

## PENGARUH JENIS AKTIVASI PADA ADSORBEN CANGKANG KACANG TANAH TERHADAP ADSORPSI METIL VIOLET

**Wardalia\*, Rusdi, Rudi Hartono, Muhammad Triyogo Adiwibowo**  
Jurusan Teknik kimia, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jendral Sudirman Km. 3 Cilegon 42435 Indonesia  
\*Email: [wardalia@untirta.ac.id](mailto:wardalia@untirta.ac.id)

### Abstrak

Era industrialisasi serta globalisasi menghasilkan batik jenis baru yang disebut dengan batik cap. Proses pembuatan batik melalui beberapa tahapan, termasuk serangkaian proses pewarnaan yang menghasilkan limbah cair. Industri batik menghasilkan limbah yang perlu pengolahan lebih lanjut agar tidak mencemari lingkungan. Cangkang kacang tanah diolah menjadi adsorben untuk menurunkan kadar zat warna metil violet yang diaktivasi dengan KOH dan HNO<sub>3</sub>. Cangkang kacang tanah dipanaskan hingga 450°C selama 2 jam dan diseragamkan ukurannya melalui pengayakan lolos pada ayakan 80 mesh. Aktivasi basa dilakukan dengan mengaduk adsorben dengan konsentrasi KOH 50% selama 30 menit pada pengadukan 180 rpm. Sedangkan aktivasi asam menggunakan HNO<sub>3</sub> dengan konsentrasi 10% sampai 50% pada suhu 90°C dengan waktu 2 jam. Penelitian ini menghasilkan kondisi terbaik adsorben dengan teraktivasi KOH, diperoleh efisiensi penyerapan sebesar 95% untuk zat warna metil violet. Persamaan isoterm langmuir merupakan persamaan yang paling sesuai dengan persamaan yang dihasilkan untuk adsorpsi metil violet yaitu  $y = 0,0101x - 0,0472$  dengan  $R^2 = 0,97$ .

**Kata Kunci:** Adsorben, Adsorpsi, Aktivasi, Persamaan Isotermal Langmuir

### Abstract

*The era of industrialization and globalization has produced a new type of batik called batik cap. The making process of batik is through several stages, including a series of dyeing processes. The waste from this process should be processed further to remove its effect on the environment. Methyl violet adsorption was carried out on batik waste using an adsorbent made from KOH-activated and HNO<sub>3</sub>-activated peanut shells. Peanut shells were heated at 450°C for 2 hours and ground to less than 80 mesh. Base activation was carried out by stirring the adsorbent with 50% KOH for 30 minutes at a speed of 180 rpm. For acid activation, nitric acid was used with 10%-50% concentrations at 90°C for 2 hours. A KOH-activated adsorbent obtained the best result at 95% absorption efficiency. The most suitable isotherm equation is the Langmuir isotherm, with the methyl violet adsorption equation  $y=0.0101x-0.0472$  with  $R^2 = 0.97$ .*

**Keywords:** Adsorbent, Adsorption, Activator, Langmuir Isotherm Equation

### 1. PENDAHULUAN

Industri kerajinan dan busana selalu menghasilkan perkembangan yang memuaskan di Indonesia. Kedua industri tersebut merupakan sub-sektor yang dominan dalam memberikan kontribusi ekonomi. Industri busana tercatat menyumbang pendapatan domestik bruto ekonomi sebesar 18,15 persen pada tahun 2015. Kedua jenis industri ini menjadi lokomotif dalam

perkembangan industri kreatif nasional (Badan Ekonomi Kreatif dan Badan Pusat Statistik, 2017). Menurut Gati Wibawaningsih selaku Dirjen IKM Kementerian Perindustrian, perdagangan pada dunia untuk produk pakaian jadi mencapai USD 442 miliar sehingga berpeluang besar pada industri batik untuk meningkatkan penjualan, dimana batik merupakan bahan baku untuk memproduksi pakaian.

