

PENGARUH PH DAN KECEPATAN PENGADUKAN TERHADAP PENYERAPAN ZAT WARNA *METHYLENE BLUE* MENGUNAKAN BIOSORBEN KULIT LANGSAT (*Lansium domesticum*) TERMODIFIKASI *CETYLTRIMETHYLAMMONIUM BROMIDE* (CTAB)

Effect of pH and Stirring Speed on the Adsorption of Methylene Blue
Dye Using *Lansium domesticum* Peel Biosorbent Modified with
Cetyltrimethylammonium Bromide (CTAB)

Najwa Annisa Oktaviana & Desy Kurniawati

Universitas Negeri Padang

najwaannisaoktaviana18@gmail.com

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jul 6, 2025	Aug 1, 2025	Aug 12, 2025	Aug 17, 2025

Abstract

Textile dye waste such as Methylene Blue is a hazardous pollutant that is difficult to degrade, thus requiring environmentally friendly treatment solutions. This study aims to utilize langsung peel waste (*Lansium domesticum*) modified with the cationic surfactant Cetyltrimethylammonium Bromide (CTAB) as a low-cost biosorbent for the removal of Methylene Blue, with a focus on improving adsorption capacity and examining the effects of process variables, namely pH and stirring speed. The langsung peel was prepared, ground to a particle size of 150 µm, and modified with CTAB. Batch adsorption experiments were conducted by varying the pH (2–10) and stirring speed (100–300 rpm). The concentration of Methylene Blue was analyzed using a UV-Vis spectrophotometer. The results showed that the optimal adsorption occurred at pH 6 with a capacity of 5.57 mg/g, while the optimal stirring speed was 200 rpm, yielding

the highest adsorption capacity of 17.9 mg/g. These findings demonstrate that CTAB-modified langsung peel significantly enhances its effectiveness as a potential biosorbent for the remediation of Methylene Blue-containing wastewater.

Keywords: Biosorption; Langsung Peel; Methylene Blue; CTAB Surfactant.

Abstrak: Limbah pewarna tekstil seperti *Methylene Blue* merupakan polutan berbahaya yang sulit terurai sehingga memerlukan solusi ramah lingkungan untuk pengolahannya. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah kulit langsung (*Lansium domesticum*) yang dimodifikasi dengan surfaktan kationik *Cetyltrimethylammonium Bromide* (CTAB) sebagai biosorben berbiaya rendah untuk menyerap *Methylene Blue*, dengan fokus pada peningkatan kapasitas serap serta pengaruh variabel proses berupa pH dan kecepatan pengadukan. Kulit langsung dipreparasi, dihaluskan hingga ukuran 150 μm , kemudian dimodifikasi dengan CTAB. Proses adsorpsi dilakukan secara *batch* dengan variasi pH (2–10) dan kecepatan pengadukan (100–300 rpm). Konsentrasi *Methylene Blue* dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh pada pH 6 dengan kapasitas serap 5,57 mg/g, sedangkan kecepatan pengadukan optimum tercapai pada 200 rpm dengan kapasitas serap tertinggi sebesar 17,9 mg/g. Temuan ini membuktikan bahwa modifikasi kulit langsung menggunakan CTAB meningkatkan efektivitasnya sebagai biosorben yang potensial untuk remediasi limbah cair *Methylene Blue*.

Kata Kunci: Biosorpsi; Kulit Langsung; *Methylene Blue*; Surfaktan CTAB.

PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu sektor vital bagi perekonomian global, namun menghasilkan limbah cair yang menjadi masalah lingkungan serius (Kurniawati et al., 2021). Penggunaan pewarna sintetis, seperti Methylene Blue, menjadi penyumbang polusi terbesar. Senyawa ini sulit terurai secara alami (*non-biodegradable*), dapat mengubah warna ekosistem perairan, dan membahayakan organisme di dalamnya. Selain dampak ekologis, pewarna sintetis yang mengandung gugus azo bersifat karsinogenik dan dapat memicu kanker kulit pada manusia (Harmaiyani et al., 2023).

