

PEMISAHAN PEWARNA NAFTOL DARI LIMBAH KAIN JUMPUTAN DENGAN BIOSORBEN CANGKANG TELUR

G.F. Marintika¹ dan E. Melwita^{1*}

¹ Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang

*Corresponding author: eldamelwita@ft.unsri.ac.id

ABSTRAK: Naftol merupakan zat pewarna yang sering digunakan dalam pewarnaan kain tekstil di Indonesia. Zat ini dapat membahayakan kesehatan sehingga perlu diolah untuk mengurangi limbah yang dapat mencemari lingkungan. Proses adsorpsi umum digunakan untuk memisahkan senyawa dalam limbah karena mudah diaplikasikan. Pemilihan adsorben menentukan efektifitas dan efisiensi proses adsorpsi sehingga perlu digunakan adsorben yang efektif dan ekonomis. salah satunya yaitu melalui proses adsorpsi menggunakan cangkang telur ayam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu pengadukan dan rasio adsorben terhadap proses adsorpsi pewarna dengan metode adsorpsi secara batch dan perkolasi dengan parameter konsentrasi pewarna. Hasil penelitian menunjukkan penurunan konsentrasi pewarna paling rendah diperoleh pada rasio adsorben: limbah sebesar 0.4 g/g dan waktu pengadukan 20 menit dengan persentase penyerapan warna 90.13%. Proses adsorpsi secara bertahap memberikan hasil yang hampir sama antara metode adsorpsi batch dan metode perkolasi.

Kata Kunci: adsorpsi, cangkang telur, naftol, limbah jumptan

ABSTRACT: Naphthol is a dye that is often used in dyeing textile fabrics in Indonesia. This substance can endanger health, so, it needs to be processed to reduce waste that can pollute the environment. Adsorption process is commonly used to separate compounds in waste because it is easy to apply. The sorting of adsorption determines the effectiveness and efficiency of the adsorption process so it is necessary to use an economical effective and efficient adsorbent. One of them is through the adsorption process using chicken egg shells. This research aims to acknowledge the effect of stirring time and ratio of adsorbent on the dye adsorption process using the adsorption batch method and percolation with dye concentration parameters. The results showed a decrease in dye concentration the lowest dye was obtained at an adsorbent ratio: waste of 0.4 g/g and a stirring time of 20 minutes with color absorption percentage 90.13%. The gradual adsorption process gives almost the same results between the batch adsorption methods and percolation methods.

Keywords: adsorption, eggshell, naphthol, jumptan waste

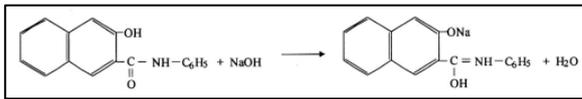
PENDAHULUAN

Perkembangan industri tekstil rumah tangga Indonesia saat ini mengalami perkembangan yang pesat. Perkembangan yang pesat ini tidak berbanding lurus dengan tingkat kesadaran manusia terhadap limbah yang dihasilkan dari produksi tekstil. Limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan mengandung zat dengan bahan kimia yang sukar untuk diuraikan secara alami sehingga membahayakan lingkungan (Hermawan dan Syafila, 2017). Limbah ini biasa dibuang langsung ke tempat pembuangan seperti selokan/parit-parit rumah tanpa dilakukan proses treatment terlebih dahulu.

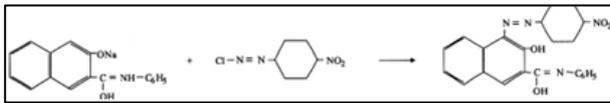
Palembang merupakan salah satu kota di Indonesia yang memiliki industri tekstil rumahan yang banyak. Produk tekstil khas Palembang ini salah satunya ialah kain jumptan. Kain jumptan di Kota Palembang umumnya menggunakan naftol sebagai zat warna. Zat warna naftol merupakan salah satu jenis pewarna sintesis yang biasa digunakan dalam pewarnaan kain-kain tradisional di Indonesia seperti batik, kain jumptan, lain songket, dan lain-lain. Senyawa pewarna sintesis yang stabil akan sulit terdegradasi secara alami dan membahayakan kehidupan organisme perairan. Hal ini menyebabkan harus adanya pengolahan sebelum limbah dibuang ke lingkungan agar tidak membahayakan lingkungan sekitar. Pembuangan pewarna sintesis hasil

pewarnaan yang tidak terolah akan menyebabkan penurunan kualitas lingkungan karena pewarna sintesis ini memiliki sifat karsinogenik (Reife, 2000).

