JOURNAL OF TECHNOLOGY PROCESS
Magister Teknik Mesin dan Magister Teknik Kimia
Program Pascasarjana UMI

Vol. 02, No. 01 Tahun 2022
E-ISSN: XXXX-XXXX

Pembuatan Karbon Aktif Hasil Pirolisis Tongkol Jagung (Zea Mays Var. Ceratina L.) Menggunakan Aktivator Asam dari Buah Belimbing Wuluh

Rizka Wahyuni Hatibie [1*], Andi Aladin [2], La Ifa [3]

1*) Magister Teknik Kimia, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar,
Rizkawahyunihatibie@gmail.com
2) Teknik Kimia, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar
3) Teknik Kimia, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Abstract

Indonesia's growing demand for activated carbon has led to an expansion of the sector that produces the substance. As a result, the researchers updated their study on the raw materials for discarded corn cobs and starfruit activation solutions in an effort to decrease waste and the usage of chemicals. how starfruit activator concentration affects how much iodine is absorbed. The pyrolysis method is used to create activated carbon, which is then activated using a solution containing an activator in concentrations of 10%, 20%, 40%, 50%, 70%, or 100%. This process lasts 150 minutes at a temperature of 400. The best activated carbon may be found between 100%, namely between 4.4% of water, where the highest SNI norm is 15%. When compared to the highest SNI norm of 10%, the results of the ash content test were 2.06%. And while the minimum SNI is 750 mg/g, the best iodine absorption test values are 1002.51 mg/g.

Keyword: Active Carbon, Corn Cob, Pyrolysis, Starfruit.

Abstrak

Kebutuhan karbon aktif di Indonesia yang terus meningkat yang mengakibatkan industri pembuatan karbon aktif mengalami peningkatan. Hal ini membuat para peneliti melakukan suatu pembaruan tentang bahan baku limbah tongkol jagung dan larutan aktivasi belimbing wuluh sehingga dapat mengurangi limbah dan penggunaan zat – zat kimia. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kosentrasi aktivator larutan belimbing wuluh yang paling optimum. Proses pembuatan karbon aktif dilakukan dengan menggunakan proses pirolisis pada suhu 400℃ selama 150 menit dan di aktivasi menggunakan larutan aktivator dengan kosentrasi 10%, 20%, 40%, 50%, 70%, 100%. Karbon aktif terbaik yaitu pada kosentrasi 100% yaitu dengan pengujian kadar air 4,4% dimana standar SNI maksimum 15%. Hasil pengujian kadar abu yaitu 2,06% dimana standar SNI maksimum 10%. Dan hasil terbaik dari pengujian daya serap terhadap Iodium yaitu 1002,51 mg/g dimana SNI nya minimum 750 mg/g.

Kata Kunci: Aktivasi, Belimbing Wuluh, Karbon Aktif, Tongkol Jagung.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan karbon aktif di Indonesia semakin hari semakin meningkat yang mengakibatkan industri pembuatan karbon aktif yang ada di Indonesia mengalami peningkatan yang sangat baik. Permintaan akan karbon aktif tersebut tidak hanya dari industri dalam negeri tetapi juga dari luar negeri. Faktor utama yang mempengaruhi meningkatnya permintaan karbon aktif ini, karena semakin banyaknya aplikasi karbon aktif dikehidupan sehari – hari. Pada kehidupan sehari – hari pengaplikasian karbon aktif digunakan sebagai penghilang warna dan bau, sedangkan pada industri karbon aktif biasanya digunakan sebagai pengambilan kembali pelarut, penyulingan minyak, pembersih warna dan bau pada pengolahan air, penghilang surfur, dan penghilang bau busuk pada pemurnian gas (Winata et al., 2020).

Saat ini sebagian besar karbon aktif dibuat dari bahan bakar fosil (Batubara) yang proses pembuatannya tentu membutuhkan waktu hingga jutaan tahun untuk dapat terbentuk kembali. Indonesia juga saat ini sedang gencar mengeluarkan peraturan tentang pengurangan bahan baku fosil dan menggantikannya dengan energi terbarukan (Hidayat and Akbar, 2020). Maka dari itu pemanfaatan bahan baku terbarukan yang lebih ramah lingkungan dan dapat diperoleh dengan sangat mudah menjadi alternatif yang tepat untuk dijalankan.

Tongkol jagung pulut/ketan (Zea mays ceratina L.) merupakan salah satu limbah pertanian yang sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena pada tongkol jagung terdapat kandungan kadar unsur karbon dan hidrogen. Selain itu, terdapat fakta bahwa produksi jagung di Indonesia berdasarkan Badan Ketahanan Pangan Kementrian Pertanian RI telah menjadi komoditas penting setelah padi. Maka dari itu, kemungkinan banyaknya limbah tongkol jagung yang akan melimpah. Hal ini seharusnya menjadi salah satu dorongan untuk memanfaatkan limbah tongkol jagung dengan maksimal (Amin, Sitorus and Yusuf, 2017).

