

## OPTIMALISASI ADSORPSI CO<sub>2</sub> MENGGUNAKAN ARANG BIJI SALAK AKTIV UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS UDARA

Rizki Mulianingsih, Retno Ambarwati, Sri Mulyaningsih

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik , Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

[retnotengaran@gmail.com](mailto:retnotengaran@gmail.com)

### ABSTRAK

Emisi gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan kontributor utama perubahan iklim. Menurut data International Energy Agency jumlah emisi karbon meningkat disetiap tahunnya dan mencapai lebih dari 36,8 Gt pada 2022. Meningkatnya emisi karbon memiliki dampak yang sangat buruk bagi kesehatan. Bahkan dalam penelitiannya disebutkan bahwa emisi karbon menjadi penyebab 4,5 juta kematian tahunan dengan penyakit pneumonia (12%), stroke (34%), penyakit jantung iskemik (26%), penyakit paru obstruktif kronik (22%), dan kanker paru-paru (6%). Untuk menghindari bahaya tersebut, perlu adanya kontrol dari emisi CO<sub>2</sub>, dengan salah satu caranya adalah mengoptimalkan adsorpsi CO<sub>2</sub>. Penelitian ini difokuskan pada upaya pengurangan kandungan CO<sub>2</sub> dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben arang biji salak, dengan variasi aktuator arang H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, KOH, NaCl, konsentrasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%. Ukuran adsorben yang digunakan 50 mesh. Aktivasi kimia menggunakan variable waktu perendaman arang selama 1 jam. Untuk aktivasi fisika, arang dipanaskan pada suhu 200°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi maksimal terjadi pada adsorben arang dengan aktuator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% dengan kadar CO<sub>2</sub> teradsorp 94,30%, KOH 30% dengan kadar CO<sub>2</sub> teradsorp 96,80%, dan NaCl 20% dengan kadar CO<sub>2</sub> teradsorp 91,74%.

**Kata Kunci :** Adsorpsi CO<sub>2</sub>, arang biji salak, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, KOH, NaCl.

### ABSTRACT

*Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) gas emissions are a major contributor to climate change. According to data from the International Energy Agency, the number of carbon emissions increases every year and reaches more than 36.8 Gt in 2022. Increasing carbon emissions have a very bad impact on health. In fact, in his study, it was stated that carbon emissions are the cause of 4.5 million annual deaths with pneumonia (12%), stroke (34%), ischemic heart disease (26%), chronic obstructive pulmonary disease (22%), and lung cancer (6%). To avoid these dangers, it is necessary to control CO<sub>2</sub> emissions, with one way is to use the CO<sub>2</sub> adsorption process.*

*This study is focused on efforts to reduce CO<sub>2</sub> content by adsorption method using salak seed charcoal adsorbent, with variations of H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, KOH, NaCl charcoal activators with concentrations of 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%. The size of the adsorbent used is 50 mesh. Chemical activation uses a variable charcoal soaking time of 1 hour. For physical activation, the charcoal is heated at a temperature of 200°C. The results showed that maximum adsorption occurred in charcoal adsorbents with 30% KOH activator with 96.80% adsorbed CO<sub>2</sub> content, 10% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> with 94.30% adsorbed CO<sub>2</sub> content and 20% NaCl with 91.74% adsorbed CO<sub>2</sub> content.*

### PENDAHULUAN

Emisi gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) merupakan kontributor utama perubahan iklim. Menurut data International Energy Agency [1], jumlah emisi karbon meningkat disetiap tahunnya dan mencapai lebih dari 36,8 Gt pada 2022. Berdasarkan riset yang dilakukan oleh Bahri dkk.[2], meningkatnya emisi karbon memiliki dampak yang sangat buruk bagi kesehatan. Bahkan dalam penelitiannya disebutkan bahwa emisi karbon menjadi penyebab 4,5 juta kematian tahunan dengan penyakit pneumonia (12%), stroke (34%), penyakit jantung iskemik (26%), penyakit paru obstruktif kronik (22%), dan kanker paru-paru (6%).

