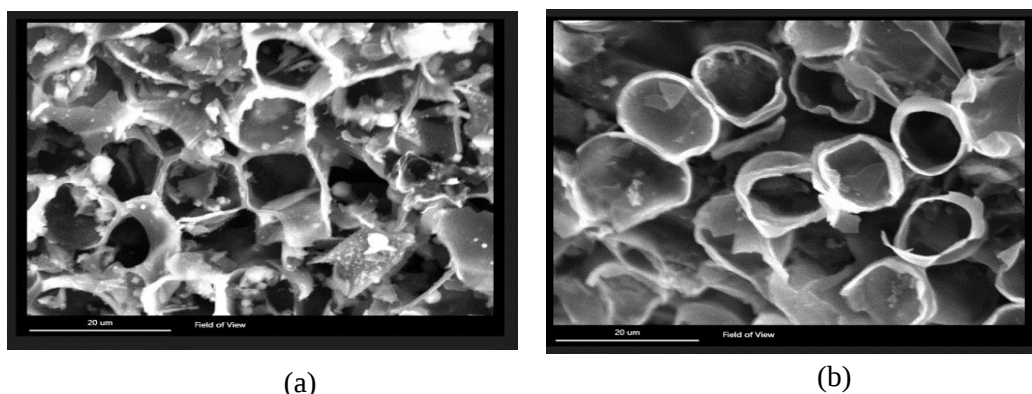
gelombang mikro 2 menit dengan hasil daya serap iodium sebesar 361 mg/g dan perolehan hasil tertinggi daya serap iodium ada pada waktu aktivasi microwave 6 menit dengan hasil 398mg/g. Hasil yang diperoleh belum sesuai dengan SNI 06-3730-1995 karena hasil yang diperoleh masih kurang dari 750 mg/g, namun perolehan hasil daya serap iodium dengan variabel waktu aktivasi 2 menit hingga 10 menit sudah memenuhi SII No.0258-79 dengan batas minimal 200mg/g (Kurniawan dkk. 2020).

Berdasarkan Gambar 2 daya serap iodium terhadap karbon aktif meningkat secara signifikan hingga waktu aktivasi mencapai 6 menit, namun mulai waktu aktivasi 8 mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa waktu aktivasi 2 hingga 6 menit terjadi peningkatan luas permukaan karbon yang ditunjukkan dengan kenaikan daya serap iodium. Waktu aktivasi gelombang mikro memiliki pengaruh pada pengembangan struktur pori. pada tahap awal mikropori akan meningkat secara signifikan, namun seiring bertambahnya waktu aktivasi peningkatan mikropori secara bertahap semakin menjadi lambat bahkan mengalami penurunan. (Anisyah dkk. 2021; Udyani dkk. 2019).

Hasil Penelitian ini sesuai dengan penelitian Udyani dkk (2019) yang menunjukkan hasil dimana proses aktivasi karbon arang bakau menggunakan gelombang mikro dapat meningkatkan bilangan iodin. Mekanisme ini terjadi karena gelombang mikro menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan cukup kuat untuk mengatasi gaya Van der Waals yang mengikat pengotor pada permukaan karbon, sehingga menyebabkan pengotor menguap dan meninggalkan pori-pori karbon yang lebih luas (Taufik dkk. 2021).

3.3. Analisis Morfologi Permukaan Karbon Aktif Daun Mangrove

Analisis terhadap pori-pori karbon daun mangrove yang dilakukan melalui pengujian menggunakan SEM bertujuan untuk mengetahui perbedaan permukaan pori pada karbon daun mangrove tanpa menggunakan aktivasi dan karbon yang telah melalui proses aktivasi menggunakan KOH 1M dan gelombang mikro. Hasil pengujian SEM dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Pori-pori karbon daun mangrove; (a) karbon tanpa aktivasi (b) karbon dengan aktivasi

Gambar 3 menunjukkan perbedaan pori-pori pada karbon daun mangrove tanpa aktivasi dan karbon daun mangrove yang telah teraktivasi KOH dan gelombang mikro. Pada gambar tersebut terlihat perbedaan yang jelas pada pori-pori antara karbon tanpa aktivasi dan karbon dengan aktivasi. Karbon sebelum aktivasi (a) terlihat banyak pengotor yang ada di permukaan pori-pori. Jika dibandingkan karbon setelah di aktivasi (b) terlihat permukaan pori-pori lebih terbuka dan terlihat lebih bersih.

Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hartanto dan Ratnawati (2010) hasil SEM pada karbon sebelum dan sesudah diaktivasi terlihat perbedaannya jika sebelum aktivasi tampak masih banyak pengotor yang menutupi permukaan pori-pori karbon dibandingkan setelah aktivasi permukaan pori-pori karbon lebih bersih. Hasil yang diperoleh peneliti juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan Udyani (2019) proses aktivasi gabungan kimia dan fisika menggunakan gelombang mikro secara signifikan meningkatkan porositas arang. Sebelum aktivasi, jumlah pori pada permukaan arang relatif sedikit. Namun, setelah melalui proses aktivasi kimia yang diikuti dengan

aktivasi menggunakan gelombang mikro, permukaan arang menjadi memiliki lebih banyak lubang pada permukaan sehingga membuat arang lebih efektif dalam menyerap zat lain. Hal ini menunjukkan bahwa adanya aktivasi tersebut efektif dalam melarutkan pengotor.

3.4. Perbandingan Angka Iod dan Selulosa dari Karbon Aktif Daun Mangrove dengan Karbon Aktif Biomassa Lain

Berdasarkan Tabel 1 menyajikan data mengenai berbagai jenis biomassa, termasuk angka iod dan komposisi selulosa. Berdasarkan data tersebut dapat dibandingkan antara hasil yang diperoleh peneliti dengan berbagai biomassa lainnya.

Tabel 1. Perbandingan angka iod dan selulosa dari karbon aktif daun mangrove dengan karbon aktif biomassa lain

Bahan Baku	Sumber	Angka Iod (mg/g)	Selulosa (%)
Daun mangrove	Peneliti	286,083	23,10
Sekam padi	(Rohmah dan Redjeki 2016)	458,10	34,4
Mahkota nanas	(Rahmadani dan Kurniawati 2017)	2415,88	71,5
Daun jati	(Hydhayat dkk. 2022)	774,15	28
Ampas tebu	(Putri dkk. 2019)	142,9	52,7

.Perbandingan angka iod dari karbon aktif daun mangrove dengan karbon aktif biomassa yang lain teraktivasi KOH menunjukan variasi yang cukup signifikan pada nilai angka iod yang diperoleh. Karbon aktif dari mahkota nanas menunjukan angka iod tertinggi sebesar 2415,8832 mg/g, mengindikasikan potensi adsorpsi yang sangat baik. Disusul oleh daun jati dengan angka iod 774,151 mg/g, lalu daun akasia dengan angka iod sebesar 761,4 mg/g, lalu ada sekam padi dengan angka iod 458,109 mg/g dan hasil peneliti diperoleh angka iod 286,083 mg/g. Di sisi lain, ampas tebu memiliki angka iod terendah yaitu 142,8 mg/g. Hampir seluruh biomassa memenuhi persyaratan SII No. 0258-79 kecuali ampas tebu yang belum memenuhi syarat SII. Adanya hasil angka iod yang bervariasi mengindikasikan bahwa jenis biomassa serta kandungan selulosa memiliki pengaruh terhadap kualitas karbon aktif yang dihasilkan. Hasil yang diperoleh peneliti menunjukkan bahwa karbon aktif daun mangrove memiliki kualitas yang cukup baik untuk dijadikan adsorben.