Aktivator kimia biasanya digunakan dalam proses aktivasi arang aktif yang biasanya berupa asam, basa, ataupun garam. Dalam pembuatan karbon aktif biasanya menggunakan bahan – bahan kimia seperti KOH, NaOH, H3PO4, H2SO4, HCl, Na2CO3, dan lain – lain sebagai aktivatornya. Penggunaan bahan – bahan kimia tersebut beresiko menimbulkan masalah pencemaran lingkungan. Salah satu bahan alam yang dapat digunakan sebagai aktivator yaitu belimbing wuluh. Buah belimbing wuluh merupakan salah satu buah yang mengandung senyawa asam alifatik, asam heksadekanoat, asam feroksida, dan asam sulfat. Senyawa - senyawa tersebut sangat diperlukan untuk pengaktifan arang karena bersifat reaktif terhadap oksigen (Kurniasih, Pratiwi and Amin, 2020).

Kosentrasi aktivator pada proses pembuatan karbon sangat berperan penting dalam memenuhi kualitas dan karakteristik karbon aktif terutama pada penyerapan terhadap karbon. Jika kosentrasi aktivator yang digunakan semakin besar, maka akan semakin besar kemampuan daya serapnya (Sari, 2019). Beberapa jenis aktivator dengan variasi kosentrasi yang telah digunakan oleh para peneliti terdahulu pada proses pembuatan karbon aktif antara lain H3PO4 (Asam Fosfat) dengan kosentrasi aktivator 2,5% , 5%, dan 7,5% selama 24 jam (Sulaiman et al., 2018). Aktivator yang digunakan pada proses aktivasi karbon umumnya menggunakan zat zat kimia bersifat asam, namun zat zat kimia tersebut masih beresiko dan tidak ramah lingkungan.

Berdasarkan uraian diatas, maka akan dilakukan penelitian karbon aktif yang dibuat dari tongkol jagung ketan menggunakan hasil pirolisis dengan aktivator buah belimbing wuluh sebagai salah satu cara pembuatan arang aktif dengan memanfaatkan limbah dan juga bahan – bahan alami, serta mengurangi limbah. Penelitian ini akan fokus pada kosentrasi larutan belimbing wuluh (10% , 20% , 40% , 50% , 70% , 100%) selama 24 jam karena kosentrasi larutan aktivator dan waktu aktivasi dapat mempengaruhi kualitas karbon aktif yang dihasilkan. Karbon aktif yang dihasilkan kemudian akan di uji kadar air, kadar abu, dan daya serap terhadap Iod.

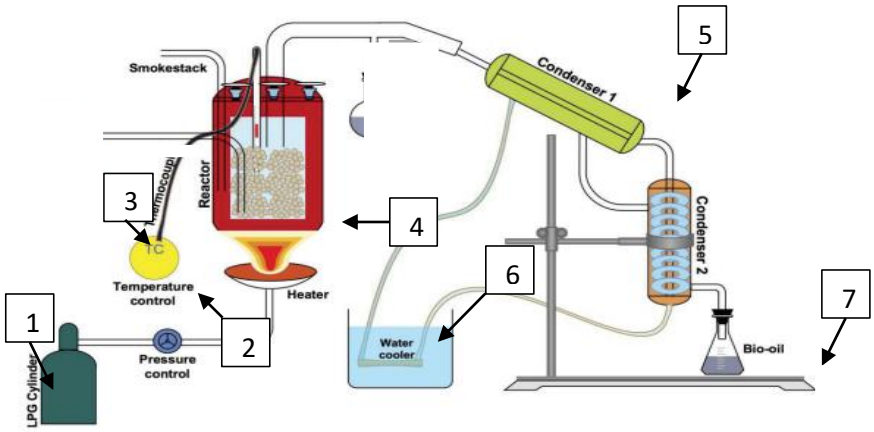
Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui konsentrasi aktivator larutan belimbing wuluh yang paling optimum pada proses pembuatan karbon aktif dari tongkol jagung ketan

2. METODE

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah oven digital, desikator, gelas ukur, gelas beker, alumuniumfoil, pipet volume, *erlenmayer*, neraca analitik, buret dan statif, pipet tetes, corong, kertas

saring, kertas pH, cawan porselen, mortar lumpang, pengaduk, ayakan dan serangkaian alat pirolisis yang dapat dilihat pada **Gambar 1.**



Gambar 1 Rangkaian alat Pirolisis (Aladin, et al., 2017)

Keterangan :

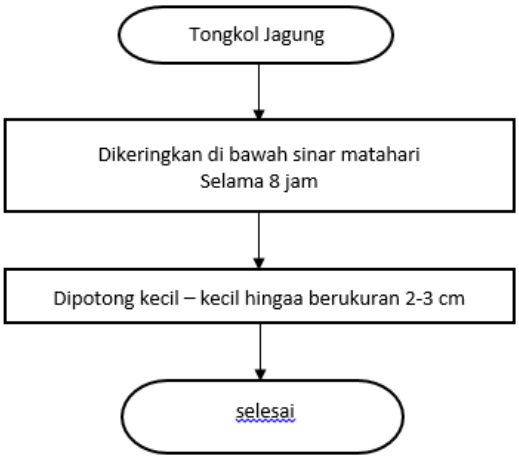
1. Tabung gas
2. Indikator Suhu
3. Termokopel
4. Tabung Pirolisis
5. Kondensor
6. Kondensat dan Pompa
7. Wadah Asap Cair

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Tongkol Jagung Ketan, Larutan Belimbing Wuluh, dan Aquades.

