

THE OPTIMUM CONDITION OF BIOSORPTION OF RED SNAPPER'S SCALES
(*Lutjanus argentimaculatus*) TOWARD RHODAMINE B DYE

Kondisi Optimum Biosorpsi Sisik Ikan Kakap Merah
(*Lutjanus argentimaculatus*) Terhadap Zat Warna Rhodamin B

Eirene G. Fransina*, Jolantje Latupeirissa

Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Pattimura University, Kampus Poka, Jl. Ir. M. Putuhena, Ambon 97134

*E-mail: eirenefransina@gmail.com

Received: October 2015 Published: January 2016

ABSTRACT

The research of rhodamine B dye biosorption by Red Snapper's scale (*Lutjanus argentimaculatus*) powder has been done. The red snapper's scales were cleansed with aquades and dried. The dried red snapper's scales were grinded and sieved to powder with a 100 mesh sieve. The powder of red snapper's scale was dried at 100 °C in oven for an hour. The biosorption process toward rhodamine B dye and its results were examined with UV-Vis spectrophotometer. The optimum condition of red snapper's scale powder for 1.0 g of absorbent has biosorption capacity in amount of 92.740%; the optimum contact time is 120 minutes with biosorption capacity in amount of 97.264%; for 50 ppm biosorption concentration has biosorption capacity in amount of 95.598% and the optimum pH of 3 has biosorption capacity of 97.930%.

Keywords: *Biosorption, rhodamine B, red snapper's scale.*

PENDAHULUAN

Zat warna banyak dipakai dalam industri tekstil, kertas, fotografi, dan plastik yang dapat membuat produk industri menarik dan hal ini berkaitan dengan masalah pemasaran dan keuntungan. Industri tekstil, kertas, fotografi, dan plastik merupakan industri yang menggunakan zat warna rhodamin B sebagai pewarna. Pembuangan air limbah berwarna tidak hanya merusak estetika badan air tapi juga dapat meracuni perairan. Di samping itu adanya warna yang pekat akan menghalangi tembusnya sinar matahari pada badan air, sehingga mempengaruhi proses fotosintesis di dalam air. Akibatnya oksigen yang dihasilkan pada proses fotosintesis yang dibutuhkan untuk kehidupan biota perairan akan berkurang. Industri menghasilkan air limbah dengan BOD, COD, dan zat warna yang tinggi. Zat warna pada dasarnya adalah racun bagi tubuh manusia, oleh karena itu pencemaran zat warna ke perairan perlu mendapat perhatian yang sungguh-sungguh agar tidak sampai masuk ke dalam tubuh manusia melalui air minum. Selain bersifat racun, zat warna juga bersifat karsinogenik, yaitu ikut

merangsang tumbuhnya kanker. Zat warna juga mempengaruhi pH air lingkungan yang menyebabkan terganggunya mikroorganisme dan hewan air.

Berbagai upaya pun dilakukan untuk meminimalkan bahkan meniadakan dampak negatif pencemaran lingkungan. Upaya pendeteksian dan pengolahan bahan pencemar menjadi hal yang penting untuk dilaksanakan. Pada kebanyakan kasus, analisis rhodamin B dalam sampel lingkungan memiliki dua hambatan utama, yakni jumlahnya yang sangat kecil (renik) dalam sampel dan kompleksitas matriks sampel (Simpson, 2000). Oleh karena itu, kebutuhan akan metode analisis yang modern dalam pengolahan limbah perikanan dan limbah industri tekstil, kertas, fotografi dan plastik yang efektif, dan efisien sangat diperlukan.

Beberapa metode pengolahan dan penghilangan limbah cair industri dapat dilakukan secara kimia dengan menggunakan koagulan, secara fisika dengan sendimen dan adsorpsi, dan secara biologi yang hasilnya belum maksimal karena warna mempunyai sifat tahan

terhadap degradasi biologi. Penanggulangan masalah pencemaran oleh limbah cair industri dan rumah tangga dapat dilakukan dengan cara pengendapan yang dilanjutkan dengan penyaringan dan penyerapan dengan menggunakan karbon aktif sebagai adsorben.

Memanfaatkan limbah sisik ikan merah (*Lutjanus argentimaculatus*) sebagai biosorben dan adsorben alami yang telah ada dengan cara aktivasi adsorben untuk tujuan penyerapan zat warna rhodamin B merupakan cara yang baik untuk meningkatkan efisiensi penyerapan. Berdasarkan hal ini, maka dalam penelitian ini dipelajari kinerja penyerap alami dari limbah sisik ikan merah di pasar tradisional kota Ambon sebagai biosorben dan adsorben zat warna rhodamin B. Kapasitas adsorpsi dan efektivitas biosorben dan adsorben teraktivasi dalam mengikat rhodamin B merupakan hal mendasar yang juga diteliti ((Bora, 2010).

