

# Karakterisasi Arang Aktif dari Tongkol Jagung dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Natrium Klorida

*Characterization of Activated Charcoal from Corn Cobs with Varying Concentrations of Sodium Chloride Activator*

Yanti Nopiani\*, Evy Rossi, Nurhapni Arnas

Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Pekanbaru 28293, Indonesia

\*E-mail: yantinopiani@lecturer.unri.ac.id

Diterima: 28 April 2024; Disetujui: 19 Juli 2024

## ABSTRAK

Tongkol jagung merupakan bagian tanaman tempat melekatnya biji jagung, dimana tongkol jagung masih memiliki nilai ekonomis yang rendah, Limbah tongkol jagung biasanya hanya dimanfaatkan untuk pakan ternak, bahkan banyak masyarakat yang membuang begitu saja tanpa diproses lebih lanjut. Limbah tongkol jagung ini akan bertambah seiring dengan meningkatnya kapasitas produksi jagung. Untuk menghindari hal tersebut, perlu adanya pemanfaatan tongkol jagung agar dapat mengurangi limbah lingkungan, salah satunya yaitu dengan menjadikan tongkol jagung sebagai bahan baku pembuatan arang aktif. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh konsentrasi aktivator NaCl terbaik dalam pembuatan arang aktif dari tongkol jagung yang sesuai dengan SNI 06–3730–1995. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan enam perlakuan dan tiga ulangan sehingga diperoleh 18 unit percobaan. Perlakuan dalam penelitian adalah konsentrasi aktivator NaCl; K0 (konsentrasi NaCl 0%), K1 (NaCl 5%), K2 (NaCl 10%), K3 (NaCl 15%), K4 (NaCl 20%), dan K5 (NaCl 25%). Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan akan dilanjutkan dengan uji lanjut (DMRT) pada taraf 5% apabila  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ . Berdasarkan data analisis hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa peningkatan konsentrasi aktivator NaCl yang digunakan berpengaruh terhadap nilai kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, kadar karbon terikat, dan daya serap terhadap iodin arang aktif tongkol jagung yang dihasilkan. Perlakuan terbaik pada penelitian ini adalah K5 (konsentrasi NaCl 25%) dengan kadar air 7,68%, kadar abu 5,66%, kadar bahan mudah menguap 10,66%, kadar karbon tetap 76,33% dan serapan iodium 1159,02 mg/g.

**Kata kunci:** Aktivasi; arang aktif; natrium klorida; tongkol jagung.

## ABSTRACT

The corn cob is the part of the plant where corn seeds are attached, where corn cobs still have low economic value. Corn cob waste is usually only used for animal feed, and many people just throw it away without further processing. This corn cob waste will increase along with the increase in corn production capacity. To avoid this, it is necessary to utilize corn cobs in order to reduce environmental waste, one of which is by making corn cobs as raw material for making activated charcoal. The research aims to obtain the best concentration of sodium chloride (NaCl) activator in making activated charcoal from corn cobs. This research was carried out experimentally using a completely randomized design (CRD) consisting of six treatments and three replications to obtain 18 experimental units. The treatments in research were the concentration of NaCl activator; K0 (0% NaCl concentration), K1 (5% NaCl), K2 (10% NaCl), K3 (15% NaCl), K4 (20% NaCl), and K5 (25% NaCl). The observation data obtained were analyzed statistically, using analysis of variance (ANOVA) and continued with duncan's multiple range test (DMRT) at 5% level if  $F_{count} \leq F_{table}$ . The results showed that differences in NaCl concentration have a significant ( $p < 0,05$ ) effect on moisture content, ash content, volatile matter content, fixed carbon content, and iodine absorption. The best treatment in this research was K5 (25% NaCl concentration) with moisture content 7.68%, ash content 5.66%, volatile matter content 10.66%, fixed carbon content 76.33% and iodine absorption 1159.02 mg/g.

**Keyword:** Activation; activated carbon; corn cobs; sodium chloride.

## PENDAHULUAN

Tanaman jagung merupakan komoditas pangan berupa biji-bijian yang menduduki peringkat kedua sebagai pangan utama di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2023), produksi jagung di provinsi Riau meningkat setiap tahunnya dimana pada tahun 2023 produksi jagung mencapai 1.070,62 ton dengan luas panen sebesar 351,45 ha. Meningkatnya produksi jagung di Riau akan berdampak pada tingginya limbah yang dihasilkan, salah satunya adalah limbah tongkol jagung. Menurut Wirani (2017) biomassa yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan arang

aktif. Hal ini dikarenakan bahan tersebut merupakan struktur penyusun yang memiliki kemampuan dalam mengadsorpsi logam berat karena mengandung gugus aktif seperti OH dan COOH (Setiapraja *et al.*, 2024). Komposisi senyawa kimia tongkol jagung terdiri dari 45% selulosa, hemiselulosa 35% dan lignin 15% (Fitriani *et al.*, 2013).

Arang aktif merupakan karbon dengan struktur amorphous atau mikrokristalin yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas yang biasanya diperoleh dengan perlakuan khusus dan memiliki luas permukaan berkisar antara 300–2000 m<sup>2</sup>/g dan memiliki daya serap tinggi (Komariah *et al.*, 2013). Menurut Amin *et al.* (2016) tongkol jagung memiliki unsur karbon sebesar 43,42%. Adanya

kandungan karbon yang tinggi maka tongkol jagung dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif alami dan dapat digunakan pada proses adsorpsi air limbah yang mencemari lingkungan seperti pencemaran zat warna akibat dari industri tekstil.