Semakin besar permintaan batik, semakin banyak pula dampak yang ditimbulkan, salah satunya adalah pencemaran lingkungan. Industri batik menghasilkan limbah yang mengandung logam berat seperti Pb, Zn, Cd, Cr, dan logam lainnya serta kandungan warnanya juga mengandung bahan-bahan sintetik yang sukar terurai (Ayulilah Sapar Wulan & Chairunnisa, 2016; Oktasari, 2018; Styani, 2013). Metil violet yang digunakan sebagai pewarna tekstil dapat berdampak iritasi pada kulit dan mata, serta berbahaya jika tertelan. Pewarna ini juga menyebabkan inhalasi yang berujung pada gangguan pernafasan dan dapat menyebabkan iritasi saluran pencernaan bila tertelan. Pewarna ini tergolong dalam zat warna karbon-nitrogen pada gugus benzenanya dan merupakan gugus yang sulit untuk didegradasi.

Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan mengolah limbah dengan metode yang ekonomis dan efektif. Metode yang dapat diterapkan adalah metode adsorpsi. Adsorpsi terjadi berdasarkan interaksi logam dengan gugus fungsi yang ada di permukaan adsorben melalui pertukaran ion atau pembentukan kompleks yang terjadi di permukaan padatan yang mengandung gugus fungsi (Atkins, 1999). Adsorpsi sendiri menggunakan adsorben untuk menyerap zat-zat yang diinginkan dan dapat dibuat menggunakan berbagai macam hasil alam, salah satunya adalah cangkang kacang tanah. Cangkang kacang tanah merupakan hasil buangan dari kacang tanah yang belum mendapat perhatian khusus untuk diolah lebih lanjut. Data BPS Cilegon tahun 2014 menunjukkan produksi kacang tanah di Cilegon mencapai 6687 ton/tahun (Dinas Pertanian dan Kelautan Kota Cilegon, 2014). Jumlah ini merupakan produksi terbesar kedua setelah padi sawah. Cangkang kacang tanah memiliki kadar selulosa yang tinggi sehingga dapat menyerap kandungan dalam limbah. Namun selulosa bukanlah satu-satunya faktor yang menentukan kualitas adsorpsi. Salah satu perlakuan yang dapat dilakukan untuk memaksimalkan proses adsorpsi adalah aktivasi oleh KOH dan modifikasi permukaan oleh HNO<sub>3</sub> agar memiliki kemampuan penyerapan yang lebih baik lagi dalam menanggapi limbah batik.

Hasil penelitian oleh Wardalia didapatkan jumlah zat warna metil violet yang mampu terjebak adalah 9,752 mg/g adsorben pada waktu karbonisasi 90 menit dengan aktivator NaOH 1M (Wardalia & Rusdi, 2017). Hasil penelitian oleh Amiruddin menggunakan tongkol jagung yang dimodifikasi menggunakan larutan HNO<sub>3</sub> memberikan hasil terbaik dibandingkan zat lain seperti H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Amiruddin et al., 2016). Hasil penelitian Ade Oktasari menggunakan cangkang kacang tanah teraktivasi KOH 0,1 M dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 1 M untuk menyerap Pb(II) didapatkan hasil bahwa KOH menyerap lebih banyak Pb(II) dibandingkan aktivator asam dengan kapasitas maksimum sebesar 0,622 gram/mol (Oktasari, 2018). Berdasarkan hasil penelitian tersebut, limbah pertanian cangkang kacang tanah memiliki potensi untuk diolah menjadi adsorben lebih lanjut. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maka pada penelitian ini, kacang tanah diolah melalui dua tahap aktivasi, yaitu

aktivasi basa dan asam, di mana aktivasi basa digunakan untuk memperluas area permukaan adsorben, dan aktivasi asam untuk memodifikasi gugus fungsi yang terkandung pada adsorben. Sehingga diharapkan melalui penelitian ini, dapat melihat kemampuan adsorben dalam menyerap limbah metil violet pada limbah sintesis.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan efisiensi penyerapan adsorben dari cangkang kacang tanah, menentukan karakteristik adsorben cangkang kacang tanah meliputi luas permukaan, radius pori, volume pori, dan menentukan persamaan isoterm yang paling sesuai pada adsorben cangkang kacang tanah

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahan

Cangkang kacang tanah yang dipergunakan didapat dari petani di daerah Cikebel, kota Cilegon. HNO<sub>3</sub> dan KOH kualitas pro analisis (P.A.) diperoleh dari Merck (Jerman), serta metil violet kualitas teknis diperoleh dari laboratorium Kimia Dasar Fakultas Teknik Untirta.

### 2.2 Pembuatan Adsorben

Cangkang kacang tanah dikeringkan dan kemudian dikarbonisasi menggunakan *furnace* pada suhu 450°C selama 120 menit. Adsorben kemudian dihancurkan menggunakan blender sehingga melewati saringan dengan ukuran 80 mesh. Selanjutnya disimpan pada wadah kedap air dan udara.

