

UTILIZATION OF RICE HUSK WASTE AS A SOURCE OF POROUS CARBON MATERIAL

Arifah Sukasri¹⁾, Ridhawati¹⁾, M.Yasser¹⁾, Miftha Husnul Khatimah²⁾, St. Rabiatul Adwiah M²⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

²⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

One of the results of the rice milling process is rice husks that have not been used optimally so that they pollute the environment. Rice husk has the potential to be used as a porous carbon source because of its high cellulose content. The purpose of this study is to utilize carbon sources from natural materials whose availability is quite abundant and sustainable, analyze their characteristics, and examine their potential applications as an effort to utilize rice husk waste. The method used in the manufacture of porous carbon is rice husk carbonization at 600°C and activation of porous carbon with H₂SO₄. The results of the chemical composition of the activated carbon were 3.67% water content, 34.23% ash content, 22.69% volatile matter content, 43.08% fixed carbon content, and 297.628 mg/g iodine absorption. Activated carbon characterization test with FTIR and BET has been carried out.

Keywords: *Rice husk, porous carbon, carbonization, activated carbon*

1. PENDAHULUAN

Salah satu hasil samping penggilingan padi adalah sekam padi yang jika ditinjau dari data BPS Sulawesi Selatan terkait produksi padi pada tahun 2019, akan dihasilkan kurang lebih 564 ribu ton sekam padi yang hingga saat ini pemanfaatannya belum optimal sehingga berakhir menjadi limbah pertanian dan mencemari lingkungan [1]. Kandungan kimia sekam padi terdiri dari 50% selulosa, 25-30% lignin, dan 15-20% silika [2]. Jika ditinjau dari segi komposisinya, sekam padi mengandung selulosa yang cukup besar sehingga berpotensi untuk diolah menjadi karbon berpori. Karbon berpori banyak digunakan sebagai adsorben sebab memiliki daya serap yang tinggi terhadap gas dan senyawa kimia.

Pemanfaatan limbah sekam padi sebagai sumber karbon berpori bersifat *renewable material*, *sustainable*, dan biaya pengolahannya relatif mudah dan murah [3–5]. Proses pembuatan arang aktif dari sekam padi dapat dilakukan secara kimia yaitu melalui karbonisasi pada suhu 500-900°C dan dilanjutkan dengan proses aktivasi menggunakan zat pengaktif seperti H₃PO₄ [6]. Karbon berpori tidak hanya mengandung karbon tetapi juga mengandung gugus fungsi lain secara kimiawi seperti karbonil, fenol, lakton, quinon dan gugus-gugus eter. Selama proses aktivasi akan terbentuk gugus fungsional akibat interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom lain seperti oksigen dan nitrogen. Hal ini membuat permukaan karbon berpori reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorbsinya [7].

Studi pendahuluan tentang pembuatan karbon berpori pernah dilakukan yaitu pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa dengan pengaktifasi KOH [8], pembuatan karbon aktif dari batang tanaman gumar dengan pengaktifasi H₃PO₄ [9], pembuatan karbon aktif dari ampas tebu dengan pengaktifasi NaCl [10]. Varea Tyagi dkk, 2017 melakukan metode *pretreatment* dari bahan baku sekam padi menggunakan pelarut NaOH yang dididihkan selama 1 jam. Sebelum proses ekstraksi dilakukan *pretreatment* menggunakan air pencuci yang ditambahkan HCl, HNO₃, H₂SO₄ hingga pH=7. Setelah proses ekstraksi, larutan disaring dan residu karbon dibilas menggunakan air panas. Air pencuci didinginkan hingga suhu ruang dan ditambahkan HCl hingga mencapai pH=7. Proses pengendapan silika disimpan selama 12 jam. Selanjutnya dicuci dengan air deionisasi dan disentrifus. Endapan dikeringkan pada suhu 80°C. *Yield* produk silika yang diperoleh adalah 25% dari berat abu sekam [5].

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan untuk mempreparasi karbon berpori dari sekam padi sebagai upaya pemanfaatan kembali limbah penggilingan padi adalah natrium hidroksida (NaOH), asam sulfat (H₂SO₄), aquabides. Limbah sekam padi diperoleh dari penggilingan padi di Kab. Maros. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah timbangan analitik, peralatan gelas kimia, *magnetic stirrer*, furnace, oven, dan instrumen FTIR.