Sisik ikan kakap merah sebagai biosorben, secara langsung dapat digunakan sebagai penyerap limbah cair industri dan rumah tangga, untuk meningkatkan efisiensi penyerapan adsorben alami ini dapat dilakukan menggunakan aktivator. Proses aktivasi adsorben bertujuan untuk meningkatkan kapasitas penyerapan. Mekanisme adsorpsi oleh karbon aktif merupakan penyerapan zat warna rhodamin B dalam pori-pori karbon aktif sehingga dapat terpisah dari cairannya. Jika pori-pori adsorben belum terbuka secara sempurna, maka daya adsorpsinya juga akan berkurang. Adsorpsi merupakan alternatif yang dapat dilakukan untuk menghilangkan atau mengurangi zat warna pencemar perairan laut. Langkah awal untuk mendapatkan proses adsorpsi yang efektif adalah dengan memilih adsorben yang memiliki selektivitas dan kapasitas jerap yang tinggi (Aulia dkk, 2013).

Banyak industri tekstil, kertas, fotografi dan plastik, kulit dan percetakan menggunakan zat warna untuk meningkatkan ataupun menyempurnakan mutu produksinya. Penggunaan zat warna akan meningkat karena industri tekstil merupakan komoditi ekspor andalan Indonesia. Selain itu, pada umumnya laut dipakai sebagai muara dari pembuangan limbah industri sehingga akan mencemari laut itu sendiri. Limbah cair zat warna semakin lama semakin bervariasi, baik dari jenis zat warnanya

maupun tingkat toksitasnya. Limbah cair zat warna yang mempunyai tingkat kepekaan yang tinggi, akan mengikat ion-ion logam membentuk senyawa kompleks beracun. Senyawa ini mengakibatkan menurunnya populasi mikroorganisme pegurai. Hal ini merupakan masalah yang cukup serius dalam penanggulangan limbah cair zat warna.

Dalam penelitian ini dilakukan proses biosorpsi dan adsorpsi limbah sisik ikan kakap merah yang akan diaktivasi dan dimanfaatkan sebagai biosorben dan adsorben zat warna rhodamin B, dan diharapkan dapat memperoleh sinergisitas antara kemampuan mengadsorpsi limbah sisik ikan kakap merah dengan efektivitas dari aktivasi yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan penyerapan. Penelitian ini sangat bermanfaat karena menggunakan limbah perikanan untuk menyerap limbah cair industri tekstil, kertas, fotografi, plastik, dan rumah tangga di mana keseluruhan analisis kuantitatif menggunakan spektrofotometer UV-Vis, yang telah handal digunakan untuk penentuan zat warna.

METODOLOGI

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sisik ikan kakap merah yang diperoleh dari pasar ikan Tulehu (Maluku Tengah), rhodamin B (p.a Merck), akuades, alkohol (p.a Merck), aseton (p.a Merck), hidrogen klorida (p.a Merck), asam asetat (p.a Merck), kertas saring whatman no.42, kalium hidrogen ftalat (p.a Merck), natrium hidroksida (p.a Merck), natrium hidrogen karbonat (p.a Merck), kalium hidrogen fosfat (p.a Merck), dan kalium dihidrogen fosfat (p.a Merck).

Alat

Peralatan dan instrumen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah : SEM, spektrofotometer UV-Vis (shimadzu UV-1201), oven (Memmert), desikator, blender, pengerus, ayakan ukuran 100 mesh, shaker (SHA-C, Constant Temperature Oscillator), neraca analitik (Ada 210/LE), tanur (Barnstead Thermolyne 47900 Furnace), pengaduk magnetik, dan beberapa peralatan gelas yang biasa dipakai di laboratorium kimia.

Prosedur Kerja

Persiapan dan pembuatan biosorben: sisik ikan kakap merah (*Lutjanus argentimaculatus*)

Sisik ikan kakap merah diambil dari pasar, dicuci dengan akuades, dan dikeringkan. Setelah kering, dihaluskan, dan diayak dengan menggunakan ayakan ukuran 100 mesh. Serbuk sisik ikan kakap merah kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 1 jam.