Sebanyak 50 gram cangkang kacang tanah hasil pemanasan pada *furnace* ke dalam larutan KOH 50% sebanyak 100 ml selama 30 menit dengan kecepatan pengadukan 180 rpm dalam suhu ruang. Sampel kemudian disaring dan dilakukan pencucian dengan akuades pada kecepatan 500 rpm selama 1 jam agar pH sampel menurun. Kemudian sampel dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 1 jam,

Sebanyak 10 gram adsorben cangkang kacang tanah (karbon aktif) yang telah diaktivasi dengan KOH masing-masing direndam ke dalam larutan HNO<sub>3</sub> dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, dan 50% dengan perbandingan 1:10. Selanjutnya dilakukan pemanasan pada suhu 90°C yang disertai pengadukan pada kecepatan 200 rpm selama 2 jam, kemudian disaring dan dilakukan pencucian dengan akuades pada kecepatan 500 rpm selama 1 jam. Karbon aktif modifikasi kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 100°C selama 1 jam.

### 2.3 Karakterisasi Adsorben

Luas permukaan, volume pori, dan radius pori rata-rata adsorben dianalisis dengan metode nitrogen fisisorpsi menggunakan model Brunauer-Emmet-Teller (BET).

### 2.4 Uji Adsorben Dengan Metil Violet

Sebanyak 0,5 gram adsorben dimasukkan dalam 50 ml sampel pewarna (metil violet) konsentrasi 100 ppm. Sampel lalu diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 300 rpm selama 1 jam. Setelah itu melakukan penyaringan dan menganalisis sampel

limbah menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 580 nm. Untuk mengetahui nilai kapasitas adsorpsi dapat diperoleh dari persamaan adsorpsi isoterm freundlich dan adsorpsi isoterm langmuir.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Analisis BET

Karakterisasi Brunauer-Emmet-Teller (BET) dilakukan untuk mengetahui luas permukaan spesifik, karena luas permukaan merupakan faktor yang berperan penting dalam adsorpsi. Hasil pengujian BET dapat dilihat melalui Tabel 1.

**Tabel 1.** Luas permukaan adsorben dari kacang tanah

Sampel	Luas permukaan (m <sup>2</sup> /g)	Total Vol. Pori (cc/g)	Radius Pori Rata-rata (Å)
Tanpa aktivasi	75	0,08	22
Aktivasi KOH	72	0,09	26
HNO <sub>3</sub> 20%	27	0,03	22
HNO <sub>3</sub> 50%	117	0,11	20

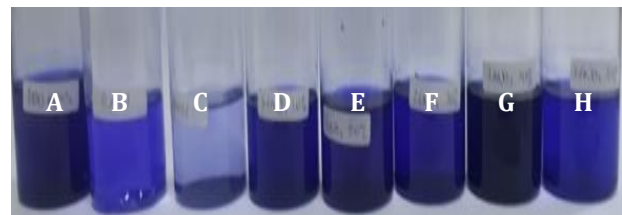
Pada proses aktivasi ini, karbon akan bereaksi dengan KOH sehingga akan terjadi pembentukan pori-pori. Proses aktivasi pelat-pelat karbon yang tidak teratur mengalami pergeseran sehingga permukaan karbon menjadi terbuka terhadap aktivator yang mendorong residu hidrokarbon. Luas permukaan dan volume pori terbesar diperoleh sampel adsorben dengan aktivasi HNO<sub>3</sub> 50%. Untuk radius pori rata-rata, sampel adsorben teraktivasi KOH memiliki radius pori rata-rata paling tinggi dibanding yang lainnya. Radius pori rata-rata ini berpotensi proses pengisian untuk penyerapan pada pori lebih tinggi jika dibandingkan yang lainnya, karena penyerapan pada situs yang aktif dalam pori berpotensi menyebabkan terjadinya desorpsi yang lebih rendah dibandingkan situs yang aktif pada permukaan (Alimano et al., 2014). Untuk hasil pada aktivasi HNO<sub>3</sub>, beberapa penelitian menyebutkan bahwa penggunaan HNO<sub>3</sub> dapat berpengaruh besar terhadap morfologi fisik dari karbon aktif, sehingga pada kasus ini, penggunaan HNO<sub>3</sub> merusak dinding pori karena sifat oksidasi yang kuat sehingga terjadi penurunan terhadap luas permukaan, volume pori, dan radius pori (Tao & Xiaoqin, 2008; Zhou & Chen, 2010).

