

## Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Teraktivasi Asam Jeruk Kalamansi (*Citrofortunella microcarpa*) Sebagai Biosorben Pewarna Rhodamin B

Almira Amalia Harahap<sup>1</sup>, Redho Hasyrahim Fatah<sup>1</sup>, Desyna Rahma Sari Br Limbong<sup>1</sup>, Anggela Marta Tasman<sup>2</sup>, Nesbah<sup>1\*</sup>

Didaftarkan: [23 Juni 2025] Direvisi: [27 Juni 2025] Terbit: [30 Juni 2025]

**ABSTRAK:** *Rhodamine B* merupakan zat pewarna sintetik yang paling umum digunakan dalam industri tekstil dan bersifat *toxic*. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah cangkang telur ayam yang diaktivasi dengan asam dari jeruk Kalamansi (*Citrofortunella microcarpa*) sebagai biosorben pewarna rhodamine B. Cangkang telur ayam dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Biosorben lalu direndam menggunakan asam dari jeruk Kalamansi selama 24 jam untuk proses aktivasinya. Kinerja adsorpsi biosorben cangkang telur ayam dianalisis dengan menentukan persentase adsorpsi terhadap variasi massa biosorben: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 g serta variasi konsentrasi *rhodamine B* (2, 4,6,8 dan 10 ppm) untuk melihat konsentrasi maksimum yang dapat diserap. Persentase adsorpsi tertinggi dihasilkan biosorben dengan massa 2,5g sebesar 64,10% dan konsentrasi maksimum *rhodamine B* yang dapat diserap adalah 10 ppm dengan persentase adsorpsi sebesar 40,72%. Hal ini membuktikan bahwa biosorben dari cangkang telur ayam yang diaktivasi oleh asam dari jeruk kalimansih mampu menyerap pewarna sintetik *Rhodamine B*.

### PENDAHULUAN

*Rhodamine B* merupakan salah satu zat pewarna berbentuk kristal yang tidak berbau dan memiliki warna hijau atau ungu kemerahan yang sangat sering digunakan dalam berbagai industri seperti industri tekstil. Walaupun telah umum digunakan dalam industri tekstil, *Rhodamine B* sendiri telah dilaporkan memiliki dampak negatif yang menyebabkan toksisitas pada larva dan telur tiram dengan konsentrasi lebih dari 1 mg/L [1]. Selain itu kurang pedulinya para pelaku usaha industri tekstil dalam mengelola limbah mereka terutama limbah pewarna yaitu *Rhodamine B* dapat memicu permasalahan lingkungan yang buruk seperti dapat menimbulkan kanker dan membunuh organisme akuatik [2]. Penanggulangan limbah zat warna *Rhodamine B* ini dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya adalah adsorpsi. Metode adsorpsi ini dipilih karena memiliki berbagai keuntungan dan kelebihan seperti metode ini relative sederhana dan tidak membutuhkan biaya yang mahal [3]. Berbagai penelitian telah melaporkan proses adsorpsi zat pewarna umumnya menggunakan adsorben dari arang aktif. Pembuatan arang aktif sendiri dapat dilakukan dengan berbagai metode dan bahan baku, namun kadang kala proses pembuatan arang aktif ini memerlukan energi yang tinggi dan bahan kimia yang tidak murah. Namun penelitian sebelumnya melaporkan ampas tebu dan serabut kelapa dapat dijadikan

biosorben tanpa proses karbonasi [4]. Pada Penelitian lainnya melaporkan bahwa biosorben dari cangkang telur ayam mampu menyerap ion logam berat  $Pb^{2+}$  dan  $Cd^{2+}$  dengan persentase adsorpsi sebesar 91,12% dan 99,95% dengan masa adsorben yang digunakan sebanyak 9 gram dan waktu kontak selama 15 menit [5].

