

**PENGGUNAAN LUMPUR AKTIF SEBAGAI MATERIAL UNTUK  
BIOSORPSI PEWARNA REMAZOL**

**ACTIVATED SLUDGE USAGE FOR REMAZOL DYES  
BIOSORPTION**

**Dewi Yuanita\*, Endang Widjajanti dan Sulistyani**  
Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Yogyakarta  
\*e-mail: dewiyuan@yahoo.com

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui massa biosorben optimum, waktu kontak optimum dan konsentrasi pewarna optimum dalam biosorpsi lumpur aktif terhadap pewarna remazol teknis serta mengetahui pengaruh proses biosorpsi terhadap kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) pewarna remazol teknis. Proses biosorpsi dilakukan dengan sistem *batch* pada berbagai variasi massa biosorben, waktu kontak dan konsentrasi pewarna remazol teknis. Larutan pewarna remazol teknis sebelum dan sesudah biosorpsi dianalisis secara kuantitatif dengan spektrofotometer UV-Vis. Penentuan kadar COD dilakukan pada larutan remazol teknis sebelum dan sesudah adsorpsi. Efisiensi biosorpsi dinyatakan dalam bentuk konsentrasi teradsorpsi dibagi konsentrasi mula-mula larutan dan dikalikan 100%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: massa lumpur aktif yang memberikan efisiensi terbesar pada biosorpsi *remazol blue* yaitu 5 gram dengan efisiensi biosorpsi 6,83% sedangkan untuk *remazol red* adalah 150 gram dengan efisiensi biosorpsi 67,19%. Waktu optimum dalam biosorpsi *remazol blue* menggunakan lumpur aktif adalah 15 menit dengan efisiensi biosorpsi 7,98%, sedangkan untuk *remazol red* adalah 75 menit dengan efisiensi biosorpsi 9,30%. Konsentrasi optimum dalam biosorpsi *remazol blue* menggunakan lumpur aktif adalah 200 ppm dengan efisiensi biosorpsi 6,19% dan untuk *remazol red* 600 ppm dengan efisiensi biosorpsi 9,10%. Kadar COD pewarna *remazol blue* mengalami penurunan sebesar 22,22% setelah proses biosorpsi dengan lumpur aktif.

Kata kunci : adsorpsi, lumpur aktif, remazol teknis

**ABSTRACT**

This study aimed to determine the optimum biosorbent mass, optimum contact time and optimum concentration of dye on biosorption efficiency of activated sludge toward technical remazol dyes and to know the effect of the biosorption process of the COD (Chemical Oxygen Demand) value in technical remazol dyes solution. Biosorption process was done in batch system by conditioning the variation of the mass of Biosorbent, contact time and concentration of technical remazol dyes. Technical remazol dyes solution before and after biosorption were quantitatively analyzed by UV-Vis spectrophotometer and COD reactor. Adsorption efficiency expressed in terms of concentration of adsorbed dyes divided by the initial concentration of dye solution and multiplied by 100%. The results showed that: the optimum mass biosorbent for remazol blue and red were 5 gram and 150 gram with biosorption efficiency 6,83% and 67,19% respectively. The optimum contact time for remazol blue and red were 15 minutes and 75 minutes with biosorption efficiency 7,98% and 9,30% respectively. The optimum dye concentration for remazol blue and red

were 200 ppm and 600 ppm with biosorption efficiency 6,19% and 9,10% respectively. COD value technical remazol decreased after adsorption process by activated sludge.

Keywords : activated sludge, adsorption, remazol dye

## PENDAHULUAN

Industri tekstil yang berkembang dewasa ini menggunakan pewarna dalam proses produksinya. Penggunaan pewarna ini mengakibatkan adanya limbah pewarna dalam proses produksinya. Limbah pewarna ini bila tidak diolah dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan khususnya pencemaran terhadap perairan.