Proses pembuatan arang aktif terdiri dari proses karbonisasi dan proses aktivasi. Proses karbonisasi merupakan tahapan transformasi kimia bahan baku berdasarkan pirolisis dengan temperatur 500–800°C (Amirudin *et al.*, 2020). Proses aktivasi merupakan proses yang sangat mempengaruhi arang aktif. Proses aktivasi ini bertujuan untuk menghilangkan hidrokarbon yang melapisi permukaan arang supaya porositas arang meningkat (Maulana *et al.*, 2017). Arang aktif akan mengalami perubahan sifat fisika maupun kimia, sehingga dapat berpengaruh terhadap daya adsorpsinya.

Proses aktivasi dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya yaitu konsentrasi aktivator yang digunakan. Pada penelitian ini aktivator yang digunakan adalah natrium klorida (NaCl). Penggunaan aktivator NaCl pada penelitian ini dikarenakan konsentrasi NaCl yang digunakan sangat mempengaruhi volume pori dari arang aktif dan NaCl mampu menghilangkan tar yang terbentuk selama proses karbonisasi. Menurut Permatasari *et al.* (2014) pada penelitiannya, bahwa arang aktif dari kulit singkong yang diaktivasi dengan NaCl menghasilkan karakteristik lebih baik dari pada kedua jenis aktivator yang lainnya seperti asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) dan potasium hidroksida (KOH). Arang aktif tersebut menghasilkan kadar karbon sebesar 70,281% dan daya serap terhadap iod sebesar 1208,8303 mg/g yang merupakan parameter penentu dari kualitas arang aktif.

Penggunaan aktivator dengan konsentrasi yang tinggi akan semakin besar pengaruhnya untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati rongga atau pori-pori dari arang aktif, sehingga volume pori semakin luas. Penelitian tentang arang aktif menggunakan aktivator NaCl sudah pernah dilakukan salah satunya yaitu penelitian Masriatini *et al.* (2020) tentang pemanfaatan limbah kulit pisang menjadi arang aktif dengan variasi konsentrasi aktivator NaCl sebesar 15–60%, dimana konsentrasi aktivator sangat berpengaruh terhadap uji kadar air, kadar abu, uji kadar zat menguap, uji daya serap terhadap iod dan kadar karbon. Konsentrasi NaCl yang terbaik untuk menghasilkan arang aktif dari limbah kulit pisang sesuai SNI 06–3730–1995 yaitu sebesar 60% dengan hasil kadar air sebesar 10,7%, kadar abu sebesar 9,55%, kadar zat mudah menguap sebesar 13,8%, daya serap terhadap iod sebesar 1516,45 mg/g serta kadar arang aktif murni sebesar 76,65%.

Hasil penelitian Meilanti (2020) pada arang tongkol jagung yang menggunakan aktivator natrium karbonat dengan variasi konsentrasi 4,5–6,5% juga menunjukkan bahwa arang aktif dari tongkol jagung yang dengan konsentrasi terpilih yaitu 6,5% menghasilkan kadar air 0,46%, kadar abu 6,0%, zat terbang 5,4%, dan daya serap terhadap larutan iodium sebesar 1143 mg/g. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh konsentrasi aktivator NaCl terbaik dalam pembuatan arang aktif dari tongkol jagung dan pengaruhnya terhadap karakteristik kimia arang aktif yang sesuai dengan SNI 06–3730–1995.

## METODOLOGI

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah timbangan analitik, oven, tanur, desikator, magnetic stirrer, beaker glass, gelas ukur, labu ukur, alat titrasi, spatula, mortar, alu, wadah plastik,

buret, cawan porselen, hot plate, ayakan 80 mesh, pengaduk, pipet tetes, corong dan indikator pH. Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah tongkol jagung manis yang diperoleh dari pedagang es jagung di Jl. Kuaran, Kecamatan Bukit Raya, Pekanbaru. Bahan kimia yang digunakan adalah NaCl, larutan iodin 0,1 N, natrium thiosulfat ( $Na_2S_2O_3$ ) 0,1 N, larutan amilum 1%, akuades dan kertas saring.

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Pekanbaru.

### Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan enam perlakuan dan tiga ulangan sehingga diperoleh 18 unit percobaan). Penelitian ini menggunakan RAL karena satuan percobaan yang digunakan homogen atau tidak ada faktor lain yang mempengaruhi respons di luar faktor yang diteliti. Selain itu perancangan dan pelaksanaannya mudah, analisis datanya sederhana dan lebih fleksibel. Perlakuan ini mengacu pada Hartini (2014).

- K0 = Penambahan konsentrasi NaCl 0% (b/b)
- K1 = Penambahan konsentrasi NaCl 5% (b/b)
- K2 = Penambahan konsentrasi NaCl 10% (b/b)
- K3 = Penambahan konsentrasi NaCl 15% (b/b)
- K4 = Penambahan konsentrasi NaCl 20% (b/b)
- K5 = Penambahan konsentrasi NaCl 25% (b/b)

### Analisis Data

Data yang diperoleh dari uji kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, kadar karbon terikat dan daya serap terhadap iodin dianalisis menggunakan software IBM SPSS statistik versi 23 dengan *Analysis of Variance* (ANOVA). Penggunaan ANOVA karena pada penelitian ini hanya terdapat satu faktor yang mempengaruhi variabel respon yaitu konsentrasi aktivator NaCl. Asumsi-asumsi yang mendasari penggunaan metode analisis ini adalah normalitas, kehomogenan ragam, independensi dan aditif. Pada penelitian ini menggunakan DMRT sebagai uji lanjut karena adanya pengaruh nyata antara konsentrasi aktivator NaCl dengan karakteristik arang aktif tongkol jagung sehingga  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ .

### Pelaksanaan Penelitian

#### Persiapan Tongkol Jagung

Proses ini mengacu pada Purnamawati *et al.*, (2019), dimana tongkol jagung yang sudah diperoleh kemudian dipotong kecil-kecil. Tongkol jagung kemudian dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari selama 3 hari hingga kering. Tongkol jagung yang telah dijemur di bawah sinar matahari kemudian dikeringkan menggunakan oven selama 1 jam dengan suhu 105°C untuk mengurangi kadar air dalam tongkol jagung.

#### Pembuatan Arang Tongkol Jagung

Proses pembuatan arang dari tongkol jagung mengacu pada Agustin (2020). Tongkol jagung yang telah kering kemudian dipanaskan menggunakan tanur dengan suhu 400°C selama 1 jam hingga menjadi arang. Arang tongkol jagung kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan ukuran 80 mesh.



Gambar 1. Proses penjemuran tongkol jagung di bawah sinar matahari



Gambar 2. Proses aktivasi arang tongkol jagung menggunakan aktivator NaCl

#### Proses Pembuatan Larutan Natrium Klorida

Pembuatan larutan NaCl mengacu pada Hartini (2014). Padatan NaCl ditimbang sesuai dengan perlakuan yaitu konsentrasi NaCl 5% sebanyak 5 g, 10% (10 g), 15% (15 g), 20% (20 g), dan 25% (25 g). Masing-masing ditambahkan ke dalam *beaker glass* ukuran 100 mL, kemudian ditambahkan 100 mL akuades. Selanjutnya dimasukkan ke dalam labu ukur, lalu diaduk hingga homogen.

#### Proses Aktivasi Arang dengan Natrium Klorida

Proses aktivasi arang mengacu pada Meilianti (2020). Tahap pertama yaitu arang ditimbang sebanyak 13 g dan kemudian direndam dalam larutan NaCl dengan variasi konsentrasi sesuai perlakuan yaitu 0, 5, 10, 15, 20 dan 25% selama 24 jam. Arang aktif yang telah didiamkan kemudian disaring menggunakan kertas saring dan dibilas dengan akuades hingga pH netral. Arang aktif kemudian dipanaskan di dalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam. Arang aktif yang telah dihasilkan kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruang dan selanjutnya ditimbang untuk proses pengamatan.

#### Pengamatan Kadar Air

Analisis kadar air mengacu pada Badan Standardisasi Nasional (1995). Arang aktif ditimbang sebanyak  $\pm 2$  g dan

dimasukkan ke dalam cawan porselin yang sudah ditimbang dan diketahui beratnya. Arang aktif tongkol jagung dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105°C selama  $\pm 1$  jam dan selanjutnya didinginkan dalam desikator selama 20 menit, kemudian ditimbang kembali hingga berat yang didapatkan berat konstan. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Kadar air} = \frac{W1 - W2}{W1 - W0} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

W0 = Massa cawan kosong (g)

W1 = Massa cawan + massa bahan sebelum di oven (g)

W2 = Massa cawan + massa bahan setelah di oven (g)

**Kadar Zat Mudah Menguap**

Analisis kadar zat mudah terbang mengacu pada Badan Standardisasi Nasional (1995). Sampel arang aktif sebanyak ±1 g dimasukkan ke dalam cawan porselen yang sebelumnya telah ditimbang dan diketahui beratnya. Arang aktif kemudian dipanaskan di dalam tanur selama 10 menit dengan suhu 950°C. Cawan dikeluarkan dan didinginkan di dalam desikator selama 1 jam, dan kemudian ditimbang untuk memperoleh massa akhir dari arang aktif. Perhitungan kadar zat mudah menguap dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Kadar zat menguap}(\%) = \frac{\text{Selisih berat sampel}}{\text{Berat sampel kering oven}} \times 100 \quad (2)$$

**Kadar Abu**

Analisis kadar abu mengacu pada Badan Standardisasi Nasional (1995). Cawan porselen sebelum digunakan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 100°C selama 20 menit dan kemudian didinginkan di dalam desikator selama 10 menit. Cawan porselen kemudian ditimbang hingga diperoleh berat keringnya (Pane & Hamzah, 2018). Arang aktif sebanyak ±2 g dimasukkan ke dalam cawan porselen dan diabukan dalam tanur selama 2,5 jam dengan suhu 650°C. Perhitungan kadar abu dari arang aktif dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{Berat abu}}{\text{Berat sampel}} \times 100\% \quad (3)$$

**Kadar Karbon Terikat**

Analisis kadar karbon terikat mengacu pada Badan Standardisasi Nasional (1995). Perhitungan dilakukan dengan cara pengurangan dari kadar abu dan kadar zat mudah menguapnya. Berikut persamaan untuk menghitung kadar karbon terikat.

$$\text{Kadar karbon terikat} (\%) = 100(A + B + C) \quad (4)$$

Dimana:

A = Kadar zat mudah menguap (%)

B = Kadar abu (%)

Tabel 1. Rata-rata kadar air arang aktif

Perlakuan	Kadar air (%)
K0 = Penambahan konsentrasi NaCl 0% (b/b)	9,83 <sup>e</sup> ±0,04
K1 = Penambahan konsentrasi NaCl 5% (b/b)	9,72 <sup>d</sup> ±0,06
K2 = Penambahan konsentrasi NaCl 10% (b/b)	8,60 <sup>c</sup> ±0,09
K3 = Penambahan konsentrasi NaCl 15% (b/b)	8,52 <sup>c</sup> ±0,02
K4 = Penambahan konsentrasi NaCl 20% (b/b)	8,31 <sup>b</sup> ±0,04
K5 = Penambahan konsentrasi NaCl 25% (b/b)	7,68 <sup>a</sup> ±0,06

