

Submitted : 28 June 2024

Revised : 23 July 2024

Accepted : 2 August 2024

## SINTESIS KARBON AKTIF DARI *SHORT FLAMING COAL* LOKAL INDONESIA DENGAN AKTIVATOR KOH SEBAGAI ADSORBEN

Izam Arrazhi\*, Yonathan Juanto, Retno Dewati, Sani Sani

Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya, 60294, Indonesia

\*Email: [izamarz136@gmail.com](mailto:izamarz136@gmail.com)

### Abstrak

Batu bara merupakan batuan organik yang terbentuk dari fosil tumbuhan yang berwarna gelap dan terasosiasi oleh kandungan mineral seperti abu dan belerang. Ada 3 tingkatan yang terdapat dalam batu bara antara lain lignit, bituminus, dan antrasit. Antrasit merupakan jenis batu bara terbaik dikarenakan memiliki kandungan karbon terbesar di antara ketiganya, untuk itu pada penelitian ini digunakan batu bara jenis Antrasit. Kandungan karbon yang terdapat pada batu bara dapat dimanfaatkan untuk menjadi karbon aktif yang berfungsi sebagai adsorben. Metode yang digunakan yaitu gabungan antara metode fisika dan kimia, dimulai dengan proses dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi. Hasil yang didapatkan ialah rasio penggunaan KOH dan suhu optimum terbaik untuk mengaktifkan batu bara antrasit ada pada perbandingan batu bara terhadap KOH 1:5 pada suhu 700°C dengan kadar air sebesar 9,9%, kadar abu sebesar 9,9%, kadar zat terbang sebesar 13%, kadar karbon terikat sebesar 77,1%, serapan iodin sebesar 1040,58 mg/g, dan luas permukaan sebesar 317,328 m<sup>2</sup>/g.

**Kata Kunci:** Aktivasi; Antrasit; Karbon aktif

### Abstract

Coal is an organic rock formed from plant fossils that is dark in color and associated with mineral content such as ash and sulfur. There are three coal grades: lignite, bituminous, and anthracite. Anthracite is the best type of coal because it has the most significant carbon content among the three. For this reason, anthracite coal was used in this study. The carbon content contained in coal can be utilized to become activated carbon, which functions as an adsorbent. The method combines physical and chemical processes, starting with dehydration, carbonization, and activation. The results obtained are the ratio of KOH usage and the best optimum temperature to activate anthracite coal in the ratio of coal to KOH 1: 5 at 700°C with a moisture content of 9.9%, ash content of 9.9%, fly substance content of 13%, bound carbon content of 77.1%, iodine uptake of 1040.58 mg/g, and surface area of 317.328 m<sup>2</sup>/g.

**Keywords:** Activated carbon; Activation; Anthracite

### 1. PENDAHULUAN

Batu bara merupakan batuan organik yang terbentuk dari fosil tumbuhan yang berwarna gelap dan terasosiasi oleh kandungan mineral seperti abu dan belerang. Indonesia merupakan salah satu negara dengan produksi batu bara terbesar di dunia. Berdasarkan data tahun 2022 dari Pusat Sumber Daya Mineral, Batu Bara, dan Panas Bumi tercatat cadangan batu bara Indonesia sebesar 31,7 miliar ton dengan produksi mencapai 614 juta ton pada tahun 2021 atau

98,2 persen dari target 625 juta ton. Meskipun menjadi salah satu negara produsen batu bara terbesar di dunia, sebagian besar batu bara masih banyak dimanfaatkan sebagai barang tambang ataupun sumber energi. Sebagai upaya meningkatkan pemanfaatan batu bara, penelitian ini berfokus dalam mensintesis karbon aktif yang berkualitas dari batu bara.

Karbon aktif dapat disintesis dari bahan yang mengandung karbon, seperti hewan, tumbuhan, dan barang tambang, termasuk batu bara. Batu bara sebagai

