

## Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Fosfat menggunakan Kitin Hasil Isolasi dari Cangkang Udang

Hanandayu Widwiastuti<sup>1)</sup>, Chasan Bisri<sup>2)</sup>, Barlah Rumhayati<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Politeknik Kesehatan Kemenkes Malang  
Jl. Besar Ijen 77C, Malang

<sup>2),3)</sup>Politeknik Kesehatan Kemenkes Malang  
Jl. Veteran Malang  
Email : widwi.hana@gmail.com

**Abstrak.** Fosfat merupakan salah satu pencemar yang banyak terdapat di perairan. Ion ini umumnya berasal limbah dari industri dan limbah rumah tangga. Apabila kadar ion fosfat di perairan melebihi batas yang ditentukan pemerintah yaitu 0,2 mg/L maka akan memberikan dampak negatif dalam tubuh manusia apabila terakumulasi. Oleh karena itu, jumlah fosfat di perairan perlu dikontrol untuk mengurangi dampak negatif yang mungkin timbul. Metode yang banyak digunakan untuk mengurangi jumlah fosfat adalah metode adsorpsi. Pada penelitian ini, adsorben yang digunakan dalam adsorpsi fosfat adalah kitin yang diisolasi dari cangkang udang. Parameter yang diteliti adalah pengaruh massa adsorben (0,2; 0,5; 1,0; 1,5 g) dan waktu kontak (10, 30, 60 menit) dengan menggunakan larutan fosfat 0,8 mg/L dan kecepatan pengocokan 150 rpm. Kadar fosfat akan dianalisis dengan metode  $\text{SnCl}_2$  menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu kontak optimum adsorpsi fosfat adalah 30 menit dengan kapasitas adsorpsi 0,0255 mg/g sedangkan massa adsorben optimum adalah 0,5 g dengan % adsorpsi fosfat 87,73%.

**Kata kunci:** fosfat, kitin, adsorpsi, massa adsorben, waktu kontak .

### 1. Pendahuluan

#### Latar Belakang

Fosfat merupakan salah satu zat pencemar yang kini banyak terdapat di perairan. Fosfat ini umumnya berasal dari sisa pembuangan pupuk dan deterjen yang dibuang ke sungai sedangkan sungai merupakan salah satu sumber air yang banyak digunakan dalam keseharian manusia. Apabila air ini masuk ke dalam tubuh manusia tanpa pengolahan maka akan berbahaya. Efek fosfat berlebih pada manusia belum terlihat secara pasti kecuali terjadi kegagalan ginjal akut atau kronis sehingga ekskresi fosfat terhambat dan mengakibatkan hiperfosfatemia. [1]

Kadar fosfat yang semakin meningkat membuat Pemerintah mengeluarkan PP. No. 82 tahun 2001 yaitu kadar fosfat yang diperbolehkan dalam air baku untuk air minum sebesar 0,2 mg/L. Oleh karena itu perlu dilakukan pengurangan kadar fosfat yang terakumulasi dalam air baku untuk air minum sampai pada batas yang diperbolehkan. Berbagai metode, baik fisika, kimia, maupun biologi, telah banyak dikembangkan untuk menghilangkan kandungan fosfat di air tapi prosesnya kurang efektif karena membutuhkan perlakuan yang khusus dan menghasilkan buangan limbah yang cukup banyak [2][3]. Oleh karena itu, dibutuhkan proses pemisahan fosfat yang ramah lingkungan, praktis dan ekonomis untuk *treatment* limbah air, serta mudah untuk dioperasikan.