Salah satu alternatif sumber pembuatan adsorben yang memiliki potensi besar untuk menggantikan karbon aktif adalah cangkang telur ayam. Cangkang telur ayam memiliki komposisi kimia yang didominasi oleh kalsium karbonat ( $CaCO_3$ ) dengan kadar yang sangat tinggi, yaitu sekitar 98,41%, dalam bentuk kristal. Selain itu, terdapat pula komponen lain seperti kalsium fosfat ( $Ca_3(PO_4)_2$ ) sebanyak 0,75% dan magnesium karbonat ( $MgCO_3$ ) sebanyak 0,84%. Keberadaan senyawa-senyawa ini memberikan sifat fisik dan kimia yang mendukung kemampuan cangkang telur untuk digunakan sebagai material adsorben yang potensial untuk pengolahan limbah cair atau penghilangan kontaminan dari lingkungan [6].

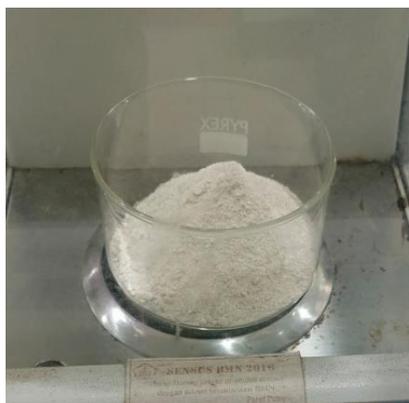
Berdasarkan penelusuran literatur belum ditemukan penelitian yang melaporkan pemanfaatan cangkang telur ayam sebagai biosorben dalam menyerap zat warna Rhodamine B. Untuk memaksimalkan kemampuan adsorpsi cangkang telur ayam dalam menyerap Rhodamine B, maka perlu dilakukan proses aktivasi menggunakan asam dari jeruk Kalamansi (*Citrofortunella microcarpa*) yang merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan dari Kota Bengkulu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembuatan Adsorben Cangkang Telur Ayam

Pada penelitian ini, cangkang telur yang digunakan telah dibersihkan, dikeringkan dan dihaluskan dengan ayakan 100 mesh yang kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu  $105^\circ C$  selama 1,5 jam untuk menghilangkan kadar air yang terkandung pada cangkang telur ayam. Selanjutnya serbuk cangkang telur ayam tersebut diaktivasi secara kimia menggunakan asam dari jeruk kalamansi sehingga terjadi perubahan warna pada serbuk cangkang telur ayam yang telah diaktivasi dari warna putih kecokelatan menjadi coklat muda seperti yang terlihat pada Gambar 1.

a)



b)

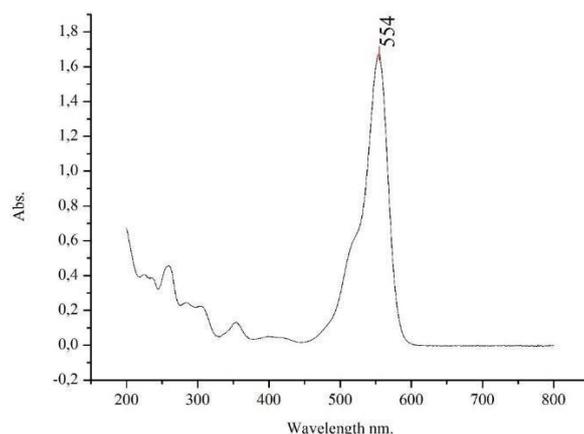


**Gambar 1.** Serbuk cangkang telur ayam a) sebelum aktivasi b) setelah aktivasi.

Penambahan asam alami dari jeruk kalimansi sebagai aktivator biosorben ini bermaksud sebagai pembuka pori-pori dari biosorben cangkang telur ayam dengan cara membersihkan zat pengotor yang ada pada serbuk cangkang telur ayam. Hal ini dijelaskan oleh penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa aktivasi kimia menggunakan aktivator asam dapat meningkatkan daya serap adsorben melalui interaksi fisik tanpa melibatkan pembentukan ikatan kimia [7]. Selain itu, menggunakan aktivator asam dari jeruk kalimansi juga diharapkan mampu mengaktifkan sisi gugus fungsi serbuk cangkang telur ayam sehingga dapat terjadi pembentukan ikatan antar molekul nantinya [8].