Zat warna naftol adalah zat warna yang tidak dapat larut dalam air dan tidak memiliki afinitas terhadap serat selulosa sehingga zat ini harus dilarutkan menjadi larutan naftolat yang larut dalam air. Proses pelarutan pada pembuatan zat warna ini bertujuan mendapatkan afinitas yang dibutuhkan agar serat dapat tercelup.



Gambar 1. Reaksi pembentukan garam natrium naftolat (Laksono, 2015).

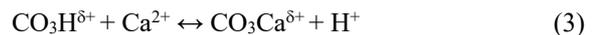
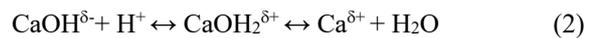
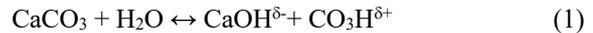


Gambar 2. Reaksi Pembentukan Pewarna Naftol. (Laksono, 2015).

Konsumsi telur di Indonesia pada tahun 2020 terjadi peningkatan yang sangat signifikan yaitu 28,16 kg per kapita per tahun, dimana pada tahun-tahun sebelumnya konsumsi telur di Indonesia hanya sekitar 17 kg per kapita per tahun (Data Tempo, 2021). Jumlah konsumsi telur yang meningkat di Indonesia ini mengakibatkan limbah dari cangkang telur juga meningkat. Cangkang telur memiliki 10.000 hingga 20.000 pori dengan kandungan utama berupa kalsium karbonat pada struktur porinya serta protein asam mukopolisakarida yang dapat dikembangkan menjadi adsorben (Purnomo, 2003).

Kalsium karbonat (CaCO_3) ialah bahan yang umum di jumpai pada batu dan komponen penyusun utama pada cangkang hewan laut dan kulit telur. Kalsium karbonat umumnya digunakan sebagai bahan penyusun utama dari pembuatan semen (Seru, dkk. 2021). Kalsium karbonat juga bisa digunakan sebagai bahan kapur untuk papan tulis serta dapat dimanfaatkan bidang kesehatan dikarenakan kalsium karbonat memiliki kadar kalsium yang tinggi. Cangkang telur merupakan bagian terluar yang memiliki fungsi utama untuk memyebabkan dan melindungi bagian dalam telur dari kontaminan dan kerusakan. Komponen utama penyusun cangkang telur ialah kalsium karbonat 94%, kalsium fosfat 1%, bahan-bahan organik 4%, serta magnesium karbonat 1% (Jasinda, 2013). Senyawa kalsium karbonat ialah senyawa utama pemicu terjadinya adsorpsi dimana senyawa ini mampu berinteraksi kuat dengan beberapa ion logam divalent (M^{2+}) melalui adsorpsi (Godelitsas dkk., 2003).

Kalsium karbonat terdiri dari ion Ca^{2+} dan ion CO_3^{2-} dimana jika ion ini berada di dalam air akan mengalami hidrolisis dan menghasilkan $\text{CaOH}^{\delta-}$ dan $\text{CO}_3\text{H}^{\delta+}$ yang dapat bereaksi dengan ion lain dalam larutan (Maslahat dkk., 2015). Ion H^+ dan Ca^{2+} dapat mengalami peningkatan serapan zat warna pada pH rendah sehingga membentuk persamaan reaksi seperti di bawah ini (Mondal, 2012).



Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari efektifitas dan efisiensi pemanfaatan limbah cangkang telur ayam sebagai adsorben dalam mengadsorpsi zat warna naftol yang terkandung di dalam limbah kain jumputan. Penelitian ini berfokus pada massa adsorben dan waktu kontak pada saat proses adsorpsi. Limbah yang akan diadsorpsi berasal dari limbah industri rumahan kain jumputan di Kota Palembang.

METODOLOGI PENELITIAN

Persiapan Adsorben

1. Cangkang telur ayam dicuci hingga bersih dan lapisan membran telur dipisahkan.
2. Cangkang telur dijemur hingga kering di bawah sinar matahari.
3. Cangkang telur yang sudah kering dihaluskan menggunakan alu dan mortar.
4. Serbuk cangkang telur yang telah halus diayak menggunakan sieve dengan ukuran 100 mesh
5. Cangkang telur selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C untuk dihilangkan kadar air yang masih tersisa.