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata (p<0,05)

Tabel 2. Rata-rata nilai kadar abu arang aktif

Perlakuan	Kadar abu (%)±SD
K0 = Penambahan konsentrasi NaCl 0% (b/b)	9,23 <sup>f</sup> ±0,10
K1 = Penambahan konsentrasi NaCl 5% (b/b)	8,83 <sup>e</sup> ±0,17
K2 = Penambahan konsentrasi NaCl 10% (b/b)	7,83 <sup>d</sup> ±0,05
K3 = Penambahan konsentrasi NaCl 15% (b/b)	7,41 <sup>c</sup> ±0,06
K4 = Penambahan konsentrasi NaCl 20% (b/b)	6,40 <sup>b</sup> ±0,12
K5 = Penambahan konsentrasi NaCl 25% (b/b)	5,32 <sup>a</sup> ±0,10

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata (p<0,05)

C = Kadar air (%)

**Daya Serap Iodin**

Uji daya serap iodin mengacu pada Badan Standardisasi Nasional (1995). Arang aktif yang telah dikeringkan di oven ditimbang sebanyak ±0,25 g dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Larutan iodin (I<sub>2</sub>) 0,1 N sebanyak 25 ml ditambahkan dan diaduk menggunakan *stirrer* selama 15 menit dan kemudian diaduk menggunakan batang pengaduk. Larutan kemudian disaring menggunakan kertas saring. Hasil larutan yang disaring kemudian diambil sebanyak 10 ml menggunakan pipet tetes dan dititrasi dengan larutan *tiosulfat* (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0,1 N hingga warnanya bening. Perhitungan daya serap arang aktif terhadap iodin mengacu pada Huda *et al.* (2020) dan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$DSI = \frac{\left( ml \text{ sampel} - \frac{T - C1}{C2} \right) \times W1 \times Fp}{\text{Berat sampel arang aktif}} \quad (5)$$

Dimana:

- DSI = Daya serap iodin (mg/g)
- ml sampel = Sampel filtrat yang dititrasi (ml)
- T = Volume titrasi Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (ml)
- C1 = Konsentrasi Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,1 N)
- C2 = Konsentrasi Iodin (0,1 N)
- W1 = Berat Iodin (12,693 mg/ml)
- Fp = Faktor pengencer (5)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kadar Air**

Kadar air merupakan banyaknya jumlah air yang terkandung di dalam suatu bahan yang dinyatakan dalam satuan persen. Penetapan kadar air arang aktif bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari arang aktif (kemampuan mengikat molekul air) (Lano *et al.*, 2020). Sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi NaCl berpengaruh nyata terhadap kadar air arang aktif tongkol jagung. Rata-rata kadar air arang aktif tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 3. Rata-rata nilai kadar zat mudah menguap arang aktif

Perlakuan	Kadar zat mudah menguap (%)±SD
K0 = Penambahan konsentrasi NaCl 0% (b/b)	19,59 <sup>e</sup> ±0,70
K1 = Penambahan konsentrasi NaCl 5% (b/b)	15,41 <sup>d</sup> ±1,50
K2 = Penambahan konsentrasi NaCl 10% (b/b)	13,93 <sup>c</sup> ±0,51
K3 = Penambahan konsentrasi NaCl 15% (b/b)	12,44 <sup>b</sup> ±0,32
K4 = Penambahan konsentrasi NaCl 20% (b/b)	10,81 <sup>a</sup> ±0,54
K5 = Penambahan konsentrasi NaCl 25% (b/b)	10,66 <sup>a</sup> ±0,55

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ( $p < 0,05$ )

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa kadar air pada perlakuan K0 berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) pada perlakuan lainnya, dan kadar air pada perlakuan K2 berbeda tidak nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap kadar air perlakuan K3. Kadar air pada arang aktif tongkol jagung yang dihasilkan berkisar antara 7,68–9,83% dengan nilai kadar air terendah pada perlakuan K5 yaitu sebesar 7,68% dan kadar air tertinggi terdapat pada perlakuan K0 yaitu sebesar 9,83%.

Menurunnya kadar air disebabkan karena garam NaCl yang terionisasi akan menarik molekul-molekul air disekitarnya dan peristiwa ini disebut dengan proses hidrasi (Sahraeni *et al.*, 2019). Arang aktif dengan konsentrasi NaCl 25% (K5) lebih banyak menarik molekul air yang terdapat pada pori-pori arang aktif sehingga kandungan air yang ada di dalam arang aktif lebih sedikit dari arang aktif tanpa menggunakan aktivator (K0).

Kadar air pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan kadar air pada penelitian Masriatini *et al.* (2020) yang menggunakan bahan baku dari limbah kulit pisang dengan konsentrasi NaCl 15–60% dengan nilai kadar airnya berkisar antara 11–15%. Hal ini dikarenakan perbedaan bahan baku yang digunakan, dimana kulit pisang memiliki kadar sangat tinggi yaitu mencapai 68,90% sedangkan tongkol jagung memiliki kadar air sebesar 29,54%. Semakin rendah kadar air menunjukkan sedikitnya air yang tertinggal dan menutupi pori arang aktif, dengan demikian arang yang teraktivasi memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga dapat lebih baik dalam proses adsorpsi dari pada arang aktif yang tidak diaktivasi (K0).

Semakin pekat konsentrasi aktivator yang digunakan maka akan semakin sedikit kadar air yang terkandung pada arang aktif. Kadar air yang sedikit akan memperbesar luas permukaan dan akan meningkatkan proses adsorpsi arang aktif. Berdasarkan standar SNI 06–3730–1995 nilai kadar air arang aktif maksimal 15%. Nilai kadar air pada penelitian ini secara keseluruhan telah memenuhi standar SNI 06–3730–1995.