Metode konvensional untuk mengolah limbah pewarna sering kali mahal dan tidak ramah lingkungan (Nasra, 2017). Sebagai alternatif, biosorpsi telah muncul sebagai solusi yang menjanjikan. Proses ini memanfaatkan biomassa alami (biosorben) untuk menyerap polutan secara efektif, dengan keunggulan biaya yang rendah, kemudahan penggunaan, dan ramah lingkungan. Berbagai limbah pertanian, seperti kulit buah, telah terbukti efektif sebagai biosorben karena kandungan senyawa aktif dan gugus fungsionalnya (Cut Mutia et al., 2023).

Penelitian ini berfokus pada pemanfaatan kulit langsung sebagai biosorben. Kulit langsung mengandung senyawa potensial seperti terpenoid, flavonoid, saponin, serta gugus fungsi (O-H, C=O, C-O) yang mampu mengikat molekul zat warna (Razali et al., 2022). Penelitian sebelumnya oleh Prestica & Kurniawati (2020) menunjukkan bahwa kulit langsung tanpa modifikasi memiliki kapasitas serapan maksimum terhadap Methylene Blue sebesar 146,683 mg/g.

Untuk meningkatkan efektivitas tersebut, penelitian ini akan memodifikasi permukaan kulit langsung menggunakan surfaktan kationik *Cetyltrimethylammonium Bromide* (CTAB). Penambahan CTAB bertujuan untuk memperbaiki karakteristik permukaan biosorben, meningkatkan luas permukaan, dan memperkuat kapasitas adsorpsi terhadap Methylene Blue (G. Li et al., 2019). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh berbagai variabel—seperti pH dan kecepatan pengadukan terhadap kemampuan biosorben kulit langsung termodifikasi CTAB dalam penyerapan zat warna Methylene Blue.

METODE

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari peralatan gelas, shaker (model: VRN-480), pH meter (HI2211), neraca analitik (ABS 220-4), kertas saring, magnetic stirrer (MR Hei Standard), lumpang dan alu, botol semprot, dan ayakan. Instrumen yang digunakan adalah FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) tipe perkin elmer universal ATL Sampling Accesor 735 B dan Spektroskop 21.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari kulit langsung, larutan zat warna Methylene blue 1000 mg/L, aquades, larutan surfaktan CTAB 0,300 mol/L, larutan HNO₃ (0,01; 0,1; 0,5) M, dan larutan NaOH 0,1 M.

1. Preparasi Sampel

Kulit langsung dicuci hingga bersih dari semua kotoran dan daging buahnya, kemudian dipotong menjadi potongan kecil dan didiamkan hingga kering pada suhu ruang. Setelah itu, kulit langsung dihaluskan menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan ukuran 150 µm (Kurniawati et al., 2021).

2. Modifikasi Kulit Langsung dengan Surfaktan CTAB

Diambil 50 mL larutan surfaktan CTAB 0,300 mol/L dengan pH mendekati 6 dicampur dengan kulit langsung yang sudah diaktifkan sebanyak 6,6 gram. Setiap campuran

ditutup dengan plastik film dan dikocok selama 24 jam. Kemudian disaring secara vakum, dibilas dengan aquades, dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 80°C. Kemudian disimpan dalam desikator dan dikarakterisasi menggunakan FTIR (Barboza et al., 2024).

3. Perlakuan Adsorpsi Terhadap Zat Warna

a. Pengaruh pH Larutan

Disiapkan 25 mL larutan zat warna Methylene blue konsentrasi 100 ppm dengan variasi pH 2, 4, 6, 8, dan 10. Kemudian, adsorben yang termodifikasi sebesar 0,2 g dengan ukuran partikel 150 μm dimasukkan kedalam masing-masing larutan. Larutan tersebut di shaker selama 30 menit dengan kecepatan 200 rpm. Saring sisa penyerapan, dianalisis dengan spektrofotometer UV. Didapatkan pH optimum (Kuang et al., 2020).