Proses Adsorpsi

1. Limbah kain jumputan cair yang berisi zat naftol diukur dengan menggunakan gelas ukur dan ditimbang sebanyak 50 gram.
2. Limbah cair sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam gelas beker 250 ml.
3. Adsorben sebanyak 5 gram ditimbang menggunakan neraca analitik.
4. Adsorben dimasukkan kedalam gelas beker yang berisi limbah dan diaduk menggunakan magnetic stirrer pada hot plate dengan variasi waktu 20 menit, 40 menit, 60 menit, dan 80 menit.

5. Hasil proses adsorpsi disaring menggunakan kertas saring whatman 42 dan proses adsorpsi dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk setiap sampel.
6. Proses adsorpsi selanjutnya dilakukan dengan menggunakan waktu optimum untuk mendapatkan rasio adsorben paling optimum (variasi rasio adsorben/limbah (g/g) adalah 0.1, 0.2, 0.3, dan 0.4 menggunakan jar test).
7. Analisa hasil penelitian berupa persen removal konsentrasi larutan yang didapat dari spektrofotometri UV-Vis.

Proses Adsorpsi Bertahap

1. Limbah kain jumputan cair yang berisi zat naftol diukur dengan menggunakan gelas ukur dan ditimbang sebanyak 200 gram.
2. Limbah cair sebanyak 200 gram dimasukkan ke dalam gelas beker 500 ml.
3. Adsorben sebanyak 40 gram ditimbang menggunakan neraca analitik lalu dipanaskan di dalam oven pada suhu 105°C selama 15 menit.
4. Adsorben dimasukkan ke dalam gelas beker 500 ml yang berisi limbah dan diaduk menggunakan jar test selama 60 menit dengan kecepatan 200 rpm.
5. Hasil proses adsorpsi disaring menggunakan kertas saring whatman 42.
6. Selanjutnya dilanjutkan proses adsorpsi tahap kedua dengan prosedur yang sama hingga adsorpsi tahap tiga dan empat.

Proses Adsorpsi Bertahap dengan Metode Perkolasi

1. Limbah kain jumputan cair yang berisi zat naftol diukur dengan menggunakan gelas ukur dan ditimbang sebanyak 200 gram.
2. Limbah cair sebanyak 200 gram dimasukkan ke dalam gelas beker 250 ml.
3. Adsorben sebanyak 40 gram ditimbang menggunakan neraca analitik lalu dipanaskan di dalam oven pada suhu 105°C selama 15 menit.
4. Adsorben dimasukkan ke dalam kain seperti teh celup lalu dimasukkan ke dalam gelas beker 250 ml yang berisi limbah dan diaduk secara manual selama 60 menit.
5. Adsorben dikeluarkan dari limbah dan adsorben baru dimasukkan untuk melanjutkan proses adsorpsi tahap kedua hingga tahap keempat dengan prosedur yang sama.

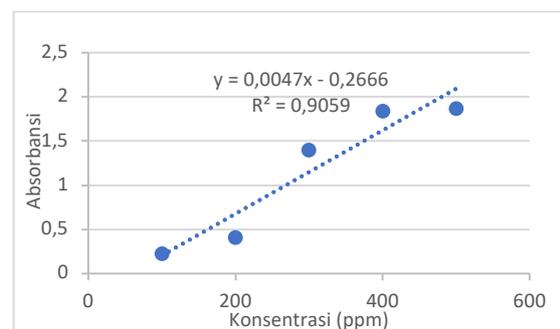
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Zat Warna Naftol

Tabel 1. Konsentrasi dan absorbansi dari kurva standar

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (AU)
100	0,228
200	0,408
300	1,395
400	1,84
500	1,87

Penentuan kurva regresi linier diawali dengan pembuatan larutan induk zat warna naftol 1000 ppm lalu diencerkan menjadi 500 ppm, 400 ppm, 300 ppm, 200 ppm, dan 100 ppm. Panjang gelombang maksimum yang digunakan ialah 420 nm. Panjang gelombang ini digunakan sebagai standar dalam melakukan pengukuran dengan menggunakan spektrofotometri Uv-Vis. Konsentrasi limbah awal yang diukur ialah konsentrasi limbah kain jumputan sebelum mengalami adsorpsi sebesar 1338 ppm yang didapatkan dari industri pembuatan kain jumputan di daerah Kertapati, Palembang.