#### 3.2 Adsorpsi Metil Violet

Gambar 1 menunjukkan bahwa pada konsentrasi 100 ppm, larutan cukup pekat sehingga sulit ditembus cahaya. Setelah dilakukan adsorpsi oleh adsorben cangkang kacang tanah, dapat dilihat degradasi warna yang diamati. Terutama pada adsorben teraktivasi KOH yang menghasilkan warna dengan kekeruhan paling rendah dibandingkan sampel hasil adsorpsi yang lain.

Dari Tabel 2 didapatkan bahwa adsorben yang diaktivasi oleh KOH mampu mengurangi konsentrasi sampel metil violet hingga 95% karena sampel adsorben teraktivasi KOH memiliki radius pori paling

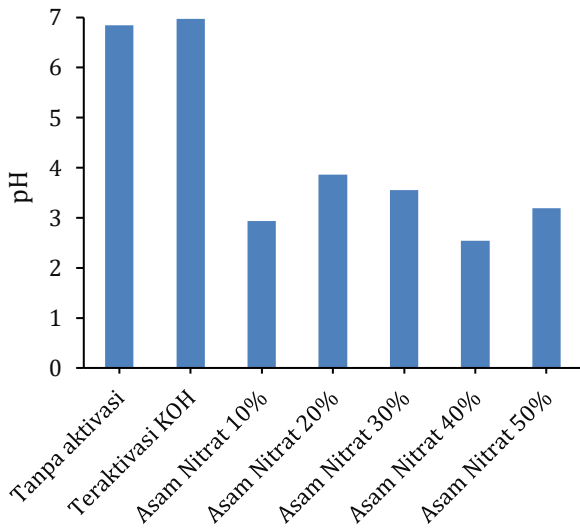
tinggi dibanding yang lainnya, sehingga pada molekul organik yang berukuran lebih besar lebih banyak yang terjepit sampel di dalam porinya, sehingga proses desorpsi akan lebih kecil (Alimano et al., 2014). Namun pada modifikasi adsorben oleh asam nitrat, terlihat penurunan efisiensi terhadap penyerapan. Pada adsorpsi oleh asam nitrat, hasil penyerapan beragam, adsorpsi paling besar diperoleh oleh adsorben dengan penambahan asam nitrat 50% yaitu sebesar 146,07 mg/g adsorben. Adsorben yang ditambahkan asam nitrat 50% memiliki luas permukaan yang paling besar, namun memiliki radius pori yang paling rendah, sehingga kemungkinan yang terjadi adalah terjadi proses desorpsi karena penyerapan berlangsung di situs aktif permukaan, bukan pada situs aktif pori (Alimano et al., 2014). Hasil terburuk diperoleh adsorben dengan penambahan asam nitrat 20% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 100,62 mg/g. Adsorben dengan aktivasi HNO<sub>3</sub> 20% memiliki luas permukaan dan volume pori terendah dibandingkan sampel lain, sehingga penyerapan metil violet lebih rendah.



**Gambar 1.** Perbandingan hasil penyaringan metil violet a) 100 ppm, b) tanpa aktivasi, c) teraktivasi KOH, teraktivasi NaOH dan teraktivasi asam nitrat d) 10%, e) 20%, f) 30%, g) 40%, h) 50%

**Tabel 2.** Hasil adsorpsi metil violet oleh adsorben dari cangkang kacang tanah

Jenis Adsorben	Adsorbansi	Konsentrasi Akhir	%Efisiensi	Q (mg/g adsorben)
Tanpa Aktivasi	0,27	6,99	93%	186,01
KOH 50%	0,22	4,90	95%	190,21
+ HNO <sub>3</sub> 10%	1,03	38,83	61%	122,34
+ HNO <sub>3</sub> 20%	1,30	49,69	50%	100,62
+ HNO <sub>3</sub> 30%	1,01	37,88	62%	124,23
+ HNO <sub>3</sub> 40%	1,28	48,93	51%	102,15
+ HNO <sub>3</sub> 50%	0,75	26,97	73%	146,07