barang tambang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan menjadi karbon aktif melalui proses yang relatif mudah. Mengingat ketersediaan batu bara yang melimpah, terutama antrasit yang memiliki kandungan karbon lebih tinggi dibandingkan jenis batu bara lain maupun bahan lainnya. Karakteristik ini membuat antrasit sangat cocok untuk diolah menjadi karbon aktif. Studi mengenai pemanfaatan batu bara sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif cukup banyak ditemukan. Boujibar et al. (2019) menggunakan batu bara antrasit Maroko (Jerrada) dengan proses aktivasi menggunakan KOH menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan 2934 m<sup>2</sup>/g. Spencer et al. (2024) dalam studinya menyebutkan bahwa batu bara antrasit Cina yang diaktivasi dengan KOH menghasilkan luas permukaan 2194 m<sup>2</sup>/g dan 2398 m<sup>2</sup>/g, sedangkan antrasit Amerika yang diaktivasi termal menghasilkan luas permukaan 720 m<sup>2</sup>/g dan 813 m<sup>2</sup>/g. Patmawati et al. (2017) dalam studinya mendapatkan hasil bahwa batu bara lignit yang diaktivasi secara fisika menghasilkan karbon aktif dengan kadar air terkecil sebesar 0,36% (maks. 10% SII 258-79), kadar abu terkecil 12,62 % (maks. 2,5% SII 258-79), dan daya serap iod terbesar 46,75% (min. 20% SII 258-79). Septiana et al. (2022) dalam studinya mendapatkan hasil bahwa karbon aktif dari prekursor batu bara bituminous menghasilkan kadar air terendah sebesar 9,20% (maks. 15% SNI -07-3704-1995) dan daya serap terbesar 621,96 mg/g (min. 750 mg/g SNI-07-3704-1995). Pada penelitian Legiso et al. (2023) didapatkan hasil bahwa karbon aktif dari batu bara sub-bituminus yang diaktivasi dengan asam sitrat menghasilkan kandungan kadar air terendah sebesar 7% (maks. 15% SNI-07-3704-1995), kadar zat menguap terendah sebesar 37% (maks. 25% SNI-07-3704-1995), kadar abu terendah sebesar 5% (maks. 10% SNI-07-3704-1995) serta kadar karbon tetap tertinggi sebesar 49,2% (min. 65% SNI-07-3704-1995).

Proses aktivasi diketahui memainkan peran penting dalam menghasilkan karbon aktif berkualitas. Pada aktivasi fisika, suhu aktivasi sangat berpengaruh, sementara pada aktivasi kimia, pemilihan jenis aktivator sangat berpengaruh pada proses pembuatan karbon aktif. Terdapat berbagai zat kimia yang sering dipilih untuk digunakan sebagai aktivator seperti H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, KOH, dan NaOH. Aktivator ZnCl<sub>2</sub> dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> banyak digunakan untuk bahan prekursor lignoselulosa. Untuk bahan kokas atau batu bara, KOH dan NaOH lebih banyak digunakan karena lebih dapat bereaksi dengan karbon (Esterlita et al., 2018). Studi yang dilakukan oleh Spencer et al. (2024) menyebutkan bahwa KOH merupakan aktivator yang dapat digunakan di berbagai jenis batu bara dengan kondisi geologis di tiap tempat yang berbeda, seperti lignit Cina, bituminus Turki, *discarded coal* Afrika Selatan, dan antrasit Spanyol.

Proses pembuatan karbon aktif dari batu bara yang umum digunakan adalah melalui aktivasi secara fisika atau secara kimia. Namun dari berbagai uji dan penelitian yang telah dilakukan, data kualitas sintesis karbon aktif dari batu bara yang dihasilkan dinilai

masih kurang dan belum memenuhi standar yang ada. Selain itu, penelitian mengenai karbon aktif dari batu bara antrasit Indonesia masih belum banyak ditemukan beserta dengan data kualitas dan luas permukaan yang dihasilkan.

Pada penelitian ini digunakan batu bara jenis antrasit lokal untuk pembuatan karbon aktif dengan metode integrasi aktivasi fisika dan kimia menggunakan aktivator KOH. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan metode terkait sintesis dan aktivasi karbon aktif dari batu bara antrasit Indonesia. Hasil penelitian yang didapatkan, diharapkan dapat digunakan sebagai landasan bagi lembaga maupun industri untuk dapat diterapkan dalam skala besar serta bagi peneliti berikutnya dalam pengembangan, pembuatan, dan penggunaan karbon aktif dari batu bara antrasit.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Bahan

Batu bara antrasit yang didapat dari Adywater Jakarta, sedangkan KOH (90%), Na<sub>2</sub>O<sub>3</sub>S<sub>2</sub>.5H<sub>2</sub>O 0,1 N (98%), I<sub>2</sub> 0,1 N (99%), dan amilum (99%) didapatkan dari SAP Chemical.

### 2.2 Prosedur Kerja

Penelitian dilakukan di Laboratorium Riset dan Laboratorium Material Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, UPN "Veteran" Jawa Timur, Surabaya. Tahapan penelitian dibagi menjadi tiga, yaitu tahap persiapan, karbonisasi, dan aktivasi.