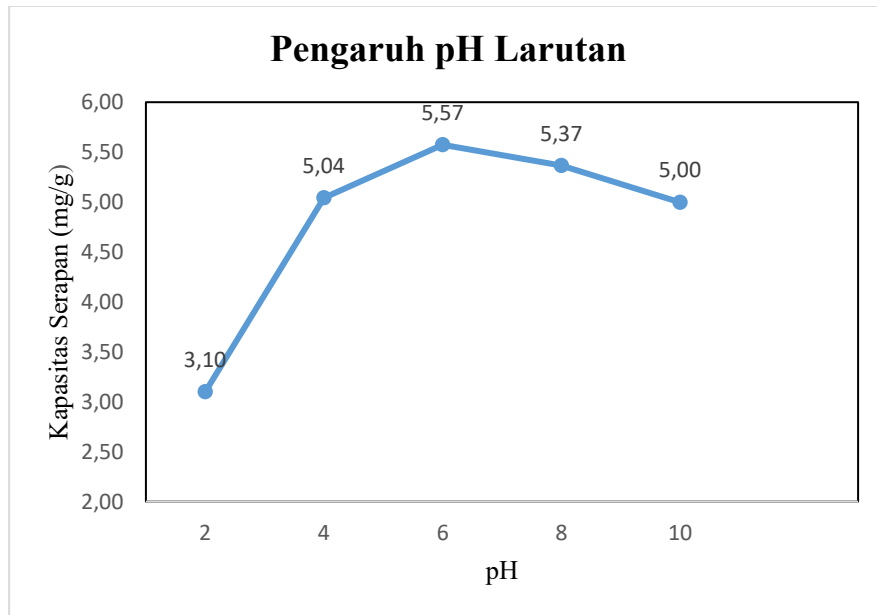
b. Pengaruh Kecepatan Pengadukan

Sebanyak 0,2 g kulit langsung sebesar 150 μm yang telah dimodifikasi dengan variasi kecepatan pengadukan 100, 150, 200, 250, dan 300 rpm dikontakkan dengan larutan Methylene blue sebanyak 25 mL dengan pH dan konsentrasi larutan yang optimum. Larutan kemudian di shaker selama 30 menit. Saring sisa penyerapan, dianalisis dengan spektrofotometer UV. Didapatkan kecepatan pengadukan optimum (Nasda et al., 2023).

HASIL

1. Pengaruh pH Larutan Zat Warna *Methylene Blue* terhadap Kulit Langsung yang dimodifikasi Surfaktan CTAB

Variasi pH yang digunakan yaitu 2, 4, 6, 8, dan 10 dengan menggunakan larutan HNO_3 sebagai pengatur pH asam dan larutan NaOH sebagai pengatur pH basa. Pengaruh pH larutan terhadap penyerapan larutan zat warna Methylene Blue dengan konsentrasi 100 mg/L dapat dilihat pada gambar 1.

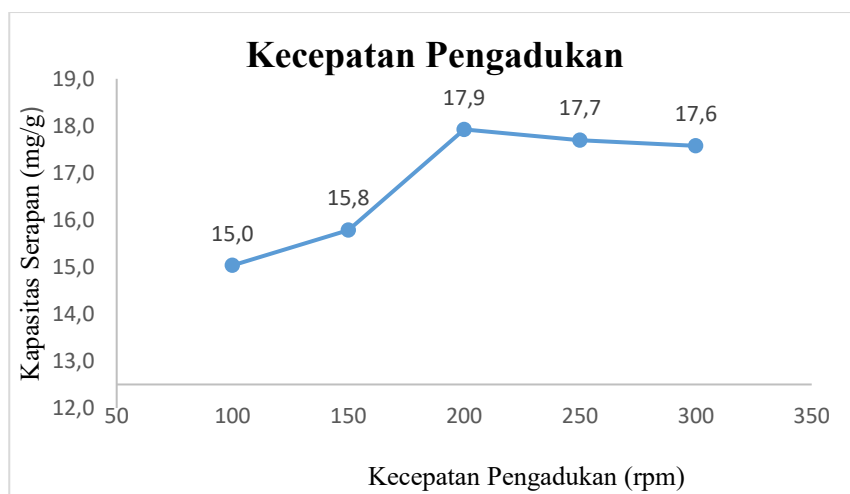


Gambar 1. Pengaruh pH Larutan Methylene Blue

Dari gambar 1. Menunjukkan bahwa penyerapan optimum pada larutan zat warna Methylene Blue terjadi pada pH 6 dengan kapasitas penyerapan sebesar 5,57 mg/g.

