

KONDISI OPTIMUM ADSORPSI-FLUIDISASI ZAT WARNA LIMBAH TEKSTIL MENGGUNAKAN ADSORBEN JANTUNG PISANG

Dheasy Herawati¹, Setyo Dwi Santoso², Ilma Amalina³

¹)Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo
NIDN : 0715127702, email : dheasy_herawati@dosen.umaha.ac.id

²)Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo
NIDN : 0721098402, email : setyo.d.santoso@gmail.com

³)Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo
NIDN : 0714098902, email : amalinailma2013@gmail.com

ABSTRACT

To show that banana inflorescence has effective adsorbent for the adsorption of dyes (congo red, remazol yellow, remazol black and methylene blue) from textile dyes waste and also to determine the optimum conditions of variety of pH (4 -10), temperature (30°C-90°C), and contact time (15-105 minute) on the percentage adsorption capacity of banana inflorescence. Textile dyes waste and their degradation products such as aromatic amines are highly carcinogenic. Adsorption-fluidization is a new technology for treatment of waste water containing different types of dyes. Adsorption-fluidization process is adopted for adsorption of dyes from the textile dyes waste using banana inflorescence in treated form and were analysed by Ultraviolet-Visible Spectroscopy. The results showed that the optimum condition from adsorption process of Congo Red dye by banana inflorescence was reached at pH 5 (1.78%), temperature 60°C (1.51%) and 45 minute contact time (1.63%). While Remazol Yellow dye optimum at pH 9 (4.29%), temperature 50°C (4.65%) and 75 min (1.83%). Another dye, Methylene Blue showed the optimum condition at pH 9 (0.36%), temperature 40°C (0.22%) and 45 min contact time of adsorption (0.43%). The last, Remazol Black dye was reached at pH 5 (0.56%), temperature 40°C (0.56%) and 75 min contact time (0.56%).

Keywords : *banana inflorescence, adsorben, adsorption-fluidization, textile dyes waste*

PENDAHULUAN

Limbah industri tekstil mengandung zat warna organik yang digunakan sebagai bahan pewarna tekstil. Terdapat sekitar 8000 senyawa kimia yang digunakan sebagai zat warna menurut *Colour Index*, meliputi asam, basa, maupun zat reaktif (Buthelezi, 2012). Zat warna tekstil merupakan bahan kimia yang memiliki struktur cincin aromatis dan cincin heteroatom, seperti azo, diazo, benzidin, dan antraquinon yang kompleks dan stabil sehingga menyebabkan komponen ini sulit didegradasi dan bersifat toksik (Buthelezi, 2012; Hauser, 2011). Limbah zat warna tekstil dapat

mencemari lingkungan (tanah dan sumber air), terakumulasi dalam waktu yang lama (Gonawala, 2014), bersifat toksik karena dapat terakumulasi di sedimen lingkungan laut yang membahayakan mikroorganisme, biota laut (Gonawala, 2014; Buthelezi, 2012; Hauser, 2011; Rachakornkij, 2004; Ouasif, 2013) serta bersifat karsinogenik terhadap mamalia dan manusia (Gottipati 2010; Buthelezi, 2012).

Salah satu metode untuk menghilangkan zat warna organik adalah adsorpsi. Telah dibuktikan bahwa adsorpsi (adsorben karbon aktif) merupakan salah satu metode yang paling

efektif dan potensial untuk menghilangkan warna, bau, minyak dan polutan organik toksik dari proses pengolahan limbah karena kemampuan adsorpsinya yang baik (Gonawala, 2014; Rachakornkij, 2004; Ouasif, 2013). Kapasitas karbon aktif bergantung pada karakter fisik adsorben, kondisi adsorbat, dan kondisi larutan. Walaupun memiliki banyak keuntungan, seperti efisien dan *versality*, adsorpsi karbon merupakan proses yang mahal (jumlah karbon atau lumpur aktif yang dibutuhkan banyak) dan menjadi kendala bagi negara berkembang, yang menyebabkan metode ini kurang disukai (Gottipati, 2010; Rachakornkij, 2004; Ouasif, 2013; Zuorro, 2013).