Pembuatan larutan standar zat warna rhodamin B

Larutan standar zat warna rhodamin B 1000 ppm sebanyak 100 mL, dibuat dengan cara menimbang 0,1 g padatan zat warna rhodamin B kemudian dilarutkan dalam akuades dan dicukupkan volumenya dengan akuades hingga 100 mL dalam labu takar kemudian diukur absorbansinya untuk mengetahui panjang gelombang maksimum. Larutan standar zat warna rhodamin B 1000 ppm kemudian diencerkan menjadi 50 ppm sebanyak 100 mL, kemudian dibuat sederetan larutan standar rhodamin B dengan konsentrasi 0,5 ppm, 1,0 ppm, 1,5 ppm, 2,0 ppm, dan 2,5 ppm dari larutan standar rhodamin 50 ppm lalu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Penentuan jumlah biosorben, waktu kontak, pH, konsentrasi biosorbat optimum, dan kapasitas biosorpsi

Variasi jumlah biosorben

Serbuk sisik ikan kakap merah masing-masing sebanyak 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 g dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 25 mL larutan zat warna rhodamin B 30 ppm kemudian diaduk dengan kecepatan 300 rpm selama 60 menit. Selanjutnya filtrat dan endapan dipisahkan dengan cara disaring, filtrat yang diperoleh dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis.

Variasi waktu optimum biosorpsi

Serbuk sisik ikan kakap merah sebanyak 1,0g dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi larutan 25mL larutan zat rhodamin B. Selanjutnya larutan diaduk dengan variasi

waktu kontak masing-masing 20,40, 60, 80, 100, dan 120 menit. Setelah itu, disaring dengan kertas saring dan filtrat diukur adsorbansinya dengan UV-Vis untuk menentukan konsentrasi zat warna rhodamin B yang teradsorpsi.

Variasi pH

Tiga buah erlenmeyer diisi masing-masing dengan larutan pH 3, 7, dan 11 yang diatur dengan menggunakan buffer. Buffer yang digunakan untuk variasi pH berturut-turut yaitu : kalium hidrogen ftalat 0,1 M, HCl 0,1 M, dan akuades; larutan KH_2PO_4 0,1 M, K_2HPO_4 0,1 M ; dan larutan NaHCO_3 0,05 M, NaOH 0,1 M, dan akuades dengan perbandingan volume masing-masing berbeda untuk tiap buffer (Mulyono, 2008). Konsentrasi maksimum zat warna rhodamin B dengan pH larutan 3, 7, dan 11 dicampur. Selanjutnya 25 mL larutan pada masing-masing pH ditambahkan 1,0g serbuk sisik ikan kakap merah. Kemudian larutan diaduk dengan kecepatan 300rpm selama waktu kontak optimum. Larutan yang diadsorpsi oleh serbuk sisik ikan kakap merah disaring dengan kertas saring dan filtrat diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

Variasi konsentrasi zat warna rhodamin B

Sebanyak 5 buah erlenmeyer 100 mL disiapkan dan dimasukkan 1,0 g ke dalam masing-masing erlenmeyer, lalu ditambahkan 50 mL larutan rhodamin B dengan konsentrasi 10,20, 30, 40, dan 50 ppm, diaduk pada 300 rpm selama 60 menit, dan setelah itu didiamkan selama 2 menit. Kemudian konsentrasi sampel ditentukan dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

Penentuan kapasitas biosorpsi

Setelah proses optimasi dikarakterisasi, kapasitas biosorpsi (Q) sisik ikan kakap merah yang diperoleh pada keadaan optimasi yang memberikan persen biosorpsi tertinggi dihitung berdasarkan persamaan:

$$Q = \frac{V(C_0 - C)}{W}$$

dengan V = volume serbuk sisik ikan kakap merah, W = berat biosorben (g), C_0 dan C = konsentrasi serbuk sisik ikan kakap merah sebelum dan sesudah biosorpsi.

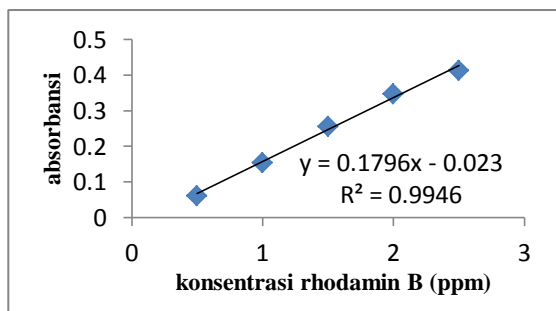
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Zat Warna rhodamin B

Sebelum melakukan adsorpsi zat warna rhodamin B pada serbuk sisik ikan kakap merah, dilakukan pengukuran absorbansi terdapat larutan standar zat warna rhodamin B. Zat warna mengandung gugus kromofor dan auksokrom, sehingga dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang 350-700 nm (Van Der Zee, 2002). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode UV-Vis dengan panjang gelombang yang digunakan adalah 550 nm.