#### 2.2.1 Tahap persiapan

Pada tahap persiapan, batu bara dianalisis dengan uji proksimat (Novananda et al., 2020). Setelah itu dilakukan dehidrasi pada suhu 110°C dalam oven selama satu jam dan diperkecil ukurannya hingga 60 mesh.

#### 2.2.2 Tahap karbonisasi

Pada tahap karbonisasi, dilakukan penghilangan kandungan air dan pengubahan struktur atom dengan cara dikarbonisasi. Sebuah tungku digunakan untuk memanaskan 200 gram bubuk karbon hingga 800°C selama satu jam lalu didinginkan dengan desikator selama 15 menit dan selanjutnya sampel diperkecil hingga 80 mesh (Nurrahman et al., 2021).

#### 2.2.3 Tahap aktivasi

Pada tahap aktivasi terdapat 2 jenis aktivasi, yaitu aktivasi kimia dan fisika. Pada aktivasi kimia digunakan rasio berat untuk variabel karbon dan aktivator KOH, yaitu 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, dan 1:6. Proses aktivasi kimia dilangsungkan dengan pengadukan dan pemanasan 250 ml larutan campuran karbon dan KOH hingga 85°C selama tiga jam dengan kecepatan 100 rpm menggunakan *magnetic stirrer* (Wazir et al., 2020). Padatan karbon aktif tersaring yang telah dingin dinetralkan dengan akuades. Setelah netral, dilanjutkan proses aktivasi fisika menggunakan tungku pada variasi suhu 500, 600, 700, 800, dan 900°C selama 1 jam. Karbon aktif kemudian didinginkan dalam

desikator hingga mencapai suhu ruang lalu dilakukan tahap pengujian.

**2.3 Pengujian Kualitas Karbon Aktif**

Karbon aktif harus memenuhi standar SNI 06-3730-1995. Beberapa pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** SNI karbon aktif

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar air	Maks. 15%
Kadar abu	Maks. 10%
Kadar zat menguap	Maks. 25%
Kadar karbon	Min. 65%
Bilangan iodin	Min. 750 mg/g

**2.3.1 Pengujian kadar air**

Pengujian kadar air dilakukan untuk menentukan apakah karbon aktif bersifat higroskopis atau tidak. Satu gram karbon aktif dipanaskan selama tiga jam pada suhu 105-110°C di dalam oven. Setelah itu, ditimbang hingga mencapai berat tetap dan didinginkan dalam desikator. Rumus yang dapat digunakan untuk menentukan kadar air:

$$Kadar\ Air = \frac{b}{a} \times 100\% \tag{1}$$

dimana a adalah sampel karbon aktif awal (g); dan b adalah sampel karbon aktif setelah dipanaskan (g).

**2.3.2 Pengujian kadar abu**

Abu adalah mineral yang tidak terpisah selama aktivasi atau terbakar selama karbonisasi. Dua hingga tiga gram sampel karbon aktif ditimbang lalu diletakkan di dalam cawan porselen, dan ditutup. Tungku dipanaskan hingga 800-900°C selama dua jam. Sampel karbon aktif kemudian dipanaskan dalam tungku hingga berubah menjadi abu (berat konstan).

$$Kadar\ Abu = \frac{berat\ abu}{berat\ contoh} \times 100\% \tag{2}$$

dimana berat contoh adalah berat sampel karbon aktif (g).

**2.3.3 Pengujian kadar zat terbang**

Pengujian dilakukan dengan mengukur banyaknya jumlah bahan yang teruapkan dari karbon aktif. Untuk menguji keberadaan zat terbang, 1-2 gram karbon aktif ditempatkan dalam cawan kering, cawan lain ditempatkan di atas cawan awal, dan campuran dipanaskan hingga 900°C dalam tungku. Setelah suhu tercapai, karbon dikeluarkan dan dibiarkan dingin hingga suhu ruang di dalam desikator sebelum ditimbang kembali.

$$Volatile\ matter = \frac{a-b}{a} \times 100\% - kadar\ air \tag{3}$$

dimana a adalah sampel karbon aktif awal (g); dan b adalah sampel karbon aktif setelah dipanaskan (g).

**2.3.4 Pengujian kadar karbon terikat**

Karbon dari proses karbonisasi, bersama dengan abu (bahan anorganik) dan zat terbang (bahan yang mudah menguap yang tertahan di pori-pori arang), membentuk kandungan karbon terikat pada karbon aktif. Kadar karbon dapat ditentukan melalui rumus:

$$Karbon\ terikat = 100 - (a + b)\% \tag{4}$$

dimana a adalah kadar zat menguap; dan b adalah kadar abu.