Untuk menghindari bahaya tersebut, perlu adanya kontrol dari emisi  $\text{CO}_2$ . Beberapa upaya telah diambil untuk mengurangi emisi  $\text{CO}_2$ , seperti implementasi CO<sub>2</sub> Capture and Storage (CCS). Karbon Capture and Storage (CCS) adalah teknologi yang dirancang untuk menangkap emisi gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) [3]. Salah satu cara untuk menangkap emisi gas  $\text{CO}_2$  adalah dengan metode adsorpsi.

Adsorpsi adalah proses dimana atom, ion ataupun molekul melekat/terjebak di pori-pori permukaan dari adsorben. Adsorbsi terjadi hanya wpada bagian lapisan permukaan zat, sehingga dalam prosesnya bergantung pada luas permukaan dari zat adsorben [4].

Salah satu adsorben yang efektif digunakan dalam proses adsorpsi adalah karbon aktif alami [5]. Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai jenis limbah, salah satunya adalah limbah biji salak. Peningkatan produksi salak di Indonesia menurut data BPS dalam satuan ton per tahun yaitu pada tahun 2018-2021 masing-masing sebesar 896.504; 955.763; 1.225.088 dan 1.112.852. Sementara itu, porsi buah salak yang dapat dimakan sekitar 56-65%, sedangkan bijinya 35- 44%. Sehingga limbah salak bisa mencapai 35-44% dari jumlah salak yang diolah atau dikonsumsi [6]. Sehingga perlu dilakukan upaya pengolahan limbah biji salak agar lebih bermanfaat.

Biji salak memiliki kandungan kimia utama berupa karbohidrat yang terdiri dari 28,98% selulosa dan 59,37% hemiselulosa berupa glukomanan, sehingga bagus dijadikan karbon aktif [6]. Biji salak akan dikarbonasi untuk diubah menjadi arang biji salak. Setelah itu arang biji salak akan diaktivasi menjadi arang aktif alami [6].

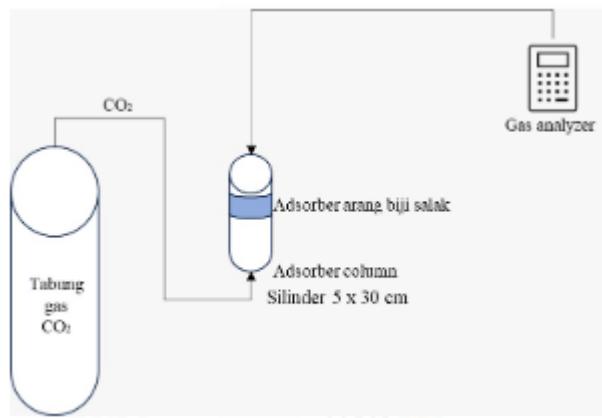
Proses aktivasi arang pada umumnya dilakukan dengan 2 cara yaitu aktivasi secara fisika dan kimia. Aktivasi fisika yaitu proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan  $\text{CO}_2$ . Sementara aktivasi kimia adalah proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Pada penelitian sebelumnya [7], aktivasi gabungan fisika dan kimia merupakan metode terbaik untuk aktivasi arang dengan suhu pemanasan 560watt menggunakan microwave.

Pada penelitian ini metode aktivasi gabungan fisika dan kimia dipilih untuk mengaktivasi arang dengan variabel pemanasan suhu tertentu, serta modifikasi aktivator kimia dengan 3 variabel senyawa yaitu senyawa asam, basa, dan garam. Penggunaan variabel aktivator kimia ditujukan untuk mengetahui aktivator terbaik untuk mengoptimalkan proses adsorpsi  $\text{CO}_2$ .

## METODE

Arang biji salak ditumbuk hingga hancur kemudian diayak dengan ayakan berukuran 50 mesh. Setelah itu, serbuk arang biji salak ditimbang seberat 10 gram kemudian direndam dengan larutan asam  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , larutan basa KOH, dan larutan garam NaCl selama 1 jam dengan variabel konsentrasi larutan 0%, 10%, 20%, 30%,40%. Arang biji salak yang sudah direndam larutan kimia, kemudian dilanjutkan dengan pemanasan pada suhu 200°C selama 20 menit menggunakan oven. Namun sebelum dipanaskan, cuci arang aktif dengan aquades sampai pH 7, tujuannya untuk menetralkan kandungan larutan kimia pada arang aktif.