Gambar 3. Kurva standar zat warna naftol

Kurva standar zat warna naftol pada gambar 3 menunjukkan nilai koefisien korelasi mendekati 1 yaitu sebesar 0,9059. Data absorbansi dari larutan standar ini selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi tiap sampel melalui perhitungan sebagai berikut.

$$y = ax + b \quad (4)$$

Keterangan:

y = absorbansi a = slope

x = konsentrasi b = intersep

Melalui perhitungan konsentrasi di atas, dapat dilakukan analisa terhadap persentase removal dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Penyerapan warna (\%)} = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100 \quad (5)$$

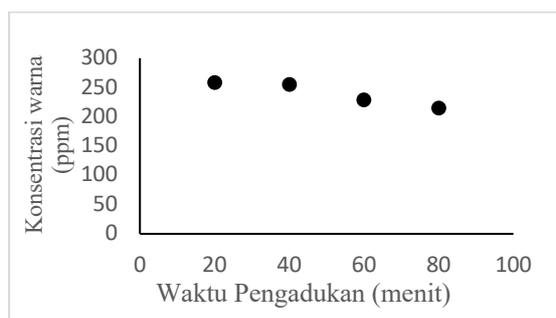
Keterangan:

C_0 = Konsentrasi awal

C_f = Konsentrasi akhir

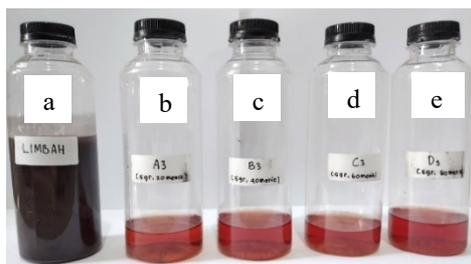
Pengaruh Waktu Pengadukan dan Rasio Adsorben terhadap Konsentrasi Zat Naftol

Untuk mengetahui pengaruh waktu pengadukan dan rasio adsorben terhadap efektivitas dalam penyerapan zat naftol, dilakukan perhitungan terhadap konsentrasi sebelum dan sesudah limbah mengalami proses adsorpsi. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan data absorbansi yang didapatkan menggunakan analisa spektrofotometri Uv-Vis.



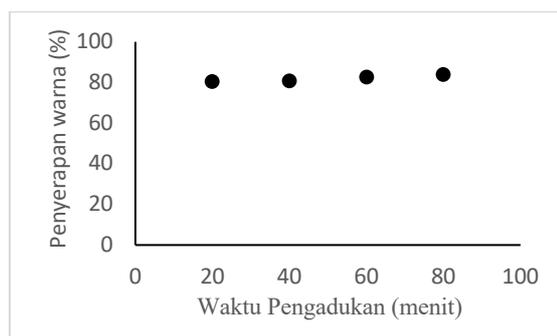
Gambar 4. Pengaruh Waktu Pengadukan terhadap Konsentrasi Limbah Naftol

Hubungan antara waktu pengadukan terhadap yang disajikan pada gambar 4 menunjukkan semakin lama waktu kontak, maka konsentrasi zat warna dalam sampel semakin kecil karena semakin banyak konsentrasi zat warna yang berhasil diserap oleh adsorben. Namun, perbedaan konsentrasi karena waktu pengadukan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan konsentrasi zat warna sehingga warna limbah juga hampir sama seperti pada gambar 5.



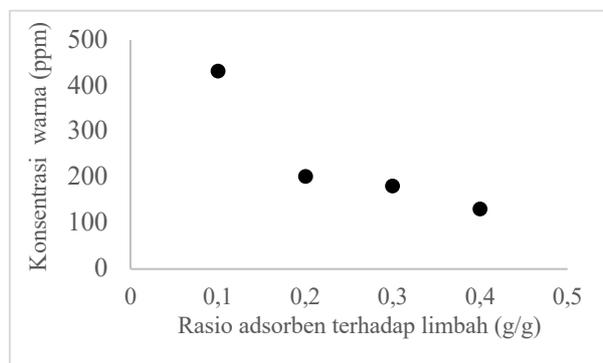
Gambar 5. Warna limbah setelah adsorpsi dengan variasi waktu pengadukan (a) limbah awal (b) 20 menit (c) 40 menit (d) 60 menit (e) 80 menit