Zat warna umumnya bersifat toksik sehingga membahayakan bagi makhluk hidup. Zat warna juga dapat mengabsorb sinar matahari dengan kuat sehingga menurunkan intensitas sinar matahari yang dapat diabsorb oleh organisme seperti tanaman dalam air dan fitoplankton dalam proses fotosintesis. Hal ini akan mengakibatkan turunnya DO (*dissolve oxygen*) dalam ekosistem perairan dan berakibat pada peningkatan COD (*Chemical Oxygen Demand*) (Sharma, *et al.*, 2012).

Salah satu pewarna yang sering digunakan adalah jenis *remazol brilliant blue R* dan *remazol red*. Zat warna ini merupakan senyawa heterosiklis dengan unsur pembentuknya dari quinon. Antraquinon terdiri dari cincin benzeno dengan gugus hidroksil yang disebut phenol. Phenol sangat tahan terhadap oksidasi. (Muslimah dan Kuswyasari, 2013).

Untuk menghilangkan dampak negatif dari limbah zat warna, diperlukan suatu perlakuan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan limbah pewarna dengan cara tertentu agar tidak membahayakan dan mencemari lingkungan sekitar. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan metode

biosorpsi untuk mengurangi konsentrasi limbah pewarna agar tidak membahayakan dan mencemari lingkungan saat dibuang di alam.

Biosorpsi menggunakan lumpur aktif merupakan metode yang efektif untuk menurunkan konsentrasi zat warna dalam limbah. Biosorpsi melibatkan kombinasi dari mekanisme transport aktif dan pasif yang dimulai dari difusi adsorbat menuju permukaan sel mikroba (Ratnamala dan Brajesh, 2013).

Lumpur aktif merupakan salah satu bahan yang potensial untuk mengolah limbah pewarna. Lumpur aktif merupakan limbah yang berasal dari industri-industri tertentu yang mengandung biomassa yang mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi suatu adsorbat (<http://www.kelair.bppt.go.id/Sitpa/Artikel/Tekstil/tekstil.html>).

Pemanfaatan lumpur aktif sebagai adsorben dinilai menguntungkan karena lumpur ini merupakan limbah yang tidak memiliki nilai ekonomi sehingga pemanfaatan material ini akan dapat meningkatkan daya guna serta nilai ekonomi. Selain itu, penggunaan lumpur aktif ini sangat mendukung prinsip *zero-waste*, khususnya pada industri-industri yang menghasilkan lumpur aktif sebagai produk samping. Namun, lumpur aktif belum banyak digunakan sebagai adsorben dan pemanfaatan biomassa sebagai adsorben seperti lumpur aktif ini masih kurang populer dibandingkan dengan adsorben-adsorben lain seperti arang aktif, silika gel, alumina dan zeolit.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan meliputi: spektrofotometer UV-VIS, gelas beker, aerator, pipet ukur, labu takar, pipet tetes, timbangan analitik, pH meter, corong, tabung reaksi, rak tabung reaksi, stopwatch.

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi: lumpur aktif, serbuk pewarna *remazol blue* dan *remazol red* teknis, akuades, kertas saring

### Prosedur Penelitian

Biosorpsi dilakukan dengan cara mengambil lumpur aktif sebanyak 1 gram lalu dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL, ke dalam lumpur aktif tersebut ditambahkan larutan pewarna *remazol blue* 100 ppm sebanyak 100 mL. Larutan diaduk dengan spatula selanjutnya dibiarkan sambil diaerasi selama waktu biosorpsi 15 menit dihitung saat mulai diaduk. Larutan disaring dan diambil filtratnya. Absorbansi larutan sebelum dan sesudah biosorpsi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Langkah tersebut diulangi untuk variasi massa lumpur aktif 2, 3, 4, 5 gram pada pewarna *remazol blue* dan untuk variasi massa 1, 15, 30, 50, 100, 110, 150 gram pada *remazol red*. Biosorpsi juga dilakukan pada waktu kontak 3, 6, 12, 15, 30, 60, 120, 150, serta 180 menit untuk *remazol blue* dan 10, 15, 20, 30, 45, 75, 90, 105, dan 120 menit untuk *remazol red*. Biosorpsi dengan variasi konsentrasi pewarna dilakukan pada konsentrasi 100, 200, 300, 400, serta 500 ppm untuk *remazol blue* dan 200, 300, 400, 500, dan 600 ppm untuk *remazol red*.