B. Prosedur Penelitian

a) Preparasi bahan baku

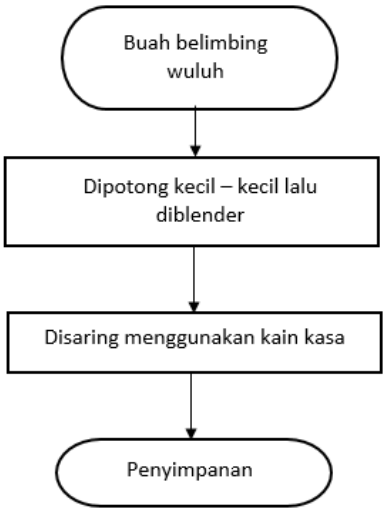
Tahap preparasi bahan bertujuan untuk mempersiapkan bahan, pada tahap ini Tongkol Jagung Pulut/Ketan yang diperoleh dari limbah salah satu rumah makan yang berada di kota Luwuk Sulawesi Tengah ini di cuci terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran yang mungkin melekat pada tongkol jagung. Tongkol jagung yang telah dibersihkan kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 8 jam. Adapun gambar dari diagram alir dari preparasi bahan baku dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 2 Diagram Alir persiapan bahan baku

b) Pembuatan Larutan aktivator

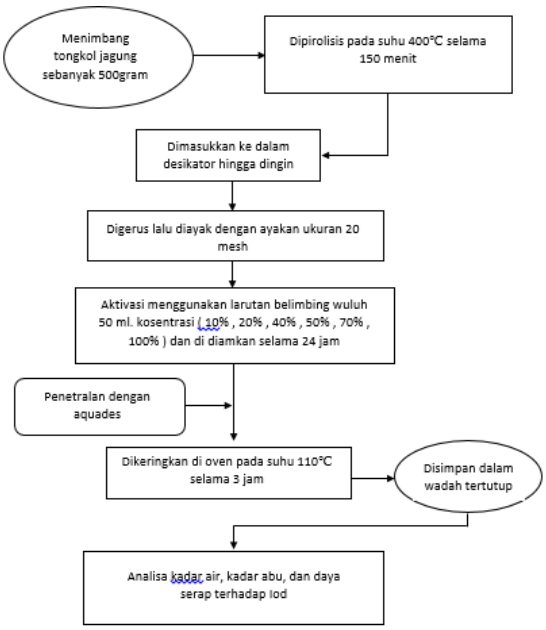
Untuk memperoleh larutan aktivator dari belimbing wuluh maka dilakukan proses sebagai berikut, buah belimbing wuluh di potong kecil kecil terlebih dahulu. Setelah itu, buah belimbing wuluh yang sudah di potong kecil – kecil di blender dan kemudian di saring menggunakan kain kasa. Adapun gambar diagram alir dari pembuatan larutan aktivator dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3 Diagram alir pembuatan larutan aktivator

c) Pembuatan Karbon Aktif

Pada proses pembuatan karbon aktif dipirolisis pada suhu 400°C selama 150 menit (Aladin *et al.*, 2020) lalu didinginkan di desikator. Kemudian diaktivasi dengan menggunakan aktivator belimbing wuluh sebagai aktivator sesuai dengan kosentrasi yang telah ditentukan dan dinetralkan menggunakan aquades



Gambar 4 Diagram Alir Pembuatan Aquades

C. Analisis Karbon aktif

Setelah karbon aktif terbentuk maka akan dilakukan serangkaian analisa terhadap karbon aktif tersebut, yang meliputi :

a) Analisa Kadar air

Timbang arang aktif sebanyak 1 gram lalu panaskan dalam oven dengan suhu 110 ^{0}C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator kemudian ditimbang. Lakukan penimbangan dan pengeringan secara berulang-ulang sehingga mencapai berat konstan. Hitung kadar air karbon aktif tersebut. Perhitungan kadar air (%) dengan persaman :

$$Kadar\ air = \frac{M1-M2}{M1}\ x\ 100\ \% \qquad (1)$$

Dimana :
M1 = berat sampel awal (gr)
M2 = berat sampel akhir (gr)
(Ifa et al. 2020)

b) Analisa Kadar abu

Timbang arang aktif sebanyak 1 gram lalu masukkan dalam *furnace* selama 3 jam pada suhu 650^{o}C hingga karbon hilang. Setalah itu, dinginkan dalam desikator kemudian di timbang. Lakukan penimbangan dan pengeringan secara berulang-ulang sehingga mencapai berat konstan. Hitung kadar air karbon aktif tersebut. Perhitungan kadar abu (%) dengan persaman :

