

Pengaruh pH terhadap Penurunan Zat Warna *Remazol Yellow FG* oleh Adsorben Selulosa Bakterial *Nata De Coco*

Lailatul Maghfiroh, Ita Ulfin, dan Hendro Juwono
Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: itau@chem.its.ac.id

Abstrak—Adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* telah dilakukan. Adsorben selulosa bakterial *nata de coco* dibuat dari *nata de coco* kering yang telah dihaluskan dan lolos ayakan 30 - 40 mesh. Adsorpsi dilakukan dengan metode *ruah/batch* dengan mengamati parameter pH adsorbat. Proses adsorpsi dilakukan pada kondisi konsentrasi adsorbat 100 mg/L, waktu kontak 45 menit dan jumlah adsorben 0,1000 gram dengan kecepatan pengadukan 400 rpm. Dari hasil percobaan diperoleh kondisi optimum adsorpsi pada pH 2 dengan prosentase penurunan konsentrasi adsorbat sebesar 94,620% dan kapasitas adsorpsi sebesar 11,264 mg/g.

Kata Kunci— Adsorpsi, Kapsitas Adsorpsi, *Nata de coco*, *Remazol Yellow FG*, Selulosa Bakterial.

I. PENDAHULUAN

Industri tekstil di Indonesia beberapa tahun ini mengalami perkembangan yang cukup pesat. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik Indonesia pada tahun 2012, 2013, dan 2014 tercatat jumlah industri tekstil baik skala kecil maupun menengah di Indonesia berturut-turut adalah sebanyak 207.157 industri, 293.039 industri, dan 303.397 industri. Perkembangan industri tersebut salah satunya dipengaruhi oleh semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang ada di Indonesia.

Peningkatan berbagai macam industri tekstil selain memberikan dampak positif karena dapat meningkatkan perekonomian masyarakat ternyata juga dapat memberikan dampak yang negatif. Salah satu contoh dampak negatif dari industri tekstil adalah terciptanya polutan berupa limbah cair yang merupakan hasil samping dari aktivitas industri tekstil.

Peningkatan jumlah industri tekstil sering kali tidak diiringi dengan adanya upaya untuk mengolah limbah yang dihasilkan sebelum dibuang ke lingkungan, padahal limbah cair yang dihasilkan sebagian besar mengandung zat warna yang dapat memberikan masalah bagi lingkungan karena sifatnya yang tidak mudah terdegradasi dan memiliki resistensi terhadap pengaruh lingkungan seperti efek pH, suhu dan mikroba [1].

Salah satu jenis zat warna sintesis yang banyak digunakan dalam industri batik adalah *Remazol*, karena sifatnya yang mudah larut dalam air dan tidak terdegradasi pada kondisi aerob biasa [2]. Zat warna ini merupakan senyawa golongan azo. Dari hasil pewarnaan pada industri tekstil akan menyisakan sekitar 15-20% zat warna yang berada pada air buangan yang akhirnya akan masuk ke lingkungan sekitarnya [3]. Zat warna *Remazol*

memiliki ketahanan terhadap pengaruh lingkungan seperti pH, suhu dan mikroba. Oleh karena itu limbah yang dihasilkan sangat berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Remazol Yellow FG merupakan salah satu contoh dari zat warna jenis *Remazol* yang menjadi pilihan karena dipandang cukup mewakili zat warna industri tekstil. Selain itu, gugus kromofor dari *Remazol Yellow FG* sangat mudah memberikan warna-warna yang cerah dan tahan uji. Keberadaan *Remazol Yellow FG* di lingkungan dapat mengalami fotodegradasi secara alami dengan bantuan sinar UV yang berasal dari cahaya matahari, akan tetapi proses fotodegradasi tersebut berjalan relatif lambat disebabkan karena intensitas sinar UV yang sampai ke permukaan bumi relatif rendah. Sehingga menyebabkan lebih cepatnya akumulasi *Remazol Yellow FG* di dasar perairan atau tanah [4].

Pengolahan air limbah dengan metode kimia ataupun fisika dengan penambahan bahan-bahan kimia telah banyak dilakukan seperti koagulasi, presipitasi, reaksi oksidasi dengan menggunakan ozon, dan ultrafiltrasi. Akan tetapi kekurangan dari metode - metode tersebut adalah membutuhkan biaya yang cukup tinggi, menghasilkan limbah baru, dan aplikasinya yang terbatas [5]. Sebagai alternatif, dilakukan banyak penelitian tentang pengolahan limbah cair dengan menggunakan bahan alam untuk menurunkan biaya, mengurangi terbentuknya lumpur yang dapat menimbulkan limbah baru, dan membuat suatu bahan yang ramah lingkungan.