Pewarna *remazol blue* teknis 300 ppm sebelum dan sesudah biosorpsi

selama 15 menit diukur kadar COD dengan menggunakan reaktor COD.

### Perhitungan Efisiensi Biosorpsi

Efisiensi biosorpsi adalah perbandingan antara konsentrasi pewarna teradsorpsi dengan konsentrasi pewarna sebelum adsorpsi yang dihitung dengan rumus :

$$\text{Efisiensi biosorpsi} = \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan :

$C_0$  = konsentrasi sampel sebelum diadsorpsi (mg/L)

$C_a$  = konsentrasi sampel setelah diadsorpsi (mg/L)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

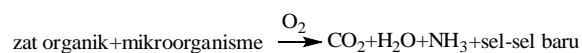
### Biosorpsi Pewarna Remazol oleh Lumpur Aktif

Proses biosorpsi pewarna remazol oleh lumpur aktif terjadi diawali dengan proses adsorpsi sebagai sistem non-enzimatik dilanjutkan dengan adanya kemampuan degradasi oleh isolat karena terjadinya aktivitas metabolisme dengan sistem enzimatik (Dewi, 2005). Dalam penelitian ini, biosorpsi pewarna remazol teknis dilakukan dengan cara aerob menggunakan bakteri-bakteri aerob dalam lumpur aktif dengan bantuan aerator sebagai pemasok oksigen murni bagi bakteri-bakteri tersebut. Adanya oksigen dalam proses adsorpsi ini berfungsi untuk memperpanjang masa hidup mikroorganisme di dalam lumpur aktif, sehingga pada waktu adsorpsi yang ditentukan, mikroorganisme tetap hidup dan mengadsorpsi lebih banyak pewarna.

Bakteri aerob memerlukan oksigen dalam menguraikan senyawa organik untuk memperoleh energi yang digunakan untuk pertumbuhan dan multiplikasi sel (Hammer, 1986). Selain itu, aerasi berfungsi sebagai sumber oksigen dalam proses oksidasi pewarna. Pada biosorpsi dengan bakteri aerob

secara umum, penghilangan warna diawali dengan peristiwa adsorpsi oleh matriks (membran plasma) dari bakteri aerob selanjutnya diteruskan oleh bakteri aerob dengan memproduksi metabolit, misalnya berupa enzim (Awaluddin, 2001). Dekolorisasi non-enzimatik ini terjadi pada saat peristiwa adsorpsi pewarna remazol oleh matriks (membran plasma) dari bakteri aerob yang terdapat dalam lumpur aktif, karena fungsi membran plasma dari bakteri aerob tersebut yaitu sebagai rintangan selektif yang memungkinkan aliran oksigen, nutrien, dan limbah yang cukup untuk melayani seluruh volume sel dari bakteri tersebut. Bakteri aerob dalam lumpur aktif menggunakan karbon dan nitrogen dari pewarna remazol teknis tersebut sebagai sumber karbon dan nitrogen yang mendukung kehidupannya sehingga terjadi dekolourisasi enzimatik (Sharma, *et al.*, 2009). Lumpur aktif dapat berperan sebagai biosorben dengan sisi aktif pada senyawa polimer ekstraseluler dan dinding sel bakteri (Kusmaya dan Halim, 2004). Umumnya biosorben mengandung  $\beta$ -D-glukosa berulang sebagai komponen utama