### Kadar Abu

Kadar abu merupakan persentase berat oksida-oksida mineral dalam karbon seperti silikon, sulfur, kalsium, dan komponen lain dalam jumlah kecil (Lano *et al.*, 2020). Penetapan kadar abu bertujuan untuk mengetahui kandungan abu pada arang aktif dikarenakan apabila kandungan abu semakin tinggi maka mengakibatkan daya serap yang dihasilkan semakin rendah. Rata-rata kadar abu arang aktif tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai kadar abu berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) pada setiap perlakuan. Nilai kadar abu arang aktif tongkol jagung yang dihasilkan berkisar antara 5,32–9,23% dengan nilai kadar abu terendah pada perlakuan K5 yaitu sebesar 5,32% dan nilai kadar abu tertinggi pada perlakuan K0 sebesar 9,23%.

Semakin tinggi konsentrasi aktivator NaCl digunakan, maka semakin rendah nilai kadar abu arang aktif yang

dihasilkan. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh konsentrasi aktivator yang digunakan pada proses aktivasi, sehingga arang aktif dengan konsentrasi NaCl yang tinggi akan memenuhi permukaan arang dan melepaskan oksida logam yang terkandung di dalam arang aktif sehingga kadar abu yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi yang lebih sedikit. Menurut Murtono dan Iriany (2017) penurunan kadar abu arang aktif disebabkan oleh reaksi aktivator dengan mineral yang kemudian hilang pada saat proses pencucian.

Penurunan kadar abu pada arang aktif juga berkaitan dengan kemampuan korosif dari NaCl yang telah melepaskan pengotor pada permukaan arang. Menurut Lano *et al.* (2020) arang aktif terdiri dari lapisan-lapisan bertumpuk satu sama lain yang membentuk pori-pori arang, umumnya mengandung pengotor berupa mineral anorganik dan oksida logam yang menutupi pori. Selama proses aktivasi ini, NaCl akan mengikis permukaan arang sehingga pengotor pada permukaan arang akan berkurang yang ditandai dengan warna cokelat kehitaman pada campuran arang dan aktivator.

Kandungan abu menggambarkan kemurnian dari arang aktif yang diproduksi, dimana nilai kadar abu pada arang aktif harus rendah agar daya serap arang aktif semakin meningkat. Kadar abu yang dihasilkan merupakan pengotor arang aktif dan kadar abu ini memengaruhi reaktivitas arang aktif, sehingga keberadaan abu yang berlebihan pada arang aktif dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori arang sehingga luas permukaan menjadi berkurang (Permatasari *et al.*, 2014).

### Kadar Zat Mudah Menguap

Kadar zat mudah menguap merupakan gambaran adanya pemutusan ikatan terhadap atom-atom seperti C, H, O dan N yang terikat pada gugus-gugus yang terbentuk dan menguap karena pemanasan (Yunus *et al.*, 2018). Penentuan kadar zat mudah menguap bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa yang dapat menguap pada suhu 950°C. Rata-rata kadar zat mudah menguap pada arang aktif tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa kadar zat mudah menguap pada perlakuan K0 berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) pada setiap perlakuan. Nilai kadar zat mudah menguap arang aktif tongkol jagung yang dihasilkan berkisar antara 10,66–19,59% dengan persentase paling tinggi yaitu pada perlakuan K0 sebesar 19,59% dan persentase terendah pada perlakuan K4 dan K5 sebesar 10,66–10,81%.

Semakin tinggi konsentrasi aktivator NaCl maka semakin rendah kadar zat mudah menguap arang aktif tongkol jagung yang dihasilkan. Menurunnya kadar zat mudah menguap pada arang aktif tongkol jagung ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi larutan NaCl yang mampu menghilangkan zat pengotor yang terkandung di dalam arang aktif sehingga mampu meningkatkan diameter pori yang dapat menutupi pori karbon aktif pada saat proses pembakaran.

Tabel 4. Rata-rata nilai kadar karbon terikat arang aktif

Perlakuan	Kadar karbon terikat (%)±SD
K0 = Penambahan konsentrasi NaCl 0% (b/b)	61,34 <sup>a</sup> ±0,79
K1 = Penambahan konsentrasi NaCl 5% (b/b)	66,02 <sup>b</sup> ±1,35
K2 = Penambahan konsentrasi NaCl 10% (b/b)	69,62 <sup>c</sup> ±0,64
K3 = Penambahan konsentrasi NaCl 15% (b/b)	71,63 <sup>d</sup> ±0,37
K4 = Penambahan konsentrasi NaCl 20% (b/b)	74,46 <sup>e</sup> ±0,70
K5 = Penambahan konsentrasi NaCl 25% (b/b)	76,33 <sup>f</sup> ±0,48

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ( $p < 0,05$ )

Tabel 5. Rata-rata nilai kadar karbon terikat arang aktif

Perlakuan	Daya serap iodine (mg/g) ±SD
K0 =Penambahan konsentrasi NaCl 0% (b/b)	126,90 <sup>a</sup> ±25,38
K1 =Penambahan konsentrasi NaCl 5% (b/b)	752,94 <sup>b</sup> ±52,83
K2 =Penambahan konsentrasi NaCl 10% (b/b)	778,32 <sup>b</sup> ±29,31
K3 =Penambahan konsentrasi NaCl 15% (b/b)	964,44 <sup>c</sup> ±25,38
K4 =Penambahan konsentrasi NaCl 20% (b/b)	1074,42 <sup>d</sup> ±14,65
K5 =Penambahan konsentrasi NaCl 25% (b/b)	1159,02 <sup>e</sup> ±38,77

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ( $p < 0,05$ )

Sehingga senyawa kompleks yang dapat menutupi pori karbon dapat teruapkan pada saat dibakar pada suhu 950°C. Menurut Murtono dan Iriany (2017) penurunan kadar zat mudah menguap menunjukkan bahwa residu yang terkandung di dalam arang aktif lebih mudah menguap karena jumlahnya yang sangat sedikit.

