



STUDI PENGGUNAAN KITOSAN TERHADAP PENURUNAN KADAR AMONIAK PADA LIMBAH CAIR KILANG MINYAK *OUTLET IMPOUNDING BASIN (OIB)* PERTAMINA RU VI BALONGAN, INDRAMAYU

Risnita Tri Utami^{*)}, Sunaryo, dan Sri Sedjati

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Kampus Tembalang, Semarang 50275 Telp/Fax. 024-7474698

email : risnita_tri_utami@yahoo.com

Abstrak

Perkembangan kegiatan industri terutama industri pengilangan minyak merupakan sektor yang sangat potensial sebagai sumber pencemaran limbah cair. Limbah lumpur minyak bumi merupakan limbah akhir dari serangkaian proses dalam industri pengilangan minyak bumi. Kandungan Amoniak pada industri pengilangan minyak ditemukan dalam jumlah yang cukup besar. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar Amoniak dalam Limbah Kilang Minyak di Balongan, Indramayu dengan menggunakan Kitosan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-April 2013 di Laboratorium Teknologi Pertamina RU VI Balongan, Indramayu . Metode penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap 5 perlakuan dengan 3 kali ulangan. Perlakuan di dalam penelitian ini berupa perbedaan konsentrasi Kitosan, yaitu: sebagai perlakuan kontrol (A) 0,0%, B 0,3%, C 0,6%, D 0,9% dan E 1,2% dengan waktu kontak selama 30 menit. Metode ASTM (*American Society Testing for Material*) digunakan untuk menganalisis kadar Amoniak. Adsorpsi Amoniak maksimum terjadi pada perlakuan konsentrasi kitosan 0,83%, yaitu sebesar 48,79%.

Kata Kunci : Adsorpsi; Amoniak; Konsentrasi Kitosan

Abstract

Development of industrial activities especially refining oil industry is a sector with large potential as a source of wastewater pollution. Mud waste from crude oil is the final waste from refining processes. Ammonia content of the oil refining industry is found in large quantities. This study was aimed to decrease the concentration of Ammonia used Chitosan. The study was conducted in Technological Laboratory of Pertamina RU VI Balongan, Indramayu on March-April 2013. The method used in this study was a completely randomized design with five treatments and three repetitions. Treatments in this study were the differences of Chitosan concentrations, i.e.: A 0,0%, B 0,3%, C 0,6%, D 0,9% and E 1,2% with contact time of 30 minutes. ASTM (*American Society for Testing Materials*), were used to analyze Ammonia concentration. The maximum adsorption of Ammonia in Chitosan solution with a concentration of 0,83% in the amount of 48,79%.

Keywords : Adsorption; Ammonia; Concentration of Chitosan

**) Penulis penanggung jawab*



Pendahuluan

Bidang industri pengilangan minyak di Indonesia mengalami kemajuan dari tahun ke tahun. Peningkatan ini memberikan berbagai dampak positif, yaitu terbukanya lapangan kerja, membaiknya sarana transportasi dan komunikasi serta meningkatnya taraf sosial ekonomi masyarakat.

Kilang minyak tidak dapat lepas dari masalah limbah dan polusi yang timbul terutama pada lingkungan, yaitu: pencemaran air, tanah dan udara. Pengolahan minyak mentah sangat berpotensi terjadinya kerusakan/pencemaran lingkungan, seperti: partikel, gas karbon monoksida (CO), gas karbon dioksida (CO₂), gas belerang oksida (SO₂), Amoniak (NH₃) dan uap air. Limbah gas, padat maupun cair dapat berpengaruh terhadap lingkungan dan kesehatan manusia bila tidak ditangani dengan baik dan benar

Amoniak merupakan sumber pencemar yang sangat membahayakan lingkungan karena dapat mengganggu kehidupan organisme di lingkungan jika keberadaannya melampaui ambang batas. Kadar limbah cair kilang minyak di *Outlet Impounding Basin* (OIB) Pertamina RU VI Balongan, Indramayu seperti: kadar COD 129 mg/L, pH 7,44, H₂S 0,2 mg/L dan phenol sebesar 0,7 mg/L telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup namun kadar amoniak pada *Outlet Impounding Basin* (OIB) melampaui ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 25 mg/L. Ada beberapa metode dalam pengolahan limbah cair yang mengandung Amoniak seperti aerasi pada proses ekualisasi dan biodegradasi oleh mikroba (Suharto, 2011).

Kitosan mempunyai rantai tidak linier dan mempunyai rumus umum (C₆H₁₁NO₄)_n atau disebut sebagai β-(1,4)-2-amino-2-deoksi-D-glukosa (Thatte, 2004).

Kitosan merupakan biopolimer yang sumbernya melimpah dan dapat

diperbaharui, sehingga termasuk sumber alternatif yang harus dimanfaatkan secara maksimal. Sifat polikationik Kitosan menjadi dasar pemanfaatan Kitosan dalam berbagai bidang salah satunya dalam pemanfaatannya di limbah cair kilang minyak. Kitosan dapat digunakan sebagai adsorben yang dapat menyerap Amoniak. Gugus aktif kitosan yang berupa gugus Amina (NH₂) dan Hidroksil (OH) mampu mengadsorbsi amoniak melalui mekanisme penukar ion.