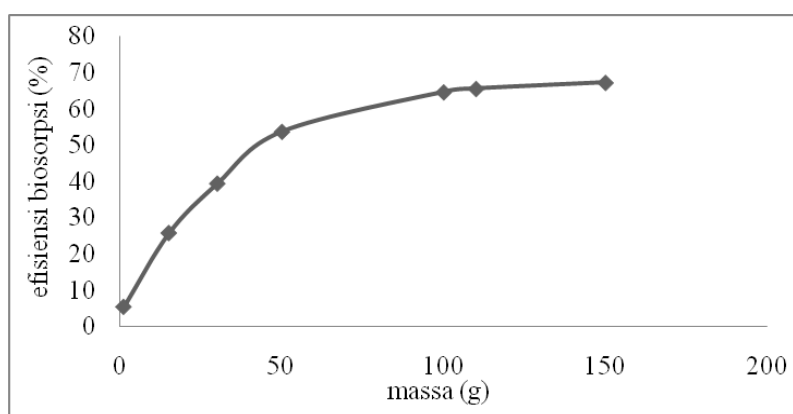
dinding sel. Gugus yang berperan sebagai situs aktif adalah gugus hidroksil polar dalam selulosa (Kurniasari, 2010)



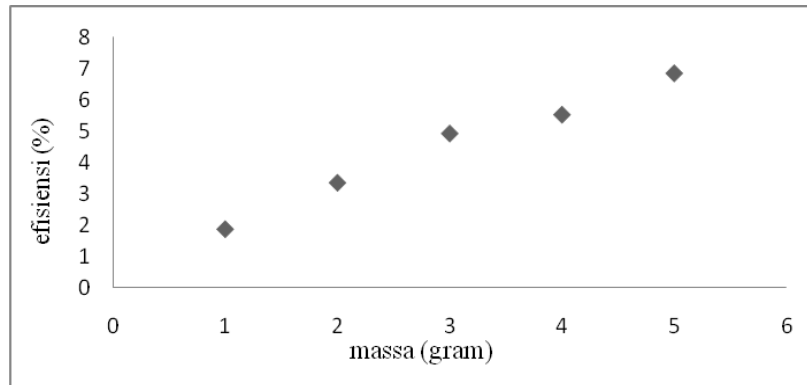
Beberapa penelitian menyatakan bahwa cara terbaik untuk melakukan dekolourisasi (penghilangan warna) adalah dengan penggabungan metode aerob dan anaerob. Saat proses anaerob, terjadi pemutusan molekul-molekul yang sangat kompleks menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana, sehingga mudah terbiodegradasi oleh proses aerob menjadi  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  dan biomassa (Hammer, 1986). Dalam penelitian ini hanya dilakukan proses secara aerob saja sehingga efisiensi biosorpsi yang dihasilkan tidak terlalu tinggi.

#### **Pengaruh Massa Biosorben terhadap Efisiensi Biosorpsi Lumpur Aktif pada Pewarna Remazol Teknis**

Hubungan antara banyaknya biosorben yang digunakan dengan efisiensi adsorpsinya ditunjukkan pada **Gambar 1** dan **2**.