$$Kadar\ abu = \frac{N1-N2}{N1}\ x\ 100\ \% \qquad (2)$$

Dimana :
N1 = berat sampel awal (gr)
N2 = berat sampel akhir (gr)
(Ifa et al. 2020)

c) Daya serap

Timbang karbon aktif sebanyak 0,5 gram kemudian dicampurkan dengan 10 ml larutan iodium 0,1 N, kemudian dikocok dengan alat pengocok selama 15 menit. Setelah itu sampel di sentrifuge sampai sampai karbonnya turun lalu setelah itu diambil 10 ml larutan sampel dan di titrasi dengan larutan Natrium Thiosulfat 0,1 N. jika warna kuning pada larutan mulai samar, ditambahkan larutan amilum 1% sebagai indikator sampai berwarna biru tua. Ditritrasi kembali sampai warna biru tua menjadi warna bening. Perhitungan daya serap iodium (mg/g) :

$$\frac{10-\frac{V\ x\ N}{0,1}\ x\ 12,69\ x\ 5}{W} \qquad (3)$$

Dimana :
V = Larutan Natrium Thiosulfat yang diperlukan, ml
N = Normalitas Larutan natrium tiosulfat
12,69= Jumlah Iod sesuai dengan 1 ml larutan natrium tiosulfat 01, N
W = sampel, gram

D. Variabel Penelitian

1. Variabel Tetap :
   - Suhu pengovenan: 110℃
   - Jenis larutan aktivator: Belimbing wuluh
   - Suhu Pirolisis: 400℃
   - Waktu Pirolisis: 2,5 jam
   - Waktu Aktivasi: 24 jam
2. Variabel Berubah :
   - Konsentrasi larutan Belimbing wuluh: 10% , 20% , 40% , 50% , 70%, 100%

3. PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menggunakan tongkol jagung ketan sebagai bahan baku pembuatan Karbon Aktif dengan proses pirolisis dan menggunakan larutan belimbing wuluh sebagai aktivatornya. Kemudian karbon aktif yang dihasilkan dari proses pirolisis dan aktivasi menggunakan larutan belimbing wuluh ditentukan jumlahnya. Lalu dilakukan pengujian Kadar air, Kadar abu, dan pengujian Daya serap terhadap Iodium.

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk memanfatkan limbah tongkol jagung dan bahan – bahan yang terdapat di alam seperti belimbing wuluh sebagai aktivator untuk dijadikan sebagai bahan dalam pembuatan karbon aktif dan sebagai upaya mengurangi limbah penggunaan bahan – bahan kimia yang relatif lebih berbahaya.

A. Pengaruh kosentrasi larutan aktivator belimbing wuluh yang paling optimum

Kualitas / mutu dari karbon aktif tergantung dari jenis bahan baku, teknologi pengolahan, cara mengerjakan dan ketepatannya. Berbagai macam versi standar kualitas dari karbon aktif yang telah dibuat oleh beberapa Negara maju seperti Amerika, Inggris, Korea, Jepang, dan Jerman. Indonesia sendiri juga telah membuat standar mutu karbon aktif menurut SNI 06-3730-1995.

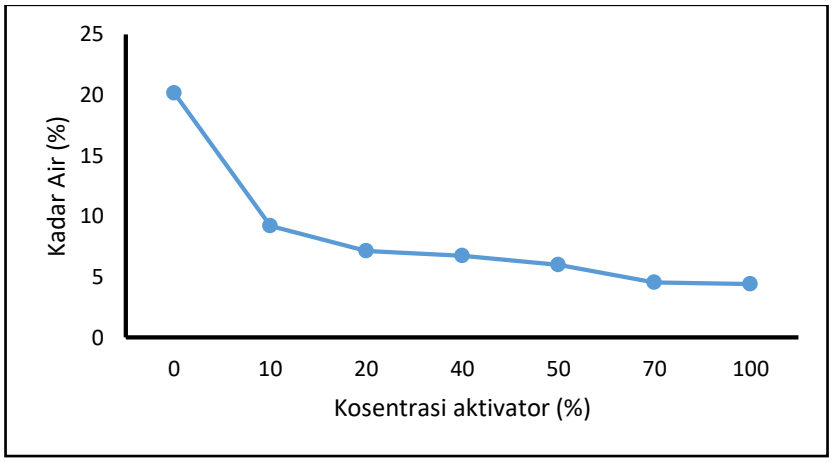
Berdasarkan hasil pengujian terhadap pengaruh kosentrasi larutan aktivator belimbing wuluh yang paling optimum berdasarkan SNI yang telah dilakukan dengan perbandingan kosentrasi aktivator ekstrak belimbing wuluh : aquadest (a = 100% : 0% ; b = 70% : 30% ; c = 50% ; 50% ; d = 40% : 60% ; e = 20% : 80% ; f = 10% : 90%) dan waktu aktifasi 24 jam. Kemudian dilakukan analisa uji kadar air dan kadar abu, dan daya serap terhadap iodium.

B. Uji Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan kadar air yang yang tersisa pada karbon aktif setelah melalui proses pengaktifan dengan zat aktivator. Maka didapatkan hasil dari analisa uji kadar air seperti pada **Gambar 5**.