Tabel 1. Data absorbansi larutan standard rhodamin B

Konsentrasi rhodamin B (ppm)	Absorbansi
0,5	0,061
1,0	0,154
1,5	0,256
2,0	0,348
2,5	0,413



Gambar 1. Kurva standar zat warna rhodamin B

Hasil analisis pada Tabel 1 menunjukkan bahwa persamaan garis yang menghubungkan konsentrasi versus absorbansi larutan zat warna rhodamin B digunakan untuk menghitung konsentrasi akhir dari zat warna rhodamin B setelah proses biosorpsi oleh serbuk sisik ikan kakap merah dengan berbagai variasi. Berdasarkan data hasil yang diperoleh, dapat ditentukan isoterm biosorpsi yang sesuai dengan proses biosorpsi serbuk sisik ikan kakap merah terhadap zat warna rhodamin B.

Penentuan Jumlah Biosorben

Pada variasi jumlah biosorben 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, dan 1,0 g untuk biosorpsi zat warna rhodamin B dilakukan dengan menggunakan 25 ml larutan rhodamin B 30 ppm, dengan waktu kontak 60 menit, dan kecepatan shaker 300 rpm. Hasilnya seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran absorbansi zat warna rhodamin B pada variasi jumlah biosorben dengan $C_o = 30$ ppm

m (g)	absorbansi	C_e (ppm)	$C_o - C_e$ (ppm)	Q (100%)
0,2	0,403	2,379	27,621	92,070
0,4	0,399	2,357	27,643	92,143
0,6	0,389	2,302	27,698	92,327
0,8	0,382	2,262	27,738	92,460
1,0	0,367	2,178	27,822	92,740

Keterangan:

C_o : konsentrasi zat warna rhodamin B sebelum proses biosorpsi

C_e : konsentrasi zat warna rhodamin B sesudah proses biosorpsi

$C_o - C_e$: konsentrasi zat warna rhodamin B yang terjerap oleh serbuk ikan kakap merah

Berat biosorben 0,2 g mampu menjerap konsentrasi rhodamin B sebesar 27,621 ppm, dan semakin meningkat pada 0,4, 0,6, 0,8, dan 1,0 g sebesar 27,643, 27,698, dan 27,822 ppm, hal ini disebabkan semakin banyak jumlah biosorben yang digunakan, semakin banyak pula daya biosorben serbuk sisik ikan kakap merah dalam menjerap zat warna rhodamin B.

Penentuan Waktu Kontak

Pada variasi waktu kontak 20, 40, 60, 80, 100, dan 120 menit untuk biosorpsi 25 mL zat warna rhodamin B 50 ppm dengan berat adsorben 1,0 g dan kecepatan pengadukan 300 rpm, hasilnya diperlihatkan pada Tabel 3.

Bila serbuk sisik ikan kakap merah ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu kontak yang cukup diperlukan serbuk sisik ikan kakap merah untuk mengadsorpsi zat warna rhodamin B, semakin lama waktu kontak semakin banyak zat warna rhodamin B yang tersorpsi karena semakin lama waktu kontak antar partikel zat warna rhodamin B dengan serbuk sisik ikan kakap merah akan

bersinggungan (saling interaksi) satu sama lain (Wirawan, 2008).

Tabel 3. Hasil pengukuran absorbansi zat warna rhodamin B pada variasi waktu kontak dengan $C_o = 50$ ppm dan bobot biosorbat 1,0 g

Waktu (menit)	absorbansi	C_e (ppm)	$C_o - C_e$ (ppm)	Q (100%)
20	0,268	1,626	48,374	96,748
40	0,267	1,620	48,380	96,764
60	0,265	1,608	48,392	96,784
80	0,234	1,436	48,564	97,128
100	0,222	1,368	48,632	97,264
120	0,223	1,347	48,626	97,252

Keterangan;

- C_o : konsentrasi zat warna rhodamin B sebelum proses biosorpsi
 C_e : konsentrasi zat warna rhodamin B sesudah proses biosorpsi
 $C_o - C_e$: konsentrasi zat warna rhodamin B yang terjerap oleh serbuk sisik ikan kakap merah