Kelemahan metode adsorpsi memicu untuk membuat metode baru pengolahan limbah tekstil menjadi lebih efisien dan efektif. Fluidisasi adalah sebuah proses perubahan butiran padat menjadi keadaan seperti fluida (zat alir) dengan cara disuspensikan ke dalam aliran gas atau cairan. Metode fluidisasi memiliki keunggulan, yaitu efisien, cepat, fleksibel, dan mudah digunakan (Suyanto 2015). Aplikasi metode fluidisasi digunakan di berbagai industri, yaitu industri logam, petroleum, industri makanan, industri farmasi, dan pengolahan air limbah. Suyanto (2015) telah melakukan modifikasi adsorpsi-fluidisasi pada limbah yang mengandung ion Cu (II). Modifikasi metode adsorpsi-fluidisasi, adsorben difluidisasikan sehingga setiap butir adsorben akan terpisah dari butiran yang lain dan bersirkulasi di dalam larutan, sehingga kontak antara adsorben dengan zat yang akan diserap menjadi sempurna yang akan meningkatkan kinerja adsorben.

Modifikasi metode adsorpsi-fluidisasi menggunakan material alam yang berlimpah sebagai adsorben merupakan hal yang menarik untuk diteliti karena akan menambah nilai ekonomis dari material tersebut. Pisang (*Musa spp*) dapat tumbuh baik pada iklim tropis dengan suhu 27°C sepanjang hari dengan minimal temperatur 13°C (Elaveniya, 2014).

Pisang banyak tumbuh di Indonesia karena memiliki iklim yang sesuai dengan kondisi pertumbuhan pisang.

Pisang memiliki kandungan karbohidrat sekitar 20-40%; protein 1-2,5% bergantung pada jenis pisang dan dapat meningkat setelah proses pematangan menjadi 3,8-4,2%; dan lemak 1%. Kulit pisang kaya akan asam lemak tak jenuh, asam linoleat, dan α -linoleat dengan kadar 2,2-10,9%. Pisang juga mengandung senyawa flavonoid yang menyebabkan pisang dapat bertindak sebagai antioksidan. Kulit pisang mengandung β -karoten yang menyebabkan kulit pisang berwarna. Pisang kaya akan vitamin A, B, dan C, serta mineral magnesium, fosfor, besi, dan kalsium (Nelson, 2006).

Beberapa bagian tanaman dan limbah dari pisang banyak dimanfaatkan dalam kehidupan, seperti limbah kulit pisang dan batang pisang (Kumar, 2012). Limbah kulit pisang dan batang pisang banyak dimanfaatkan sebagai adsorben, yaitu adsorben logam berat Pb, logam Fe (Hidayah, 2012), logam Ni^{2+} dan Co^{2+} (Abbasi, 2013); dan sebagai antioksidan dan antimikroba (Mokbel, 2005).

Jantung pisang adalah bunga yang tumbuh pada ujung buah tanaman pisang berwarna ungu-merah gelap. Jantung pisang kaya akan nutrisi; yaitu mengandung protein, karbohidrat, lemak, mineral (Ca, F, Fe), dan vitamin (A, B1, C); kaya serat; sebagai kontrol sel; bersifat sebagai antioksidan yang dapat menyehatkan tubuh, menurunkan kadar gula darah; dan sebagai antikoagulan yang dapat mencegah penyakit jantung dan stroke (Elaveniya, 2014; Sharmila, 2015; Wickramarachchi, 2005; Radiya,). Jantung pisang biasanya digunakan sebagai bahan makanan, seperti sayur, dan dibuang sebagai limbah (Kumar, 2012). Aplikasi dari pemanfaatan jantung pisang selain sebagai bahan makanan, jantung pisang digunakan sebagai penghambat korosi pada baja ringan (Gunavathy, 2013).