Setelah aktivasi fisika, dinginkan arang aktif pada desikator dan ditimbang. Dinginkan sampel dengan desikator dan timbang hingga berat konstan. Gas CO<sub>2</sub> dengan flow konstan 2 liter/menit dialirkan melewati dasar tabung adsorber yang diisikan *adsorben* arang aktif biji salak. Tabung adsorber ini berdiameter 5 cm dan tinggi 30 cm dan outletnya terhubung dengan sensor *gas analyzer*. Gas CO<sub>2</sub> dialirkan selama 1 menit. Hasil percobaan dapat dilihat dan diukur dari persentase % gas CO<sub>2</sub> akhir yang terdeteksi oleh pada *gas analyzer*.



Gambar 1. Alat Adsorpsi gas CO<sub>2</sub> terhubung Alat Analisis gas CO<sub>2</sub>

## HASIL DAN PEMBAHASAN

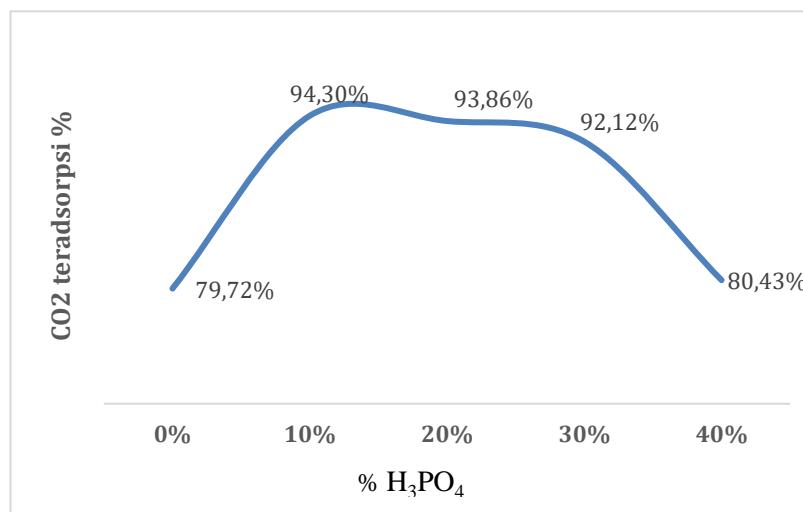
Tabel 1. Hasil pengamatan dan perhitungan

Jenis Aktivator	Konsentrasi aktivator	AVG % CO <sub>2</sub> TERADSORP	Daya serap CO <sub>2</sub> (mg/g)
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0%	<b>79.72%</b>	<b>1084.19</b>
	10%	<b>94.30%</b>	<b>1282.53</b>
	20%	<b>93.86%</b>	<b>1276.50</b>
	30%	<b>92.12%</b>	<b>1252.83</b>
	40%	<b>80.43%</b>	<b>1093.85</b>
KOH	0%	<b>79.72%</b>	<b>1084.19</b>
	10%	<b>93.04%</b>	<b>1265.34</b>
	20%	<b>94.52%</b>	<b>1285.47</b>
	30%	<b>96.80%</b>	<b>1316.53</b>
	40%	<b>95.66%</b>	<b>1301.02</b>
NaCl	0%	<b>79.72%</b>	<b>1084.19</b>
	10%	<b>90.26%</b>	<b>1227.54</b>
	20%	<b>91.74%</b>	<b>1247.66</b>
	30%	<b>89.96%</b>	<b>1223.46</b>
	40%	<b>79.36%</b>	<b>1079.30</b>