**Gambar 2.** Nilai pH akhir pada larutan sampel metil violet

Gambar 2 menunjukkan nilai pH akhir dari larutan sampel setelah dilakukan adsorpsi. Terlihat bahwa setelah dilakukan adsorpsi menggunakan adsorben teraktivasi HNO<sub>3</sub>, nilai pH menurun. Hal ini menyebabkan efisiensi adsorpsi menurun. Metil violet merupakan pewarna kation yang lebih mudah diserap pada kondisi larutan basa. Karena pada pH rendah, terjadi kompetisi ikatan antara ion H<sup>+</sup> dan juga metil violet, sehingga apabila pH dinaikkan, kompetisi akan berkurang dan meningkatkan efisiensi penyerapan (Druzian et al., 2019).

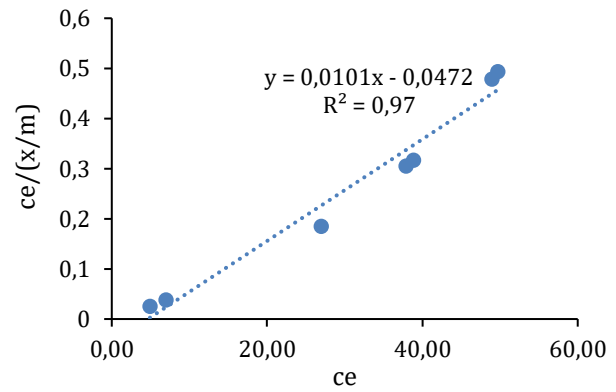
### 3.3 Adsorpsi Isoterm Langmuir Dan Freundlich

Adsorpsi isoterm langmuir menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi adalah jenis adsorpsi kimia sedangkan isoterm adsorpsi freundlich menunjukkan bahwa adsorpsi terjadi secara fisika (Atkins, 1999). Berdasarkan kedua persamaan tersebut kemudian R<sup>2</sup> dibandingkan. Persamaan dengan nilai R<sup>2</sup> yang lebih besar adalah persamaan yang sesuai.

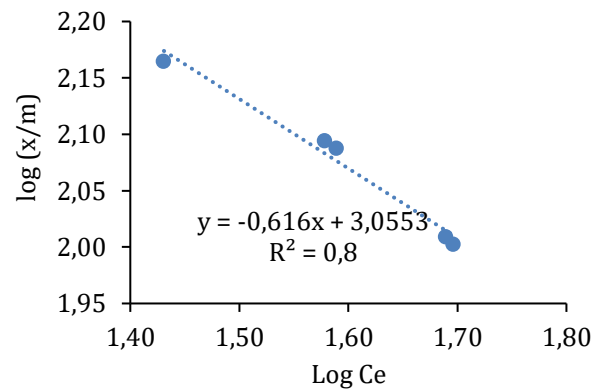
**Tabel 3.** Hasil perhitungan nilai untuk parameter persamaan Isoterm langmuir dan Freundlich

Adsorben	Ce (ppm)	x/m (mg/g)	ce/(x/m)	log x/m	log ce
Tanpa Aktivasi	6,99	186	0,04	2,27	0,84
KOH 50%	4,9	190	0,03	2,28	0,69
+ HNO <sub>3</sub> 10%	38,83	122	0,32	2,09	1,59
+ HNO <sub>3</sub> 20%	49,69	101	0,49	2	1,7
+ HNO <sub>3</sub> 30%	37,88	124	0,3	2,09	1,58
+ HNO <sub>3</sub> 40%	48,93	102	0,48	2,01	1,69
+ HNO <sub>3</sub> 50%	26,97	146	0,18	2,16	1,43

Dari Tabel 3 dilakukan pemetaan grafik menggunakan Excel untuk menentukan hubungan antar komponen. Nilai harga Ce/(x/m) versus Ce diplotkan untuk mendapatkan persamaan langmuir dan log (x/m) versus log Ce diplotkan untuk mendapatkan persamaan freundlich. Hasil yang diperoleh dengan grafik seperti terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



**Gambar 3.** Isoterm langmuir dari Ce/(x/m) versus Ce metil violet



**Gambar 4.** Isoterm freundlich log (x/m) versus log Ce metil violet

**Tabel 4.** Nilai konstanta adsorpsi isoterm

Isoterm	Sampel	Konstanta	Nilai
Langmuir	MV	a	99
		b	0,21
Freundlich	MV	k	0,24
		n	0,33