Tinggi rendahnya kadar zat mudah menguap yang dihasilkan, menunjukkan bahwa permukaan arang aktif masih tertutupi oleh senyawa non karbon sehingga mempengaruhi kemampuan daya serapnya. Kadar zat mudah menguap yang tinggi menunjukkan bahwa permukaan arang aktif mengandung zat mudah menguap yang berasal dari hasil interaksi antara karbon dengan uap air.

Rata-rata kadar zat mudah menguap pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Sahraeni et al. (2019) yang menggunakan bahan baku arang aktif dari tanah gambut dengan konsentrasi aktivator NaCl 0–30%.

Perbedaan nilai kadar zat mudah menguap ini disebabkan karena penggunaan bahan baku dan konsentrasi aktivator NaCl yang berbeda. Penelitian Sahraeni et al. (2019) menghasilkan nilai kadar zat mudah menguap sebesar 13,79–15,34% dengan perlakuan terbaik pada konsentrasi NaCl 30% yang menghasilkan kadar zat mudah menguap sebesar 13,79%. Sama halnya dengan penelitian ini, dimana nilai kadar zat mudah menguap terendah di perlakuan K5 yaitu sebesar 10,66% dengan konsentrasi 25%. Hal ini sesuai dengan Murtono dan Iriany (2017) yaitu semakin pekat konsentrasi aktivator yang digunakan, maka lebih banyak zat yang mudah menguap bereaksi dengan aktivator.

Menurut Huda et al. (2020) bahwa semakin tinggi kadar zat mudah menguap maka kemampuan arang aktif untuk mengadsorpsi semakin menurun, maka dari itu kadar zat mudah menguap yang tinggi sangat tidak diinginkan, karena senyawa yang menempel pada permukaan arang aktif dapat menurunkan daya serapnya baik terhadap larutan maupun gas. Berdasarkan syarat mutu arang aktif SNI 06–3730–1995 kadar zat mudah menguap arang aktif serbuk maksimal 25%. Kadar zat mudah menguap untuk semua perlakuan

pada penelitian ini telah memenuhi syarat mutu SNI, yaitu berkisar antara 10,66–19,59%.

#### Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat merupakan komponen fraksi karbon, dalam arang aktif yang merupakan hasil dari proses pengurangan selain air, abu, dan zat volatil (Lano et al., 2020). Analisis kadar karbon terikat bertujuan untuk mengetahui kadar karbon yang terkandung dalam arang aktif setelah dilakukan proses karbonisasi dan proses aktivasi. Rata-rata kadar karbon terikat pada arang aktif tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa kadar karbon terikat pada arang aktif tongkol jagung berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap setiap perlakuan. Nilai kadar karbon terikat yang diperoleh berkisar antara 61,34–76,33%, dengan persentase terendah pada perlakuan K0 yaitu sebesar 61,34% dan persentase tertinggi pada perlakuan K5 dengan nilai kadar karbon terikat sebesar 76,33%. Kadar karbon terikat pada arang aktif tongkol jagung semakin tinggi seiring dengan bertambahnya konsentrasi aktivator NaCl yang digunakan. Hal ini disebabkan karena rendahnya persentase nilai kadar abu dan kadar zat mudah menguap yang terdapat pada arang aktif tongkol jagung setelah diaktivasi. Hal ini sesuai dengan Lano et al. (2020), semakin tinggi nilai kadar abu dan kadar zat mudah menguap maka nilai kadar karbon terikat akan semakin rendah atau sebaliknya semakin rendah kadar abu dan kadar zat mudah menguap maka nilai kadar karbon terikat semakin tinggi.

Kadar karbon pada arang aktif juga sangat dipengaruhi oleh dengan adanya kandungan selulosa atau lignin yang terkandung di dalam bahan baku yang digunakan. Pane dan Hamzah (2018) mengatakan bahwa semakin tinggi kandungan selulosa pada bahan baku arang aktif, maka semakin tinggi pula kadar karbon terikat arang aktif yang dihasilkan. Kandungan selulosa dalam tongkol jagung cukup besar yaitu sebesar 45%, hemiselulosa 35% dan lignin 15% (Fitriani et al., 2013). Tingginya kadar karbon terikat disebabkan karena komponen penyusun selulosa adalah karbon.

Rata-rata nilai kadar karbon terikat arang aktif pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Hendrawan *et al.* (2017). Nilai kadar karbon yang dihasilkan pada penelitian tersebut tidak memenuhi SNI 06–3730–1995 yaitu berkisar antara 16–20% dengan konsentrasi 0–15%. Hal ini disebabkan karena perbedaan bahan baku yang digunakan, dimana penelitian tersebut menggunakan bahan baku dari ampas tebu. Menurunnya kadar karbon terikat arang aktif dikarenakan pada saat proses karbonisasi oksidasi terjadi kurang sempurna, sehingga NaCl lebih banyak mengikat garam-garam mineral seperti sodium, chlorine dan mineral-mineral lainnya. Pengikatan garam-garam mineral oleh aktivator dapat menghilangkan kandungan utamanya berupa karbon (C) sehingga mempengaruhi nilai kandungan karbon yang terikat Berdasarkan syarat mutu arang aktif SNI 06–3730–1995 kadar karbon terikat arang aktif serbuk minimal 65%. Kadar karbon terikat arang aktif untuk semua perlakuan pada penelitian ini telah memenuhi syarat mutu SNI, kecuali pada perlakuan K0.