¹ Korespondensi penulis: Arifah Sukasri, Telp 085743543579, arifahsukasri@poliupg.ac.id

a. Proses Karbonisasi Sekam Padi

Sekam padi terlebih dahulu dicuci untuk menghilangkan kotoran yang masih menempel. Kemudian sekam padi yang bersih dijemur di bawah sinar matahari sampai kering. Selanjutnya dibakar sampai menjadi arang. Arang sekam padi karbonisasi menggunakan tabung *stainless steel* tertutup di dalam furnace pada suhu 600°C selama 4 jam. Karbon yang dihasilkan dihaluskan dan diayak dengan ukuran 250 µm. Larutan NaOH 10% ditambahkan sebanyak 200 mL ke dalam 10 g karbon kemudian dipanaskan pada suhu 70°C sambil diaduk selama 60 menit. Kemudian didinginkan dan dimasukkan dalam tabung centrifuge untuk memisahkan padatan dan cairannya. Residu dipisahkan dalam gelas kimia 500 mL kemudian dibilas dengan aquadest panas. Dikeringkan di dalam oven pada suhu 105 °C selama 24 jam untuk dipreparasi menjadi karbon berpori.

b. Prosedur Aktivasi Karbon Berpori

Residu hasil karbonisasi sekam padi telah menjadi karbon berpori. Karbon berpori ini kemudian diaktivasi dengan larutan asam H₂SO₄. Mengambil sekitar 10 gram karbon berpori yang dihasilkan dari sekam padi bebas lignin ke dalam gelas kimia 500 mL lalu menambahkan 200 mL larutan asam H₂SO₄ 5M. Karbon berpori tersebut direndam selama 24 jam pada suhu ruang, lalu dicuci dengan aquadest panas hingga pH netral (pH 7). Selanjutnya dikeringkan dengan oven pada suhu 105 °C. karbon aktif yang telah kering dilanjutkan untuk pengaplikasian pada larutan iod. Produk material berpori yang dihasilkan didinginkan dan dianalisis karakteristiknya menggunakan FTIR untuk mengetahui kandungan gugus fungsi dan juga dianalisis dengan metode BET untuk mengetahui luas permukaan, volume, dan diameter karbon aktif.

c. Penentuan Daya Serap Karbon Aktif Terhadap Iod

Sebanyak 0,5 gr karbon aktif dimasukkan ke dalam Erlenmeyer lalu ditambahkan 25 mL larutan iod 0,1 N. Larutan dikocok selama 15 menit kemudian disaring. Filtrat yang diperoleh diambil 10 mL dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer untuk dititrasi. Sebagai peniter adalah larutan Na₂S₂O₃ 1 N. Ke dalam erlenmeyer ditambahkan indikator amilum sebanyak 3 tetes. Larutan dititrasi sampai warna biru tepat hilang.

d. Penentuan Gugus Fungsi dari Karbon Aktif

Gugus fungsi dari karbon berpori baik sebelum maupun sesudah diaktivasi dengan H₂SO₄, dianalisis menggunakan FTIR, sedangkan untuk mengetahui luas permukaan spesifik, volume, dan diameter karbon aktif dianalisis dengan BET (*Brunauer Emmett Teller*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis komposisi kimia karbon perpori yang kami lakukan dalam penelitian meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang dan kadar karbon terikat. Kami membandingkan hasil analisis komposisi kimia karbon berpori yang telah diaktivasi dan tanpa aktivasi. Berikut hasil analisis yang diperoleh dari penelitian, tertuang dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Komposisi Kimia Karbon Berpori

Sampel	Kadar Air	Kadar Abu	Kadar Zat Terbang	Kadar Karbon Terikat	Daya Serap Iod
Tanpa Aktivasi	3.82 %	47.91 %	29.41 %	22.68 %	202.780 mg/g
Aktivasi H ₂ SO ₄	3.67 %	34.23 %	22.69 %	43.08 %	297.628 mg/g