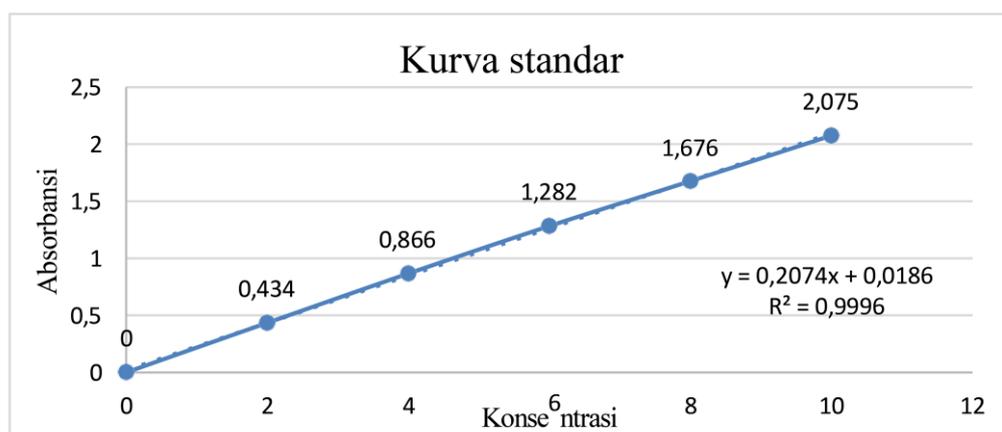
### Penentuan Panjang Gelombang Maksimum *Rhodamine B* dan Pembuatan Kurva Kalibrasi

Penentuan panjang gelombang maksimum *Rhodamine B* pada penelitian ini menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-800 nm dengan konsentrasi larutan 10 ppm dan diperoleh panjang gelombang maksimum Rhodamin B adalah 554 nm yang dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil ini konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh Septiana et al., (2020) yang juga melaporkan panjang gelombang maksimum Rhodamin B pada 554 nm [9].



**Gambar 2.** Kurva Panjang Gelombang Maksimum Rhodamine B.

Selanjutnya berdasarkan hasil penentuan panjang gelombang maksimum *Rhodamin B* maka dibuatlah kurva kalibrasi dengan deret konsentrasi 0, 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm. Berdasarkan pengukuran absorbansi larutan derat rhodamin B, maka didapatkan hubungan linier yang kuat antara konsentrasi dan absorbansi dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,9996 yang dapat dilihat pada Gambar 3.

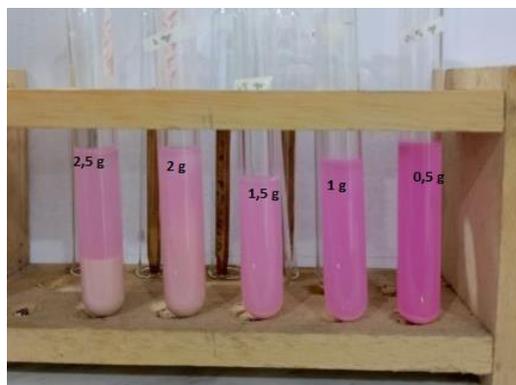


Gambar 3. Kurva kalibrasi larutan deret Rhodamine B.

### Adsorpsi rhodamine B dengan Cangkang Telur Ayam

#### Massa optimum

Daya adsorpsi cangkang telur ayam terhadap rhodamine B ditentukan dengan cara melihat hubungan massa cangkang telur ayam dengan persentase penurunan konsentrasi rhodamine B setelah proses adsorpsi. Berdasarkan hasil percobaan adsorpsi zat warna rhodamine B menggunakan biosorben cangkang telur ayam dapat dilihat bahwa massa biosorben yang digunakan akan memiliki pengaruh terhadap proses dan hasil adsorpsi yang dapat dilihat pada Gambar 4.

