



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 1 Tahun 2024 Page 3060-3069

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Sebagai Adsorben Zat Warna Methyl Blue Dalam Larutan

Eka^{1✉}, Dicky Andro², Angger Andrawan³, Usi Susila⁴, Fahmi Al Ahyar⁵, Ande Fudja Rafryanto⁶,
Andi Wahyu Indrayana⁷, Arramel⁸

(1),(3),(4),(5) Teknik Kimia Universitas Pamulang

(2) Fisika Murni Institut Teknologi Kalimantan

(6), (7), (8) Nano Center Indonesia.

Email: ekagemini46@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Methyl Blue merupakan salah satu limbah tekstil yang dapat memberikan kontribusi terhadap pencemaran lingkungan dengan sifat karsinogenik dan mutagenik. Terdapat lebih dari 700.000 ton bahan pewarna yang diproduksi tiap tahun dengan 10.000 jenis pewarna dan sekitar 20% dari zat warna tekstil yang telah digunakan akan terbuang bersama limbah pada tahap pewarnaan (Haryono et al, 2021). Salah satu cara untuk menangani limbah tersebut adalah dengan cara adsorpsi menggunakan cangkang telur ayam. Cangkang telur ayam merupakan limbah yang belum banyak dimanfaatkan sehingga mudah didapatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh massa adsorben, waktu kontak dan pH terhadap adsorpsi *Methyl Blue* oleh cangkang telur ayam. Metode penelitian ini meliputi 3 tahap yaitu preparasi adsorben, adsorpsi, dan analisis Spektrofotometer UV-Vis. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi massa adsorben 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; dan 3 gram, variasi waktu kontak 15; 30; dan 45 menit, dan variasi pH 1; 3; 5; dan 7. Hasil penelitian menunjukkan kondisi adsorpsi terbaik terjadi pada massa adsorben 3 gram, waktu kontak 30 menit dan pH 7 dengan efisiensi adsorpsi sebesar 92%.

Kata Kunci: *adsorpsi, cangkang telur, Methyl blue*

Abstract

Methyl Blue is a type of textile waste that can contribute to environmental pollution with carcinogenic and mutagenic properties. There are more than 700,000 tonnes of dyes produced each year with 10,000 types of dyes (Linde et al., 2021) and around 20% of the textile dyes that have been used will be wasted with waste at the dyeing stage (Haryono et al, 2021). One way to handle this waste is by adsorption using chicken egg shells. Chicken egg shells are waste that has not been widely used so it is easy to obtain. This research aims to determine the effect of adsorbent mass, contact time and pH on the adsorption of Methyl Blue by chicken egg shells. This research method includes 3 stages, namely adsorbent preparation, adsorption, and UV-Vis Spectrophotometer analysis. The adsorption process was carried out with variations in adsorbent mass of 0.5; 1; 1.5; 2; 2.5; and 3 grams, contact time variation 15; 30; and 45 minutes, and pH variation 1; 3; 5; and 7. The research results showed that the best adsorption conditions occurred at an adsorbent mass of 3 grams, contact time of 30 minutes and pH 7 with an adsorption efficiency of 92%.

Keywords : *adsorption, egg shell, Methyl blue*

PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu sektor industri yang penting di Indonesia. Industri ini memiliki peran yang strategis dalam perekonomian nasional, baik dari segi penyerapan tenaga kerja maupun kontribusinya terhadap ekspor. Dari sektor non-migas, industri tekstil menjadi sumber penghasilan terbesar pemerintah (Sudradjat, 2002) dan sumber penghasilan terbesar ketiga setelah minyak bumi dan gas alam (Atmaji dkk, 1999). Berdasarkan data Statistik Departemen Perdagangan dan Perindustrian, pada tahun 2022, industri tekstil telah menyumbangkan sekitar USD 8,19 miliar atau 5,67% dari ekspor non-migas Indonesia. Berdasarkan Data Pusat Statistik tahun 2022, pertumbuhan industri tekstil mencapai 6,33% (BPS, 2022).