**2.3.5 Pengujian daya serap iodin**

Sampel karbon aktif (0,25 g) dimasukkan ke dalam erlenmeyer, ditambahkan 25 ml larutan yodium 0,1 N standar dan diaduk selama lima belas menit, kemudian disaring. Sebanyak 10 ml filtrat dipindahkan ke erlenmeyer lain. Larutan natrium tiosulfat 0,1 N ditambahkan ke dalam filtrat dan dititrasi hingga terbentuk warna kuning pucat. Setelah itu, larutan indikator amilum 1% ditambahkan, dan titrasi dilakukan hingga filtrat menjadi jernih.

$$Daya\ Serap\ Iodin = \frac{(10 - \frac{V \times N}{0.1})}{w} \times 12,69 \times 5 \tag{5}$$

dimana V adalah volume  $Na_2S_2O_3$  (ml); N adalah normalitas  $Na_2S_2O_3$ ; 12,69 adalah jumlah iod sesuai dengan 1 ml larutan  $Na_2S_2O_3$ ; dan W adalah berat karbon aktif (g).

**2.3.6 Pengujian luas permukaan**

Analisis luas permukaan dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta menggunakan pengujian BET (Brunauer-Emmet-Teller) dengan alat Quantachrome TouchWin v1.22.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Uji Awal Tahap Persiapan**

Hasil analisis awal batu bara antrasit dengan uji proximate ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil uji proksimat

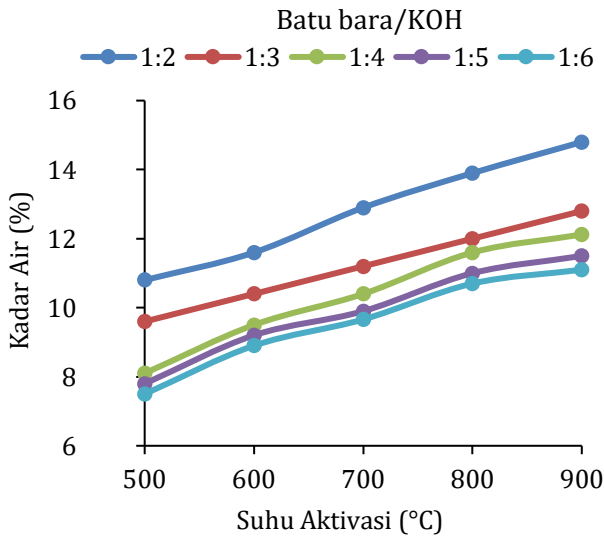
Parameter	Hasil	Unit	Metode
Kadar air	6,1	%	ASTM D3173-03
Kadar abu	9,8	%	ASTM D3174-04
Kadar zat terbang	3,6	%	ISO 562-2010
Kadar karbon	80,5	%	ASTM D3172-07a

(Sumber: Adywater Jakarta)

Dari Tabel 2 didapatkan nilai kadar air sebesar 6,1%, kadar abu 9,8%, kadar zat terbang 3,6%, dan kadar karbon 80,5%. Nilai kadar air, abu, zat terbang, dan karbon yang dihasilkan menunjukkan sifat dan keunggulan dari batu bara antrasit yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif. Batu bara kemudian diaktivasi untuk dijadikan karbon aktif dan dilakukan pengujian untuk mengetahui kualitasnya.

**3.2 Uji Kadar Air**

Berikut adalah hasil uji kadar air pada karbon aktif yang dapat dilihat pada Gambar 1.