Adsorpsi adalah suatu proses mengambil suatu substansi terlarut yang ada dalam larutan pada suatu pemisah yang sesuai [4] dan merupakan salah satu metode alternatif yang efektif dan efisien. Adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain luas permukaan adsorben, waktu kontak dan pengocokan. Luas permukaan adsorben yang semakin besar dan ukuran pori adsorben yang sesuai akan menyebabkan adsorbat dapat terserap. Waktu kontak yang tepat memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik [5]. Proses adsorpsi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sistem *batch* (pengocokan larutan campuran antara adsorben dengan adsorbat menggunakan *shaker*). Faktor pH juga perlu diperhatikan karena merupakan faktor penting dalam proses adsorpsi. Proses adsorpsi rendah pada pH rendah sehingga dapat diabaikan, kenaikan pH yang kecil sekitar 1 hingga 2 satuan pH menyebabkan adsorpsi naik dari 0 sampai 100%. Penurunan pH sering menyebabkan desorpsi [6]. Hasil penelitian [7] menunjukkan bahwa fosfat teradsorpsi optimum menggunakan kitin dari *scallop* pada rentang pH 2–7,5.

Pada studi sebelumnya, abu layang batu bara digunakan sebagai adsorben untuk menyerap fosfat tapi kapasitas adsorpsi fosfatnya tidak begitu tinggi [8]. Oleh karena itu, banyak penelitian yang mencari adsorben alternatif yang efektif dan efisien. Salah satunya adalah memanfaatkan kitin dari cangkang kepiting dan *scallop* sebagai adsorben untuk adsorpsi fosfat. Kitin hasil isolasi dari cangkang kepiting ini mampu mengadsorpsi lebih dari 85% fosfat (konsentrasi fosfat 500 mg/L) sedangkan kitin yang berasal dari *scallop* memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 23 mg/g [9]. Dengan melihat data ini, maka jenis *Crustacea* lain dapat pula dimanfaatkan sebagai sumber kitin, misalnya udang.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan penentuan kondisi optimum adsorpsi fosfat dalam bahan baku air minum dengan sistem *batch* dimana analit dikondisikan pada pH 6 dan kecepatan pengocokan 150 rpm. Adsorben yang digunakan adalah kitin hasil isolasi dari cangkang udang sedangkan parameter yang diamati adalah berapa massa adsorben optimum dan waktu kontak optimum antara adsorben dengan analit.

### Rumusan Masalah

Masalah yang dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana kondisi optimum adsorpsi fosfat menggunakan adsorben kitin dengan parameter massa adsorben dan waktu kontak.

### Tujuan

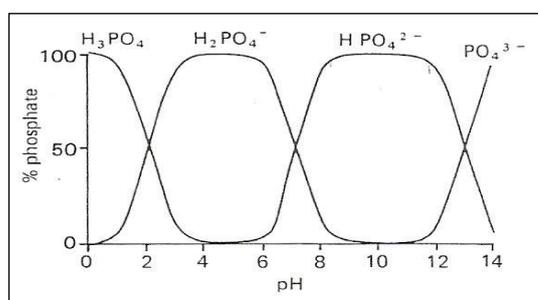
Mengetahui kondisi optimum adsorpsi fosfat menggunakan adsorben kitin dengan parameter massa adsorben dan waktu kontak

### Tinjauan Pustaka

#### Fosfat

Senyawa fosfat di lingkungan digolongkan dalam tiga macam yaitu ortofosfat, fosfat total dan fosfat organik. Senyawa fosfat yang secara langsung digunakan untuk mendukung proses metabolisme tanaman air adalah ortofosfat. Dalam bentuk asam ( $H_3PO_4$ ) spesies senyawa tergantung pada konstanta disosiasinya ( $pK_{a1} = 2,0$ ;  $pK_{a2} = 6,8$ ; dan  $pK_{a3} = 12,3$ ) [10]. Spesies ortofosfat ( $PO_4^{3-}$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$ ) adalah bentuk fosfat yang predominan terhadap lingkungan alam. Pada pH 4–6,  $H_2PO_4^-$  bebas merupakan spesies yang dominan, tapi pada pH yang lebih tinggi  $HPO_4^{2-}$  dan  $PO_4^{3-}$  adalah spesies yang utama. Jumlah fosfor yang larut dalam suatu larutan merupakan fungsi dari pH. Pada kenaikan pH 5–9 kelarutan  $H_2PO_4^-$  makin berkurang [11].