4. KESIMPULAN

Diperoleh daya serap iod tertinggi sebesar 286,083 mg/g pada konsentrasi KOH 1 M, menunjukkan bahwa konsentrasi ini merupakan konsentrasi optimal dalam mengaktifkan karbon daun mangrove. Hasil daya serap iod belum memenuhi SNI 06-3730-1995, namun sudah memenuhi ketentuan ketentuan dari SII No.0258-79 dengan batas minimal 200mg/g. Sedangkan pada variasi waktu aktivasi gelombang mikro terhadap karbon aktif yang teraktivasi KOH 1 M menunjukkan bahwa durasi 6 menit menghasilkan karbon aktif dengan daya serap iod tertinggi, yaitu 398 mg/g. Hasil daya serap iod juga memenuhi ketentuan dari SII No.0258-79 dengan batas minimal 200mg/g.

Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa proses aktivasi menggunakan gelombang mikro berhasil menghilangkan pengotor pada permukaan karbon aktif daun mangrove, sehingga meningkatkan luas permukaan dan porositas material. Analisis perbandingan antara karbon aktif daun mangrove dengan berbagai jenis biomassa lain menunjukkan bahwa jenis biomassa dan komposisi selulosa memberikan pengaruh terhadap nilai angka iod karbon aktif yang dihasilkan. Dengan demikian, Daun *Avicennia Marina* dapat disimpulkan sebagai bahan baku karbon aktif yang memiliki potensi kualitas adsorpsi yang baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Rektor Universitas Wahid Hasyim melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Unwahas atas dana DIPA