### a. Aktivator asam H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

Berdasarkan hasil data hasil penelitian, arang aktif biji salak dengan aktivator basa H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, daya adsorpsi pada aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0%, 10%, berangsut meningkat yaitu 79,72% ; 94.30%. Namun, pada konsentrasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 20%, 30% dan 40% daya serap CO<sub>2</sub> menurun dengan kadar adsorpsi 93.86% ; 92,12% dan 80,43%. Hal ini disebabkan oleh larutan sifat asam yang

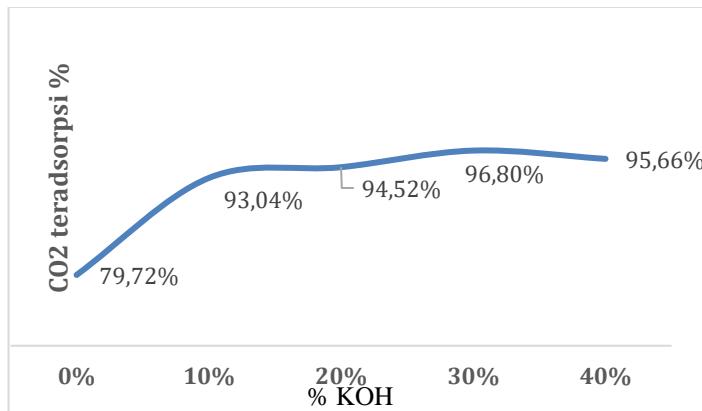
terlalu kuat dan ukuran arang terlalu kecil (>50 mesh), sehingga ketika aktivasi kimia, serbuk arang banyak yang terlarut. Oleh karena itu, proses aktivasi kimianya tidak berjalan dengan optimal. Arang aktif biji salak dengan aktivator asam  $H_3PO_4$ , memiliki daya adsorpsi tertinggi pada aktivator  $H_3PO_4$  10%. Dengan variable sampel arang seberat 10 gram, daya serap  $CO_2$  nya sebesar 94,30% dan 1282,53 mg/g.



Gambar 2. Grafik Hubungan Kadar  $H_3PO_4$  %  $CO_2$  yang terjerap

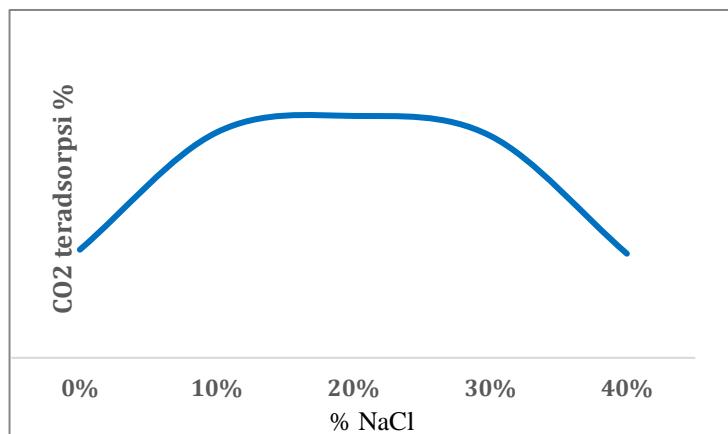
#### Aktivator Basa KOH

Berdasarkan hasil data percobaan, arang aktif biji salak dengan aktivator basa KOH, daya adsorpsi pada aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0%, 10%, 20%, dan 30% berangsur meningkat yaitu 79,72% ; 93.04% ; 94.52% ; dan 96.80% . Namun, pada konsentrasi KOH 40% daya serap CO<sub>2</sub> menurun dengan kadar adsorpsi 95,66%. Hal ini disebabkan oleh larutan aktivator yang sudah jenuh sehingga ketika aktivasi kimia pada proses perendaman arang dengan larutan aktivator, serbuk arang banyak yang terlarut. Oleh karena itu, proses aktivasi kimianya tidak berjalan dengan optimal. Daya serap CO<sub>2</sub> yang optimal didapatkan pada percobaan dengan arang aktif yang diaktivasi dengan KOH 30%. Daya serap CO<sub>2</sub> tertingginya yaitu sebesar 96.80% dan 1316,53 mg/g.

Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar KOH % CO<sub>2</sub> yang terjerap

### Aktivator Garam NaCl

Berdasarkan hasil data percobaan, arang aktif biji salak dengan aktivator garam NaCl, daya adsorpsi pada aktivator NaCl 0%, 10%, 20%, berangsung meningkat yaitu 79,72% ; 90,26% ; 91,74%. Namun, pada konsentrasi NaCl 30% dan 40%, daya serap CO<sub>2</sub> menurun dengan kadar adsorpsi 89,96% dan 79,36%. Hal ini disebabkan oleh larutan NaCl pada konsentrasi 30% sudah jenuh sehingga ketika aktivasi kimia tidak berjalan dengan optimal, sedangkan pada NaCl 40% larutan lewat jenuh, sehingga garam tidak terlarut sempurna. Oleh karena itu, proses aktivasi arang tidak optimal. Daya serap CO<sub>2</sub> paling optimal didapatkan pada percobaan dengan arang aktif yang diaktivasi dengan NaCl 20%. Daya serap CO<sub>2</sub> tertingginya yaitu sebesar 91,74% dan 1247,66 mg/g.

Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar NaCl terhadap % CO<sub>2</sub> yang terjerap

### KESIMPULAN

Proses adsorpsi adalah peristiwa tertariknya suatu molekul tertentu dari fluida (cair atau gas) pada permukaan zat padat (adsorben). Karbon aktif dapat didefinisikan sebagai bahan karbon dengan struktur amorf dan luas permukaan internal yang besar dengan tingkat porositas yang tinggi. Aktivasi kimia dilakukan untuk impregnasi karbon menggunakan

senyawa kimia dan pemanasan. Proses aktivasi kimia akan merubah struktur karbon dan pori di dalam karbon aktif, sehingga dapat memperluas permukaan adsorben. Aktivasi arang biji salak dengan senyawa asam H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> memiliki daya adsorpsi paling optimal pada aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10%. Dengan variable sampel arang seberat 10 gram, daya serap CO<sub>2</sub> nya sebesar 94,30% dan 1282,53 mg/g. Aktivasi arang biji salak dengan senyawa basa KOH memiliki daya adsorpsi paling optimal pada aktivator KOH 30%. Dengan variable sampel arang seberat 10 gram, daya serap CO<sub>2</sub> nya sebesar 96,80% dan 1316,53 mg/g. Aktivasi arang biji salak dengan senyawa basa NaCl memiliki daya adsorpsi paling optimal pada aktivator NaCl 20%. Dengan variable sampel arang seberat 10 gram, daya serap CO<sub>2</sub> nya sebesar 91,74% dan 1247,66 mg/g. Aktivator paling optimal untuk menghasilkan arang dengan daya adsorpsi CO<sub>2</sub> tertinggi yaitu aktivator basa KOH 30% dengan daya serap CO<sub>2</sub> sebesar 96,80% dan 1316,53 mg/g. Arang biji salak mampu menghasilkan daya adsorpsi (1316,53 mg/g) melebihi daya adsorpsi arang bakau (1196,6 mg/g) dengan aktivasi kimia menggunakan activator KOH 30%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] IEA Publications. 2023. CO<sub>2</sub> Emissions in 2022. Diakses pada 30 Oktober 2023, dari <https://iea.blob.core.windows.net/assets/3c8fa115-35c4-4474-b237-1b00424c8844/CO2Emissionsin2022.pdf>.
- [2] Bahri, M. R. , dan Suhartanto. 2021. Dampak Polusi Udara Dalam Ruangan Pada Kejadian Kasus Pneumonia. Jurnal LINK Poltekkes Semarang . vol 17 (2), 99-104 . Diakses pada 30 Oktober 2023, dari <http://ejournal.poltekkes-smg.ac.id/ojs/index.php/link>.
- [3] Prasetyo, A. W., & Windarta, J. 2022. Pemanfaatan Teknologi Carbon Capture Storage (CCS) dalam Upaya Mendukung Produksi Energi yang Berkelaanjutan. Jurnal Energi Baru dan Terbarukan, vol 3 (3), 231-238. Diakses pada 30 Oktober 2023, dari <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.14509>.
- [4] Botahala Loth. 2022. Buku Adsorpsi Arang Aktif (Kimia Permukaan–Kimia Zat Padat–Kimia Katalis). Sleman : Deepublish Store.
- [5] Lubis, R. A. F., Afni I. N. , dan Moondra Zubir. 2020. Production of Activated Carbon From Natural Sources for Water Purification. Indonesian Journal of Chemical Science and Technology, vol. 3 (2), 67-73. Diakses pada 30 Oktober 2023, dari <https://www.neliti.com/id/publications>
- [6] Prihardani, Fitri, Nungki M. S. , dan Nurul W. Triana. 2023. Pembuatan Tablet Arang Aktif Dari Biji Salak Dengan Proses Karbonisasi. Vol 4 (15), 110-118. Diakses pada 11 Januari 2024, dari <http://snsb.upnjatim.ac.id/>.
- [7] Udyani, Kartika, dkk. 2019. Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Bakau Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia dan Fisika Dengan Microwave. Jurnal IPTEK vol 23 (01), 39-46. Diakses pada 23 November 2023, dari <http://ejurnal.itats.ac.id/index.php/iptek>.
- [8] Kustriwahyuhananto, I. A. , dan Bambang Wisnu. 2018. Studi Desorpsi Gas CO<sub>2</sub> dalam Larutan MDEA Menggunakan Packed Column. Jurnal Chmeical Engineering. Diakses pada 30 Oktober 2023, dari <http://repository.its.ac.id/49926/>.