Pengolahan limbah cair adalah suatu perlakuan tertentu yang harus diberikan pada limbah cair sebelum limbah cair tersebut dibuang ke lingkungan, sehingga limbah tersebut tidak mengganggu lingkungan penerima limbah tersebut. Kontaminan dalam limbah cair dapat berbentuk zat terlarut atau zat tersuspensi, yang terdiri dari zat organik dan zat anorganik (Suharto, 2011).

Penelitian Ambarita (2010) yaitu pengaruh penambahan Kitosan terhadap kadar Amoniak pada larutan standar Amonium Klorida dengan variasi konsentrasi kitosan yaitu 0,25%, 0,50%, 0,75%, 1,00%, dan 1,25% pada pH 4,6,8,10,12. Hasil penelitian Ambarita (2010) menunjukkan penyerapan amoniak yang optimum pada konsentrasi kitosan 0,75% dan pada pH campuran 8 dimana persentase penurunan Amoniak sebesar 49,89 %.

Suatu upaya pengelolaan kadar amoniak yang terdapat pada limbah kilang minyak, penting dilakukan untuk menjaga kualitas lingkungan khususnya di daerah kilang minyak RU VI Pertamina, Balongan, Indramayu. Kadar amoniak yang terkandung dalam limbah kilang perlu diketahui untuk dapat menunjang pengelolaan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan berbagai konsentrasi larutan Kitosan terhadap kadar dan penurunan Amoniak pada limbah kilang minyak RU VI Balongan, Indramayu serta untuk mengetahui

pengaruh daya serap berbagai konsentrasi larutan Kitosan terhadap kadar Amoniak pada limbah kilang minyak RU VI Balongan, Indramayu.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat terutama sebagai sumber informasi, dalam memecahkan permasalahan kadar Amoniak di limbah kilang minyak Pertamina RU VI Balongan, Indramayu sebelum masuk ke perairan laut. Informasi ini dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam perumusan kebijakan pengelolaan limbah kilang minyak di RU VI Balongan, Indramayu.

Materi dan Metode

Materi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sampel limbah kilang minyak yang diambil pada hari Rabu, 3 April 2013 pukul 09.00 WIB. Sampel limbah kilang ini berasal dari beberapa unit pembuangan yang berada di Pertamina RU VI Balongan. Adapun sampel yang dipergunakan adalah sampel limbah kilang yang berasal dari *Outlet Impounding Basin* (OIB) dengan kadar Amoniak sebesar 25 mg/L, pH 7,44, COD 129 mg/L, H₂S 0,2 mg/L dan kadar phenol sebesar 0,7 mg/L. Jumlah keseluruhan materi yang dipergunakan untuk penelitian adalah 675 ml.

Peubah dan Metode Pengukuran

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratoris yang merupakan salah satu cara untuk mencari hubungan sebab-akibat antara dua faktor atau lebih yang sengaja dilakukan oleh peneliti dengan mengurangi faktor lain yang dianggap mengganggu (Arikunto, 2003).

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap dengan menggunakan 5 perlakuan konsentrasi Kitosan dan 3 kali pengulangan, yaitu: sebagai perlakuan kontrol (A) 0,0%, B 0,3%, C 0,6%, D 0,9% dan E 1,2% dengan waktu kontak masing-masing selama 30 menit.

Prosedur Pelaksanaan Penelitian

1. Pengambilan sampel limbah kilang yang berasal dari *Outlet Impounding Basin* RU VI Balongan, Indramayu dengan menggunakan botol sampel.
2. Pembuatan larutan Asam asetat 25% diencerkan menjadi 1% dengan rumus pengenceran (Chang, 2003) :

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

3. Pengukuran pH dan Amoniak pada Limbah Kilang Minyak Pertamina RU VI Balongan, Indramayu dengan menggunakan metode APHA (1999)
4. Pemberian larutan Kitosan 0,3%, 0,6%, 0,9% dan 1,2% untuk Penurunan Kadar Amoniak
5. Kapasitas adsorpsi Kitosan menurut Gre'gorio dan Pierre (2007) dapat dihitung dengan persamaan :

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) V}{m}$$

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian berupa persentase penurunan kadar Amoniak. Proses tabulasi dan pengolahan data menggunakan bantuan *software* SPSS (Suharjo, 2008). Data yang diperoleh, selanjutnya dianalisis normalitas dan homogenitasnya sebagai prasyarat keabsahan diterapkannya uji Anova. Pelaksanaan uji Anova bertujuan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Apabila terdapat perbedaan antar perlakuan, maka selanjutnya dilakukan uji lanjut untuk melihat letak perbedaan perlakuan yang terjadi. Selanjutnya untuk mengetahui letak perbedaan respon yang diakibatkan oleh perbedaan antar perlakuan yang diterapkan, dilakukan dengan uji regresi/ polinomial orthogonal (Sudjana,1982).