Kurangnya pemanfaatan jantung pisang yang menjadi limbah dapat dimanfaatkan sebagai adsorben, seperti halnya limbah kulit dan batang pisang. Jantung pisang dapat bertindak sebagai bio-adsorben yang mudah didapatkan, terdapat di alam dalam jumlah banyak, dan murah. Maka dari itu, pemanfaatan jantung pisang sebagai adsorben dengan metode modifikasi adsorpsi-fluidisasi diharapkan dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi adsorben dan dapat digunakan dalam pengolahan limbah tekstil dengan mengurangi kadar zat warna pada limbah.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kuantitatif dengan memanfaatkan jantung pisang sebagai adsorben limbah tekstil menggunakan metode adsorpsi-fluidisasi dengan 3 perlakuan, yaitu variasi pH, suhu, dan waktu proses adsorpsi-fluidisasi. Setiap perlakuan akan dibuat 3 kali replikasi. Penentuan kadar zat warna diukur menggunakan instrumen Spektrofotometer Uv-Vis.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Maarif Hasyim Latif. Sampel yang digunakan adalah limbah cair industri tekstil dari industri batik Jetis Sidoarjo.

Alat dan Bahan Penelitian

Kolom fluidisasi (gelas ukur 1 L), pompa udara, thermometer, hot plate, stirrer, pH indikator, pisau, kasa halus, wadah plastik, peralatan gelas, oven, dan Spektrofotometer Uv-Vis Shimadzu. Limbah tekstil, jantung pisang (adsorben), zat warna (Congo red, Remazol Black, Remazol Yellow, dan Methylene Blue), aquades, larutan HCl 0,1 N, dan larutan NaOH 0,1 N.

Prosedur

Preparasi Sampel

Sampel yang telah diambil dari industri batik Jetis Sidoarjo diukur pH menggunakan pH indikator dan dicatat dalam log book. Untuk variasi pH, sampel akan ditambahkan larutan

asam HCl 0,1 N hingga mencapai pH 4,0; 5,0; dan 6,0, dan ditambahkan larutan basa NaOH hingga mencapai pH 7,0; 8,0; 9,0; 10, yang dikontrol menggunakan pH indikator. Sampel limbah tekstil juga diukur kadar dari masing-masing zat warna (Congo Red, Remazol Black, Remazol Yellow, dan Methylene Blue) yang terdapat di dalam limbah.

Pembuatan Adsorben

Jantung pisang dibeli dari Pasar Sepanjang Sidoarjo dan dikeringkan di udara terbuka. Setelah kering, jantung pisang dipotong-potong dan digiling hingga menjadi bubuk. Jantung pisang yang sudah digiling direndam dalam HCl 0,1 N selama 24 jam, disaring, dan dicuci aquades. Butiran jantung pisang selanjutnya di oven pada suhu 80°C selama 12 jam (Ouasif, 2013).

Proses Adsorpsi-Fluidisasi

Sebanyak 200 ml limbah tekstil cair dengan variasi pH 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10, serta variasi suhu 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, dan 90°C, dimasukkan ke dalam kolom fluidisasi. Kemudian 0,5 g adsorben jantung pisang yang sudah digiling ditambahkan pada kolom fluidisasi. Udara dialirkan menggunakan pompa udara dari bawah kolom, yang akan memacu terjadinya proses adsorpsi-fluidisasi. Waktu fluidisasi bervariasi mulai dari 15, 30, 45, 60, 75, 90, dan 105 menit. Setelah proses adsorpsi-fluidisasi, kadar zat warna (Congo Red, Remazol Black, Remazol Yellow, dan Methylene Blue) yang tertinggal di dalam kolom fluidisasi diukur menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. Kapasitas adsorben juga dihitung berdasarkan kadar limbah tekstil yang tertinggal dalam sampel (Suyanto, 2015).

Penentuan Kadar Sampel

Sampel limbah tekstil yang telah melalui proses adsorpsi-fluidisasi diukur kadarnya menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis dengan panjang gelombang 490, 597, 256, 665 nm masing-masing untuk Congo Red, Remazol Black, Remazol Yellow, dan Methylene Blue (Silva, 2009; Carletto, 2008; Khan, 2005; Alvarenga, 2015). Sebelum pengukuran kadar

sampel, dilakukan pengukuran larutan standar masing-masing zat warna dengan konsentrasi 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Pada penelitian ini, kapasitas adsorpsi atau kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi zat warna sampel limbah tekstil menggunakan metode adsorpsi-fluidisasi. Kapasitas adsorpsi dapat dihitung menggunakan persamaan (Laus, 2010):

$$p = [(C_i - C_a) / C_i] \times 100\% \dots\dots (i) \quad \text{atau}$$

$$p = V(C_i - C_a) / m \dots\dots (ii)$$

dimana p adalah kapasitas adsorpsi (% atau mg/g), C_i dan C_a adalah konsentrasi zat warna sebelum dan sesudah proses adsorpsi-fluidisasi (mg/L), m adalah massa adsorben (g), dan V adalah volume larutan sampel (L).