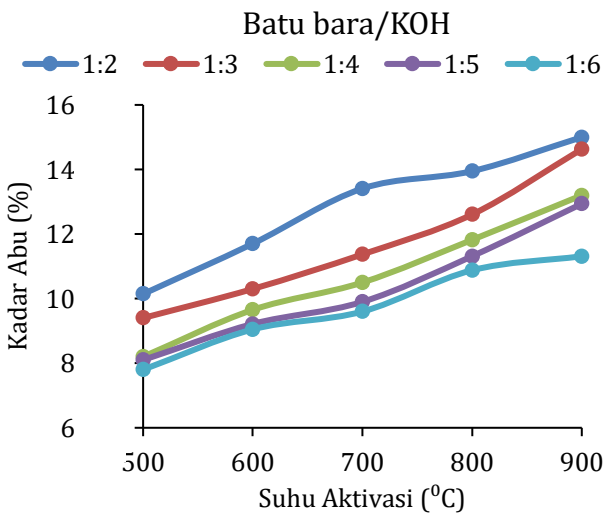


Gambar 1. Uji kadar air

Dari Gambar 1 terlihat bahwa kadar air mengalami penurunan seiring bertambahnya rasio batu bara/KOH dan mengalami kenaikan seiring bertambahnya suhu aktivasi yang digunakan. KOH sebagai *dehydrating agent* memiliki sifat mengikat air sehingga akan mengikat molekul air yang terkandung dalam bahan. Sementara kenaikan kadar air yang terjadi disebabkan oleh penambahan suhu aktivasi yang semakin tinggi. Hal tersebut meningkatkan kemampuan pengikatan molekul air dari karbon aktif dalam menyerap kandungan air yang tinggi (Septiana et al., 2022). Kadar air tertinggi karbon aktif yaitu pada suhu karbonisasi 800°C dan rasio BB/KOH 1:2 dengan suhu aktivasi fisika 900°C yakni sebesar 14,8%. Sedangkan kadar air terendah karbon aktif yaitu ada pada suhu karbonisasi 800°C dan rasio BB/KOH 1:6 dengan suhu aktivasi fisika 500°C yakni sebesar 7,5%. Dari data yang diperoleh, didapatkan bahwa karbon aktif yang dihasilkan telah memenuhi SNI 06-3730-1995 yakni kurang dari 15%.

### 3.3 Uji Kadar Abu

Hasil uji kadar abu pada karbon aktif dapat dilihat dalam Gambar 2.

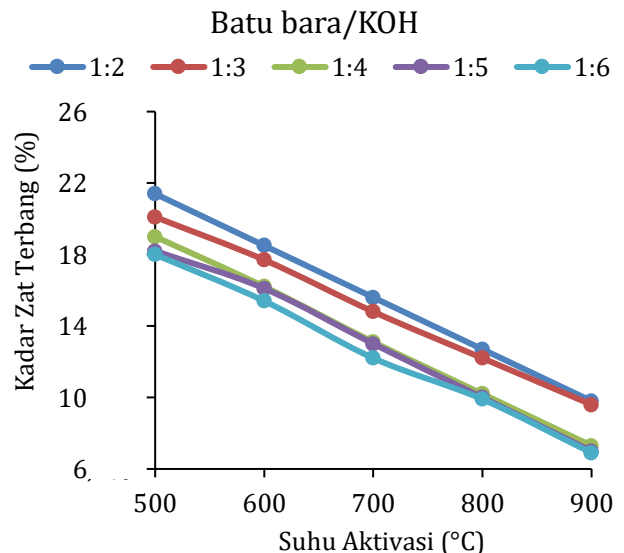


Gambar 2. Uji kadar abu

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa kadar abu mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya rasio batu bara/KOH dan mengalami kenaikan seiring naiknya suhu aktivasi fisika. Penurunan kadar abu yang terjadi berkaitan dengan kemampuan korosif KOH yang mampu melepaskan pengotor pada permukaan karbon. KOH yang bersifat basa kuat dan korosif menyebabkan banyak abu yang terlepas atau tercuci dari arang (Lano et al., 2020). Sementara kenaikan kadar abu disebabkan oleh terbentuknya garam-garam mineral saat proses pembakaran yang apabila proses tersebut tetap berlanjut maka menyebabkan terbentuknya partikel-partikel halus dari garam-garam mineral sehingga dapat menyumbat pori karbon aktif. Semakin tinggi suhu aktivasi fisika maka semakin besar kadar abu yang dihasilkan. Selain itu, terdapat komponen di dalam karbon aktif yang tidak terbakar sehingga abu atau zat-zat anorganik hasil pembakaran banyak terbentuk (Pari et al., 2019). Kadar abu tertinggi dimiliki oleh karbon aktif dengan suhu karbonisasi 800°C dan rasio 1:2 dengan suhu aktivasi fisika 900°C yakni sebesar 15%. Sedangkan kadar abu terendah karbon aktif yaitu pada suhu karbonisasi 800°C dan rasio 1:6 dengan suhu aktivasi fisika 500°C yakni sebesar 7,8%. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa sebagian karbon aktif yang dihasilkan tidak memenuhi SNI 06-3730-1995 dan sebagian yang lain telah memenuhi SNI 06-3730-1995 yakni kurang dari 10%.

### 3.4 Uji Kadar Zat Terbang

Hasil uji kadar zat terbang pada karbon aktif dapat dilihat dalam Gambar 3.