Berdasarkan **Gambar 5**, menunjukan bahwa pada penelitian ini kadar air tertinggi dihasilkan oleh karbon aktif pada kosentrasi ekstrak belimbing wuluh 10% yaitu 9,18%. Sedangkan kadar air terendah yang dihasilkan oleh karbon aktif pada kosentrasi ekstrak belimbing wuluh 100% yaitu 4,4%. Dari semua parameter yang divariasikan, kadar air yang terkandung sudah memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia (SNI 06-3703-1995) yaitu maksimum 15%. Hal ini sesuai dengan penelitian (Kurniasih, Pratiwi and Amin, 2020) yang menyatakan penurunan kadar air yang terkandung disebabkan oleh semakin sedikit ekstrak belimbing wuluh maka perbandingan penggunaan aquades lebih banyak yang mengakibatkan kadar air yang terkandung pada karbon aktif semakin tinggi. Kadar

air tertinggi disebabkan oleh banyak air yang terperangkap di dalam pori – pori karbon aktif.

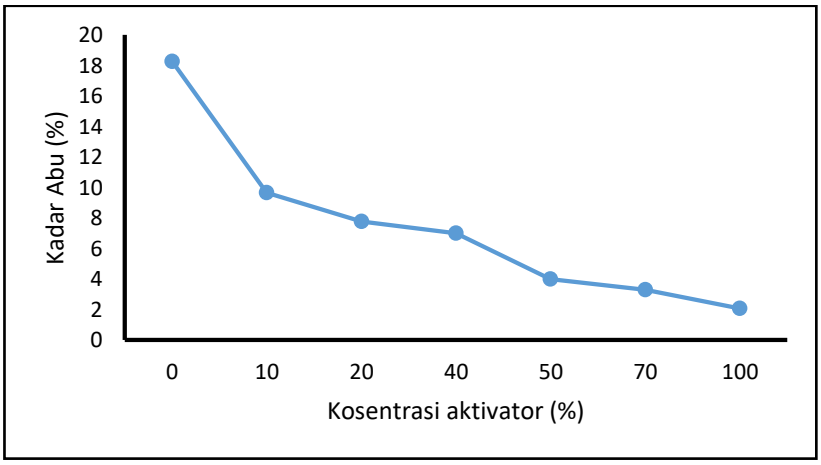


Gambar 5 Hubungan antara kosentrasi aktivator dengan Kadar Air

Menurut (Nurrahman *et al.*, 2021), kosentrasi aktivator yang semakin besar mempengaruhi luas permukaan pori – pori, semakin luas permukaan maka akan meningktkan penyerapan (adsorpsi) terhadap kandungan air. Kadar air diasumsikan bahwa hanya air yang merupakan senyawa volatil, karena kemungkinan masih ada air yang terjebak pada rongga dan menutupi pori karbon aktif. Jika kandungan kadar air rendah maka banyak tempat di dalam pori yang bisa ditempati oleh molekul iodium.

C. Uji Kadar Abu

Pengujian kadar abu dilakukan untuk mengetahui kandungan kadar abu yang tersisa pada karbon aktif setelah melalui proses pengaktifan menggunakan larutan aktivator. Maka didapatkan hasil dari analisa uji kadar abu seperti pada **Gambar 6**.



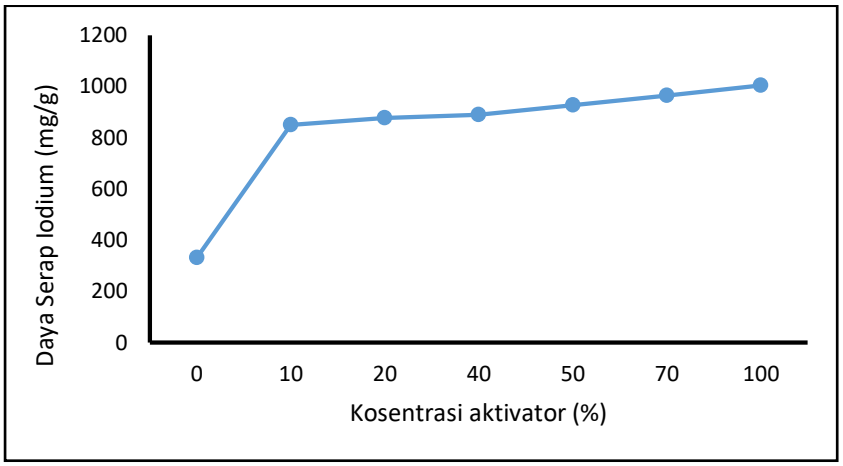
Gambar 6 Hubungan antara kosentrasi aktivator dengan kadar abu

Berdasarkan grafik diatas menunjukan bahwa pada penelitian ini, kadar abu terendah diperoleh pada kosentrasi ekstrak belimbing wuluh 100% yaitu 2,06%. Sedangkan kadar abu tertinggi yang dihasilkan oleh karbon aktif pada kosentrasi ekstrak belimbing wuluh

10% yaitu 9,67%. Dari semua parameter yang di variasikan, kadar abu yang terkandung pada karbon aktif sudah memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia (SNI 06-3703-1995) yaitu maksimum 10%. Semakin besar kosentrasi aktivator maka semakin menurun kadar abu yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian (Saputri, 2017) yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator dapat memperluas permukaan karbon aktif akibat dari besar dan banyaknya pori – pori yang dihasilkan.