Di samping pertumbuhan industri tekstil yang mengagumkan, masih terdapat berbagai masalah seperti tingginya tingkat pencemaran akibat limbah cair sisa proses pewarnaan. Terdapat lebih dari 700.000 ton bahan pewarna yang diproduksi tiap tahun dengan 10.000 jenis pewarna dan sekitar 20% dari zat warna tekstil yang telah digunakan akan terbuang bersama limbah pada tahap pewarnaan (Haryono et al, 2021). Kadar maksimal Chemical Oxygen Demand (COD) sebagai salah satu parameter mutu air berdasarkan KepMen LH No. 51/MENLH/10/1995 sebesar 150 mg/L. Nilai tersebut jauh di bawah nilai COD dari limbah tekstil umumnya sekitar 150- 12000 mg/L (Haryono dkk. 2018).

Methyl Blue merupakan salah satu contoh zat warna sintetis yang sering dijumpai pada limbah cair, umumnya berasal dari industri tekstil. Dampak lingkungan yang disebabkan oleh pewarna sintetis tersebut seperti tingginya BOD dan COD, mutagenik, karsinogenik

dan toksisitas Degradasi pewarna, terutama pewarna reaktif sulit, karena strukturnya yang kompleks, kelarutan dalam air, dan sifat sintetisnya (Ehrampoush and Ghaneian, 2011). Oleh karena itu perlu dicari alternatif efektif untuk menguraikan limbah tersebut (Christina dkk., 2007).

Upaya penanganan limbah tekstil hingga saat ini telah banyak dilakukan. Pengolahan limbah cair industri tekstil dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa proses yaitu kimia, fisika dan biologi maupun kombinasi antara ketiga proses tersebut. Beberapa metode yang telah dikembangkan diantaranya metode adsorpsi, koagulasi, sedimentasi dan lumpur aktif. Cara yang paling mudah diterapkan adalah cara adsorpsi, yaitu suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat pada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut (Widjajanti, 2011). Adsorpsi juga merupakan salah satu metode untuk menurunkan konsentrasi zat pewarna terlarut dalam limbah cair yang murah serta efektif sehingga dapat dihasilkan kualitas air limbah yang memenuhi baku mutu air. Di antara jenis adsorben, karbon aktif banyak digunakan karena memiliki kapasitas yang tinggi dalam menjerap senyawa organik pada zat warna terlarut (Salman et al. 2012) Namun, adsorben karbon aktif tergolong mahal karena proses aktivasi dan sulitnya penguraian karbon aktif yang telah digunakan (Ehrampoush and Ghaneian, 2011). Salah satu metode alternatif untuk menghilangkan zat warna dari air yang tercemar oleh methyl blue adalah adsorpsi dengan menggunakan adsorben yang murah dan mudah di dapatkan, seperti cangkang telur ayam.

Potensi limbah cangkang telur di Indonesia cukup besar. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat, produksi telur ayam ras petelur dan buras di Indonesia sebanyak 375.253,1 ton pada 2022. Jumlah itu naik 1,78% dibandingkan pada tahun sebelumnya yang sebesar 368.696,5 ton. Sekitar 10% dari telur merupakan cangkangnya, sehingga dihasilkan sekitar 37.525,31 ton cangkang telur per tahunnya. Cangkang telur mengandung sekitar 98 % CaCO_3 (calcium carbonat) dan memiliki 10.000 - 20.000 pori-pori sehingga diperkirakan dapat menyerap suatu solute dan dapat digunakan sebagai adsorben (Ahmed &Ahsan, 2008).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari efektivitas cangkang telur ayam sebagai adsorben dalam adsorpsi zat warna methyl blue dengan parameter proses yang meliputi massa adsorben, waktu kontak, dan pH.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang telur ayam, methyl blue, Asam Klorida, dan aquades. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, magnetic stirrer, neraca analitik, ball mill, dan peralatan gelas. Untuk analisa hasil adsorpsi digunakan Spektrofotometer UV-Vis. Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini yaitu massa adsorben 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 dan 3 gram, waktu kontak 15; 30; dan 45 menit, dan pH 1; 3; 5; dan 7. Variabel tetap yang digunakan pada penelitian ini yaitu konsentrasi larutan methyl blue, 20 ppm dan volume larutan 40 ml.