Kadar zat warna (Congo Red, Remazol Black, Remazol Yellow, dan Methylene Blue) dalam limbah tekstil ditentukan sebelum dan sesudah proses adsorpsi-fluidisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Kadar zat warna dihitung melalui persamaan regresi, $y = ax + b$, yang diperoleh dari kurva standar zat warna. Kurva standar diperoleh dengan pengukuran absorbansi dari masing-masing larutan standar 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm, dengan x adalah konsentrasi dan y adalah absorbansi. Absorbansi limbah tekstil dimasukkan ke dalam persamaan regresi dan akan diperoleh kadar zat warna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Kapasitas adsorpsi jantung pisang pada kondisi optimum dengan metode adsorpsi-fluidisasi terhadap limbah zat warna tekstil didapatkan hasil bahwa untuk zat warna Congo Red optimum pada pH 5 (1.78%), suhu 60°C (1.51%) dan waktu kontak 45 menit (1.63%). Sedangkan Remazol Yellow pada pH 9 (4.29%), suhu 50°C (4.65%) dengan waktu 75 menit (1.83%). Limbah zat warna Methylene Blue mempunyai kondisi optimum pada pH 9 (0.36%), suhu 40°C (0.22%) dan waktu kontak adsorpsi 45 menit (0.43%). Remazol Black pada pH 5 (0.56%), suhu 40°C (0.56%) dan waktu 75 menit (0.56%). Data kapasitas

adsorpsi pada kondisi optimum bisa dilihat pada tabel 1.

Pembahasan

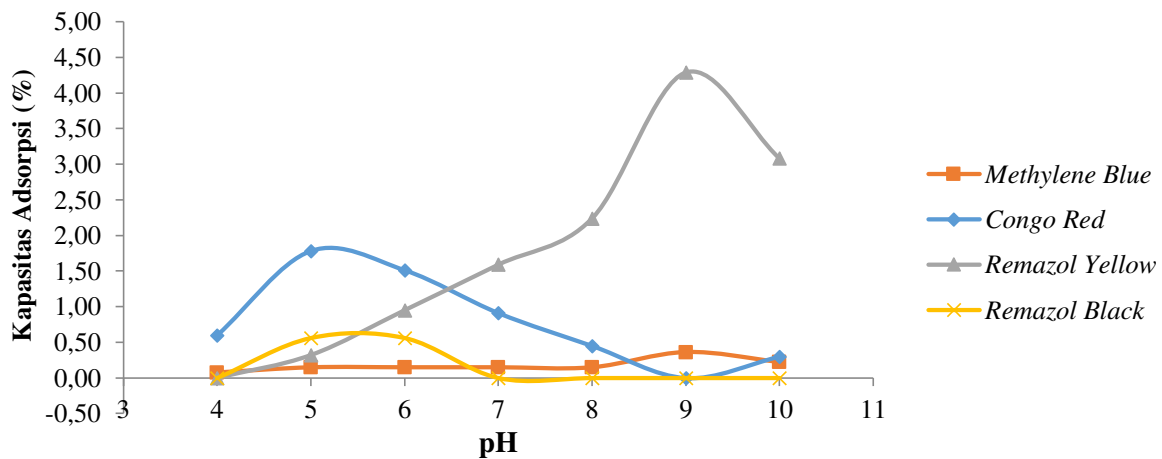
Bahan untuk adsorben adalah jantung pisang yang dikeringkan, dipotong-potong dan digiling kemudian direndam dengan HCl dan dioven selama 12 jam. Pengaktifan secara kimia dengan larutan HCl berguna untuk memperluas permukaan pori sehingga daya adsorpsi bisa semaksimal mungkin. Sedangkan pengaktifan secara fisika bertujuan untuk menguapkan material-material volatil dan zat-zat pengotor yang tidak diinginkan pada jantung pisang, sehingga akan terbentuk rongga-rongga kosong atau pori-pori yang dapat berfungsi sebagai adsorben.