**Gambar 1.** Kurva hubungan antara efisiensi biosorpsi (%) dan massa biosorben lumpur aktif (gram) pada *remazol red*



**Gambar 2.** Kurva hubungan antara efisiensi biosorpsi (%) dan massa biosorben lumpur aktif (gram) pada *remazol blue*

**Gambar 1** dan **2** menunjukkan bahwa semakin banyak biosorben yang digunakan (semakin besar massa lumpur aktif), semakin besar pula efisiensi adsorpsinya. Hal ini teramati pada adsorpsi lumpur aktif terhadap pewarna *remazol blue dan red*. Hal tersebut terjadi karena massa biosorben mempengaruhi banyaknya situs aktif dari biosorben. Dalam lumpur aktif, yang berperan sebagai situs aktif adalah mikroorganisme yang terkandung di dalamnya. Semakin besar massa lumpur aktif, maka semakin banyak pula situs aktif atau mikroorganisme dalam lumpur aktif yang dapat berinteraksi dengan pewarna remazol teknis (Puvaneswari, *et al.*, 2006). Hal ini menyebabkan kemampuan lumpur aktif dalam proses dekolorisasi menjadi meningkat sehingga efisiensi biosorpsi akan semakin besar bila massa lumpur aktif yang digunakan semakin banyak. Nilai efisiensi biosorpsi terbesar untuk *remazol blue* dan *remazol red* diperoleh pada massa adsorben sebesar 5 gram dan 150 gram dengan efisiensi adsorpsi untuk *remazol blue* sebesar 6,83% dan untuk *remazol red* sebesar 67,19%.

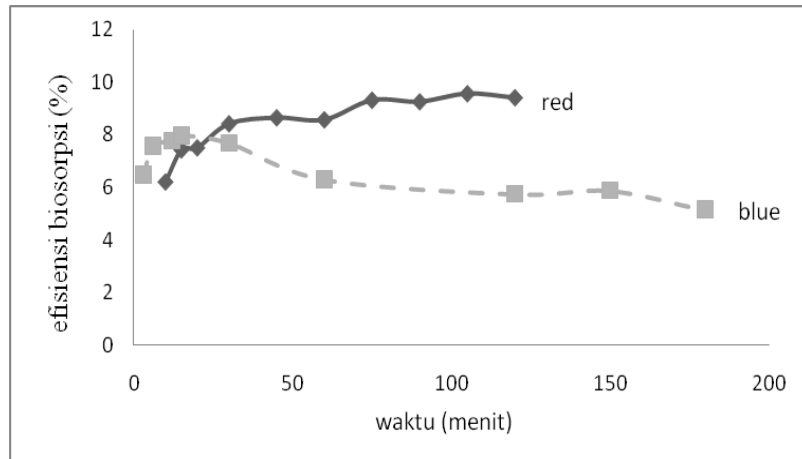
#### **Pengaruh Waktu Kontak pada Efisiensi Biosorpsi Lumpur Aktif terhadap Pewarna Remazol Teknis**

Waktu adsorpsi merupakan waktu yang digunakan untuk proses adsorpsi suatu adsorbat oleh suatu adsorben atau

sering juga disebutkan sebagai waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat. Waktu adsorpsi atau waktu kontak antara adsorbat dengan adsorben sangat mempengaruhi daya serap. Umumnya semakin lama waktu kontak maka efisiensi adsorpsi juga akan meningkat sampai pada waktu tertentu akan mencapai kondisi optimum dan setelah itu akan turun kembali (Khopkar, 1990).

**Gambar 3** menunjukkan bahwa proses biosorpsi terjadi secara cepat pada awal waktu kontak kemudian lajunya menurun. Hal ini terjadi karena pada awal biosorpsi situs aktif masih kosong dan konsentrasi pewarna masih tinggi sehingga menjadi *driving force* bagi lumpur aktif dalam proses biosorpsi (Ratnamala dan Brajesh, 2013).

Pada *remazol blue* terlihat bahwa untuk waktu kontak 50 menit terjadi penurunan efisiensi biosorpsi. Hal ini menunjukkan bahwa pada waktu tersebut situs aktif pada permukaan sel dalam lumpur aktif sudah mulai jenuh sehingga proses biosorpsi tidak lagi maksimal. Efisiensi biosorpsi pewarna *remazol red* yang tertinggi diperoleh pada waktu kontak 75 menit dengan nilai efisiensi biosorpsi sebesar 9,30%. Efisiensi biosorpsi pewarna *remazol blue* yang tertinggi diperoleh pada waktu kontak 15 menit dengan nilai efisiensi biosorpsi sebesar 7,98%.