Adapun kualitas karbon aktif yang dipersyaratkan oleh SNI No 06-3730-1995 disajikan dalam Tabel 2 berikut [9]

Tabel 2. Kualitas karbon aktif Berdasarkan Persyaratan SNI

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar Air	Maksimum 15%
Kadar Abu	Maksimum 10%
Kadar Zat Mudah Menguap	Maksimum 25%
Kadar Karbon	Minimal 65%
Bilangan Iodin	Minimal 750 mg/g

Analisis Kadar Air Karbon Berpori

Penentuan kadar air ini bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis karbon berpori yang telah dibuat. Sifat higroskopis ini akan menyebabkan karbon berpori pada kondisi dan kelembaban tertentu mencapai keseimbangan kadar air. Kadar air ini dipengaruhi oleh jumlah uap air di udara maupun lama proses pendinginan [9]. Dapat dilihat dalam Tabel 1. bahwa kadar air yang diperoleh dari karbon berpori yang diaktivasi oleh H_2SO_4 lebih rendah daripada karbon berpori tanpa aktivasi. Kadar air yang diaktivasi dengan H_2SO_4 sebesar 3.67% sedangkan kadar air karbon berpori tanpa aktivasi sebesar 3.82%. Kadar air tersebut masih memenuhi standar SNI 06-3730-1995 yang menyatakan kadar air maksimum adalah 15%. Menurut Kusdarini (2017), permukaan karbon aktif yang mengandung sedikit gugus fungsi yang bersifat polar akan menyebabkan interaksi yang terjadi antara uap air juga sedikit sehingga kadar air yang dihasilkan cukup rendah. Kadar air yang rendah menandakan jumlah air yang tertinggal dan menutup pori karbon aktif cukup sedikit [11].

Analisis Kadar Abu Karbon Berpori

Kandungan oksida logam dalam karbon berpori dapat ditentukan dengan penetapan kadar abu. Dari hasil penelitian diperoleh kadar abu dari karbon berpori dengan aktivasi larutan H_3PO_4 5 M yaitu sebesar 34.23%. Sedangkan kadar abu yang diperoleh karbon berpori tanpa aktivasi cukup tinggi sebesar 47,91%. Berdasarkan data ini, dapat dikatakan bahwa aktivasi karbon berpori dengan larutan asam H_2SO_4 akan menurunkan kadar abu dalam karbon berpori yang dihasilkan. Namun, kadar abu yang dihasilkan dalam penelitian ini tergolong tinggi baik pada karbon berpori yang diaktivasi maupun tanpa aktivasi. Kadar abu ini dapat dikatakan berada diatas standar SNI 06-3730-1995 sesuai Tabel 2. yang menyatakan bahwa karbon berpori yang berkualitas baik memiliki kadar abu maksimal 10%. Tingginya kadar abu dalam karbon berpori ini disebabkan karena terjadinya proses oksidasi. Pori-pori karbon aktif yang dihasilkan kemungkinan tersumbat oleh asam pengaktivasi H_2SO_4 , dimana diasumsikan selama proses pengarangan masih ada mineral-mineral yang tertinggal yang menyebabkan nilai kadar abu cukup tinggi [10].

Tingginya kadar abu dalam karbon aktif ini menandakan makin banyaknya oksida yang terkandung. Kualitas karbon aktif sangat dipengaruhi oleh kadar abu. Tingginya kadar abu dapat mengakibatkan pori-pori karbon aktif menjadi tersumbat, dan hal ini akan mengurangi luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan [12].

Analisis Kadar Zat Terbang Karbon Berpori

Kadar zat terbang dalam karbon aktif menunjukkan kandungan senyawa yang mudah menguap yang terkandung didalamnya. Menurut standar SNI 06-3730-1995, kadar zat terbang karbon aktif maksimal sebesar 25%. Faktor yang cukup berpengaruh terhadap kadar zat terbang adalah waktu dan suhu pengarangan. Meningkatnya suhu aktivasi akan menurunkan kadar zat terbang karena ketidaksempurnaan penguraian senyawa non karbon selama proses aktivasi [11].