Di perairan, unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk bebas sebagai elemen, melainkan dalam bentuk senyawa terlarut (ortofosfat, polifosfat, dan fosfat organik) serta senyawa yang berupa partikulat. Fosfat total menggambarkan jumlah total fosfat, baik berupa partikulat maupun terlarut, anorganik maupun organik. Kadar fosfat yang diperbolehkan bagi kepentingan air minum adalah sekitar 0,2 ( $PO_4^{3-}$ )mg/L [12]. Berikut adalah spesies ortofosfat pada berbagai pH:



Gambar 1. Spesies Ortofosfat pada Berbagai pH<sup>[12]</sup>

Adsorpsi fosfat akan ditentukan oleh pH larutan karena disamping pH larutan akan menentukan muatan adsorben, pH larutan juga menentukan jenis dan jumlah spesies fosfat yang dapat terakumulasi. Adsorpsi fosfat pada adsorben dapat melalui pembentukan khelat maupun ikatan elektrostatik.

## Adsorpsi

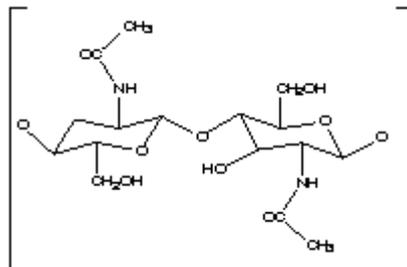
Adsorpsi adalah suatu proses mengambil suatu substansi terlarut yang ada dalam larutan pada suatu pemisah yang sesuai. Adsorpsi dibagi menjadi 2 yaitu [4,13]:

1. Adsorpsi fisik terjadi terutama karena adanya gaya tarik antar molekul zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari pada gaya tarik antara molekul dengan pelarutnya, maka zat terlarut tersebut akan diadsorpsi. Ikatan tersebut sangat lemah sehingga mudah diputuskan apabila konsentrasi adsorben diubah, jadi proses ini berlangsung bolak-balik.
2. Adsorpsi kimia ikatan antara adsorben dan adsorbat sangat kuat, sehingga sulit untuk dilepaskan dan proses hampir tidak mungkin untuk bolak-balik. Adsorpsi sebagai proses molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika.

Adsorpsi fisik terjadi akibat adanya gaya van der Waals dan berlangsung bolak-balik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben. Adsorpsi kimia yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat larut dan reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik [14].

## Kitin

Kitin merupakan polisakarida yang memiliki rumus molekul 2-asetamida-2-dioksi- $\beta$ -D-glukosa dengan ikatan  $\beta$ -glikosidik(1,4) yang menghubungkan antar unit ulangnya. Rantai kitin antara satu dengan lainnya berasosiasi dengan ikatan hidrogen yang sangat kuat antara gugus N – H dari satu rantai dan gugus C = O dari rantai yang berdekatan. Ikatan hidrogen tersebut menyebabkan kitin tidak dapat larut dalam air dan membentuk formasi fibril [15]. Dengan adanya gugus amino dan hidroksil yang terikat kuat maka menyebabkan kitin memiliki reaktivitas kimia yang tinggi dan dapat difungsikan sebagai penukar ion [16].



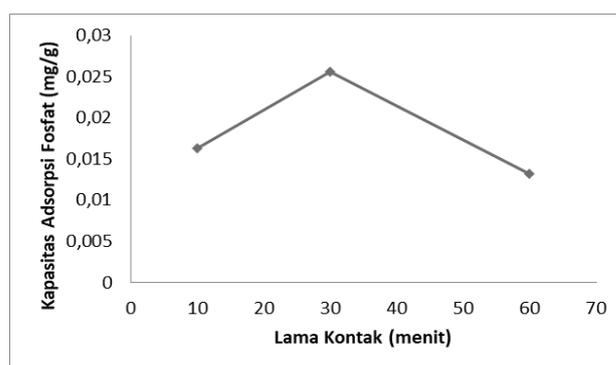
Gambar 2. Struktur Kitin<sup>[15]</sup>

Dalam proses pembuatan, kitin diperoleh dengan jalan mengisolasi atau mengekstraksi bahan baku agar terpisah dari komponen mineral, protein, lemak dan komponen kotor lainnya. Bahan baku yang paling mudah diperoleh adalah cangkang binatang laut seperti udang, kepiting, dan lobster. Penelitian sebelumnya memanfaatkan kitin dari cangkang kepiting dan *scallop* sebagai adsorben untuk adsorpsi fosfat. Kitin hasil isolasi dari cangkang kepiting ini mampu mengadsorpsi lebih dari 85% fosfat (konsentrasi fosfat 500 mg/L) sedangkan kitin yang berasal dari *scallop* memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 23 mg/g [9].