D. Uji daya serap Iodium

Hasil pengujian daya adsorbs karbon aktif terhadap iod, memiliki korelasi dengan luas permukaan dari karbon aktif. Maka dari itu didapatkan hasil dari uji analisa daya serap iodium seperti pada **Gambar 7**.

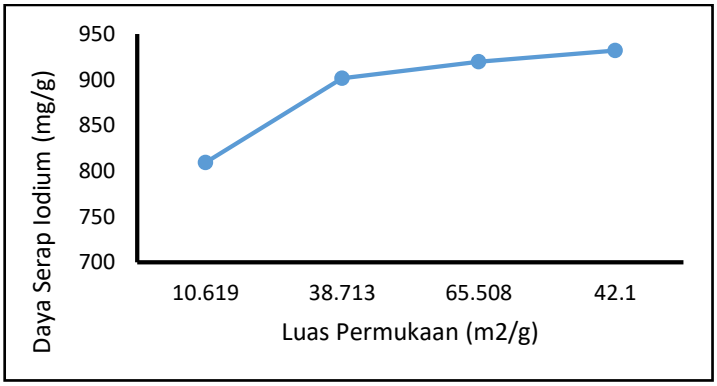


Gambar 7 Hubungan antara kosentrasi aktivator dengan bilangan iodium.

Berdasarkan **Gambar 7** diatas menunjukan bahwa bilangan iodium terendah terdapat pada kosentrasi ektrak 10% yaitu sebesar 850,23 mg/g. Sedangkan untuk hasil karbon aktif dengan bilangan iodium tertinggi yaitu terdapat pada kosentrasi ekstrak 100% yaitu 1002,51. Diketahui bahwa bilangan iodin karbon aktif yang dihasilkan dari semua variasi kosentrasi aktivator yang telah dilakukan telah memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia (SNI 06-370301995) yaitu minimal 750 mg/g. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Sulaiman *et al.*, 2018), yang menyatakan bahwa perlakuan jenis bahan aktivator dan variasi kosetrasinya berpengaruh sangat besar terhadap daya serap iodium. Semakin besar kosentrasi aktvator maka semakin besar daya serap terhadap iodium.

E. Hubungan antara daya serap dan luas permukaan

Peningkatan daya serap iodin pada karbon yang diaktifasi dapat terjadi karena aktivasi menggunakan aktivator asam dapat membersihkan dan juga memperluas permukaan karbon aktif. Semakin besar daya serap maka akan semakin luas permukaan karbon tersebut. Hubungan antara daya serap dan luas permukaan dapat dilihat pada **Gambar 8** penelitian (Sahara, Sulihingtyas and Mahardika, 2018) berikut :



Gambar 8 Hubungan daya serap dan luas permukaan

F. Aplikasi Karbon Aktif

Pengaplikasian Karbon aktif dari berbagai biomassa yang berbeda dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut

Tabel 1 Karbon Aktif dari berbagai biomassa yang berbeda

No	Biomasa	Aplikasi	Efisiensi Penghilangan	Referensi
1	Kulit Pisang Kepok	Bioadsorben Logam Besi (Fe) dan Timbal (Pb) Limbah Rumah Sakit	92,27% dan 96,32%	(Ifa *et al.*, 2020)
2	Jati	Filtrasi Air *Groundtank*		(Wardani *et al.*, 2020)
3	Biji Pala	Penjernihan Minyak Jelantah	3,8168 mg O_2/g	(Kurniawan *et al.*, 2021)
4	Limbah Bambu	Penyangga Katalis Logam dalam Sintetis Biofuel	5,700 m^2/g	(Rastini, Jimmy and Asmoro, 2018)
5	Kulit Kakao	Material Elektroda Superkapasitor	24,75º	(Kurnia, Pangarso and Cahyaningsih, 2021)
6	Eceng Gondok	Menjerap zat warna *brilliant blue* pada industri batik	140,51 mg/g	(Astuti and Sulistyaningsih, 2020)
7	Tempurung Kelapa	Penjernih Air Sumur	64,36 %	(Irawan, Dewi and Utami, 2016)
8	Kulit Bawang Putih	Sel Superkapasitor	29,4%	(Mardiah *et al.*, 2021)
9	Tandan Kosong Kelapa Sawit	Katoda Udara	1,38 V	(Rahman, Latifah and Mardiah, 2019)
10	Sabut Kelapa	Logam Kromium	3,464 mg/g	(Sholikhah, Putri and Inayati, 2021)
11	Tempurung Kemiri	Adsorpsi Gas Buang Benzena	30,9 mg/g	(Hikmawati, Zakir and Maming, 2018)
12	Serbuk Kayu	Adsorben Logam Fe Air Gambut	35,1%	(Nurhadiansyah, Diah and Pahlanop, 2018)
13	Tempurung kelapa sawit	Penjernihan Asap Cair	pH 4 - 4,5	(Jamilatun and Setyawan, 2018)
14	Tongkol Jagung	Daya seap Iodium	1002,51 mg/g	Penelitian ini