Besarnya konsentrasi yang terjerap juga sangat tergantung pada waktu biosorpsi atau waktu kontak antar zat warna rhodamin B dengan biosorben serbuk sisik ikan kakap merah. Berdasarkan hasil pada Tabel 3 menunjukkan bahwa waktu kontak dari 20 menit sampai 100 menit konsentrasi zat warna rhodamin B yang terjerap semakin besar, yaitu 48,374 ppm, 48,380 ppm, 48,392 ppm, 48,564 ppm, 48,632 ppm, namun pada waktu kontak 120 menit konsentrasi zat warna rhodamin B yang terjerap semakin kecil jika dibandingkan dengan waktu kontak 100 menit. Penurunan konsentrasi yang tersorpsi disebabkan karena telah terjadi kesetimbangan antara zat warna rhodamin B dengan serbuk sisik ikan kakap merah, ini berarti saat telah terjadi keadaan setimbang dimana biosorben tidak dapat menyerap adsorbat maka semakin kecil konsentrasi yang terjerap pada biosorben tersebut. Hasil pada Tabel 3 menunjukkan bahwa keadaan setimbang terjadi pada waktu kontak 100 menit dan ini merupakan waktu kontak optimum biosorpsi zat warna rhodamin B oleh serbuk sisik ikan kakap merah.

Penentuan Konsentrasi

Pada variasi konsentrasi zat warna rhodamin B 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm dengan

menggunakan waktu kontak 120 menit, bobot biosorbat 1,0 g dan kecepatan pengadukan 300 rpm, hasilnya diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran absorbansi zat warna rhodamin B pada variasi konsentrasi dengan bobot biosorbat 1,0 g

C_o (ppm)	absorbansi	C_e (ppm)	$C_o - C_e$ (ppm)	Q (%)
10	0,123	0,816	9,184	91,840
20	0,210	1,302	18,698	93,490
30	0,328	1,961	28,039	93,463
40	0,359	2,134	37,866	94,665
50	0,371	2,201	47,799	95,598

Keterangan;

- C_o : konsentrasi zat warna rhodamin B sebelum proses biosorpsi
 C_e : konsentrasi zat warna rhodamin B sesudah proses biosorpsi
 $C_o - C_e$: konsentrasi zat warna rhodamin B yang terjerap oleh serbuk sisik ikan kakap merah

Berdasarkan data hasil biosorpsi zat warna rhodamin B dengan variasi konsentrasi pada Tabel 4 menunjukkan bahwa semakin banyak biosorbat zat warna rhodamin B yang digunakan, maka konsentrasi maksimum teradsorpsi semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat pada konsentrasi 50 ppm konsentrasi teradsorpsi sebesar 47,799 ppm yang memiliki nilai Q paling besar yaitu 95,598%.

Penentuan pH

Pada variasi pH larutan zat warna rhodamin B untuk pH 3, 7, dan 11 menggunakan 25 mL zat warna rhodamin B 50 ppm, waktu kontak 120 menit, berat biosorben 1,0 gram, dan kecepatan pengadukan 300 rpm, yang hasilnya disajikan pada Tabel 5.

Data pada Tabel 5 menunjukkan pada variasi pH, digunakan pH 3 untuk mewakili pH asam, pH 7 sebagai pH netral, dan pH 11 sebagai pH basa. Untuk mendapatkan kondisi larutan berada pada pH yang ditentukan maka diperlukan larutan buffer untuk tiga kondisi pH tersebut. Setelah diinteraksikan, konsentrasi zat warna rhodamin B yang terjerap paling besar untuk tiga pH tersebut adalah larutan dalam suasana asam yaitu pH 3 sebesar 48,967 ppm, jika dibandingkan dengan suasana netral (pH 7) dan suasana basa (pH 11). Dengan demikian pH sangat berpengaruh pada daya serap serbuk sisik

ikan kakap merah. Menurut Jankowska (1991), syarat pH untuk kondisi biosorpsi serbuk sisik ikan kakap merah harus sesuai dengan kondisi zat yang akan diserap. Pada limbah asam, pH biosorpsi harus di bawah 7, zat warna rhodamin B bersifat asam lemah, sehingga kondisi pH yang sesuai untuk proses biosorpsi adalah pH 3 (Putranto dkk, 2005).