Pada variasi pH untuk penyerapan optimal congo red dan remazol black terjadi pada pH 5 sedangkan remazol yellow dan methylene blue pada pH 9. Adsorpsi dipengaruhi oleh pH, yaitu dengan mempengaruhi protonasi dari adsorben yang digunakan. Setiap adsorben akan memiliki muatan yang berbeda sehingga dapat saling berinteraksi. Pada kondisi asam, zat warna akan mengalami deprotonasi dan kemudian ketika adsorben ditambahkan kedalam larutan zat warna, permukaan adsorben akan mengalami protonasi terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan terjadinya interaksi elektrostatis yang menyebabkan terjadinya perpindahan zat warna dalam larutan menuju ke permukaan adsorben terprotonasi (Maghfiroh, 2016). Sedangkan proses adsorpsi zat warna Remazol Yellow dilakukan pada kondisi basa yaitu pH 9 karena kemungkinan membentuk gugus radikal vinil. Gugus radikal vinil dari zat warna akan bereaksi dengan gugus hidroksil dari adsorben membentuk ikatan kovalen yang stabil. Dengan terbentuknya ikatan tersebut maka jantung pisang mampu mengadsorpsi zat warna secara optimum (Kusumaningsih, 2006). Grafik kapasitas adsorpsi limbah zat warna dengan variasi pH seperti tampak pada gambar 1.

Tabel 1. Kondisi Optimum Zat Warna Limbah Tekstil

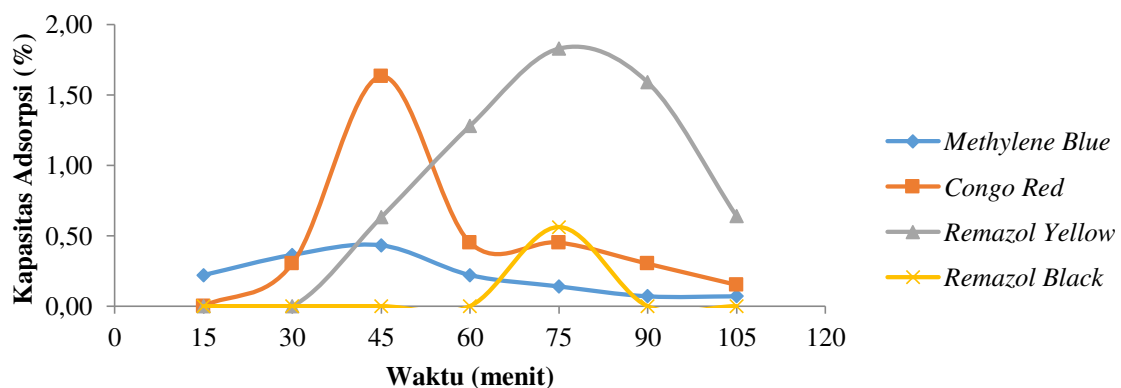
Kondisi Optimum	<i>Congo Red</i>	<i>Remazol Yellow</i>	<i>Remazol Black</i>	<i>Methylene Blue</i>
pH	5	9	5	9
Kapasitas adsorpsi (%)	1,78	4,29	0,56	0,36
Suhu (°C)	60	50	40	40
Kapasitas adsorpsi (%)	1,51	4,65	0,56	0,22
Waktu (menit)	45	75	75	45
Kapasitas adsorpsi (%)	1,63	1,83	0,56	0,43