## 2. Pembahasan

### Pengaruh Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Fosfat

Lama kontak merupakan waktu yang dibutuhkan oleh kitin sebagai adsorben untuk berinteraksi dengan adsorbatnya yaitu fosfat. Untuk mengetahui berapa lama kontak yang dibutuhkan agar proses adsorpsi mencapai kesetimbangan maka kitin dikontakkan dengan larutan fosfat 0,8 mg/L dengan variasi lama kontak 10, 30, dan 60 menit. Data berikut menampilkan hasil variasi waktu kontak terhadap adsorpsi fosfat.



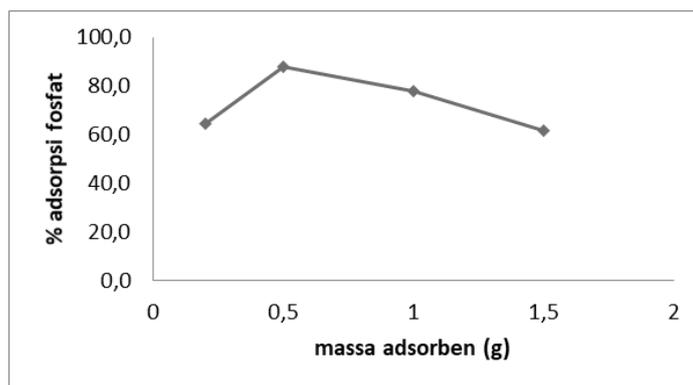
Gambar 3. Kurva Pengaruh Lama Kontak terhadap Adsorpsi Fosfat pada pH 6

Molekul-molekul yang terdapat pada permukaan adsorben dikelilingi oleh molekul lain dengan cara yang tidak simetris [5]. Hal ini mengakibatkan gaya-gaya yang bekerja pada permukaan adsorben menjadi tidak seimbang. Ketidakseimbangan ini mengakibatkan molekul-molekul pada permukaan adsorben cenderung untuk menarik molekul lain sehingga terjadi peristiwa adsorpsi. Nilai pH filtrat sebesar 6 menunjukkan bahwa pada kondisi ini fosfat berada pada bentuk  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  sesuai dengan persebaran spesies ortofosfat pada berbagai pH sedangkan kitin berdasarkan strukturnya memiliki gugus aktif asetamida yang akan mengalami deasetilasi akibat penambahan NaOH. Gugus asetamida ini akan berubah menjadi gugus amina sehingga kemungkinan berfungsi pada proses adsorpsi karena pada pH 6 (pH larutan) amina akan mengalami protonasi sehingga fosfat dapat terikat.

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa kesetimbangan adsorpsi tercapai pada waktu kontak 30 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar  $0,0255 \pm 0,0001$  mg/g. Hal ini dapat diketahui dari menurunnya jumlah  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dalam filtrat yang tidak teradsorpsi yang diukur menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis berdasarkan pembentukan kompleks molibdenum biru. Semakin kecil konsentrasi fosfat dalam filtrat maka konsentrasi fosfat yang teradsorpsi oleh kitin semakin besar. Gambar 3 juga menunjukkan bahwa peningkatan lama waktu kontak dari 10 menit ke 30 menit menyebabkan peningkatan jumlah fosfat teradsorpsi. Hal ini dikarenakan semakin lama kontak antara kitin dengan fosfat maka akan mengakibatkan interaksi antara keduanya semakin besar, dengan demikian proses adsorpsi fosfat pada kitin dapat terjadi dengan lebih mudah. Namun setelah 30 menit, peningkatan waktu kontak tidak mengakibatkan fosfat yang terserap menjadi lebih banyak. Dapat dilihat pada kurva bahwa jumlah fosfat teradsorpsi antara setelah menit ke-30 hingga menit ke-60 mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena kitin telah mencapai kondisi jenuhnya sehingga apabila proses pengontakan dan pengocokan dilakukan lebih lama lagi maka akan menyebabkan fosfat terdesorpsi.