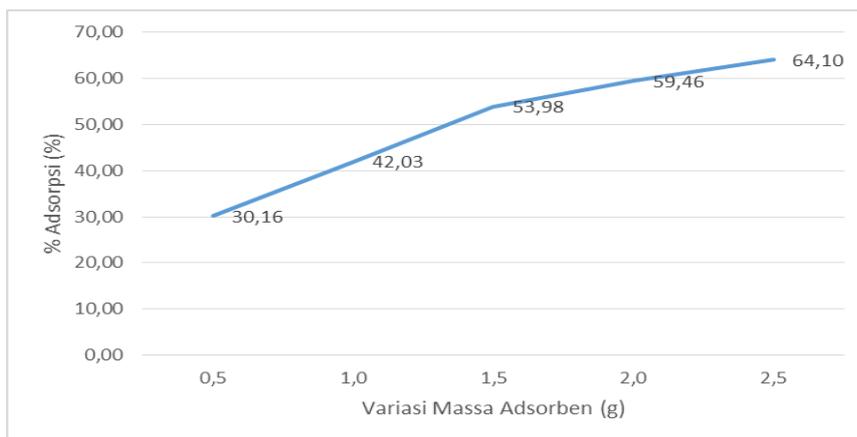


Gambar 4. Adsorpsi Rhodamine B pada variasi massa adsorben: 2,5g, 2,0g, 1,5g, 1,0g, 0,5g .

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan intensitas warna rhodamine B dari warna merah muda pekat menjadi merah muda. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar massa adsorben yang digunakan maka semakin banyak pula zat warna rhodamine B yang terserap. Hal ini juga diperkuat oleh hasil perhitungan persentase adsorpsi cangkang telur ayam terhadap rhodamine B yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 diketahui hasil analisis hubungan antara massa adsorben cangkang telur dengan persentase adsorpsi dan jumlah konsentrasi Rhodamin B. Pada massa 0,5 gram, persentase adsorpsi mencapai 30,16% yang merupakan nilai terendah dalam pengujian ini. Namun ketika massa adsorben ditingkatkan menjadi 1

gram dan 1,5 gram, persentase adsorpsi meningkat menjadi 42,03% dan 53,98%. Kenaikan persentase adsorpsi juga terjadi pada massa 2 gram dan 2,5 gram, persentase adsorpsi mencapai 59,458% dan 64,1%. Hasil ini menegaskan bahwa peningkatan massa adsorben secara signifikan meningkatkan efisiensi dan kapasitas adsorpsi, tetapi setelah mencapai titik jenuh, penambahan massa tidak lagi memberikan peningkatan signifikan, sehingga penting untuk menentukan massa adsorben yang optimal untuk memaksimalkan efisiensi tanpa pemborosan material [10].



Gambar 5. Kurva persentase adsorpsi dengan variasi massa adsorben.

#### Konsentrasi maksimum rhodamine B

Selanjutnya untuk mengetahui konsentrasi maksimum zat warna rhodamine B yang dapat terserap, pada penelitian ini digunakan variasi konsentrasi larutan zat warna rhodamine B pada konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10ppm. Adapun hasil adsorpsi rhodamine B pada berbagai konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 6.

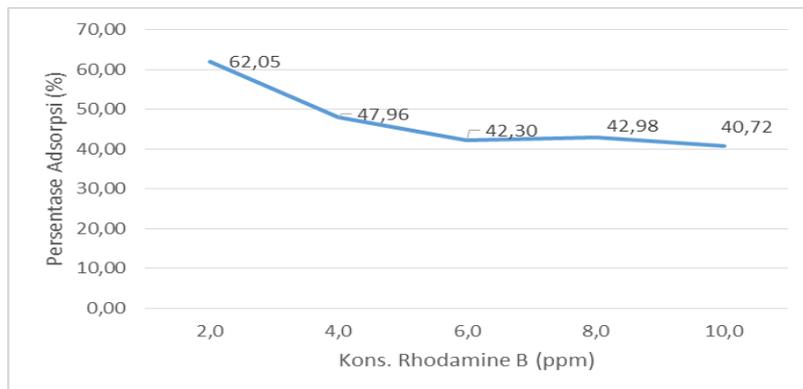


Gambar 6. Hasil Adsorpsi Pada Variasi Konsentrasi dari 10, 8, 6, 4, dan 2 ppm.