Dari hasil penelitian, diperoleh kadar zat terbang karbon berpori yang diaktivasi larutan H_2SO_4 sebesar 22.69% sedangkan kadar zat terbang karbon berpori tanpa aktivasi sebesar 29,41%. Berdasarkan data yang diperoleh dapat dikatakan bahwa kadar zat terbang dalam karbon berpori bisa diturunkan dengan mengaktivasi karbon berpori dengan larutan asam H_2SO_4 . Kadar zat terbang karbon berpori yang diaktivasi larutan H_2SO_4 masih memenuhi standar SNI yaitu kurang dari 25%, namun cukup tinggi. Hal ini dimungkinkan karena masih adanya sebagian zat terbang yang terperangkap di dalam karbon aktif. Tingginya zat terbang juga bisa disebabkan karena proses pencucian setelah aktivasi karbon aktif yang kurang sempurna.

Analisis Kadar Karbon Terikat

Penentuan kadar karbon terikat bertujuan untuk mengetahui berapa kandungan karbon setelah proses karbonisasi, karena suhu karbonisasi yang tinggi akan berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif, salah satunya kadar karbon [13].

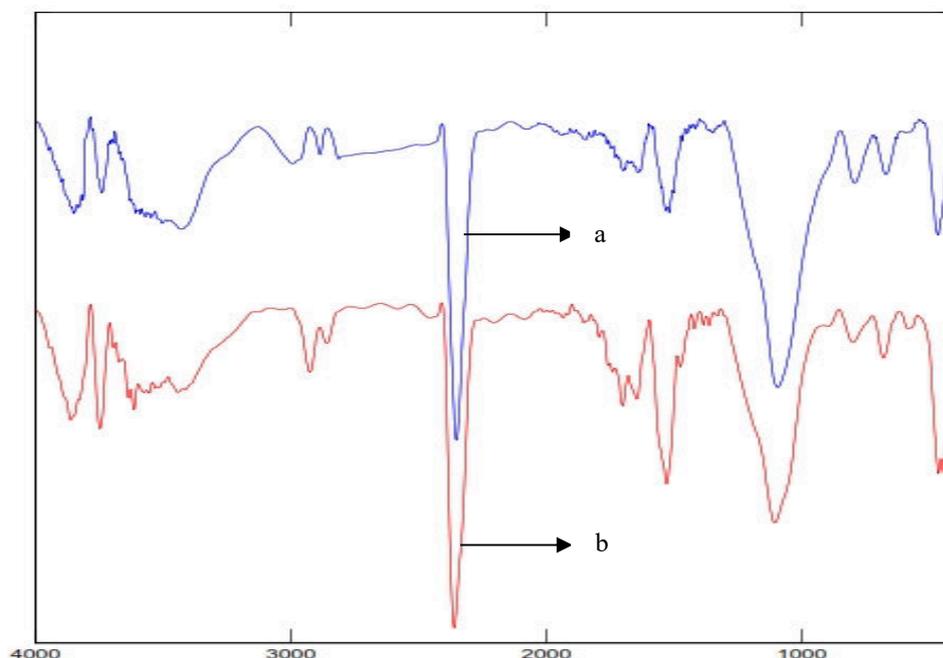
Kadar karbon terikat yang diperoleh dari aktivasi karbon aktif dengan H_2SO_4 adalah sebesar 43.08%, sedangkan kadar karbon terikat tanpa aktivasi sebesar 22.68%. Hal ini menunjukkan aktivasi karbon berpori dengan asam H_2SO_4 akan meningkatkan kadar karbon terikat yang diperoleh, meskipun kadar ini masih jauh dari standar SNI yaitu kadar karbon terikat dalam karbon berpori yang berkualitas baik minimal 65%. Namun, kadar karbon terikat yang dihasilkan dalam penelitian ini lebih banyak jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Febryanti dkk. Febryanti dkk menganalisis kadar karbon terikat dalam karbon berpori sekam padi yang diaktivasi dengan larutan $ZnCl_2$ sebesar 28,02%. Tinggi rendahnya kadar karbon terikat yang diperoleh dari karbon berpori sangat dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan lignin sekam padi yang dapat dikonversi menjadi atom karbon [14].