2. Pengaruh Kecepatan Pengadukan Larutan Zat Warna *Methylene Blue* terhadap Kulit Langsung yang dimodifikasi Surfaktan CTAB

Variasi yang digunakan pada pengaruh kecepatan pengadukan yaitu 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm, 250 rpm, dan 300 rpm dengan larutan konsentrasi 200 mg/L dan pH 6 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Kecepatan Pengadukan Larutan Methylene Blue

Dari gambar 2. Menunjukkan bahwa penyerapan optimum pada larutan zat warna Methylene Blue terjadi pada kecepatan 200 rpm dengan kapasitas serapan sebesar 17,9 mg/g.

PEMBAHASAN

Preparasi Kulit Langsung

Preparasi sampel dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap yaitu yang pertama melakukan pencucian dan pengeringan pada sampel kulit langsung. Pencucian sampel menggunakan air mengalir. Tujuan dari pencucian untuk membersihkan kotoran yang terdapat pada permukaan. Pengeringan dilakukan di suhu ruang selama seminggu di tempat yang teduh, berventilasi baik, dan jauh dari sinar matahari langsung. Tujuan dari pengeringan ini memastikan proses pengeringan yang lebih terkontrol dan menjaga karakteristik penting pada kulit langsung.

Tahap kedua melakukan perajangan atau penghalusan, tujuan dari tahapan ini yaitu untuk memperkecil ukuran partikel pada adsorben. Sampel yang sudah halus selanjutnya diayak menggunakan ayakan berukuran 150 μm . Tahap yang ketiga yaitu melakukan aktivasi, proses aktivasi ini dilakukan secara kimia dengan menggunakan larutan surfaktan *Cetyltrimethylammonium Bromide* (CTAB). Proses aktivasi dengan CTAB membantu memperbesar volume dan diameter pori-pori dalam kulit. Hal ini sangat penting untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi pada sampel, sehingga dapat memungkinkan sampel kulit langsung dapat menyerap zat seperti pewarna atau kontaminan dari lingkungan dengan lebih baik dan meningkatkan sifat fisik dan kimia kulit langsung yang membuatnya lebih efektif dalam menyerap pewarna seperti Methylene blue. Ini sangat relevan dalam aplikasi yang bertujuan mengurangi konsentrasi pewarna dalam air limbah. Selain itu, aktivasi kimia dengan CTAB membantu melarutkan dan menghilangkan kotoran yang ada di permukaan kulit. Proses pembersihan ini sangat penting untuk memastikan bahwa sampel bebas dari zat yang tidak diinginkan yang dapat mengganggu efektivitasnya sebagai adsorben. Penggunaan surfaktan CTAB memastikan bahwa proses aktivasi terkontrol dan tidak menyebabkan degradasi sampel yang berlebihan. Konsentrasi ini mencapai keseimbangan antara aktivasi yang efektif.

Tahap keempat yaitu proses penetralan pada adsorben setelah netral adsorben dikeringkan kembali. Tujuan dari proses penetralan ini adalah untuk menghilangkan sisa reagen activator sehingga permukaan adsorben tidak bermuatan. Tahap terakhir adalah

sampel yang sudah diaktivasi dikeringkan kembali menggunakan oven di suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Pada pengeringan ini, terjadi kesalahan seperti kurang maksimalnya dalam pengeringan sampel, sehingga sampel berjamur. Hal ini terjadi karena suhu dan kelembaban lingkungan pengeringan memainkan peran penting. Tingkat kelembaban yang tinggi selama pengeringan dapat mendorong pertumbuhan jamur, seperti yang diamati dalam penelitian di mana aktivitas jamur meningkat dengan kelembaban relatif yang lebih tinggi (Y. Li & Wadsö, 2013).