4. PENUTUP

Karbon aktif dapat diperoleh dari limbah tongkol jagung yang dipirolisis dan diaktifkan dengan menggunakan larutan aktivator yang berasal dari alam yaitu belimbing wuluh. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kosentrasi aktivator larutan belimbing wuluh yang paling optimum pada proses pembuatan karbon aktif dari tongkol jagung ketan adalah pada kosentrasi 100% yaitu dengan pengujian kadar air 4,4%. Hasil pengujian kadar abu yaitu 2,06%. Hasil pengujian Daya serap iodium 1002,51 mg/g. berdasarkan hasil dari karakteristik terbaik karbon aktif ini sudah sesuai dengan SNI.

5. DAFTAR PUSTAKA

Aladin, A. et al. (2020) 'Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Daya Awet Ikan Katombong Dalam Larutan Asap Cair Tongkol Jagung Grade 1 Hasil Pirolisis', Journal of Chemical …, 05(2655). Available at: https://core.ac.uk/download/pdf/327096949.pdf.

Aladin, A., Alwi, R. S. and Syarif, T. (2017) 'Design of pyrolysis reactor for production of bio-oil and bio-char simultaneously', AIP Conference Proceedings, 1840(May). doi: 10.1063/1.4982340.

Amin, A., Sitorus, S. and Yusuf, B. (2016) 'Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung Pulut sebagai Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Amonia, Nitrit, dan Nitrat pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Teknik Celup', Kimia Mulawarman, 13, pp. 78–84.

Arman, M. et al. (2017) 'Produksi Bahan Bakar Alternatif Briket Dari Hasil Pirolisis Batubara Dan Limbah Biomassa Tongkol Jagung', Journal Of Chemical Process Engineering, 2(2), p. 16. doi: 10.33536/jcpe.v2i2.161.

Dewi, R., Azhari, A. and Nofriadi, I. (2021) 'Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia Koh', Jurnal Teknologi Kimia Unimal, 9(2), p. 12. doi: 10.29103/jtku.v9i2.3351.

Fadri, A. E. (2018) 'Adsorpsi Logam Besi (Fe) pada Air Gambut Menggunakan Karbo Aktif Cangkang Kelapa Sawit Serta Potensinya sebagai Bahan Ajar', pp. 12–36.

Husin, A. and Hasibuan, A. (2020) 'Studi Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Posfat (H3PO4) dan Waktu Perendaman Karbon terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Kulit Durian', Jurnal Teknik Kimia USU, 9(2), pp. 80–86. doi: 10.32734/jtk.v9i2.3728.

Ifa, L. et al. (2020) 'Pemanfaatan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bioadsorben Logam Besi (Fe) dan Timbal (Pb) Pada Limbah Rumah Sakit', e-Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, 2.

Ifa, L. et al. (2021) Bioadsorben dan Aplikasinya. Edited by novia mayang Pratama. Yayasan pendidikan cendekiawan muslim.

Ika, L. W. B. P. (2017) Aktivasi Karbon Dari Sekam Padi Dengan Aktivator Asam Klorida (HCl) Dan Pengaplikasiannya Pada Limbah Pengolahan Baterai Mobil Untuk Mengurangi Kadar Timbal (pb), Agricultural and Biological Chemistry.

Irawan, A., Dewi, N. K. and Utami, S. R. I. (2016) 'Pengaruh Aktivator Kimia pada Permormasi Bioadsorben dari Karbon Terpurung Kelapa sebagai Penjernih Air Sumur', Jurnal Teknika, 12(1), pp. 103–112.

Jamilatun, S. et al. (2015) 'Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivasi Sebelum dan Sesudah Pirolisis', Seminar Nasional Sains dan Teknologi, (0258), pp. 1–8.

Jamilatun, S. and Setyawan, M. (2018) 'Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair', Spektrum Industri, 12(1), p. 73. doi: 10.12928/si.v12i1.1651.