### Daya Serap Iodin

Pengujian daya serap iodin merupakan salah satu parameter yang harus dilakukan untuk mengetahui kualitas dari arang aktif. Tujuan dari penetapan daya serap arang aktif terhadap iodin adalah untuk mengetahui kemampuan dari arang aktif dalam menyerap larutan berwarna. Rata-rata nilai daya serap iodin arang aktif dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai daya serap iodin arang aktif tongkol jagung berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap setiap perlakuan. Nilai daya serap iodin arang aktif tongkol jagung pada penelitian ini berkisar antara 126,90–1159,02 mg/g, dengan nilai terendah pada perlakuan K0 yaitu sebesar 126,90 mg/g dan nilai tertinggi pada perlakuan K5 sebesar 1159,02 mg/g. Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaCl yang digunakan, maka semakin besar nilai daya serap arang aktif tongkol jagung terhadap iodin. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi aktivator NaCl digunakan maka pori-pori arang aktif akan semakin besar sehingga daya serap yang dihasilkan juga semakin besar. Aktivator NaCl berperan dalam membentuk pori pada arang, dimana penambahan aktivator NaCl menyebabkan mineral abu teradsorpsi pada garam sehingga mengakibatkan volume pori bertambah, dan semakin banyak pori yang terbentuk pada arang aktif maka iodin yang terjerap akan semakin banyak.

Peningkatan daya serap iodin ini memperlihatkan bahwa atom karbon yang membentuk kristal heksagonal semakin banyak sehingga celah atau pori yang terbentuk di antara lapisan kristalit juga semakin besar (Nurrahman *et al.*, 2021). Menurut Yuningsih *et al.* (2016) semakin tinggi konsentrasi aktivator maka larutan akan semakin pekat sehingga larutan aktivator akan lebih mudah dalam mengikat tar dan zat volatil hasil proses karbonisasi. Akibatnya arang aktif akan semakin kekurangan tar dan zat volatil yang ikut terbuang saat proses pencucian, sehingga arang aktif akan semakin bebas dan memiliki luas permukaan aktif yang semakin besar. Semakin banyak pori yang terbentuk maka iodin yang terjerap juga akan semakin banyak.

Meningkatnya nilai daya serap iodin dipengaruhi oleh kadar abu arang aktif, semakin rendah nilai kadar abu maka semakin tinggi nilai daya serap iodin. Hal ini sejalan dengan (Oko *et al.*, 2021) yang menyatakan bahwa kenaikan daya serap iodin berpengaruh pada kadar abu yang dihasilkan semakin rendah, karena keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif, sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang.

Daya serap iodin pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Alfiany *et al.* (2013) yang menggunakan bahan baku arang aktif dari tongkol jagung. Hal ini disebabkan oleh penggunaan bahan aktivator yang berbeda. Dimana pada penelitian ini menggunakan aktivator dari NaCl sedangkan Alfiany *et al.* (2013) menggunakan variasi bahan aktivator seperti  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ , dan HCl dan menghasilkan nilai daya serap iodin terpilih pada aktivator HCl sebesar 773,85 mg/g. Asam klorida (HCl) dengan mineral-mineral yang ada akan membentuk senyawa yang menghasilkan garam, dan penelitian ini juga menggunakan aktivator yang membentuk garam, sehingga arang aktif yang diaktivasi menggunakan aktivator yang mengandung garam akan menghasilkan daya serap yang lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan Oko *et al.* (2021), bahwa garam tersebut dapat berfungsi sebagai *dehydrating agent* yang membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan pada proses karbonisasi, sehingga angka iodin juga cenderung.

Berdasarkan syarat mutu arang aktif SNI 06–3730–1995 nilai daya serap iodin arang aktif minimal 750 mg/g. Hasil rata-rata nilai daya serap iodin pada perlakuan K1–K5 telah memenuhi SNI, sedangkan perlakuan K0 tidak memenuhi SNI 06–3730–1995 yaitu sebesar 126,90 mg/g.

### KESIMPULAN

Berdasarkan data analisis hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa peningkatan konsentrasi aktivator NaCl yang digunakan berpengaruh terhadap nilai kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, kadar karbon terikat, dan daya serap terhadap iodin arang aktif tongkol jagung yang dihasilkan dan telah memenuhi standar mutu arang aktif menurut SNI 06–3730–1995. Arang aktif dengan perlakuan terbaik terdapat pada perlakuan K5 (konsentrasi NaCl 25%) karena memiliki nilai daya serap iodin paling tinggi karena nilai daya serap terhadap iodin merupakan parameter yang dapat menunjukkan kualitas dari arang aktif. Perlakuan K5 menghasilkan nilai kadar air 7,68%, kadar abu 5,32%, kadar zat mudah menguap 10,66%, kadar karbon terikat 76,33% dan nilai daya serap iodin 1159,02 mg/g. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaplikasian arang aktif tongkol jagung sebagai adsorben terhadap air limbah.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, D. A. R. (2020). *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Tongkol Jagung dengan Aktivator  $H_3PO_4$  sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Agustina, S., Fitriana, A., Besar, B., Perindustrian, K., Ji, R. I., Kimia, B., & Rebo, P. (2018). Proses Peningkatan Luas Permukaan Karbon Aktif Tongkol Jagung. *Prosiding Seminar Rekayasa Teknologi*, 440–446.
- Alfiany, H., S. Bahri, dan Nurakhirawati. (2013). Kajian penggunaan arang aktif tongkol jagung sebagai adsorben logam pb dengan beberapa aktivator asam. *Jurnal Natural Science*. 2(3): 75–86.
- Amin, A., Sitorus, S., & Yusuf, B. (2016). Pemanfaatan limbah tongkol jagung (*Zea mays* L.) sebagai arang aktif dalam menurunkan kadar amonia, nitrit dan nitrat pada limbah cair industri tahu menggunakan teknik celup. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(2), 78–84. <https://repository.unmul.ac.id/bitstream/handle/123456789/17543>
- Amirudin, M., Novita, E., & Tasliman, T. (2020). Analisis