- [9] Wulandari, Fitri dkk. 2019. Pengaruh Temperatur Pengeringan Pada Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Asam Klorida Dan Asam Fosfat Untuk Penyaringan Air Keruh. Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal), Vol 3, 289 - 293. Diakses pada 17 Nov 2023. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php>
- [10] Rahman, M. Fadhil, dkk. (2023). Isoterm Adsorpsi Arang Kulit Jengkol Sebagai Adsorben CO<sub>2</sub>. Jurnal Teknik Mesin, vol 16(2), 151 - 157. Diakses pada 11 Januari 2024, dari <https://doi.org/10.30630/jtm.16.2.1206>.
- [11] Dewi, Rozanna, Azhari , dan Indra Nofriadi. 2020. Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia KOH. Jurnal Teknologi Kimia, vol 9 (2), 12-22. Diakses 3 Januari 2024, dari [www.ft.unimal.ac.id/jurnal\\_teknik\\_kimia](http://www.ft.unimal.ac.id/jurnal_teknik_kimia).
- [12] Sahraeni, Sitti, Irmawati Syahrir, dan Bagus. 2019. Aktivasi Kimia Menggunakan NaCl Pada Pembutan Karbon Aktif Dari Tanah Gambut. Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat, vol 4, 145-150. Diakses pada 19 Januari 2024, dari <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/download/1827/1671>.
- [13] Tarmidzi, F. M. , dkk. 2021. Pengaruh Aktivator Asam Sulfat dan Natrium Klorida pada Karbon Aktif Batang Semu Pisang untuk Adsorpsi Fe. Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan vol 5 (1) , 17-21. Diakses pada 11 Januari 2024, dari <https://rbaet.ub.ac.id/index.php>
- [14] Lestari, R. A. Sigit , Rudi Firyalto, dan Hotmaria Sitompul. 2024. Uji Daya Adsorpsi Adsorben Arang Biji Salak Untuk Menjerap Methylen Blue. Jurnal Inovasi Teknik Kimia, vol 9 (1), 3-8. Diakses 7 Maret 2024, dari <https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id>.
- [15] Miri, N. S. Sarana dan Narimo. 2022. Equation Study of Langmuir and Freundlich Isotherms on Adsorption of Heavy Metal Fe (II) with Zeolite and Activated Carbon from Biomass. Jurnal Kimia dan Rekayasa, vol 2 (2), 58- 71. Diakses pada 9 Februari 2024, dari <http://kireka.setiabudi.ac.id>.