Pengaruh pH Larutan Methylene Blue

Pengaruh pH merupakan aspek penting dalam proses adsorpsi, karena pH menentukan muatan permukaan adsorben (Musawwa et al., 2022). Analisis dari Gambar 1 menunjukkan bahwa tingkat keasaman (pH) larutan secara signifikan memengaruhi kapasitas penyerapan zat warna Methylene Blue oleh biosorben. Penyerapan tertinggi tercapai pada pH 6, di mana biosorben mampu mengikat Methylene Blue sebanyak 5,57 mg/g. Namun, ketika kondisi dibuat sangat asam pada pH 2, kapasitas penyerapannya menurun drastis menjadi hanya 3,10 mg/g.

Fenomena ini dapat dijelaskan melalui interaksi muatan di tingkat molekuler. Pada pH 2, larutan memiliki konsentrasi ion hidrogen (H^+) yang sangat tinggi. Ion-ion H^+ yang bermuatan positif ini akan menempel pada permukaan biosorben dalam proses yang disebut protonasi, menyebabkan permukaan biosorben itu sendiri menjadi bermuatan positif (Prestica & Kurniawati, 2020). Di sisi lain, Methylene Blue adalah pewarna kationik yang secara alami juga memiliki muatan positif (N^+) dalam larutan. Akibatnya, terjadi dua mekanisme yang menghambat penyerapan. Pertama, terjadi gaya tolak-menolak elektrostatis antara permukaan biosorben yang positif dan molekul Methylene Blue yang juga positif, sehingga menghalangi perlekatan. Kedua, terjadi kompetisi langsung antara ion H^+ yang melimpah dengan molekul Methylene Blue untuk menempati situs aktif yang terbatas pada biosorben. Karena jumlah ion H^+ jauh lebih banyak, mereka memenangkan kompetisi ini dan mendominasi situs aktif, sehingga hanya sedikit ruang yang tersisa bagi Methylene Blue untuk terserap (Sy et al., 2018).

Saat pH dinaikkan mendekati netral (pH 6), konsentrasi ion H^+ dalam larutan berkurang drastis. Hal ini menyebabkan penurunan protonasi pada permukaan biosorben, mengurangi muatan positifnya, dan meminimalkan gaya tolak-menolak. Dengan persaingan dari ion H^+ yang jauh lebih sedikit, molekul Methylene Blue dapat dengan lebih mudah

mengakses dan berikatan dengan situs aktif pada biosorben, sehingga menghasilkan kapasitas penyerapan yang maksimal (Tammi et al., 2013).

Pengaruh Kecepatan Pengadukan Larutan Methylene Blue

Kecepatan pengadukan berfungsi untuk membantu proses adsorpsi. Dengan adanya kecepatan pengadukan, biosorben akan terdistribusi kesegala arah dalam larutan dan akan berinteraksi dengan adsorbat secara menyeluruh (Cut Mutia et al., 2023). Analisis dari gambar 2 menunjukkan bahwa kecepatan 200 rpm merupakan kecepatan optimum dengan kapasitas serapan sebesar 17,9 mg/g. Dapat dilihat bahwa seiring dengan peningkatan kecepatan pengadukan dari 100 rpm menjadi 200 rpm, kapasitas serapan juga meningkat secara signifikan dari 15,0 mg/g hingga mencapai nilai puncaknya sebesar 17,9 mg/g. Peningkatan ini terjadi karena pengadukan yang lebih cepat akan memperkecil lapisan batas (*boundary layer*) di sekitar partikel biosorben, sehingga mempercepat proses perpindahan massa zat dari larutan ke permukaan biosorben dan meningkatkan frekuensi tumbukan yang efektif. Namun, setelah mencapai titik optimum pada 200 rpm, penambahan kecepatan lebih lanjut ke 250 rpm dan 300 rpm justru menyebabkan sedikit penurunan kapasitas serapan menjadi 17,7 mg/g dan 17,6 mg/g.