Berdasarkan Gambar 6 memperlihatkan hasil warna setelah proses adsorpsi dengan variasi konsentrasi. Pada konsentrasi rendah, seperti 2 ppm, warna pink atau merah khas Rhodamin B sangat sedikit terlihat, dan larutan lebih didominasi oleh partikel

serbuk cangkang telur. Jumlah molekul Rhodamin B yang relatif sedikit menyebabkan banyak situs aktif pada adsorben yang tidak terisi. Sebaliknya, pada konsentrasi tinggi seperti 10 ppm, molekul Rhodamin B dapat melampaui kapasitas adsorben, menyebabkan kelebihan molekul tetap berada dalam larutan dan warna larutan masih tampak pekat. Oleh karena itu, konsentrasi Rhodamin B berpengaruh pada proses adsorpsi, dimana kurang optimal pada konsentrasi rendah dan lebih efektif pada konsentrasi tinggi yang membuat kapasitas adsorben tercapai [11].

Berdasarkan grafik hubungan konsentrasi Rhodamin B dengan persentase adsorpsi (% adsorpsi) yang dapat dilihat pada Gambar 10, terlihat bahwa persentase adsorpsi cenderung menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi. Pada konsentrasi rendah seperti 2 ppm, persentase adsorpsi mencapai 62,05% karena jumlah situs aktif pada adsorben cukup untuk menyerap sebagian besar molekul Rhodamin B, sehingga proses adsorpsi lebih efisien. Namun, pada konsentrasi yang lebih tinggi, seperti 10 ppm dengan persentase adsorpsi 40,72%, penurunan terjadi karena keterbatasan situs aktif adsorben, menyebabkan sebagian molekul Rhodamin B tetap berada di larutan. Penurunan ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi tinggi, adsorben telah mencapai kapasitas maksimumnya, sehingga efisiensi adsorpsi menurun meskipun jumlah molekul yang teradsorpsi secara absolut lebih besar. Oleh karena itu, % adsorpsi lebih tinggi pada konsentrasi rendah karena proses adsorpsi lebih optimal [12]



**Gambar 7.** Kurva hubungan persentase adsorpsi dengan variasi konsentrasi rhodamine B.

## KESIMPULAN

Limbah cangkang telur ayam yang diaktivasi dengan jeruk kalamansi dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dan terbukti efektif sebagai adsorben untuk menghilangkan zat warna Rhodamin B. Berdasarkan hasil percobaan menunjukkan bahwa proses aktivasi dengan asam dari jeruk kalamansi dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi cangkang telur. Pengaruh massa adsorben dan konsentrasi Rhodamin B terdapat hubungan yang signifikan antara massa adsorben dan konsentrasi Rhodamin B terhadap kemampuan adsorpsi cangkang telur ayam. Peningkatan massa adsorben cangkang telur ayam dapat

meningkatkan kapasitas adsorpsi, sementara konsentrasi Rhodamin B yang lebih tinggi juga berpengaruh positif, hingga titik tertentu sebelum mencapai jenuh.

## PROSEDUR PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi oven, orbital shaker, neraca analitik, ayakan 100 mesh, cawan porselin, kertas pH serta peralatan gelas dan spektrofotometer UV-Vis Carry 600. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi cangkang telur ayam, Rhodamin B, jeruk kalamansi dan aquades.

### Pembuatan Dan Aktivasi Adsorben Cangkang Telur Ayam.

Sebanyak 200 gram cangkang telur ayam yang telah dikumpulkan dibersihkan dari pengotor lalu cangkang dijemur hingga kering. Kemudian cangkang telur ayam dihaluskan menggunakan mortar dan alu lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh untuk mendapatkan serbuk cangkang telur ayam. Setelah proses pengayakan, serbuk cangkang tersebut dikeringkan kembali menggunakan oven selama 1,5 jam pada suhu 105°C.