2.1 Persiapan Adsorben

Cangkang telur ayam dicuci bersih dan dihilangkan dari membran dan kotoran yang melekat pada cangkang telur, kemudian di rendam selama 1 jam dengan aquadest. Cangkang telur ayam kemudian dimasukkan kedalam oven selama 1 jam dengan suhu 1900, selanjutnya Cangkang telur di haluskan dengan ball mill selama 30 menit.

2.2 Persiapan Adsorbat

Pada penelitian ini menggunakan larutan methyl blue, dengan konsentrasi 20 ppm. Pembuatan larutan methyl blue, 20 ppm dilakukan dengan cara menyiapkan terlebih dahulu larutan induk methyl blue 1000 ppm . Larutan induk ini dapat dibuat dengan melarutkan 1 gram kristal methyl blue dalam 1 liter aquadest, kemudian larutkan 2 mL larutan induk methyl blue dalam aquadest kemudian diencerkan sampai 1000 mL dalam labu ukur 1000 mL.

2.3 Persiapan Adsorpsi

Optimasi massa adsorben dilakukan dengan menambahkan adsorben ke dalam 40 mL larutan methyl blue, dengan konsentrasi 20 ppm tanpa pengaturan pH. Optimasi waktu adsorpsi ditentukan pada kondisi massa terbaik. Sedangkan optimasi pH dilakukan pada kondisi massa dan waktu terbaik. Daya adsorpsi ditentukan dengan membandingkan konsentrasi pewarna sebelum dan sesudah adsorpsi. Konsentrasi pewarna ditentukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 664 nm. Hasil dari analisa Spektrofotometer UV-Vis kemudian digunakan untuk menghitung nilai persentase adsorpsi. Persentase adsorpsi dapat dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ adsorpsi} = \left(\frac{C_0 - C_a}{C_0} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

(1)

% adsorpsi = Persentase adsorpsi

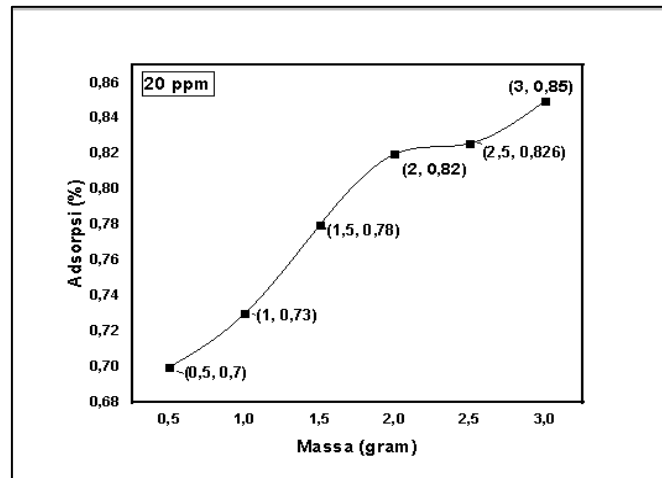
C_0 = Konsentrasi awal larutan (mg/L)

C_a = Konsentrasi akhir larutan (mg/L)

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Massa Adsorben

Pengaruh massa adsorben terhadap adsorpsi zat warna methyl blue oleh adsorben cangkang telur ayam dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh massa adsorben terhadap persentase adsorpsi

(Kondisi: pH = 7; waktu kontak = 5 menit; volume larutan = 40 mL; Kecepatan stirerr 200 rpm)