Analisis Bilangan Iod

Bilangan iodin merupakan ukuran kandungan mikropori dari karbon aktif. Bilangan iodin yang lebih tinggi menandakan porositas mikro yang lebih tinggi pula dalam sampel [15]. Pada karbon yang diaktivasi dengan larutan H_2SO_4 daya serap iodin yang diperoleh sebesar 297.628 mg/g. Sedangkan daya serap iodin pada karbon tanpa aktivasi yaitu 202.78 mg/g. Hasil ini masih jauh dibawah standar SNI yaitu daya serap iodin untuk karbon aktif yang berkualitas baik minimal 750 mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa karbon berpori yang dihasilkan dari penelitian baik yang diaktivasi maupun tanpa aktivasi tidak efektif jika digunakan sebagai zat penyerap larutan berwarna. Namun, aktivasi dengan H_2SO_4 dapat meningkatkan daya serap terhadap iodin. Menurut Emmy Sahara (2017) meningkatnya daya serap iodin pada karbon yang teraktivasi asam mungkin terjadi karena aktivator asam akan membersihkan pori-pori karbon aktif. Selain itu, H_2SO_4 juga memperluas permukaan karbon aktif dan menambah gugus aktif sehingga memperbesar daya serap karbon aktif tersebut [9].

Analisis Gugus Fungsi

Karbon berpori yang telah diaktivasi dengan larutan asam H_2SO_4 dan karbon berpori tanpa aktivasi dianalisis gugus fungsinya menggunakan spektrofotometer infra merah. Hal ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya perubahan struktur kimia yang terjadi selama proses aktivasi.

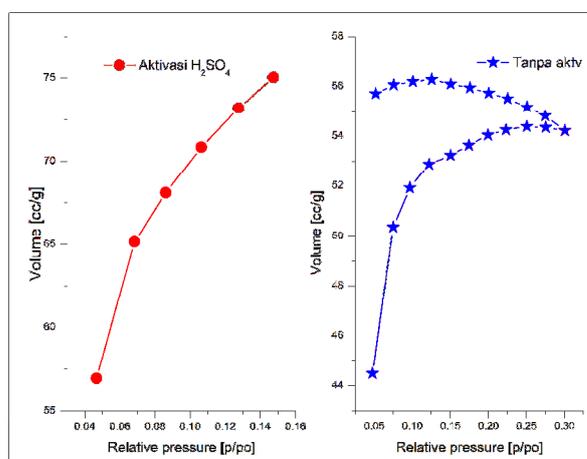


Gambar 1. Spektra FTIR Karbon Berpori (a) tanpa aktivasi (b) aktivasi dengan H_2SO_4

Berdasarkan Gambar 1. terlihat adanya perbedaan antara spektra FTIR karbon berpori tanpa aktivasi dan setelah aktivasi dengan H_2SO_4 , meskipun tidak begitu signifikan. Pada spektra a, terjadi serapan pada bilangan gelombang 3410.26 cm^{-1} yang diduga merupakan vibrasi O-H alifatik [17] dan bergeser pada bilangan gelombang 3437.26 cm^{-1} pada spektra b namun berkurang intensitasnya. Serapan pada bilangan gelombang 1635.69 cm^{-1} dan 1697.41 cm^{-1} merupakan vibrasi gugus C=O [16] dan bergeser pada karbon teraktivasi H_2SO_4 pada bilangan gelombang 1641.48 cm^{-1} dan 1695.49 cm^{-1} . Serapan pada bilangan gelombang 1523.83 cm^{-1} terjadi pada kedua spektra, namun pada karbon teraktivasi mempunyai intensitas lebih tajam daripada sebelum diaktivasi diduga adalah vibrasi C-C [19]. Serapan pada bilangan gelombang 2355.16 cm^{-1} terjadi baik pada karbon tanpa aktivasi maupun karbon teraktivasi H_2SO_4 yang menunjukkan adanya gugus fungsi C rangkap tiga akibat grup alkuna yang meregang [18]. Pada spektra a, terdapat serapan pada bilangan gelombang 1097.53 cm^{-1} dan pada spektra b bergeser pada bilangan gelombang 1099.46 cm^{-1} diduga merupakan vibrasi Si-O-Si [17] yang menunjukkan bahwa dalam karbon berpori dari limbah sekam padi tanpa aktivasi maupun teraktivasi asam masih mengandung silika. Terjadi banyak pergeseran bilangan gelombang antara karbon berpori tanpa aktivasi dan karbon berpori teraktivasi H_2SO_4 seperti penelitian yang dilakukan oleh Osasona [20].