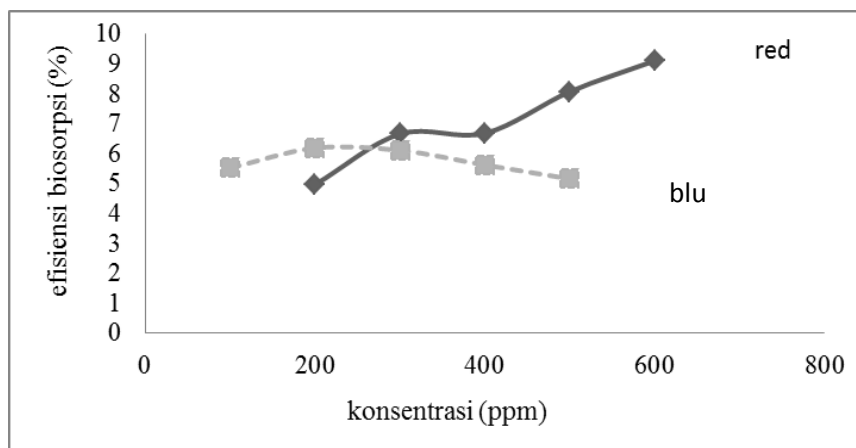


**Gambar 3.** Kurva hubungan antara efisiensi biosorpsi (%) dan waktu kontak biosorben lumpur aktif terhadap zat warna remazol (menit)

**Pengaruh Konsentrasi Pewarna terhadap Efisiensi Adsorpsi Lumpur Aktif pada Pewarna Remazol Teknis**

**Gambar 4** menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi akan meningkatkan efisiensi biosorpsi pada konsentrasi 100 ke 200 ppm untuk *remazol blue*. Untuk pewarna *remazol red* semakin besar konsentrasi maka efisiensi biosorpsi menjadi semakin besar. Hal ini dapat disebabkan oleh bakteri pada lumpur aktif yang digunakan dalam proses biosorpsi mampu mengoksidasi senyawa organik sampel. Kenaikan konsentrasi zat warna tidak selalu menaikkan efisiensi biosorpsi, ini terjadi apabila telah tercapai kondisi kesetimbangan antara sorbat dan sorben yaitu pada 200 ppm dengan

efisiensi biosorpsi 6,19%. Penurunan efisiensi biosorpsi ini terjadi karena makin besar konsentrasi pewarna remazol teknis maka situs aktif yang dimiliki lumpur aktif telah jenuh karena permukaannya telah terisi penuh oleh pewarna remazol teknis, serta tidak mampu lagi berinteraksi dengan molekul adsorbat sehingga tidak mampu lagi menyerap pewarna yang konsentrasinya masih cukup besar (Ratnamala dan Brajesh, 2013). Konsentrasi optimum dalam biosorpsi *remazol blue* menggunakan lumpur aktif adalah 200 ppm dengan efisiensi biosorpsi 6,19% dan untuk *remazol red* 600 ppm dengan efisiensi biosorpsi 9,10%.



**Gambar 4.** Kurva hubungan antara efisiensi biosorpsi lumpur aktif (%) dan konsentrasi pewarna remazol

### **Kadar COD Pewarna *Remazol blue* Teknis**

Nilai COD merupakan salah satu parameter untuk mengetahui suatu lingkungan tercemar atau tidak. Nilai COD atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen ( $\text{mg O}_2$ ) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air. Bila nilai COD semakin tinggi, berarti semakin tinggi pula beban cemaran yang ada pada suatu lingkungan tersebut (Sigit, 2004).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar COD dalam larutan pewarna *remazol blue* teknis 300 ppm sesudah adsorpsi selama 15 menit ternyata mengalami penurunan sebesar 22,22% dari 1396,80 mg/L menjadi 1086,40 mg/L. Dari hasil tersebut terlihat bahwa bakteri-bakteri aerob yang terkandung dalam lumpur aktif berpengaruh dalam menurunkan kadar COD. Bakteri aerob dalam lumpur aktif telah berperan melakukan proses non-enzimatis maupun enzimatis terhadap pewarna *remazol* sehingga kadar pewarna *remazol* dalam larutan berkurang. Berkurangnya kadar pewarna *remazol* tentu saja ini akan menyebabkan jumlah oksigen ( $\text{mg O}_2$ ) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi pewarna *remazol* yang ada dalam sampel menjadi lebih sedikit atau dengan kata lain nilai COD-nya turun. Atau dengan kata lain beban cemaran yang ada pada pewarna *remazol* teknis sesudah diadsorpsi oleh lumpur aktif mengalami penurunan dibandingkan dengan sebelum adsorpsi.