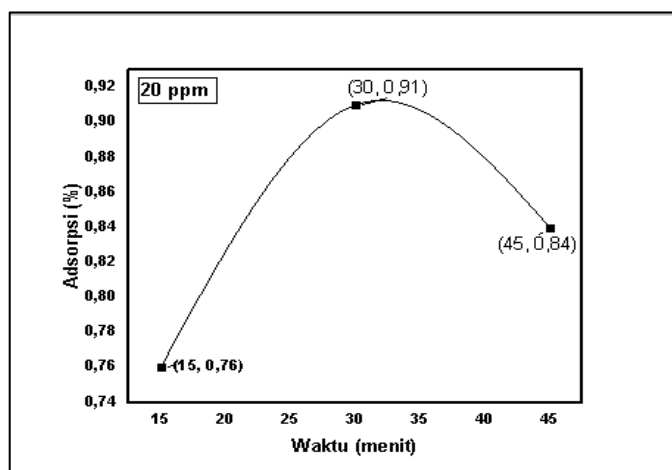
Dari Gambar 1. terlihat bahwa konsentrasi methyl blue yang teradsorp meningkat secara linear seiring dengan bertambahnya jumlah massa adsorben. Hal ini terjadi karena adanya penambahan jumlah adsorben maka terjadi penambahan sisi aktif yang terdapat pada permukaan adsorben (Mondal, 2012), Sisi aktif ini merupakan tempat terjadinya interaksi antara adsorben dengan adsorbat, yaitu methyl blue. sehingga semakin banyak jumlah adsorben maka semakin banyak pula methyl blue yang terserap.

Massa adsorben 3 gram merupakan massa terbaik untuk menyerap methyl blue karena pada saat itu telah terjadi keseimbangan antara jumlah methyl blue yang diserap oleh adsorben serbuk cangkang telur dengan jumlah methyl blue yang tersisa dalam larutan. Hal ini berarti bahwa adsorben serbuk cangkang telur ayam telah mengikat methyl blue secara maksimal (Aprilya,2016). Pada penelitian ini massa adsorben terbaik adalah 3 gram untuk menyerap methyl blue. Hal ini dibuktikan dengan persentase adsorpsi yang mencapai 85 %. Persentase adsorpsi yang tinggi ini menunjukkan bahwa adsorben serbuk cangkang telur ayam telah mengikat methyl blue secara maksimal.

3.2 Pengaruh Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi methyl blue. Menurut teori tumbukan, kecepatan reaksi tergantung pada jumlah tumbukan persatuan waktu. Semakin banyak tumbukan yang terjadi, maka reaksi semakin cepat

berlangsung sampai terjadi kondisi setimbang. Waktu terbaik untuk adsorpsi methyl blue adalah waktu terjadinya kesetimbangan antara laju adsorpsi dan desorpsi, akan tetapi waktu kontak yang terlalu lama juga tidak baik untuk proses adsorpsi. Hal ini dikarenakan pada waktu yang lama, proses desorpsi juga akan meningkat. Desorpsi adalah proses terlepasnya adsorbat dari permukaan adsorben. Pada waktu yang lama, jumlah adsorbat yang terlepas dari permukaan adsorben akan semakin banyak, sehingga jumlah adsorbat yang teradsorpsi akan berkurang. Oleh karena itu, waktu kontak terbaik untuk adsorpsi methyl blue adalah waktu terjadinya kesetimbangan antara laju adsorpsi dan desorpsi. Pada waktu ini, jumlah adsorbat yang teradsorpsi akan mencapai nilai maksimum. "Waktu kontak yang semakin lama akan memberikan kesempatan yang lebih banyak bagi adsorben untuk berinteraksi dengan adsorbat, sehingga laju adsorpsi akan meningkat. Namun, waktu kontak yang terlalu lama juga tidak baik untuk proses adsorpsi, karena pada waktu yang lama, proses desorpsi juga akan meningkat." (Alias dan Nizam,2008). Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi zat warna methyl blue dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh waktu kontak terhadap persentase adsorpsi