Adsorpsi merupakan salah satu metode pengolahan limbah cair yang cukup efektif untuk digunakan [6]. Berbagai variasi adsorben telah banyak dilakukan seperti penggunaan karbon aktif untuk adsorpsi limbah yang mengandung zat warna *C.I. Reactive Blue 19* [7], [8], magnetik nanopartikel untuk adsorpsi limbah yang mengandung zat warna *Remazol Red 198* (RR198) [9] dan biosorben [10], [11] untuk menguji keefektifan dari metode tersebut.

Jenis adsorben yang banyak diteliti sebagai adsorben alternatif agar mampu bersaing dengan adsorben komersial seperti karbon aktif adalah biosorben. Biosorben merupakan adsorben yang berasal dari bahan-bahan alam [12]. Salah satu contoh bahan alam yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah selulosa bakterial *nata de coco*. Beberapa penelitian sebelumnya telah menggunakan selulosa bakterial *nata de coco* sebagai adsorben untuk proses adsorpsi logam Cr^{3+} [13], kation Ca dan Mg [14], dan ion logam berat Cd^{2+} dan Pb^{2+} [15].

Contoh penelitian tentang adsorpsi zat warna yang telah dilakukan adalah dengan menggunakan adsorben kulit biji palem/*Palm Kernel Shell Activated Carbon* (PKS-AC). Kulit biji palem yang akan digunakan sebagai adsorben dikarbonasi dan dijadikan bentuk granula dengan ukuran 8-15 mm. Selanjutnya adsorben yang terbentuk digunakan untuk proses adsorpsi zat warna *Remazol Black 5* dengan metode ruah/*batch*. Hasil adsorpsi maksimum diperoleh pada kondisi pH adsorbat 2 dengan kapasitas adsorpsi yang dihasilkan sebesar 27,44 mg/g [16]. Meskipun biji palem ini memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi, akan tetapi adsorben ini kurang dapat diterapkan di Indonesia karena keberadaan pohon palem yang tidak mudah ditemui dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan uraian sebelumnya, diketahui bahwa penelitian tentang penggunaan selulosa bakterial *nata de coco* sebagai adsorben zat warna belum banyak dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari lebih lanjut terkait penggunaan selulosa bakterial *nata de coco* sebagai adsorben dalam adsorpsi zat warna (*Remazol Yellow FG*).

II. METODE PENELITIAN

A. Pembuatan adsorben selulosa bakterial *nata de coco*

Nata de coco diperoleh dari fermentasi campuran air kelapa, gula pasir, dan urea yang ditanami starter *nata de coco* (*Acetobacter xylinum*) [14]. Fermentasi dilakukan selama 7 hari. *Nata* yang telah diperoleh selanjutnya dipotong kecil-kecil dan dicuci dengan air sampai pH netral. Potongan *nata de coco* selanjutnya ditekan menggunakan mesin press hidrolik dengan gaya 250 kgf selama 2 menit. Setelah itu dikeringkan pada suhu 80°C selama 15 menit. *Nata de coco* kering kemudian diblender dan dilakukan pengayakan dengan ukuran 30 - 40 mesh.

B. Karakterisasi Adsorben Selulosa Bakterial *Nata de coco*

Karakterisasi adsorben selulosa bakterial *nata de coco* dilakukan dengan metode gravimetri untuk analisa kadar air dan metode spektrofotometri Inframerah (FTIR) untuk analisa gugus fungsi.

C. Proses Adsorpsi

Adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* dilakukan pada larutan *Remazol Yellow FG* yang terbuat dari serbuk *Remazol Yellow FG* yang telah dilarutkan dengan menggunakan aqua DM. Proses adsorpsi dilakukan dengan metode ruah/*batch* dengan kecepatan pengadukan 400 rpm. Setelah proses adsorpsi, campuran didekantasi dan filtrat disentrifugasi dengan kecepatan 6000 rpm selama 10 menit. Selanjutnya filtrat diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 418 nm untuk mengetahui kadar *Remazol Yellow FG* yang tidak teradsorpsi.