Kurnia, K. I. F., Pangarso, Z. D. and Cahyaningsih, L. (2021) 'Pemanfaatan Biomassa Kulit Kakao Sebagai Material Karbon Aktif Berpori Pada Elektroda Superkapasitor Dengan Metode Pirolisis', Jurnal Ilmiah Penalaran dan Penelitian Mahasiswa, 5(1), pp. 34–45.
Kurniasih, A., Pratiwi, D. A. and Amin, M. (2020) 'Pemanfaatan Ampas Tebu sebagai Arang Aktif dengan Aktivator Larutan Belimbing Wuluh(Averrhoa bilimbi L.)', kesehatan lingkungan, 14(6), pp. 56–63.
Kurniawan, I. et al. (2021) 'Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Biji Pala (Myristica fragrans Houtt.) Untuk Pemurnian Minyak Jelantah', Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta, (November 2021), pp. 1–7. Available at: https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/11460.
Mammoria, D. C. (2016) 'Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Durian Sebagai Adsorben Zat Warna Dari Limbah Cair Tenun Songket Dengan Aktivator NaOH', Laporan Akhir Polikteknik Negeri Sriwijaya, pp. 4–33.
Mardiah, M. A. et al. (2021) 'Karakterisasi Sifat Fisis Karbon Aktif dari Limbah Kulit Bawang Putih', Journal of Aceh Physics Society, 10(4), pp. 102–106. doi: 10.24815/jacps.v10i4.19571.
Nurhadiansyah, A., Diah, I. and Pahlanop, B. (2018) 'Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Limbah Serbuk Kayu Bengkirai sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut', Prisma Fisika, VI(2), pp. 124–128.
Nurrahman, A. et al. (2021) 'Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Kualitas Karbon Aktif dari Batubara Lignit', Jurnal Daur Lingkungan, 4(2), p. 44. doi: 10.33087/daurling.v4i2.86.
Putriana, A. (2018) Ekstrak buah belimbing wuluh (Averrhoa blimbi L) Sebagai Ovisida Keong Mas (Pomacea canaliculata L.), Skripsi Pencemaran Lingkungan.
Rahman, R. A., Latifah, N. and Mardiah, M. (2019) 'Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Biomassa Sebagai Bahan Baku Katoda Udara', Jurnal Chemurgy, 3(1), p. 22. doi: 10.30872/cmg.v3i1.2841.
Rastini, E. K., Jimmy and Asmoro, wahyu panji (2018) 'Pembuatan Serbuk Karbon Aktif Dari Limbah Bambu Sebagai Penyangga Katalis Logam Dalam Sintesis Biofuel Secara Fischer-Tropsch', Indonesian Chemistry and Application Journal, 2(1), p. 19. doi: 10.26740/icaj.v2n1.p19-25.
Sahara, E., Sulihingtyas, D. and Mahardika, i putu adi surya (2018) 'Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Tanaman Gumitir (Tagetes erecta) yang diaktivasi dengan H3PO4', pp. 1–9.
Sahraeni, S. and Syahrir, I. (2019) 'Aktivasi Kimia Menggunakan NaCl Pada Pembuatan Karbon Aktif Dari Tanah Gambut', Prosiding SeminarNasional Penelitian &Pengabdian Kepada Masyarakat, 2019, pp. 145–150.
Saputri, D. eka (2017) 'Pengaruh Konsentrasi dan Suhu Aktivator KOH pada Proses Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Sawit untuk Mnegolah Pome', Teknik kimia UMP, p. 45. Available at: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130118/Memoria.pdf.
Sari, I. P. (2016) 'Pembuatan Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit Menggunakan Karbonisasi Drum Ganda dengan Aktivasi Kimia KOH dan HCl Production of Activated Carbon Palm Kernel Shells by Using Double Drum Carbonization with Chemical Activation KOH and HCl', Jurnal Teknik Pertanian.
Setyawan, M. F. and Sumarni (2018) 'Pirolisis Limbah Kulit Durian Menjadi Arang Aktif dan Asap Cair dengan Aktivator Asam Phospat', Inovasi Proses, 3(2).
Sholikhah, H. I., Putri, H. R. and Inayati, I. (2021) 'Pengaruh Konsentrasi Aktivator Asam Fosfat (H3PO4) pada Pembuatan Karbon Aktif dari Sabut Kelapa terhadap Adsorpsi Logam Kromium', Equilibrium Journal of Chemical Engineering, 5(1), p. 45. doi: 10.20961/equilibrium.v5i1.53572.

Situmorang, tiur malinda and Farma, R. (2013) 'Pengaruh Aktivator Kimia Terhadap Kualitas Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Sebagai Bahan Penyerap Logam Berat', fisika, 45(Supplement), p. S-102.

Sulaiman, N. H. et al. (2018) 'Pengolahan Tempurung Kemiri Sebagai Karbon Aktif Dengan Variasi Aktivator Asam Fosfat', EINSTEIN e-JOURNAL, 5(2). doi: 10.24114/einstein.v5i2.11841.

Udyani, K. et al. (2019) 'Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Bakau Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia dan Fisika Dengan Microwave', IPTEK, 23, pp. 39–46. doi: 10.31284/j.iptek.2019.v23i1.

Wardani, Y. R. et al. (2020) 'Penggunaan Arang Aktif Berbahan Dasar Limbah Biomassa Pada Proses Filtrasi Air Groundtank Ditinjau dari Uji TDS, Uji Kejernihan dan Uji Fe', Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika, 8(2), pp. 195–202. doi: 10.23960/jtaf.v8i2.2590.

Yuniwati and Suhartana, S. (2014) 'Potensi Karbon pada Limbah Pemanenan Kayu Acacia Crassicarpa (Carbon Potential of Waste Timber Harvesting Acacia Crassicarpa)', Jurnal Ilmu Lingkungan, 12(1), p. 21. doi: 10.14710/jil.12.1.21-31.