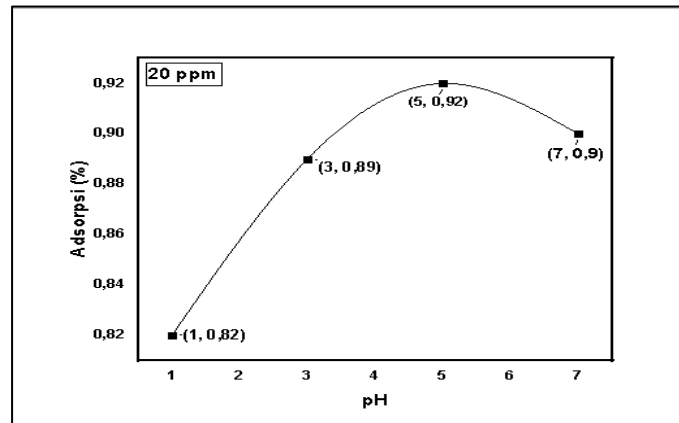
(Kondisi: pH = 7; massa adsorben = 3 gram; volume larutan = 40 mL; Kecepatan stirerr 200 rpm)

Pada Gambar 2. menunjukkan bahwa konsentrasi methyl blue yang terserap meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Hal ini disebabkan semakin lama waktu tumbukan antara serbuk cangkang telur ayam dengan zat warna methyl blue, maka semakin banyak methyl blue yang terserap oleh serbuk cangkang telur ayam karena semakin banyak gugus aktif pada serbuk cangkang telur ayam yang berikatan dengan methyl blue. Setelah mencapai adsorpsi terbaik, dengan bertambahnya waktu kontak maka daya serap serbuk cangkang telur ayam akan menurun karena adanya faktor mekanik (pengadukan) sehingga serbuk cangkang telur ayam sudah tidak mampu mengikat atau mempertahankan methyl blue lagi dan methyl blue terlepas dari serbuk cangkang telur

ayam (Handayani, 2005). Pada penelitian ini waktu terbaik adalah 30 menit dengan persentase adsorpsi sebesar 91 %.

3.3 Pengaruh pH

Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi zat warna methyl blue oleh adsorben cangkang telur ayam terlihat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh pH terhadap persentase adsorpsi

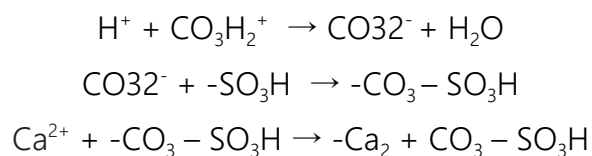
(Massa adsorben = 3 gram; waktu kontak = 30 menit; volume larutan = 40 mL; Kecepatan stirerr 200 rpm)

Dari Gambar 3. menunjukkan bahwa adsorpsi methyl blue menggunakan adsorben cangkang telur ayam terjadi secara maksimal pada pH 5 dengan persentase adsorpsi sebesar 92 %. Kesetimbangan tercapai ketika semua pertukaran methyl blue dan anion pada permukaan luar dan dalam adsorben telah tercapai (Said, 2008). Hal ini berhubungan dengan protonasi atau deprotonasi permukaan sisi aktif dari adsorben. Adsorben cangkang telur memiliki gugus aktif yang dapat bereaksi dengan zat warna methyl blue. Gugus aktif ini terdiri dari karboksilat, gugus amino, dan gugus hidroksil.