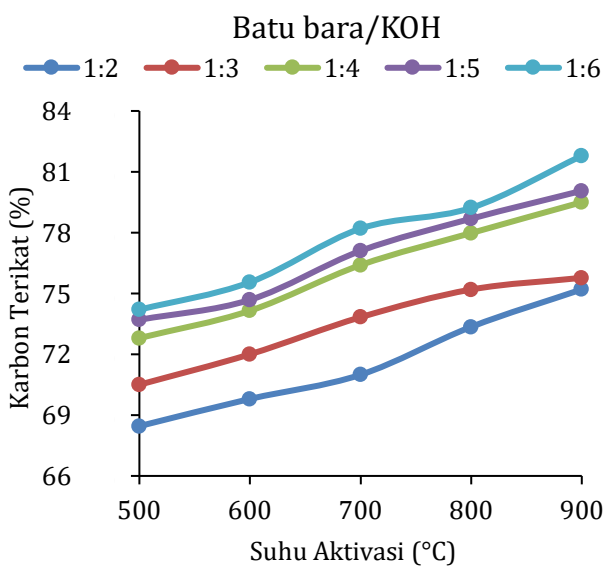
Gambar 3. Uji kadar zat terbang

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa kadar zat terbang mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya rasio batu bara/KOH dan bertambahnya suhu aktivasi. Penurunan yang terjadi dapat disebabkan oleh aktivator KOH yang bekerja dengan menghilangkan pengotor yang masih menempel pada pori karbon aktif. Penurunan yang terjadi oleh KOH tidak bernilai

signifikan. Hal tersebut diduga dapat dipengaruhi oleh kurang besarnya beda konsentrasi rasio yang digunakan pada aktivasi. Sementara itu penurunan yang terjadi akibat suhu aktivasi disebabkan karena adanya intrusi dari panas yang digunakan (Septiana et al., 2022). Kadar zat terbang tertinggi dimiliki oleh karbon aktif dengan suhu karbonisasi 800°C dan rasio 1:2 dengan suhu aktivasi fisika 500°C yakni sebesar 21,4%. Sedangkan kadar zat terbang terendah dimiliki oleh karbon aktif dengan suhu karbonisasi 800°C dan rasio 1:6 dengan suhu aktivasi fisika 900°C yakni sebesar 6,9%. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa karbon aktif yang dihasilkan telah memenuhi SNI 06-3730-1995 yakni kurang dari 25%.

**3.5 Uji Kadar Karbon Terikat**

Hasil uji kadar karbon terikat pada karbon aktif dapat dilihat dalam Gambar 4.



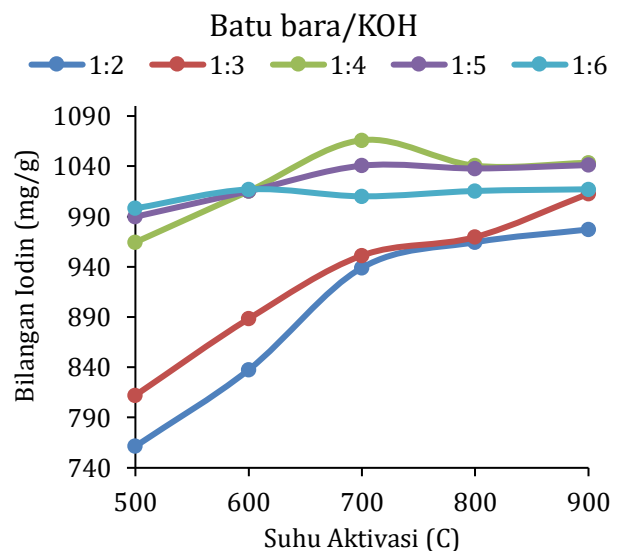
**Gambar 4.** Uji kadar karbon terikat

Dari Gambar 4 terlihat bahwa persentase kadar karbon mengalami kenaikan seiring naiknya rasio batu bara/KOH dan bertambahnya suhu aktivasi fisika. Tingginya kadar karbon terikat dipengaruhi oleh kadar abu dan kadar zat terbang. Kadar karbon terikat tertinggi dimiliki oleh karbon aktif dengan suhu karbonisasi 800°C dan rasio 1:6 dengan suhu aktivasi fisika 900°C yakni sebesar 81,8%. Tingginya nilai kadar karbon disebabkan oleh rendahnya nilai kadar abu dan kadar zat terbang pada karbon aktif. Sedangkan untuk kadar karbon terikat terendah dimiliki oleh karbon aktif dengan suhu karbonisasi 800°C dan rasio 1:2 dengan suhu aktivasi fisika 500°C yakni sebesar 68,5%. Hal tersebut dikarenakan nilai kadar abu yang tinggi dari pengaruh suhu aktivasi fisika sehingga memengaruhi perhitungan kadar karbon pada karbon aktif. Secara keseluruhan didapatkan bahwa karbon aktif yang dihasilkan telah memenuhi SNI 06-3730-1995 yakni minimum 65%.