Serbuk cangkang telur ayam kemudian diaktivasi dengan menggunakan asam dari jeruk kalamansi yang didapat dengan cara Jeruk kalamansi dikupas dan dibersihkan, kemudian diperas dan diambil airnya. Kemudian sebanyak 30 g serbuk cangkang telur direndam di dalam air jeruk sebanyak 200 mL selama 24 jam, ditiriskan, disaring, dan dicuci dengan akuades hingga pH-nya netral dan didapatkan biosorben berupa serbuk cangkang telur ayam. Setelah didapat pH netral, biosorben berupa serbuk cangkang telur ayam di oven selama 2 jam pada suhu 105°C.

### Pembuatan Larutan Induk dan Larutan Standar Rhodamin B

Serbuk Rhodamin B ditimbang sebanyak 10 mg lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml, dan ditambahkan aquades sampai tanda batas sehingga didapatkan larutan Rhodamin B 100 ppm.

Disiapkan larutan standar dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm dari 100 ppm. Larutan 100 ppm diencerkan dengan mengambil larutan 100 ppm masing-masing 2, 4, 6, 8, dan 10 ml. Lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquades hingga tanda batas [13].

### Penentuan Panjang Gelombang Maksimum dan Pembuatan Kurva Standar Rhodamin B

Penentuan panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{max}$ ) menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis Agilent Carry 600 dengan konsentrasi larutan Rhodamine B sebesar 10 ppm yang diukur pada rentang panjang gelombang 400-800 nm. Hasil pengukuran panjang gelombang maksimum kemudian dijadikan panjang gelombang tetap untuk pembuatan kurva kalibrasi. Hasil absorbansi dari

konsentrasi yang digunakan dibuat plot hubungan absorbansi dengan konsentrasi sehingga didapatkan kurva kalibrasi untuk larutan standar Rhodamin B [13].

### **Proses Adsorpsi dan Penentuan Kondisi Optimum**

#### Proses Adsorpsi dan Penentuan Massa Adsorben Optimum

Disiapkan 5 erlenmeyer kemudian dimasukkan masing-masing adsorben cangkang telur ayam dengan variasi massa 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 gram, lalu ditambahkan 10 ml zat warna Rhodamin B 6 ppm kedalam masing-masing erlenmeyer. Campuran tersebut diaduk dengan *shaker* selama 30 menit untuk memastikan kontak yang baik antara adsorben dan adsorbat. Kemudian campuran dibiarkan selama 10 menit untuk memastikan proses adsorpsi berlangsung secara optimal. Setelah proses adsorpsi, larutan dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan diukur konsentrasi Rhodamin B menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang yang telah ditentukan.

#### Proses Adsorpsi dan Penentuan Konsentrasi Adsorpsi Optimum

Penentuan konsentrasi adsorbat terhadap proses adsorpsi dilakukan dengan dimasukkan 10 ml zat warna Rhodamin B ke dalam 5 erlenmeyer dengan variasi konsentrasi Rhodamin B 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm. Kemudian ditambahkan adsorben cangkang telur sebanyak 0,5 gram. Campuran tersebut diaduk dengan *shaker* selama 30 menit dan setelahnya dibiarkan selama 10 menit, kemudian larutan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Diukur konsentrasi Rhodamin B menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang yang telah ditentukan. Penentuan efektivitas adsorben cangkang telur ayam dan adsorbat Rhodamin B ditentukan dengan menggunakan hasil analisis dari spektrofotometer UV-Vis. Penentuan % adsorpsi dapat dihitung dengan persamaan 1 [9].

$$\% \text{ Adsorpsi} = \left( \frac{C_i - C_e}{C_i} \right) \times 100 \dots (1)$$

Keterangan:

% Adsorpsi	: Persentase adsorpsi
$C_i$	: Konsentrasi awal larutan (mg/L)
$C_e$	: Konsentrasi akhir larutan (mg/L)

### **DEKLARASI**

Para Penulis tidak memiliki konflik dalam hal penulisan dan pendanaan.