Pada pH 5, gugus karboksilat dan gugus amino pada adsorben cangkang telur akan bermuatan positif. Sementara itu, zat warna methyl blue memiliki gugus sulfonat yang bermuatan negatif. Muatan yang berlawanan ini akan menyebabkan terjadinya gaya tarik-menarik antara adsorben cangkang telur dan zat warna methyl blue. Gaya tarik-menarik ini akan memudahkan terjadinya proses adsorpsi, akan tetapi berbeda pada pH 1, pH 3 dan pH 7, gugus karboksilat dan gugus amino pada adsorben cangkang telur akan bermuatan negatif. Sementara itu, zat warna methyl blue juga memiliki gugus negatif. Muatan yang sama ini akan menyebabkan terjadinya gaya tolak-menolak antara adsorben cangkang telur dan zat warna methyl blue. Gaya tolak-menolak ini akan menghambat terjadinya proses adsorpsi. Gugus karboksilat (-COOH) pada adsorben cangkang telur memiliki pKa sekitar 4,7. Artinya, pada pH 5, gugus karboksilat akan terionisasi menjadi karboksilat (COO-) yang bermuatan negatif. Gugus amino (-NH₂) pada adsorben cangkang telur memiliki pKa sekitar

9,7. Artinya, pada pH 5, gugus amino akan terionisasi menjadi amonium (NH₃⁺) yang bermuatan positif. Sedangkan pada gugus sulfonat (-SO₃⁻) pada zat warna methyl blue memiliki pKa sekitar 1,9. Artinya, pada pH 5, gugus sulfonat akan terionisasi menjadi sulfonat (SO₃) yang bermuatan negatif. Jadi, pada pH 5, gugus karboksilat dan gugus amino pada adsorben cangkang telur bermuatan positif, sedangkan gugus sulfonat pada zat warna methyl blue bermuatan negatif. Hal ini yang menyebabkan terjadinya interaksi elektrostatis antara adsorben cangkang telur dan zat warna methyl blue dapat diadsorpsi oleh adsorben cangkang telur. Berbeda dengan pH 1, pH 3, dan pH 7, gugus karboksilat pada adsorben cangkang telur bermuatan negatif. Hal ini karena pada pH tersebut, gugus karboksilat belum terionisasi. Akibatnya, interaksi elektrostatis antara adsorben cangkang telur dan zat warna methyl blue tidak terjadi, sehingga zat warna methyl blue tidak dapat diadsorpsi oleh adsorben cangkang telur.

Kalsium karbonat (CaCO₃) merupakan zat yang dapat digunakan sebagai adsorben. Adsorben adalah zat yang dapat menyerap zat lain ke dalam pori-porinya. Zat yang diserap disebut adsorbat. Pada pH rendah, ion Ca²⁺ dan ion CO₃²⁻ pada kalsium karbonat akan mengalami hidrolisis dan menghasilkan CaOH⁺ dan HCO₃⁻. Ion CaOH⁺ dan HCO₃⁻ dapat bereaksi dengan ion lain dalam larutan, termasuk zat warna. Pada penelitian yang dilakukan oleh Mondal (2012), zat warna yang digunakan adalah zat warna methyl blue. Zat warna ini memiliki gugus sulfonat (-SO₃H) yang bermuatan negatif. Reaksi adsorpsi zat warna methyl blue pada kalsium karbonat dapat terjadi melalui mekanisme berikut:



Berdasarkan reaksi tersebut, dapat dilihat bahwa peningkatan ion H⁺ dan ion Ca²⁺ pada pH akan menyebabkan peningkatan serapan zat warna methyl blue pada kalsium karbonat. Hal ini dikarenakan ion H⁺ akan menghasilkan ion CO₃²⁻ yang dapat bereaksi dengan gugus sulfonat (-SO₃H) pada zat warna methyl blue untuk membentuk ikatan ionik. Ion Ca²⁺ akan memperkuat ikatan ionik tersebut.