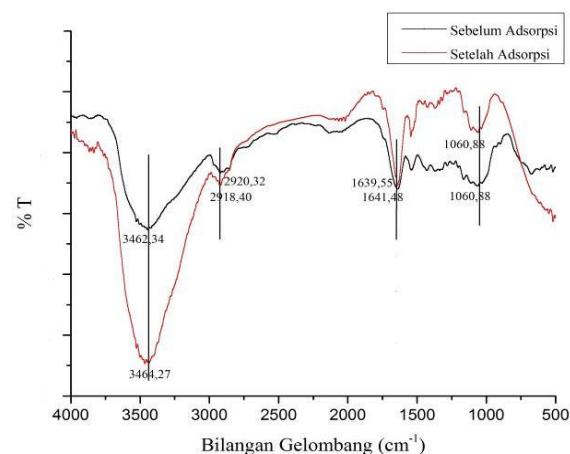
Adsorpsi dilakukan dengan mengamati parameter pH adsorbat. Pengaturan pH adsorbat dilakukan dengan cara menambahkan larutan HCl/NaOH ke dalam larutan *Remazol Yellow FG* 100 mg/L hingga pH larutan menjadi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10. Kondisi adsorpsi pada variasi pH adsorbat adalah menggunakan jumlah

adsorben sebesar 0,1000 gram dan waktu kontak 45 menit.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Karakterisasi Adsorben Selulosa Bakterial *Nata de coco*

Karakterisasi adsorben selulosa bakterial *nata de coco* meliputi analisa kadar air dan gugus fungsi. Analisa kadar air dilakukan dengan metode gravimetri. Hasil analisa menunjukkan kadar air selulosa bakterial *nata de coco* adalah sebesar 0,664%. Gugus fungsi yang terdapat pada adsorben selulosa bakterial *nata de coco* sebelum dan setelah adsorpsi diidentifikasi menggunakan spektrofotometer inframerah transformasi fourier (FTIR). Spektra IR yang dihasilkan sebagaimana terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektra FTIR adsorben selulosa bakterial *nata de coco* sebelum dan setelah adsorpsi

Seperti ditunjukkan pada Gambar 1, spektrum sejumlah puncak serapan menunjukkan sifat selulosa pada *nata de coco* dimana pada bilangan gelombang 3462,34 cm^{-1} dan 3464,27 cm^{-1} merupakan gugus -OH , sedangkan pada bilangan gelombang 1060,88 merupakan gugus C-O yang merupakan ciri khas selulosa [18]. Adsorben selulosa bakterial *nata de coco* sebelum dan sesudah adsorpsi menunjukkan terjadinya pergeseran bilangan gelombang. Pergeseran bilangan gelombang terjadi karena adanya interaksi antara gugus-gugus adsorben dengan komponen adsorbat [19].

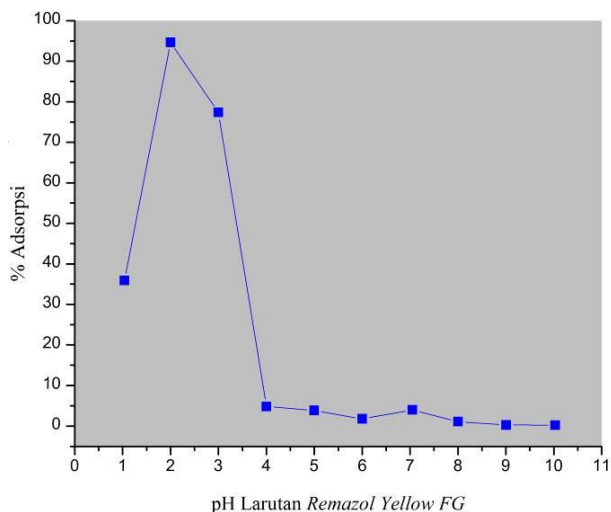
B. Pengaruh pH terhadap Konsentrasi Adsorbat

Hasil adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* dengan parameter pH adsorbat sebagaimana pada Gambar 2 dan 3.