Analisis luas permukaan dengan BET

Luas permukaan dari karbon berpori baik tanpa aktivasi maupun yang telah diaktivasi dengan H₂SO₄ dianalisis dengan metode BET. Isoterm adsorpsi-desorpsi nitrogen dari karbon berpori ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Isoterm adsorpsi-desorpsi nitrogen

Tabel 3. Hasil analisis Karbon Aktif dengan Metode BET

Sampel	Surface area (m ² /g)	Volume pori (cm ³ /g)	Diameter pori (nm)
Tanpa aktivasi	225.857	0,08	1,49
Aktivasi H ₂ SO ₄	298.227	0,13	1,70

Hasil analisis karbon aktif dengan metode BET disajikan dalam Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa luas permukaan, volume pori, dan diameter pori dari karbon aktif mengalami peningkatan. Hal ini berarti proses aktivasi menggunakan H₂SO₄ dapat membuat struktur karbon lebih berpori [19]. Peningkatan luas permukaan ini disebabkan karena berkurangnya komponen zat mudah menguap setelah proses aktivasi dengan asam [21]. Menurut klasifikasi IUPAC untuk isoterm adsorpsi-desorpsi, isotherm dalam penelitian ini masuk kategori isotherm tipe 1 [19] yang berhubungan dengan struktur mikropori [22]. Hal ini dibuktikan dari hasil analisis dengan metode BET, ukuran diameter pori dari karbon aktif < 2 nm.

4. KESIMPULAN

Karbon Aktif yang telah dibuat mengandung komposisi kimia yaitu 3.67 % kadar air, 34.23% kadar abu, 22.69% kadar zat terbang, 43.08% kadar karbon terikat, dan 297.628 mg/g daya serap iod. Larutan H₂SO₄ sebagai pengaktivasi karbon berpori dapat menurunkan kadar air, kadar abu dan menurunkan kadar zat terbang. Sedangkan kadar karbon terikat dan daya serap terhadap iod meningkat dengan pengaktivasi H₂SO₄. Identifikasi gugus fungsi FTIR dari karbon aktif menghasilkan vibrasi O-H pada bilangan gelombang 3437.26 cm⁻¹, vibrasi C=O pada bilangan gelombang 1641.48 cm⁻¹ dan 1695.49 cm⁻¹, vibrasi C-C pada bilangan gelombang 1523.83 cm⁻¹, vibrasi C≡C pada bilangan gelombang 2355.16 cm⁻¹, dan serapan pada bilangan gelombang 1099.46 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi Si-O-Si yang menandakan masih terdapatnya silika dalam karbon aktif. Hasil analisis karbon aktif dengan metode BET menyatakan bahwa aktivasi karbon dengan H₂SO₄ dapat meningkatkan luas permukaan, volume, dan diameter pori dari karbon aktif.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. Luas Panen dan Produksi Padi di Sulawesi Selatan 2019. BPS Nasional, 2020; 2019.
- [2] Ummah, H., et al. Analysis of Chemical Composition of Rice Husk Used as Adsorber Plates Sea Water Into Clean Water. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol. 10. No.14, August 2015
- [3] Chen H, Wang W, Martin JC, et al. Extraction of Lignocellulose and Synthesis of Porous Silica Nanoparticles from Rice Husks: A Comprehensive Utilization of Rice Husk Biomass. ACS Sustain Chem Eng. 2013;1:254–259.
- [4] Handayani PA, Nurjanah E, Rengga WDP. PEMANFAATAN LIMBAH SEKAM PADI MENJADI SILIKA GEL. J Bahan Alam Terbarukan. 2014;3:55–59.