Fenomena ini kemungkinan disebabkan oleh turbulensi yang terlalu tinggi, yang dapat memutuskan ikatan antara zat yang sudah menempel pada permukaan biosorben dan mempercepat proses kejenuhan, sehingga menyebabkan sebagian zat terlepas kembali ke dalam larutan (Nasda et al., 2023). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kecepatan pengadukan paling efektif untuk memaksimalkan penyerapan dalam proses ini adalah 200 rpm.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa kapasitas optimum biosorben kulit langsung yang dimodifikasi dengan surfaktan CTAB didapatkan pada pH 6 sebesar 5,57 mg/g dan kecepatan pengadukan sebesar 17,9 mg/g, sehingga dapat disimpulkan bahwa biosorben kulit langsung (*Lansium domesticum*) dapat dimanfaatkan sebagai biosorben dalam proses biosorpsi, salah satunya dalam larutan zat warna Methylene Blue.

DAFTAR PUSTAKA

- Barboza, J. A. T., Penido, E. S., & Ferreira, G. M. D. (2024). Production of surfactant-modified banana peel biosorbents applied to treatment and decolorization of effluents. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 680, 132650. <https://doi.org/10.1016/J.COLSURFA.2023.132650>
- Cut Mutia, N., Nasra, E., & Kurniawati, D. (2023). *Optimasi Penyerapan Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Biosorben Kulit Matoa (Pometiappinnata) dengan Metode Batch*. 12(3). <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Harmaiyani, R., Amran, A., Oktavia, B., & Kurniawati, D. (2023). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Karbon Aktif Kulit Kelengkeng (Euphoria longan lour) Dengan Metode Batch. *Journal Periodic*, 12, 75–77.
- Kuang, Y., Zhang, X., & Zhou, S. (2020). Adsorption of methylene blue in water onto activated carbon by surfactant modification. *Water (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/w12020587>
- Kurniawati, D., Bahrizal, Sari, T. K., Adella, F., & Sy, S. (2021). Effect of Contact Time Adsorption of Rhodamine B, Methyl Orange and Methylene Blue Colours on Langsung Shell with Batch Methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 1788(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1788/1/012008>
- Li, G., Li, H., Mi, X., & Zhao, W. (2019). Enhanced adsorption of Orange II on bagasse-derived biochar by direct addition of CTAB. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 36(8), 1274–1280. <https://doi.org/10.1007/s11814-019-0304-0>
- Li, Y., & Wadsö, L. (2013). Fungal activities of indoor moulds on wood as a function of relative humidity during desorption and adsorption processes. *Engineering in Life Sciences*, 13(6), 528–535. <https://doi.org/10.1002/elsc.201200100>
- Musawwa, M. M., Fajriati, A., Sahroni, I., & Said, A. (2022). Preparation of Low-cost Adsorbent Based on Mango Leaf (Mangifera Indica L) Biomass for Methylene Blue (MB) Adsorption. *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis*, 17–24. <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol3.iss1.art3>
- Nasda, M., Kurniawati, D., & Nasra, E. (2023). Pengaruh Waktu Kontak dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyerapan Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Biosorben Kulit Matoa (Pometia pinnata). *Periodic*, 12, 58–62.
- Nasra, E. (2017). *Biosorption of Cadmium and Copper Ions from Aqueous Solution using Banana (Musa paradisiaca) Shell as Low-Cost Biosorbent* (Vol. 1).
- Prestica, Y., & Kurniawati, D. (2020). Utilization of Langsung Peel (Lansium domesticum) as Methylene Blue Biosorbent. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 3, 669–672. www.ijrsred.com
- Razali, S. M., Kurniawati, D., Nasra, E., & Khair, M. (2022). Pengaruh pH dan Ukuran Partikel Terhadap Penyerapan Fenol Menggunakan Biosorben Dari Kulit Langsung(Lansium domesticum). *Chemistry Journal*, 11(1). <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Sy, S., Kurniawati, D., Lestari, I., Harmiwati, H., & Kasman, M. (2018). Pengaruh pH dan dosis adsorben dari limbah lumpur aktif industri crumb rubber terhadap kapasitas penyerapan ion Cd(II) dan Zn(II). *Jurnal Litbang Industri*, 8(2), 95. <https://doi.org/10.24960/jli.v8i2.4290.95-104>
- Tammi, T., Suaniti, N. M., & Manurung, M. (2013). Variasi Konsentrasi Dan Ph Terhadap Kemampuan Kitosan Dalam Mengadsorpsi Metilen Biru. *Jurnal Kimia*, 7(1), 11–18.