Pada pH 5, ion H⁺ dan ion Ca²⁺ akan mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena pada pH 5, ion H⁺ akan bereaksi dengan ion CO₃²⁻ untuk menghasilkan ion HCO₃⁻. Ion HCO₃⁻ merupakan basa lemah yang dapat terurai menjadi ion H⁺ dan CO₃²⁻. Peningkatan ion H⁺ dan ion Ca²⁺ pada pH 5 akan menyebabkan peningkatan serapan zat warna methyl blue pada kalsium karbonat. Permukaan adsorben dapat dengan mudah bermuatan positif karena adanya kelebihan ion H⁺ dalam larutan. Oleh karena itu, gugus aktif yang bermuatan positif dari adsorben dapat berinteraksi dengan kelompok sulfonat

yang bermuatan negatif dari pewarna reaktif, kemudian membentuk ikatan yang kuat antara adsorben dan pewarna (Kyzas, 2012). Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa ikatan ionik antara gugus aktif yang bermuatan positif pada permukaan adsorben dan kelompok sulfonat yang bermuatan negatif pada zat warna reaktif merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi persentase adsorpsi zat warna reaktif pada adsorben.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa massa adsorben, waktu kontak, dan pH sangat berpengaruh terhadap adsorpsi zat warna methyl blue menggunakan adsorben serbuk cangkang telur ayam. Kondisi terbaik adsorpsi terjadi pada , massa adsorben 3 gram, waktu kontak 30 menit dan pH 5 dengan persentase adsorpsi sebesar 92 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed S., & Ahsan M. (2008). *Synthesis of Ca - hydroxiapatite Bioceramic from Egg Shell and its Characterization, Bangladesh Journal of Scientific and Industrial.*
- Alias Mohd Yusof dan Nik Ahmad Nizam.(2009). *Removal of Cr (IV) and As (V) from Aqueous Solution by HDMTA-modified zeolite Y, Journal of Hazard Materials, Vol 162: 1019-1024.*
- Aprillya, Mia Dinnis. (2016). Aplikasi Daun Sansevieria sebagai Adsorben Nikotin dalam Asap Rokok, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim, Semarang.
- Christina P.M., Mu'nisatun S., Saptaji R., dan Marjanto D. (2007). "Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) Dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 Kev/10 Ma", JFN, No.1, Vol.1. 31-44.
- Ehrampoush, M H, and M T Ghaneian. 2011. "*Equilibrium and Kinetics Study of Reactive Red 123 Dye Removal From Aqueous Solution By Adsorption On.*" *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering* 8(2): 101-8.
- Haryono, Haryono, Muhammad Faizal D, Christi Liamita N, dan Atiek Rostika. 2018. "Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil Terdispersi Dengan Metode Elektroflotasi." *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)* 3(1): 94.
- Kyzas George Z. (2012). *A Decolorization Technique with Spent "Greek Coffee" Grounds as Zero-Cost Adsorbents for Industrial Textile Wastewaters, Department of Petroleum and Natural Gas Technology, Technological Educational Institute of Kavala.*
- Mondal N.K., R. Bhaumik, B. Das , P. Roy, K. C. Pal, C. Das, A. Banerjee, And J.K. Datta. (2011).
- Copyright @ Eka, Dicky Andro, Angger Andrawan ,Usi Susila, Fahmi Al Ahyar,Ande Fudja Rafryanto, Andi Wahyu Indrayana, Arramel

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.

Said Nurul Faradilah, dan Nurul Widiastuti. (2008). Adsorpsi Cu(II) pada Zeolit A yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara PT Ipmomi Paiton, Jurnal Zeolit Indonesia, Vol. 7.

Salman D D, Ulaiwi W S, Tariq N M. *Determination the Optimal Conditions of Methylene Blue Adsorption by the Chicken Egg Shell Membrane, International Journal of Poultry Science*, 2012; 11: 391–396.

Sudradjat, Ade. 2002. "Peran Industri Dan Produk Tekstil Pada Kelestarian Sumber Daya Lingkungan Perairan DAS Citarum." Jurnal Teknologi Lingkungan 3 (2): 92–97.

Widjajanti Endang, Regina Tutik P, dan M. Pranjoto Utomo. (2011). Pola Adsorpsi Zeolit Terhadap Pewarna Azo Metil Merah Dan Metil Jingga, Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.