Persentase penyerapan pewarna pada gambar 6 menunjukkan adanya kenaikan seiring dengan semakin lamanya waktu pengadukan pada proses adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan biosorben cangkang telur belum mengalami titik jenuh sehingga dapat menyerap adsorbat dengan baik hingga 80 menit. Waktu optimum pengadukan pada penelitian ini jika ditinjau dari nilai persen penyerapan warna paling tinggi ialah 80 menit

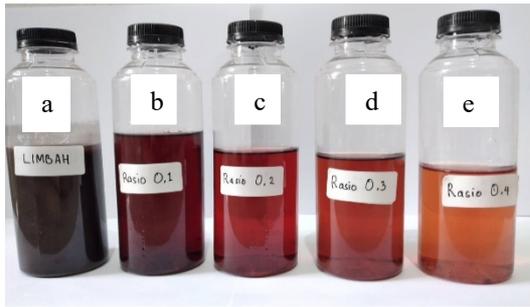


Gambar 6. Pengaruh Waktu Pengadukan terhadap Penyerapan Warna Naftol

Pengaruh jumlah adsorben terhadap adsorpsi pewarna disajikan pada gambar 7. Rasio adsorben memiliki pengaruh lebih besar dalam mengadsorpsi zat naftol dibandingkan dengan waktu pengadukan karena menunjukkan penurunan konsentrasi warna yang signifikan dengan semakin tinggi rasio adsorben terhadap limbah. Proses penyerapan terbaik berada pada rasio adsorben 0,4 gr/gr dengan konsentrasi warna terkecil sebesar 132,10 ppm.

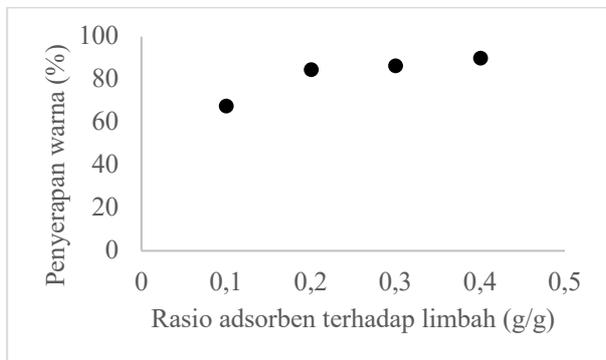


Gambar 7. Pengaruh Rasio Adsorben terhadap Konsentrasi Warna Naftol



Gambar 8. Hasil pengolahan limbah dengan variasi rasio adsorben:limbah (a) limbah awal (b) rasio 0.1 g/g (c) rasio 0.2 g/g (d) rasio 0.3 g/g (e) rasio 0.4 g/g

Warna limbah yang dihasilkan menunjukkan perbedaan yang jelas seperti pada gambar 8. Warna limbah semakin pucat dengan penambahan jumlah adsorben. Gambar 9 menunjukkan adanya kenaikan jumlah penyerapan warna seiring dengan semakin tingginya rasio adsorben. Nilai persen penyerapan warna paling tinggi 90% dicapai pada variabel rasio adsorben/limbah sebesar 0.4 g/g. Namun peningkatan jumlah adsorben selanjutnya kurang efisien untuk dilakukan karena perpindahan masa akan semakin lambat.



Gambar 9. Pengaruh Rasio Adsorben:limbah terhadap Penyerapan Warna Naftol

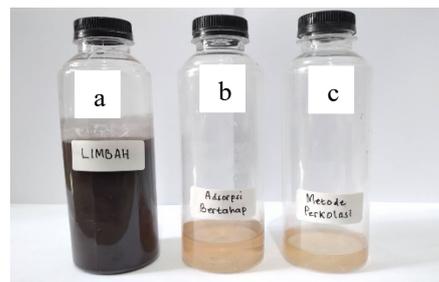
Peningkatan penyerapan warna akibat rasio adsorben disebabkan karena semakin besarnya luas permukaan dan ketersediaan situs-situs aktif adsorpsi yang lebih banyak. Hasil penelitian menunjukkan pada rasio adsorben 0.4 g/g merupakan rasio paling optimum dalam penyerapan limbah naftol oleh biosorben cangkang telur. Menurut Oscik dan Cooper (1992), kuantitas sisi aktif berbanding lurus dengan luas permukaan adsorben. Penambahan rasio adsorben hingga rasio optimum terhadap limbah akan meningkatkan sisi aktif adsorben sehingga efisiensi adsorpsi akan meningkat.