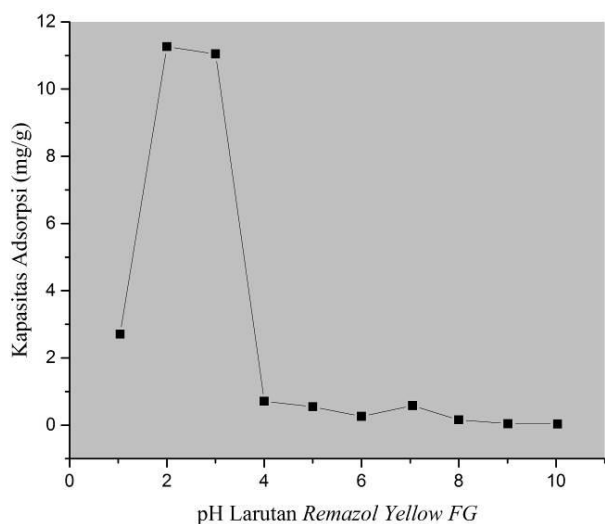
Dari Gambar 2 terlihat bahwa pada kondisi asam selulosa bakterial *nata de coco* dapat mengadsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan baik dan optimum pada pH 2 dengan prosentase adsorpsi 94,620%. Artinya, adsorben selulosa bakterial *nata de coco* mampu mengadsorpsi larutan *Remazol Yellow FG* hingga konsentrasinya berkurang sebesar 94,620% dari konsentrasi awalnya sebelum adsorpsi. Gambar 3 mendukung hasil analisa dari Gambar 2, dimana dari Gambar 3 terlihat bahwa kapasitas adsorpsi juga optimum terjadi pada pH 2 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 11,264 mg/g.

Pada kondisi asam, mekanisme adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* yang terjadi adalah sebagaimana pada Gambar 4. Mula-mula zat warna dalam kondisi asam akan mengalami

deprotonasi dan kemudian ketika selulosa ditambahkan kedalam larutan zat warna, permukaan selulosa akan mengalami protonasi terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan terjadinya interaksi elektrostatis yang menyebabkan terjadinya perpindahan zat warna dalam larutan menuju ke permukaan adsorben terprotonasi [20], [21], dan [22].



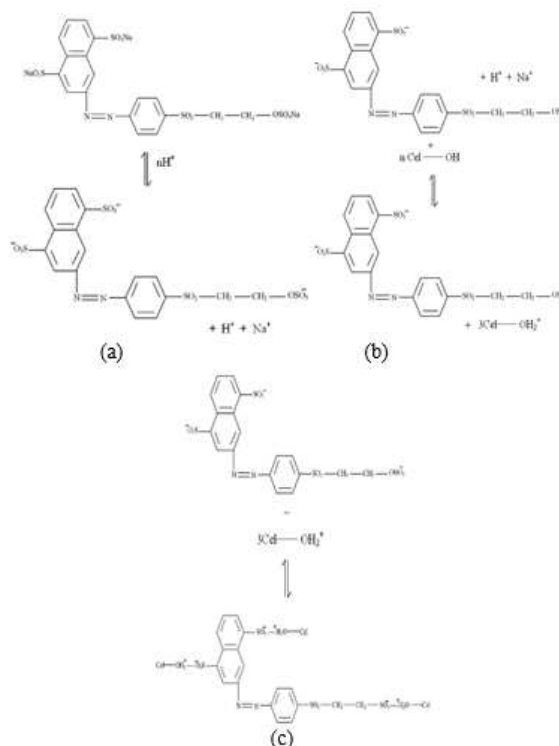
Gambar 2. Grafik Pengaruh pH terhadap Prosentase Adsorpsi



Gambar 3. Grafik Pengaruh pH terhadap Kapasitas Adsorpsi

Pengaturan pH larutan berpengaruh terhadap muatan permukaan adsorben, derajat ionisasi, stabilitas dan intensitas warna dari senyawa dalam larutan [23]. Pada kondisi pH rendah ($\text{pH} < 7$) terjadi netralisasi dari muatan negatif pada permukaan adsorben yang meningkatkan protonasi dan menghasilkan peningkatan aktifitas adsorpsi. Kondisi ini memungkinkan terjadinya difusi sehingga situs aktif pada permukaan adsorben bertambah [24]. Dengan demikian, semakin rendah pH adsorbat maka proses adsorpsi semakin optimal karena terjadinya interaksi elektrostatis antara muatan negatif dari gugus fungsi pada zat warna dan muatan positif pada permukaan adsorben [25], [26], dan [27]. Selain dapat menetralkan dan meningkatkan aktifitas adsorpsi, ion H^+ yang ada dalam larutan juga dapat berfungsi sebagai ligan yang menjembatani ikatan antara gugus-gugus adsorben dengan molekul zat warna [25].