### Pengaruh Massa Adsorben Kitin terhadap Adsorpsi Fosfat

Penentuan pengaruh massa adsorben kitin terhadap adsorpsi fosfat dilakukan dengan memvariasikan massa adsorben yaitu 0,2; 0,5; 1,0; dan 1,5 g yang dikontakkan dengan larutan fosfat 0,8 mg/L sebanyak 20 mL selama 30 menit. Gambar berikut menampilkan kurva pengaruh massa adsorben kitin terhadap adsorpsi fosfat.



Gambar 4. Kurva Pengaruh Massa Adsorben Kitin terhadap Adsorpsi Fosfat pada pH 6

Berdasarkan Gambar 4 dapat diamati bahwa fosfat yang teradsorpsi meningkat seiring bertambahnya massa adsorben yang digunakan dari 0,2–0,5 g dan dapat diamati pula bahwa massa adsorben optimum yang tercapai adalah 0,5 g dengan % adsorpsi fosfat sebesar 87,73%. Namun % fosfat yang teradsorpsi mengalami penurunan ketika massa adsorben yang digunakan di atas 0,5 g. Penurunan % fosfat teradsorpsi ini diduga terjadi karena kurangnya maksimalnya interaksi antara fosfat dengan kitin. Kecepatan pengocokan diperlukan dalam adsorpsi karena berpengaruh pada kecepatan interaksi antara adsorben dengan adsorbat. Kemungkinan besar kecepatan pengocokan yang digunakan pada penelitian ini (150 rpm) belum mampu menginteraksikan kitin dengan fosfat secara maksimal sehingga tidak semua permukaan kitin bertumbukan dengan fosfat. Kurang maksimalnya interaksi ini mengakibatkan % fosfat yang teradsorpsi pada berbagai variasi massa adsorben tidak akan berbeda jauh.

Selain itu, proses adsorpsi juga dipengaruhi oleh pH larutan, dimana pH larutan ini akan mempengaruhi bentuk gugus aktif adsorben maupun bentuk ion adsorbatnya. Pada percobaan ini, pH larutan diatur pada pH air lingkungan, yaitu 6. Pada pH 6 ini ion fosfat hampir seluruhnya berada pada bentuk  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Sedangkan kitin pada pH 6 kemungkinan akan cenderung bermuatan positif karena gugus amina pada kitin akan lebih mudah mengalami protonasi. Protonasi mungkin terjadi karena pKa kitin adalah 6,1 sehingga dengan pH larutan 6 maka akan memungkinkan kitin menjadi bermuatan. Ion  $\text{H}^+$  akan cenderung untuk menyerang  $-\text{N}-$  pada amina kitin karena atom N ini keelektronegatifannya lebih besar dibandingkan O pada  $-\text{OH}$  kitin.

Gugus amina pada kitin muncul karena terjadi deasetilasi terhadap gugus asetamida pada kitin. Banyaknya asetamida yang terdeasetilasi ditunjukkan oleh besarnya nilai Derajat Deasetilasi (DD). DD kitin yang dihasilkan dari isolasi ini adalah 31,28 %. Gugus amina sebanyak 31,28% ini pada pH 6 akan mengalami protonasi menjadi  $-\text{NH}_3^+$  sehingga mampu berinteraksi dengan fosfat yang bermuatan negatif. Adsorpsi fosfat juga mungkin terjadi akibat adanya asam amino yang merupakan penyusun protein. Protein ini kemungkinan juga memiliki pengaruh karena jumlahnya yang cukup besar dalam adsorben yang dihasilkan. Asam amino apabila berada dalam kondisi asam (pH larutan 6) akan mengalami protonasi sehingga asam amino akan bermuatan positif. Asam amino dalam bentuk kationik ini akan mampu mengadsorpsi fosfat karena terjadi interaksi antara keduanya (saling berikatan). Kemungkinan lain yang terjadi adalah fosfat teradsorpsi ke dalam pori-pori kitin. Hal ini mungkin terjadi karena ukuran fosfat yang lebih kecil ( $5,12 \text{ \AA}$ ) dibandingkan diameter pori kitin yang sebesar  $71,81 \text{ \AA}$ . Proses ini dapat terjadi karena adanya gaya van der Waals. Namun ikatan fisik dengan Gaya van der Waals ini cukup lemah sehingga akan mengakibatkan fosfat akan terlepas kembali ke larutan. Ikatan lain yang lebih kuat dibandingkan dengan gaya van der Waals dan mungkin terjadi adalah ikatan hidrogen antara  $-\text{OH}$  kitin dengan fosfat.