Hasil dari pengujian terhadap persamaan adsorpsi isoterm langmuir maupun persamaan adsorpsi freundlich didapatkan dengan nilai R<sup>2</sup> mendekati angka 1. Dari Gambar 3 dan 4 terlihat bahwa persamaan adsorpsi zat warna metil violet oleh adsorben cangkang kacang tanah memenuhi persamaan adsorpsi langmuir dengan R<sup>2</sup> = 0,97 selanjutnya persamaan adsorpsi freundlich dengan R<sup>2</sup> = 0,8. Dari persamaan isoterm freundlich dan langmuir dapat diperoleh nilai konstanta freundlich dan langmuir yang dapat dilihat pada Tabel 4. Dari hasil percobaan, jenis isoterm yang paling memenuhi adalah isoterm langmuir. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Falah, Adsorpsi zat warna metil violet dan timbal menggunakan adsorben dari cangkang kacang tanah yang sesuai dengan pola isoterm adsorpsi langmuir mengindikasikan bahwa adsorpsi hanya berlangsung satu lapis (*monolayer*) dan terjadi secara kimiawi (Atkins, 1999; Ayulilah Sapar Wulan & Chairunnisa, 2016).

#### 4. KESIMPULAN

Adsorben dari cangkang kacang tanah yang optimum adalah adsorben teraktivasi KOH dengan efisiensi maksimum sebesar 95% pada penyerapan metil violet. Karakteristik adsorben juga mengalami perubahan secara luas permukaan, radius pori, serta volume pori, tergantung dari jenis aktivatornya. Adsorpsi metil violet memenuhi persamaan Langmuir, di mana adsorpsi hanya terjadi pada satu lapis dan menghasilkan persamaan untuk adsorpsi metil violet yaitu  $y = 0,0101x - 0,0472$  dengan  $R^2 = 0,97$

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada M. A Mandalika dalam membantu melaksanakan penelitian ini.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Alimano, Marsen, & Syafila, M. (2014). Reduksi Ukuran Adsorben Untuk Memperbesar Diameter Pori Dalam Upaya Meningkatkan Efisiensi Adsorpsi Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 20(2), 173–182.
- Amiruddin, H., Zakir, M., & Taba, P. (2016). Modifikasi permukaan karbon aktif tongkol jagung (*zea mays*) dengan  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  sebagai bahan elektroda superkapasitor. Makassar: Hasanuddin University Repository.
- Atkins, P. W. (1999). *Kimia Fisika Jilid 2*. Oxford University Press.
- Ayulilah Sapar Wulan, F., & Chairunnisa, Z. (2016). Pembuatan dan karakterisasi adsorben dari cangkang kacang tanah sebagai pengadsorpsi zat warna methyl violet. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Dinas Pertanian dan Kelautan Kota Cilegon. (2014). *Produksi Tanaman Bahan Makanan Menurut Jenis Tanaman per Kecamatan Tahun 2014*.
- Druzian, S. P., Zanatta, N. P., Côrtes, L. N., Streit, A. F. M., & Dotto, G. L. (2019). Preparation of chitin nanowhiskers and its application for crystal violet dye removal from wastewaters. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(28), 28548–28557.
- Oktasari, A. (2018). Kulit kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) sebagai adsorben ion Pb (II). *ALKIMIA: Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 2(1), 17–27.
- Badan Ekonomi Kreatif dan Badan Pusat Statistik (2017). *Data Statistik dan Hasil Survey Ekonomi Kreatif*.
- Styani, F. D. N. (2013). Efektivitas Biji Jayanti (Sesbania Sesban) Sebagai Biokoagulan Dalam Memperbaiki Sifat Fisik Dan Kimiawi Limbah Cair Industri Batik.
- Tao, X. U., & Xiaoqin, L. I. U. (2008). Peanut shell activated carbon: characterization, surface modification and adsorption of  $\text{Pb}^{2+}$  from aqueous solution. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 16(3), 401–406.
- Wardalia, & Rusdi. (2017). Pengaruh Waktu Karbonisasi Pada Adsorben Cangkang Kacang Tanah Terhadap Degradasi Zat Warna Methyl Violet. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(4), 176–179.
- Zhou, H., & Chen, Y. (2010). Effect of acidic surface

functional groups on Cr (VI) removal by activated carbon from aqueous solution. *Rare Metals*, 29(3), 333–338.