IV. KESIMPULAN



Gambar 4. Mekanisme adsorpsi Remazol Yellow FG oleh adsorben selulosa bakteri nata de coco. (a). Deprotonasi Remazol Yellow FG; (b). Protonasi permukaan adsorben selulosa bakteri nata de coco; (c). Interaksi Remazol Yellow FG dengan adsorben selulosa bakteri nata de coco.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penurunan zat warna Remazol Yellow FG oleh adsorben selulosa bakteri nata de coco sangat dipengaruhi oleh kondisi pH adsorbat. Adsorpsi maksimum terjadi pada pH 2 dengan prosentase adsorpsi 94,620% dan kapasitas adsorpsi 11,264 mg/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis L.M mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing (Dra. Ita Ulfin, M.Si dan Dr. Hendro Juwono, M.Si) yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama menyelesaikan tulisan ini. Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik yang telah membantu proses analisis dalam penelitian ini. Ketua Jurusan Kimia FMIPA ITS, dosen wali, dan semua dosen pengajar di jurusan kimia FMIPA ITS yang telah memberikan ilmu, saran, dan pengarahan selama proses perkuliahan. Kementerian Agama yang telah memberikan dukungan finansial melalui Program Beasiswa Santri Berprestasi (PBSB) tahun 2012-2016. Kedua orang tua dan keluarga yang memberikan bantuan baik secara materi maupun spiritual, serta teman-teman yang setia memberikan dukungan dan doa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Albanis, T., Hela, T., Sakellariades, Danis, T., 2000. Removal of Dye from Aqueous Solution by Adsorption on Mixtures of Fly Ash and Soil in Batch and Column Techniques. *Global Nest. The Int. J* 2, 237–244.
- [2] Pavlostathis, G., 2001. Biological Decolorization and Reuse of Spent Reactive Dyebaths. *Annual Report FY 1*.
- [3] Chatterjee, D., Patnama, V., Sikdar, A., Joshi, P., Misra, R., Rao, N., 2008. Kinetics of The Decoloration of Reactive Dyes Over