Penelitian kolaborasi riset dengan dosen ibu Dr. Rita Dwi Ratnani, S.T., M.Eng pada Tahun 2024 dengan nomor kontrak: 033/LPPM-UWH/PENELITIAN/INTERDISIPLINER/DIPA-UWH/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisyah, Arnelli, dan Yayuk Astuti. 2021. "Pembuatan Karbon Aktif Termodifikasi Surfaktan Sodium Lauryl Sulphate (SMAC-SLS) dari Tempurung Kelapa Menggunakan Aktivator $ZnCl_2$ dan Gelombang Mikro sebagai Adsorben Kation $Pb(II)$." 1(1):1–6.
- Banelamo, Resti, Anggia Dwina Murti, dan Vibianti Dwi Pratiwi. 2017. "Kajian Karakteristik Adsorben Arang Aktif Berdasarkan Bilangan Iod Menggunakan Perhitungan ANOVA." *Diseminasi FTI* 1–7.
- Dewi, Rozanna, Azhari, dan Indra Nofriadi. 2020. "Aktivasi Karbon Aktif dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia KOH." *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 2:12–22.
- Erawati, Emi, dan Ardiansyah Fernando. 2018. "Pengaruh Jenis Aktivator Dan Ukuran Karbon Aktif Terhadap Pembuatan Adsorbent Dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon (*Paraserianthes Falcataria*)." *Jurnal Integrasi Proses* 7(2):58. doi: 10.36055/jip.v7i2.3808.
- Halidah. 2014. "Avicennia marina (Forssk.) Vierh Jenis Mangrove yang Kaya Manfaat." *Info Teknis EBONI* 11(1):37–44.
- Hartanto, Singgih, dan Ratnawati. 2010. "Sawit Dengan Metode Aktivasi Kimia Pada Karbonisasi Terjadi Proses Penguapan Air." *Sains Materi Indonesia* 12(1):12–16.
- Huda, Saiful, Rita Dwi Ratnani, dan Indah Hartanti. 2020. "Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Ori (*Bambusa Arundinacea*) yang Di Aktivasi Menggunakan Asam Klorida (HCl)." *Jurnal Inovasi Teknik Kimia* 5(1). doi: 10.31942/inteka.v5i1.3397.
- Hydhayat, Yusril Wahyu, Much Agung Sarifudin A. Rifai, dan Sani Sani. 2022. "Karbon Aktif Dari Limbah Daun Jati Menggunakan Aktivator Larutan Koh." *Jurnal Teknik Kimia* 16(2):87–92. doi: 10.33005/jurnal_tekkim.v16i2.3050.
- Kurniawan, Arief Henry, Rita Dwi Ratnani, Suwardiyono, dan Imam Syafa'at. 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.
- Muamar, Afifuddin. 2021. "Pembuatan dan Pemanfaatan Arang Aktif dari Limbah Pertanian (Review Jurnal)." 380–82.
- Nuraisyah, Sariwahyuni, dan Monita Pasaribu. 2021. "Pengaruh Aktivator Asam Dan Basa Karbon Aktif Akar Tumbuhan Mangrove Terhadap Salinitas Air Laut." 380–82.
- Pamungkas, Regawa Bayu, Kiswatul Karimah, dan Endar Puspawiningtiyas. 2022. "Aktivasi Karbon Menggunakan Asam Klorida Berbantu Microwave untuk Penjerapan Urea." *RiCE: Research in Chemical Engineering* 1(1):28–35.
- Paryanto, Muhamad Eko Saputro, dan Restu Ari Nugroho. 2019. "Produksi Karbon Aktif Dari Buah Mangrove Menggunakan Aktivator Kalium Hidroksida." *Jurnal Inovasi Teknik Kimia* 4(1):2012–14. doi: 10.31942/inteka.v4i1.2684.
- Poniman, Legiso. 2022. "Analisis Adsorben Pengolahan Air Sungai Muara Lebung Menggunakan Karbon Aktif Sekam Padi Dan Kulit Pisang Kepok." *Jurnal Redoks* 7(2):1–7. doi: 10.31851/redoks.v7i2.8989.
- Prasetyo, Andi, Rita Dwi Ratnani, dan Indah Riwayati. 2024. "Pemanfaatan Limbah Batang Pisang (*Musa Paradisiaca* L.) Sebagai Sumber Karbon Aktif Teraktivasi dengan Penerapan Metode Pirolisis dan Asam Phospat (H_3PO_4)." 14(1):198–208.
- Putri, Rizka Wulandari, Sri Haryati, dan Rahmatullah. 2019. "Pengaruh suhu karbonisasi terhadap kualitas karbon aktif dari limbah ampas tebu." *Jurnal Teknik Kimia* 25(1):1–4. doi: 10.36706/jtk.v25i1.13.
- Rahmadani, Noor, dan Puji Kurniawati. 2017. "Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas." *Prosiding Seminar Nasoinal Kimia dan Pembelajarannya 2017* 154–61.
- Rohmah, Putri Miftakhul, dan Athiek Sri Redjeki. 2016. "Pengaruh Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Sekam Padi Dengan Aktivator Koh." *JurnalKonversi* 3(1):19–27.

- Sari, Melati Ireng, M. Galli Markasiwi, dan Rizka Wulandari Putri. 2021. "Uji Karakteristik Fisik Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Daun Nanas (*Ananas comosus*) Menggunakan Aktivator H_3PO_4 ." *Jurnal Teknik Patra Akademika* 12(02):4–11. doi: 10.52506/jtpa.v12i02.129.
- Suastika, Rima, Masthura, dan Ratni Sirait Sirait. 2023. "Pengaruh Suhu Aktivasi Fisika Terhadap Uji Mikrostruktur Karbon Aktif Mangrove." *Jurnal Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah* 6(2):262–71.
- Taufik, Muhammad, Tirta Suci, Dhian Kasih, dan Miftahul Khair. 2021. "Pembuatan Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*) dengan Aktivator Gelombang Microwave." *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang* 10(1):40–44.
- Udyani, Kartika, Dian Yanuarita Purwaningsih, Rio Setiawan, dan Khalida Yahya. 2019. "Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Bakau Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia dan Fisika dengan Microwave." *Jurnal IPTEK* 23(1):39–46. doi:10.31284/j.iptek.2019.v23i1.479.