Kapasitas Adsorpsi Zat warna Limbah Tekstil dengan Variasi pH



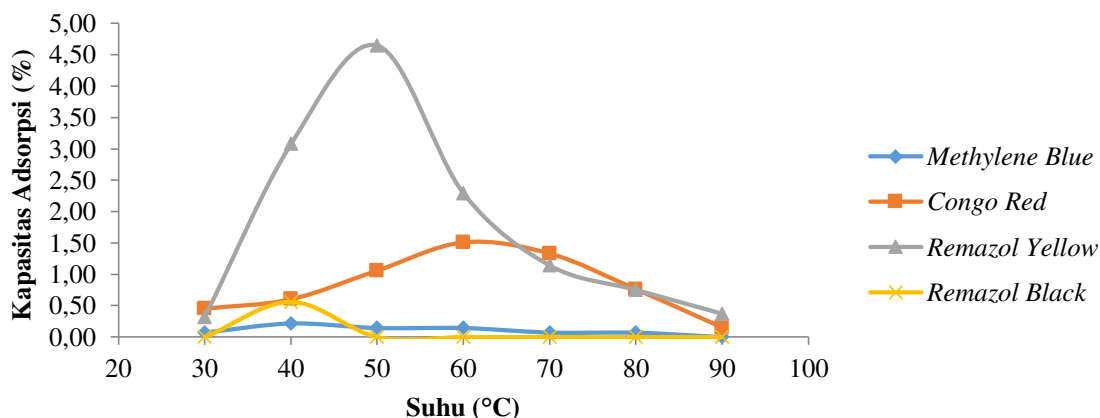
Gambar 1. Grafik Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Limbah Tekstil dengan Variasi pH

Kapasitas Adsorpsi Zat warna Limbah Tekstil dengan Variasi Waktu



Gambar 2. Grafik Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Limbah Tekstil dengan Variasi Wak

Kapasitas Adsorpsi Zat warna Limbah Tekstil dengan Variasi Suhu



Gambar 3. Grafik Kapasitas adsorpsi Zat Warna Limbah Tekstil dengan Variasi suhu

Waktu kontak optimum dari zat warna limbah tekstil bervariasi antara 45 menit dan 75 menit seperti terlihat pada Gambar 2. Hal ini dapat dikarenakan pada awalnya banyak sisi adsorben yang kosong, sehingga kecenderungan larutan untuk terserap ke adsorben semakin tinggi. Dengan bertambahnya waktu kontak, jumlah adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben semakin meningkat hingga tercapai titik setimbang. Pada saat mencapai titik kesetimbangan, permukaan adsorben telah penuh tertutupi oleh zat warna yang diserap dan adsorben mengalami titik jenuh sehingga adsorben tidak dapat menyerap zat warna lagi (Lasmana, 2016).

Suhu optimum dapat mempercepat proses adsorpsi zat warna karena dengan kenaikan suhu maka dapat mempercepat reaksi yang mengakibatkan naiknya energi kinetik partikel zat sehingga memungkinkan banyaknya tumbukan efektif yang menghasilkan perubahan (Agustina, 2012) seperti terlihat pada gambar 3.

Kesimpulan

Kapasitas adsorpsi optimum limbah zat warna tekstil menggunakan jantung pisang dicapai pada pH 5 (congo red dan remazol black) dan pH 9 (remazol yellow dan methylene blue), waktu kontak 45 menit (congo red dan methylene blue) dan 75 menit (remazol yellow dan remazol black) dengan suhu 40°C

(Remazol Black dan Methylene Blue), suhu 50°C (Remazol Yellow) dan 60°C (Congo Red).

Daftar Pustaka

- Abbasi, Z., Alikarami, M., Nezhad, E.R., Moradi, F., Moradi, V., Adsorptive Removal of Co^{2+} and Ni^{2+} by Peels of Banana from Aqueous Solution, *Universal Journal of Chemistry*, 2013, Vol. 1(3), pp. 90-95.
- Agustina, T.E dan Amir, M., 2012, Pengaruh Temperatur Dan Waktu Pada Pengolahan Pewarna Sintetis Procion Menggunakan Reagen Fenton, *Jurnal Teknik Kimia* No. 3, Vol. 18.
- Buthlezi, S.P., Olaniran, A.O., Pillay, B., Textile Dye Removal from Wastewater Effluents Using Biofloculants Produced by Indigenous Bacterial Isolates, *Molecules*, 17, 2012, pp. 14260-14274.
- Elaveniya, E., and Jayamuthunagai, J., Recent Trends in Biotechnology and Chemical Engineering Functional, Physicochemical and Anti-oxidant properties of Dehydrated Banana Blossom Powder and its Incorporation in Biscuits, *International Journal of ChemTech Research*, 2014, Vol.6, No.9, pp 4446-4454.
- Gonawala, K.H., Mehta, M. J., Removal of Color from Different Dye Wastewater by Using Ferric Oxide as an Adsorbent, *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, 2014, Vol. 4, Issue 5(Version 6), pp.102-109.