Tabel 5. Hasil pengukuran absorbansi zat warnarhodamin B pada variasi pH

pH	absorbansi	C _o (ppm)	C _e (ppm)	C _o -C _e (ppm)	Q(%)
3	0,162	50	0,033	48,967	97,93
7	0,197	50	1,229	48,739	97,48
11	0,226	50	1,391	48,549	97,09

Keterangan;

C_o : konsentrasi zat warna rhodamin B sebelum proses biosorpsi

C_e : konsentrasi zat warna rhodamin B sesudah proses biosorpsi

C_o-C_e : konsentrasi zat warna rhodamin B yang terjerap oleh serbuk sisik ikan kakap merah

Penentuan Kapasitas Biosorpsi

Dari hasil pengukuran adsorbansi untuk larutan standar zat warna rhodamin B, sertapengukuran absorbansi pada variasi jumlah absoren, waktu kontak, pH larutan, dan konsentrasi biosorbat maka dapat dihitung persentase biosorpsi dengan persamaan :

$$Q = \frac{V(C_o - C_e)}{W}$$

Data presentase dari berbagai variasi perlakuan untuk penentuan kondisi optimum adsorpsi dari serbuk sisik ikan kakap merah disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Presentase optimum adsorpsi zat warna rhodamin B oleh serbuk sisik ikan kakap merah

Variasi	Kapasitas Biosorben (Q) %
Jumlah biosorben	92,740
Waktu kontak	97,264
Konsentrasi	95,598
pH	97,930

Dari data Tabel 6 menunjukkan bahwa konsentrasi optimum zat warna rhodamin B teradsorpsi untuk jumlah biosorben, waktu

kontak, konsentrasi biosorbat, dan pH berturut-turut sebesar 92,740% untuk bobot adsorben 1,0 g; 97,264% untuk waktu kontak optimum 100 menit; 95,598% untuk konsentrasi biosorbat 50 ppm; dan 97,930% untuk pH optimum adsorpsi yaitu pada suasana asam (pH 3).

KESIMPULAN

Serbuk sisik ikan kakap merah (*Lutjanus argentimaculatus*) dapat digunakan sebagai biosorpsi untuk menyerap zat warna rhodamin B dengan baik pada jumlah biosorben sebesar 1,0 g dengan kapasitas biosorpsi sebesar 92,740%, waktu kontak optimum 120 menit dengan kapasitas biosorpsi sebesar 97,264%, konsentrasi biosorpsi 50 ppm dengan kapasitas biosorpsi sebesar 95,598, dan pH optimum pada pH 3 dengan kapasitas biosorpsi 97.930%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Lembaga Penelitian Universitas Pattimura Ambon, DP₂M Direktorat Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, dan Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas disetujui dan didanainya penelitian ini sesuai dengan surat perjanjian pelaksanaan pekerjaan penelitian Hibah Bersaing tahun anggaran 2015, nomor : 30/UN13.2/SPK-PJ/LP-HB/2015 tanggal 28 Agustus 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, F, Khusnul, A., Andrew, S, dan Nurinci, D, 2013, *Makalah Ikan Kakap Merah*. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Bora, M. M. 2010, Adsorption of Pigment from Annatto Seed Utilizing Fish Scale as Biosorbent. *J. Chem. Pharm. Res.*, 2010, 2(5): 75-83.
- Knocke, W.R., and Hemphill, L.H., 1981, Mercury Sorption by Waste Rubber, *Water Res.*, 15, 275-282.
- Oscik, 1982, *Adsorption Ellis Horwood Series in Physical Chemistry*, Universitas Michigan, Ellis Horwood Limited.
- Putranto, A. D., dan M. Rasif, 2005, Pemanfaatan Kulit Biji Menteng untuk Arang

- Aktif sebagai Adsorben terhadap Penurunan Parameter Phenol, *Jurnal Purifikasi*, Surabaya, Vol 143, Hal 78-91.
- Setyowati, E., 1998, Uji Kemampuan Karbon Aktif Ampas Tebu dengan Aktivator $ZnCl_2$ terhadap Fenol, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Pertanian, Institut Teknologi Surabaya.
- Simpson, N.K.J., 2000, *Solid Phase Extraction; Principles, Techniques and Applications*, Marcel Dekker, USA.
- Tan, T.C., Chia, C.K., and Teo, C.K., (1985), Uptake of Metal Ions by Chemically Treated Human Hair, *Water Res.*, 19, 157–162.
- Wirawan, T., 2008. Adsorpsi Tembaga (Cu) oleh Arang Aktif dari Tempurung Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*). *Jurnal Kimia Mulawarman*. Vol 6:43-48.