### **KESIMPULAN**

Massa lumpur aktif yang memberikan efisiensi terbesar pada biosorpsi *remazol blue* yaitu 5 gram dengan efisiensi biosorpsi 6,83% sedangkan untuk *remazol red* adalah 150 gram dengan efisiensi biosorpsi 67,19%.

Waktu optimum dalam biosorpsi *remazol blue* menggunakan lumpur aktif adalah 15 menit dengan efisiensi biosorpsi 7,98%, sedangkan untuk *remazol red* adalah 75 menit dengan efisiensi biosorpsi 9,30%. Konsentrasi optimum dalam biosorpsi *remazol blue* menggunakan lumpur aktif adalah 200 ppm dengan efisiensi biosorpsi 6,19% dan untuk *remazol red* 600 ppm dengan efisiensi biosorpsi 9,10%. Kadar COD pewarna *remazol blue* mengalami penurunan sebesar 22,22% setelah proses biosorpsi dengan lumpur aktif.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Awaluddin. 2001. *Biodekolorisasi*. Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Dewi, R. S. 2005. Potensi Bakteri Limbah Industri Tekstil Sebagai Agen Pendekolorisasi Pewarna Azo Sumber Pencemaran Warna Perairan. Di Dalam: *Prosiding Seminar Nasional dan Kongres Biologi XII*: Yogyakarta, 19-22 April 2005
- Hammer, M. J. 1986. *Water and Wastewater Technology*. 2<sup>nd</sup>. ed. Canada: John Wiley & Sons, Inc
- Sigit, H. 2004. *BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah*. Bogor: IPB
- Khopkar, S.M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia
- Kurniasari, L. 2010. Pemanfaatan Mikroorganisme dan Limbah Pertanian sebagai Bahan Baku Biosorben Logam Berat. *Momentum*. 6(II)
- Kusmaya, M dan M. B. Halim. 2004. *Adsorpsi Kadmium (II) dan Kromium (III) dalam Air oleh Lumpur Aktif*. Diakses dari

- digilib.ac.id pada tanggal 20 Juni 2014
- Sharma, N., D.P. Tiwari, S.K. Singh. 2012. Decolorization of Synthetic Dyes by Agricultural Waste-A review. *IJSER*. Vol 3 Issue 2
- Puvaneswari, N., Muthukrishnan, J. and Gunasekaran, P. 2006. Toxicity Assessment and Microbial Degradation of Azo Dyes. *Indian Journal of Experimental Biology*. Vol. 44, Hlm.: 618-626
- Ratnamala and Brajesh. 2013. Biosorption of Remazol Navy Blue Dye from an Aqueous Solution using *Pseudomonas putida*. *IJSET*. Vol 2. No.1.
- Sharma, P., Singh, L., Dilbaghi, N. 2009. Optimization of Process Variable for Decolorization of Disperse Yellow 211 by *Bacillus subtilis* using Box-Behnken Design. *Journal of Hazardous Materials*. Vol 164, pp 1024-1029
- Muslimah, S dan N. D Kuswytasari. 2013. Potensi Basidiomycetes Koleksi Biologi ITS sebagai Agen Biodekolorisasi Zat Warna RBBR. *Jurnal sains dan Seni Pomits*. 2(I)
- (<http://www.kelair.bppt.go.id/Sitpa/Artikel/Tekstil/tekstil.html>) Diakses pada tanggal 10 Oktober 2012