- Gottipati, R., dan Mishra, S., Application of Biowaste (Waste Generated in Biodiesel Plant) as an Adsorbent for the Removal of Hazardous Dye-Methylene Blue- from Aqueous Phase, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 2010, Vol. 27, No. 02, pp. 357 – 367.
- Gunavathy, N., Murugavel, S.C., Corrosion inhibition study of bract extract of *Musa acuminata* inflorescence on mild steel in hydrochloric acid medium, *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 2013, Volume 5(2), pp.29-35.
- Hauser, P., 2011, **Advances in Treating Textile Effluent**, Chapter 5: Textile Dyeing Wastewater Treatment by Wang, Z., Xue, M., Huang, K., Liu, Z., Croatia: Intech.
- Hidayah, N., Deviyani, E., Wicakso, D.R., Adsorpsi Logam Besi (Fe) Sungai Barito Menggunakan Adsorben dari Batang Pisang, *Konversi*, 2012, Volume 1(1), pp.19-26.
- Kumar, K.P.S., Bhowmik, D., Duraivel, S., Umadevi, M., Traditional and Medicinal Uses of Banana, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2012, Vol. 1(3), pp. 51-62.
- Kusumaningsih, T., Masykur A., Supriyanto, R., Adsorpsi Zat Warna Remazol Yellow FG pada Limbah Tekstil oleh Alang-alang (*Imperata cylindrica* (L) Raeush), 2006, *Biofarmasi*, Volume 4(1), pp. 27-33
- Lasmana, A., Mukhtar, A., Tamboesai, E.M., 2016, Adsorpsi Zat Warna Congo Red Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi, Repository University of Riau.
- Maghfiroh, L., Ulfir, I., Juwono, H., Pengaruh pH terhadap Penurunan Zat Warna Remazol Yellow FG oleh Adsorben Selulosa Bakterial Nata De Coco, *Jurnal Sains dan Seni*, 2016, Vol.5(2), pp. C-126 – C-129.
- Mokbel, M.S., Hashinaga, F., Antibacterial and Antioxidant Activities of Banana (*Musa*, AAA cv. Cavendish) Fruits Peel, *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 2005, Vol 1 (3), pp. 125-131.
- Nelson, S.C., Ploetz, R.C., Kepler, A.K., 2006, *Musa* species (banana and plantain).
- Ouasif, H., Yousfi, S., Bouamrani, M.L., El Kouali, M., Benmokhtar, S., Talbi, M., Removal of A Cationic Dye from Wastewater by Adsorption onto Natural Adsorbents, *J. Mater. Environ. Sci.*, 2013, Vol. 4 (1), pp.1-10.
- Rachakornkij, M., Ruangchuay, S., Songklanakarin, S.T., Removal of Reactive Dyes from Aqueous Solution using Bagasse Fly Ash, *J. Sci. Technol.*, 2004, Vol. 26, pp. 13-24.
- Suyanto, 2015, **Biopolimer Kitosan, Fluidisasi, dan Aplikasinya**, Surabaya: Airlangga University Press.
- Wickramarachchi, K.S., and Ranamukhaarachchi, S.L., Preservation of Fiber-Rich Banana Blossom as a Dehydrated Vegetable, *ScienceAsia*, 2005, Vol31, p265-271.
- Zuorro, A., Lavecchia, R., Medici, F., Piga, L., Spent Tea Leaves as a Potential Low-cost Adsorbent for the Removal of Azo Dyes from Wastewater, *Chemical Engineering Transactions*, 2013, Vol. 32, pp. 19-24.