Efektivitas Cangkang Telur sebagai Biosorben pada Adsorpsi Bertahap

Metode adsorpsi bertahap dilakukan dengan 2 metode, yaitu secara batch dan perkolasi. Seperti terlihat pada tabel 2, konsentrasi limbah zat warna naftol berkurang setelah mengalami proses adsorpsi dalam empat tahapan dengan perbedaan konsentrasi warna yang kurang signifikan antara metode batch dan metode perkolasi. Konsentrasi akhir limbah naftol melalui proses adsorpsi dengan pengontakkan adsorben secara langsung sebesar 122,56 ppm, sedangkan dengan metode perkolasi diperoleh konsentrasi limbah sebesar 147,16 ppm dengan persentase penyerapan warna yang hampir sama sekitar 90%. Warna hasil adsorpsi juga terlihat hampir sama (gambar 10). Metode perkolasi dilakukan sebagai perbandingan dengan metode adsorpsi melalui pengontakkan langsung antara adsorben dengan limbah. Metode perkolasi dilakukan untuk mengifisiensi proses adsorpsi agar tidak perlu dilakukannya proses penyaringan.

Tabel 2. Hasil adsorpsi dengan metode adsorpsi bertahap

Metode	Konsentrasi (ppm)	Penyerapan warna (%)
Adsorpsi langsung	122,56	90,85
Metode Perkolasi	147,16	89,02



Gambar 10. Hasil pengolahan limbah dengan metode adsorpsi bertahap (a) limbah awal (b) metode batch (c) metode perkolasi

KESIMPULAN

1. Waktu pengadukan tidak memberi pengaruh yang signifikan pada proses ini karena penurunan konsentrasi warna pada rentang waktu 20 - 80 menit tidak jauh berbeda

2. Rasio adsorben terhadap limbah memberi pengaruh yang cukup signifikan jika ditinjau dari perubahan konsentrasi pada kisaran rasio 0.1 – 0.4 g/g.
3. Perbedaan konsentrasi antara metode perkolasi dengan metode adsorpsi biasa menunjukkan proses penyerapan pada metode perkolasi tidak berbeda signifikan dengan proses adsorpsi kontak langsung secara batch
4. Efektivitas paling tinggi cangkang telur dalam mengadsorpsi zat warna naftol pada adsorpsi bertahap berada pada tahapan pertama jika ditinjau dari konsentrasi limbah sesudah adsorpsi.

Seru, R., N., Tanijaya, J., dan Febriani, L. 2021. Pengaruh Kalsium Karbonat (CaCO_3) sebagai Bahan Substitusi Semen pada Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 3(1): 70-75.

DAFTAR PUSTAKA

- Asip, F., Ridha, M., dan Husna. 2008. Uji Efektivitas Cangkang Telur dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol.15(2): 22-26.
- Godelitsas, A., Astilleros, J. M., Hallam, K. R., Löns, J., dan Putnis, A. 2003. Microscopic and Spectroscopic Investigation of The Calcite Surface Interacted with Hg (II) in Aqueous Solutions. *Mineralogical Magazine*. 67(6): 1193–1204.
- Hermawan, R., dan Syafila, M. 2016. Pengaruh Plat Grafit dan Tembaga Terhadap Kinerja Proses Pengolahan Lingkungan Cair Industri Batik yang Mengandung Logam Zn Menggunakan Metode Elektrolisis. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 23(1): 13-21.
- Jasinda. 2013. *Pembuatan dan Karakterisasi Adsorben Cangkang Telur Bebek yang Diaktivasi Secara Termal*. Skripsi. Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara.
- Laksono, E., W. 2015. Kajian Penggunaan Adsorben Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Zat Pewarna Tekstil. *Jurdik Kimia*.
- Mihelcic, J. R. 1999. *Fundamental of Environmental Engineering*. John Wiley & Sons. New York.
- Mondal, N.,K., Bhaumik, B., Das , P., Roy, K.,C., Banerjee, dan Datta. 2011. Eggshell Powder as an Adsorbent for Removal of Fluoride from Aqueous Solution: Equilibrium. Kinetic and Thermodynamic Studies. Department of Environmental Science. The University of Burdwan, WB. India.
- Purnomo, H. 2003. *Ilmu Pangan*. Universitas Indonesia.
- Reife, A. 2000. *Dyes, Environmental Chemistry*. New York. John Welley and Son.
- Robbani, F. 2015. Adsorpsi Zat Warna Naphtol Blue Black (NBB) Menggunakan Khitosan Terimobilisasi pada Pelat Kaca. Tesis Kimia, Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.