- [5] Tyagi V, Pandit S, Sharma A, et al. Extraction and characterization of silica from rice husk for use in food industries. *Int J Food Sci Nutr* 50. 2017;2:50–53
- [6] Sartika, N.D., et al. Preparation Of Sugarcane Bagasse-Based Activated Carbon Through Combination Of Hydrothermal Carbonization And Chemical Activation Processes. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 24(2) : 157-165 2014
- [7] Hu L, Zhu Q, Wu Q, et al. Natural Biomass-Derived Hierarchical Porous Carbon Synthesized by an in Situ Hard Template Coupled with NaOH Activation for Ultrahigh Rate Supercapacitors. *ACS Sustain Chem Eng*. 2018;6:13949–13959.
- [8] Jamilatun, S., et al. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivasi Sebelum dan Sesudah Pirolisis. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi* 2015.
- [9] Sahara, E., Sulihingtyas, W.D., Mahardika, I.P.A.S., Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Batang Tanaman Gunitir (*Tagetes erecta*) yang Diaktivasi dengan H₃PO₄. *Jurnal Kimia* 11(1), Januari 2017 : 1-9
- [10] Hendrawan, Y., Sutan, S.M., Kreative, R.Y.R., Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi dan Konsentrasi Aktivator terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Tebu (*Bagasse*) Menggunakan *Activating Agent* NaCl. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* Vol.5 No.3 2017 : 200-207
- [11] Kusdarini, E., Budianto, A., Ghafarunnisa, D., Produksi Karbon Aktif dari Batubara Bituminus dengan Aktivasi Tunggal H₃PO₄ Kombinasi H₃PO₄-NH₄HCO₃ dan Termal. *Reaktor* 17(2) 2017:74-80
- [12] Oko, S., Mustafa, Kurniawan, A., Palulun, E.S.B., Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Aktivator HCl terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Kopi. *Metana*. 2021. Vol 17(1) :15-21
- [13] Siahaan, S., Hutape, M., Hasibuan, R., Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol.2 No.1. 2013
- [14] Febryanti, A., Wahab, A.W., Maming. Potensi ArangAktif Sekam Padi Sebagai Adsorben Emisi Gas CO, NO, dan NOx Pada Kendaraan Bermotor. *Universitas Hasanuddin*
- [15] Das, S. Characterization of Activated Carbon Of Coconut Shell, Rice Husk And Karanja Oil Cake. Thesis National Institute of Technology. 2014
- [16] Sastrohamidjojo, H., *Spektroskopi Inframerah*. Yogyakarta : Liberty, 1992
- [17] Arneli, Z.F.Safitri, Pangestika, A.W., Fauziah, F., Wahyuningrum, V.N., Astuti, Y. The influence of activating agents on the performance of rice husk-based carbon for sodium lauryl sulfate and chrome (Cr) metal adsorptions. *IOP Conf.Series : Materials aScience and Engineering* 172 (2017) 012007
- [18] Efiyanti L, Sutanto S, Hakimah N, et al. Karakterisasi Dan Potensi Katalis Karbon Aktif Tersulfonasi Limbah Kayu Pada Reaksi Hidrolisis Sekam Padi Menggunakan Microwave. *J Penelit Has Hutan*. 2019;37:67–80.
- [19] Li, Y., Zhang, X., Yang, R., Li, G., Hu, C. The Role of H₃PO₄ in the preparation of activated carbon from NaOH-treated rice husk residue. *The Royal Society of Chemistry*.
- [20] Osasona, I., Kanuhor, U.B. Characterization and Utilization of Sulphuric Acid and Bitter Leaf Extract Activated Carbon from Rice Husk for Zn(II) Adsorption. *Indones. J. Chem.*, 2021, 21 (2), 318-331
- [21] Van, K.L., Thi, T.T.L. Activated Carbon Derived From Rice Husk by NaOH Activation and Its Application in Supercapacitor. *Progress in Natural Science : Materials International* 24 (2014) 191-198
- [22] Kumar, A., Jena., H.M. Preparation and Characterization of High Surface Area Activated Carbon From Fox nut (*Euryale ferox*) shell by Chemical Activation with H₃PO₄. *Result in Physic* 6 (2016) 651-658.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada DIPA Politeknik Negeri Ujung Pandang Nomor: B/32/PL10.13/PT.01.05/2021, Tanggal 23 April 2021 yang telah mendanai penelitian ini sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Terimakasih kami ucapkan juga kepada staf dan analis jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah banyak membantu.