- variasi konsentrasi asam sulfat sebagai aktivasi arang aktif berbahan batang tembakau (*Nicotiana tabacum*). *Agroteknika*, 3(2), 99–108.
- Badan Pusat Statistik. 2023. Luas Panen, Produksi dan Produktivitas Jagung Menurut Provinsi. Badan Pusat Statistik. Jakarta Pusat.
- Badan Standardisasi Nasional. 1995. Arang Aktif Teknis. Badan Standardisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- Fitriani, Bahri, S., & Nurhaeni. (2013). Produksi bioetanol tongkol jagung (*Zea mays*) dari hasil proses delignifikasi. *Online Journal of Natural Science*, 2(3), 66–74.
- Hartini, L. (2014). *Karakterisasi Karbon Aktif Teraktivasi NaCl dari Ampas Tahu*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Hendrawan, Y., S. M. Sutan, dan R. Y. R. Kreative. (2017). 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*. 5(3): 200–207.
- Huda, S., Ratnani, R. D., & Kurniasari, L. (2020). Karakterisasi karbon aktif dari bambu ori (bambusa arundinacea) yang di aktivasi menggunakan asam klorida (HCl). *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 5(1), 22–27. <https://doi.org/10.31942/inteka.v5i1.3397>
- Komariah, L. N., Ahdia, S., & Sari, N. D. (2013). Pembuatan karbon aktif dari bonggol jagung manis (*Zea mays saccharata sturt*) dan aplikasinya pada pemurnian air rawa. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(3), 1–8.
- Lano, L. A., 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. <https://doi.org/10.24002/biota.v5i1.2948>
- Masriatini, R., Fatimura, M., & Putri, F. (2020). Pemanfaatan limbah kulit pisang menjadi karbon aktif dengan variasi konsentrasi aktivator NaCl. *Jurnal Redoks*, 5(2), 87–95. <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i2.4924>
- Maulana, G. G. R., Agustina, L., & Susi. (2017). Proses aktivasi arang aktif dari cangkang kemiri (*Aleurites moluccana*) dengan variasi jenis dan konsentrasi aktivator kimia. *Ziraa'ah*, 42(3), 247–256.
- Meilianti, M. (2020). Pembuatan karbon aktif dari arang tongkol jagung dengan variasi konsentrasi aktivator natrium karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). *Jurnal Distilasi*, 5(1), 14–20. <https://doi.org/10.32502/jd.v5i1.3025>
- Murtono, J., & Iriany. (2017). Pembuatan karbon aktif dari cangkang buah karet dengan aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan aplikasinya sebagai penyerap Pb (II). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(1), 43–48.
- Nurrahman, A., Permana, E., Gusti, D. R., & Lestari, I. (2021). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Kualitas Karbon Aktif dari Batubara Lignit. *Jurnal Daur Lingkungan*, 4(2), 44–53. <https://doi.org/10.33087/daurling.v4i2.86>
- Oko, S., Kurniawan, A., Sthefani, E., Palulun, B., Cipto, J., Kampus, M., Lipan, G., & Indonesia, K. T. (2021). Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Aktivator HCl terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Kopi. *Metana: Media Komunikasi Rekayasa Proses Dan Teknologi Teapt Guna*, 17(1), 15–21.
- Pane, G. C., & Hamzah, F. (2018). Pemanfaatan kulit buah durian padapembuatan arang aktif dengan metode aktivasi fisika-kimia menggunakan asam fosfat. *Jom Faperta*, 5(2), 1–14.
- Permatasari, A. R., Khasanah, L. U., & Widowati, E. (2014b). Karakteristik karbon aktif kulit singkong (Manihot utilissima) dengan variasi jenis aktivator. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 7(2), 70–75.
- Purnamawati, E., R, R., & Wiraningtyas, A. (2019). Pemanfaatan arang aktif dari tongkol jagung (*Zea mays* L.) sebagai adsorben zat warna sintetis ungu. *Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 2(2), 43–48. <https://doi.org/10.33627/re.v2i2.302>
- Sahraeni, S., Syahrir, I., & Bagus. (2019). Aktivasi kimia menggunakan NaCl pada pembuatan karbon aktif dari tanah gambut. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2019*, 145–150.
- Sani. (2011). Pembuatan karbon aktif dari tanah gambut. *Jurnal Teknik Kimia*, 5(2), 400–406.
- Setiapraja, L. A., Sururi, M. R., & Rachmawati, V. (2024). Potensi Limbah Biomassa Menjadi Karbon Aktif Sebagai Upaya Resources Recovery : Studi Literatur. *Jurnal Serambi Engineering*, IX(1), 7795–7800.
- Yuningsih, L. M., Mulyadi, D., & Kurnia, A. J. (2016). Pengaruh Aktivasi Arang Aktif dari Tongkol Jagung dan Tempurung Kelapa Terhadap Luas Permukaan dan Daya Jerap Iodin. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(1), 30–34. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i1.3091>