**3.6 Uji Bilangan Iodin**

Dari Gambar 5 terlihat bahwa jumlah iodine yang teradsorpsi mengalami kenaikan seiring naiknya rasio

batu bara/KOH dan bertambahnya suhu aktivasi fisika. Seiring meningkatnya suhu dan rasio aktivator KOH, pengotor-pengotor yang mulanya terdapat pada bagian pori yang menutupi pori ikut terlepas atau teruapkan sehingga memperluas permukaan karbon aktif. Sementara kenaikan bilangan iodine akibat pengaruh suhu aktivasi terjadi karena semakin tinggi suhu aktivasi yang digunakan maka akan memperlebar luas permukaan dari bahan (Ramadhani et al., 2020). Kadar bilangan Iodin tertinggi dimiliki karbon aktif dengan suhu karbonisasi 800°C dan rasio 1:4 dengan suhu aktivasi fisika 700°C yakni sebesar 1065,96 mg/g. Sedangkan kadar karbon terikat terendah ada pada karbon aktif dengan suhu karbonisasi 800°C dan rasio 1:2 dengan suhu aktivasi fisika 500°C yakni sebesar 761,4 mg/g. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa karbon aktif yang dihasilkan telah memenuhi SNI 06-3730-1995 yakni minimum 750 mg/g. Setelah dilakukan serangkaian pengujian mutu SNI 06-3730-1995, karbon aktif dengan hasil yang dianggap paling baik dilanjutkan dengan uji luas permukaan untuk mengetahui seberapa besar luas permukaan yang dihasilkan.



**Gambar 5.** Uji bilangan iodine

**3.7 Analisis Luas Permukaan**

Analisis luas permukaan bertujuan untuk mengetahui luas permukaan karbon aktif dengan metode BET. Dari hasil uji SNI yang telah dilakukan, dipilih sampel karbon aktif terbaik yaitu sampel dengan dengan suhu pengaktivasian 700°C dengan perbandingan batu bara dan KOH 1:5. Didapatkan hasil luas permukaan karbon aktif yang terbuat dari batu bara antrasit dengan metode kimia fisika adalah 317,328 m<sup>2</sup>/g. Luas permukaan yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan luas permukaan karbon aktif berbahan dasar batu bara luar negeri dengan aktivator KOH seperti antrasit Maroko (jerrada) oleh Boujibar et al. (2019) yang memiliki luas permukaan sebesar 2934 m<sup>2</sup>/g, batu bara bituminus Turkish-Kozlu oleh Erdogan et al. (2018) sebesar 1904 m<sup>2</sup>/g, dan karbon aktif dari batu bara Pakistan (Dara Adam Khel Coal Mines) oleh (Wazir et al., 2020) yang memiliki luas

permukaan sebesar 1598 m<sup>2</sup>/g. Luas permukaan yang didapatkan tergolong cukup baik apabila dibandingkan dengan beberapa penelitian lokal seperti karbon aktif dari batu bara bituminus lokal dengan aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> oleh Kusdarini et al. (2017) didapatkan luas permukaannya sebesar 86,213 m<sup>2</sup>/g, karbon aktif dari batu bara sub-bituminus dengan aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> oleh Yulianti et al. (2024) didapatkan luas permukaannya sebesar 296,379 m<sup>2</sup>/g, dan komposit karbon aktif dari claystone batu bara dengan aktivator NaOH dan HCl oleh Paradise et al. (2021) didapatkan luas permukaannya sebesar 62,44 m<sup>2</sup>/g.