- Visible Light Irradiated TiO₂ Semiconductor Photocatalyst. *Journal of Hazardous Materials* 156, 435–441.
- [4] Lacheb, H., Puzenat, E., Marie, J., 2002. Photocatalytic Degradation of Dye (Alizarin S, Crocein Orange G, Methyl Red, Congo Red, Methylen Blue) in Water by UV-Irradiated Titania. *Applied Catalysis B : Environmental* 39, 75–90.
- [5] Chen, K., Huang, J., Wu, J., Houg, 1999. Microbial Decolorization of Azo Dyes by *Proteus Mirabilis*. *J. Ind. Microbial. Biotech* 23.
- [6] Yagub, M., Sen, T., Afroze, S., Ang, H., 2014. Dye and Its Removal from Aqueous Solution by Adsorption: a review. *Adv. Colloid Interface Sci.*
- [7] Mezohegyi, G., Van, D., Front, J., Fortuny, A., Fabregat, 2012. Towards Advanced Aqueous Dye Removal Processes: a Short Review on the Versatile Role of Activated Carbon. *Journal Environ. Manage* 102, 148–164.
- [8] Ahmad, F., Daud, W., Ahmad, M., Radzi, R., 2012. Cocoa (*Theobroma cacao*) Shell-based Activated Carbon by CO₂ Activation in Removing of Cationic Dye from Aqueous Solution : Kinetics and Equilibrium Studies. *Chemical Engineering* 90, 1480–1490.
- [9] Demarchi, C., Debrassi, A., Buzzi, F., Nedelko, N., Waniewska, A., Dluzewski, P., Magro, J., Scapinello, J., Rodrigues, C., 2015. Adsorption of the Dye Remazol Red 198 (RR198) by O-carboxymethylchitosan-N-lauril/ γ -Fe₂O₃.
- [10] Magnetic Nanoparticles. *Arabian Journal of Chemistry* Article in Press.
- [11] Hassani, A., Alidokht, A., Khataee, K., 2014. Optimization of Comparative Removal of Two Structurally Different Basic Dyes Using Coal as a Low-cost and Available Adsorbent. *J. Taiwan Unst. Chemical Engineering* 45, 1597–1607.
- [12] Magriotis, Z., Carvalho, M., Sales, P., Alves, F., Resende, R., Saczk, A., 2014. Castor Bean (*Ricinus communis* L.) Presscake from Biodiesel Production: an Efficient Low Cost Adsorbent for Removal of Textile Dyes. *Journal Environ. Chemical Engineering* 2, 1731–1740.
- [13] Iqbal, M., Saeed, A., 2007. Biosorption of Reactive Dye by Loofa Sponge-Immobilized Fungal Biomass of *Phanerochaete Chrysosporium*. *Process Biochem* 42, 1160–1164.
- [14] Afrizal, 2007. Selulosa Bakterial Nata de Coco sebagai Adsorben pada Proses Adsorpsi Logam Cr(III). *Jurnal Gradien* 4, 308.
- [15] Sulistiyana, Ulfin, I., 2011. Studi Pendahuluan Adsorpsi Kation Ca dan Mg (Penyebab Kسادahan) Menggunakan Selulosa Bakterial Nata De Coco dengan Metode Batch. *Prosiding Seminar Nasional Waste Management* 2012. ISBN 978-602-355535-4-5. Hal 432-438.
- [16] Lailiyah, N., Wonorahardjo, S., Joharmawan, R., 2013. Pengaruh Modifikasi Permukaan Selulosa Nata de coco dengan Anhidrida Asetat dalam Mengikat Ion Logam Berat Cd²⁺ dalam Campuran Cd²⁺ dan Pb²⁺ (Skripsi). Universitas Negeri Malang, Malang.
- [17] Zawani, Z., Luqman, Chuah, A., Thomas, S., Choong, 2009. Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Studies : Adsorption of Remazol Black 5 on the Palm Kernel Shell Activated Carbon (PKS-AC). *European Journal of Scientific Research* 67–76.
- [18] Warisno, 2004. Mudah dan Praktis Membuat Nata de Coco. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- [19] Afrizal, 2007. Selulosa Bakterial Nata De Coco sebagai Adsorben pada Proses Adsorpsi Logam Cr(III). *Jurnal Gradien* 4, 308.
- [20] Liang, S., Guo, X., Feng, N., Tian, Q., 2010. Isotherms, Kinetics and Thermodynamic Studies of Adsorption of Cu²⁺ from Aqueous Solution by Mg²⁺/K⁺ Type Orange Peel Adsorbent. *Journal of Hazardous Materials* 174, 756–762.
- [21] Andrzejewska, A., Krysztafkiewicz, K., Jesionowski, T., 2007. Treatment of Textile Dye Wastewater Using Modified Silica. *Dye Pigments* 116–124.
- [22] Silva, M., Oliveira, M., Filho, E., 2012. Adsorption of an Industrial Anionic Dye by Modified-KSF-Montmorillonite : Evaluation of the Kinetic, Thermodynamic, and Equilibrium Data. *Chemical Engineering* 203, 259–268.
- [23] Lucinaldo, S., Luciano, C., Francisco, J., Mateus, S., Josy, A., Roosevelt, D., Edson, C., 2015. Sorption of the Anionic Reactive Red RB Dye in Cellulose: Assessment of Kinetic, Thermodynamic, and Equilibrium. *Open Chem* 13, 801–812.
- [24] Ada, K., Gokgoz, M., Onal, Y., Sarikaya, 2009. Preparation and Characterization of a ZnO Powder with the Hexagonal Plate Particle. *Poeder Technology* 181, 285–291.
- [25] Jain, A., Gupta, V., Bhatnagar, A., Suhas, A., 2003. Utilization of Industrial Waste Products as Adsorbents for the Removal of Dyes. *Journal of Hazardous Materials* 101, 31–42.
- [26] Aksu, Z., Tezer, S., 2004. Biosorption of Reactive Dyes on the Green Alga *Chlorella vulgaris*. *Process Biochem* 40, 1347–1361.
- [27] Aksu, Z., Isiloglu, I., 2007. Use of dried sugar beat pulp for binary biosorption of Remazol Turquoise Blue-G Reactive Dye and Copper (II) Ions: Equilibrium Modelling. *Chemical Engineering* 127, 177–188.
- [28] Ergene, A., Guler, P., Tan, S., Mirici, S., Hamzaoglu, E., Duran, A., 2006. Antibacterial and Antifungal Activity of *Heracleum sphondylium* subsp. *Artvinense*. *African Journal of Biotechnology* 5, 1087–1089.