### **PERSANTUNAN**

Penelitian ini merupakan penelitian mandiri dari program Merdeka Belajar Kampus Mengajar (MBKM) Program Studi S1-Kimia, FMIPA, Universitas Bengkulu pada tahun 2024.

**INFORMASI TENTANG PENULIS**

## Penulis Rujukan:

Almira Amalia Harahap, Redho Hasyrahim Fatah, Desyna Rahma Sari Br Limbong, Nesbah Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Bengkulu jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Kota Bengkulu

*Anggela Marta Tasman*  
Program Studi Teknologi Kosmetik,  
Sekolah Vokasi, Universitas Negeri Padang  
Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Bar., Kota Padang

**PUSTAKA**

1. Skjolding LM, Dyhr KS, Köppl CJ, McKnight US, Bauer-Gottwein P, Mayer P, Bjerg PL, Baun A. Assessing the aquatic toxicity and environmental safety of tracer compounds Rhodamine B and Rhodamine WT. *Water Research*. 2021 Jun 1;197:117109.
2. Chandanshive VV, Kadam SK, Khandare RV, Kurade MB, Jeon BH, Jadhav JP, Govindwar SP. In situ phytoremediation of dyes from textile wastewater using garden ornamental plants, effect on soil quality and plant growth. *Chemosphere*. 2018 Nov 1;210:968-76.
3. Putri SA, Asnawati A, Indarti D. Optimalisasi adsorpsi zat warna Rhodamin b pada hemiselulosa dalam sistem dinamis. *BERKALA SAINSTEK*. 2019 Aug 7;7(1):1-6.
4. Widjanarko PI, Widianoro W, Soetaredjo LF, Ismadji S. Kinetika adsorpsi zat warna Congo Red dan Rhodamine B dengan menggunakan serabut kelapa dan ampas tebu. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. 2006;5(3):461-7.
5. Hajar EW, Sitorus RS, Mulianingtias N, Welan FJ. Efektivitas adsorpsi logam Pb<sup>2+</sup> dan Cd<sup>2+</sup> Menggunakan media adsorben Cangkang Telur Ayam. *Konversi*. 2016 Apr;5(1):1-7.
6. Hajar EW, Sitorus RS, Mulianingtias N, Welan FJ. Efektivitas adsorpsi logam Pb<sup>2+</sup> dan Cd<sup>2+</sup> Menggunakan media adsorben Cangkang Telur Ayam. *Konversi*. 2016 Apr;5(1):1-7.
7. Purwiandono G, Ibrahim S. Adsorpsi logam Cu (II) menggunakan adsorben kulit buah salak teraktivasi HNO<sub>3</sub>. *Indonesian Journal of Chemical Research*. 2022 Jul 18:1-7.
8. Zazira AZ, Fachraniah F, Ridwan R. Pengaruh Jenis Aktivator terhadap Karakteristik Karbon Aktif Berbahan Ampas Tebu. *Jurnal Teknologi*. 2024 May 1;24(1):9-15.
9. Septiana R, Etika SB, Nasra E. Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Senyawa C-SinamalKaliks [4] Resorsinarena (CSKR) dengan Metoda Batch. *Periodic*. 2020 Jul 1;9(1):17-23.
10. Nurlaili T, Kurniasari L, Ratnani RD. Pemanfaatan limbah cangkang telur ayam sebagai adsorben zat warna methyl orange dalam larutan. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*. 2017 Oct 4;2(2).
11. Kimia JI, Kimia AP, Kimia RS, Kimia RM, Kimia SL, Kimia SP, Kimia RG. Adsorpsi metilen biru dengan menggunakan arang aktif dari daun tanaman doyo (*Curculigo latifolia*). *Jurnal Atomik*;2549:0052.

12. Huda T, Yulitaningtyas TK. Kajian adsorpsi methylene blue menggunakan selulosa dari alang-alang. *Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA)*. 2018 Sep 20;1(01):9-19.
13. Taupik M, Mustapa MA, Gonibala SS. Analisis Kadar Rhodamin B Pada Blush-On Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*. 2021 Oct 19;1(2):119-26.