#### 4. KESIMPULAN

Semakin tinggi rasio berat batu bara/KOH yang digunakan, maka semakin rendah nilai dari kadar air, abu, dan zat terbang pada karbon aktif. Semakin besar suhu aktivasi fisika yang digunakan, maka semakin besar nilai dari kadar air, abu, dan bilangan iodin sementara semakin menurunkan kadar zat terbang. Didapatkan kondisi terbaik pada proses pembuatan karbon aktif dari batu bara antrasit yaitu suhu aktivasi sebesar 700°C dengan rasio berat batu bara/KOH sebesar 1:5. Pada kondisi tersebut didapatkan kadar air sebesar 9,9%, kadar abu sebesar 9,9%, kadar zat terbang sebesar 13%, kadar karbon terikat sebesar 77,1%, serapan iodine sebesar 1040,58 mg/gr, dan luas permukaan sebesar 317,328 m<sup>2</sup>/g. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terkait pengaplikasian karbon aktif dari batu bara antrasit sebagai adsorben. Disarankan untuk melakukan studi lebih lanjut dengan variabel maupun jenis bahan yang sama tetapi dengan aktivator yang berbeda.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Boujibar, O., Ghamouss, F., Ghosh, A., Achak, O., & Chafik, T. (2019). Activated carbon with exceptionally high surface area and tailored nanoporosity obtained from natural anthracite and its use in supercapacitors. *Journal of Power Sources*, 436(2019), 226882.
- Erdogan, F.O., & Kopac, T. (2018). Highly effective activated carbons from Turkish-Kozlu bituminous coal by physical and KOH activation and sorption studies with organic vapors, *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, 2018, 20180071.
- Esterlita, M.O., & Herlina, N. (2018). Pengaruh penambahan aktivator ZnCl<sub>2</sub>, KOH, dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dalam pembuatan karbon aktif dari pelepah aren (*Arenga pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1).
- Indonesia. Kementerian ESDM RI. (2021). Siaran pers cadangan batu bara Indonesia. <https://www.esdm.go.id>.
- Kusdarini, E., Budianto, A., & Ghafarunnisa, D. (2017). Produksi karbon aktif dari batubara bituminus dengan aktivasi tunggal H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, kombinasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>, dan termal. *Reaktor*, 17(2), 74-80.
- Lano, A.L., Ledo, M.E.S., & Nitsae, M. (2020). Pembuatan arang aktif dari tempurung siwalan (*Borassus flabellifer* L.) yang diaktivasi dengan kalium hidroksida (KOH). *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 5(1), 8-15.
- Legiso, Kalsum, U., & Aprianata, A. (2023). Pemanfaatan batubara subbituminus menjadi karbon aktif sebagai adsorben logam Fe (besi) pada limbah air lindi stockpile pltu batubara. *Jurnal Teknik Patra Akaedemika*, 14(1).
- Novananda, A., Rahmawati, I., Sani, Astuty, D.H., & Suprianti, L. (2020). Karbon aktif dari batu bara lignite dengan proses aktivasi menggunakan hidrogen flourida. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(1), 8-14.
- Nurrahman, A., Permana, E., Gusti, D.R., & Lestsri, I. (2021). Pengaruh konsentrasi aktivator terhadap kualitas karbon aktif dari batu bara lignit. *Jurnal Daur Lingkungan*, 4(2), 44-53.
- Paradise, M., Nursanto. E., & Nurkhamin. (2021). Pemanfaatan material overburden batubara sebagai komposit untuk menurunkan logam Mn dari air asam tambang batubara. *J IPL*, 1(1), 10-14.
- Pari, G., Widayati, D.T., & Yoshida, M. (2019). Mutu arang aktif dari serbuk gergaji kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 27(4).
- Patmawati, Y., & Kurniawan, A. (2017). Pemanfaatan batubara lignit kalimantan timur menjadi karbon aktif. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, 2017.
- Ramadhani, L.F., Nurjannah, I.M., Yulistiani, R., & Saputro, E.A. (2020). Review: teknologi aktivasi fisika pada pembuatan karbon aktif dari limbah tempurung kelapa. *Jurnal Teknik Kimia*, 2(26).
- Septiana, A.R., Teluma, Y.C.R., & Rifani, A. (2022). Sintesis dan karakterisasi karbon aktif dari prekursor batubara. *Indonesian Physical Review*, 5(1).
- Spencer, W., Senanayake, G., Altarawneh, M., Ibane, D., & Nikoloski, A.N. (2024). Review of the effects of coal properties and activation parameters on activated carbon production and quality. *Minerals Engineering*, 212(2024), 108712.
- Wazir, A.H., Haq, I.U., Manan, A., & Khan, A. (2020). Preparation and characterization of activated carbon from coal by chemical activation with KOH. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*. 1939-2702.
- Yulianti, R., Suliestyah, Tuheteru, E.J., Palit, C., & Yomaki, C.C. (2024). Studi isothermal adsorpsi karbon aktif batubara dengan aktivasi asam pospat terhadap logam Fe dan Mn dalam air asam tambang. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 9(1), 276-286.