### 3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa waktu kontak dan massa adsorben berpengaruh terhadap adsorpsi fosfat oleh kitin. Keseimbangan proses adsorpsi tercapai pada menit ke 30 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,0255 mg/g. Fosfat teradsorpsi paling banyak pada saat penggunaan massa adsorben 0,5 g yaitu sebesar 87,73%.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada rekan – rekan di Poltekkes Kemenkes Malang serta rekan peneliti pada penelitian ini atas segala dukungan dan bantuannya selama pelaksanaan penelitian.

### Daftar Pustaka

- [1]. Tonelli, M., D. Pannu, and B. Mannas. "Oral Phosphate Binders in Patients with Kidney Failure", in *The New England Journal of Medicine* 2010, 362: 1312 – 1314.
- [2]. Yildiz, E. "Phosphate Removal from Water by Fly Ash using Crossflow Microfiltration", in *Sep. Purif. Technol* 2004. 35: 241–252.
- [3]. Özacar, M. "Adsorption of phosphate from aqueous solution onto alunite", in *Chemosphere* 2003, 51: 321–327.
- [4]. Öztürk, N. and T.E Bektaş. "Nitrate Removal from Aqueous Solution by Adsorption onto Various Materials", in *Journal of Hazardous Materials B* 2004, 112: 155–162.
- [5]. Oscik, J. 1991. *Adsorption*. Ellis Horwood Limited. New York.
- [6]. O'Connor, T.P. and D.R Kester. "Adsorption of Copper and Cobalt from Fresh and Marine System", in *Geochim. Acta* 1975, 53: 245–248.
- [7]. Yeom, S.H. and K.Y Jeong. "Removal of Phosphate using a Packed-Bed Containing Scallop Shell", in *J. Ind. Eng. Chem* 2009, 15: 1.
- [8]. Choi, S.S., J.H Chung, and S.H Yeom. "Removal of Phosphate using Coal Fly Ash from a Thermal Power Station", in *J. Ind. Eng. Chem* 2005. 11: 638–642.
- [9]. Jeon, D.J. and S.H Yeom. "Recycling Wasted Biomaterial, Crab Shells, as An Adsorbent for The Removal of High Concentration of Phosphate", in *Bioresource Technology* 2009. 100: 2646–2649.
- [10]. Corbridge, D.E.C. 1985. *Phosphate, 3<sup>rd</sup> edition*. Elsevier. Amsterdam.
- [11]. Bodek, I., W. J., Lyman, W. F. Rachi, and D. H. Rosenbolts, 1988. *Environmental Inorganic Chemistry*. Pergamon Press. New York.
- [12]. Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- [13]. Reynolds, T. D. 1982. *Unit Operations and Process in Environmental Engineering*. Texas A&M University, Brooks/Cole Engineering Division. Monterey, California, USA.
- [14]. Wijaya, H. 2008. *Penggunaan Tanah Laterit sebagai Media Adsorpsi untuk Menurunkan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Pengolahan Limbah Cair di Rumah Sakit Baktiningsih Klepu, Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia. Jogjakarta
- [15]. Cabib, E. "The Synthesis and Degradation of Chitin", in *Advances in Enzymology* 1987. 59: 59–101
- [16]. Marganof. 2003. *Potensi Limbah Udang Sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmiun dan Tembaga) di Perairan*. ITB. Bandung.