Hasil dan Pembahasan

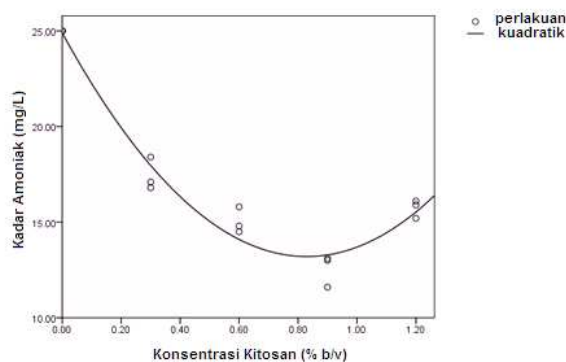
Tabel 1. Hasil Pengaruh Penggunaan berbagai Konsentrasi Larutan Kitosan terhadap Kadar Amoniak (mg/L) pada Limbah Kilang Minyak RU VI, Balongan,

Indramayu. Keterangan:
 perlakuan kontrol (A) 0,0%, B
 0,3%, C 0,6%, D 0,9% dan E
 1,2%

Ulangan	Kadar Amoniak				
	A	B	C	D	E
1	24	16,8	15,8	11,6	15,9
2	26	17,1	14,8	13	16,1
3	25	18,4	14,5	13,1	15,2
Jumlah	75	52,3	45,1	37,7	47,2
Rata-rata	25	17,43	15,03	12,56	15,73
Standar Deviasi	± 0,00	± 0,85	± 0,68	± 0,83	± 0,47

Hasil penelitian pengaruh penggunaan berbagai konsentrasi larutan Kitosan terhadap kadar Amoniak pada limbah kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu didapatkan data seperti pada Tabel 1. Pada penggunaan Kitosan dengan konsentrasi 0,3% menunjukkan terjadinya perubahan kadar Amoniak pada limbah kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu, rerata sebesar 17,43 mg/L ± 0,85 mg/L. Penerapan larutan Kitosan dengan konsentrasi 0,6% menyebabkan terjadinya perubahan kadar Amoniak pada kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu sebesar 15,03 mg/L ± 0,68 mg/L. Respon perubahan kadar Amoniak pada kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu sebesar 12,56 mg/L terjadi pada perlakuan penggunaan Kitosan dengan konsentrasi 0,9% ± 0,83 mg/L. Pada perlakuan penggunaan Kitosan dengan konsentrasi 1,2% menghasilkan perubahan kadar Amoniak pada kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu sebesar 15,73 mg/L ± 0,47 mg/L.

Hasil analisis regresi untuk melihat hubungan antara kedua peubah yaitu konsentrasi Kitosan dan Amoniak menunjukkan adanya pola hubungan dalam bentuk regresi non linear, yang ditunjukkan dengan persamaan : $y = 16,984x^2 - 28,181x + 24,89$, $r = 0,983$



Gambar 1. Grafik Bentuk Pola Hubungan Peubah Konsentrasi Kitosan dan Kadar Amoniak pada Limbah Kilang Minyak RU VI, Balongan, Indramayu

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perubahan Amoniak pada limbah Kilang Minyak dapat terjadi pada penerapan larutan Kitosan dengan berbagai konsentrasi yang berbeda, yaitu 0,3%; 0,6%; 0,9% dan 1,2%. Perubahan kadar Amoniak pada limbah kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu terbesar pada pemberian larutan Kitosan 0,83% sebesar 13,2 mg/L.

Hasil pengukuran tersebut dapat dilihat bahwa kemampuan daya serap Kitosan terhadap Amoniak akan semakin meningkat dengan semakin banyaknya penambahan konsentrasi Kitosan (Gambar 1). Hal ini disebabkan dengan semakin banyaknya penambahan konsentrasi Kitosan ke dalam limbah yang mengandung Amoniak, maka proses adsorpsi yang terjadi akan semakin banyak, namun pada konsentrasi 0,83% akan mengalami penurunan.

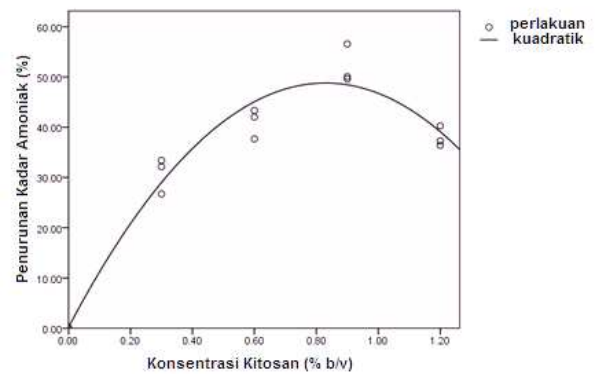
Pola hubungan kedua peubah konsentrasi Kitosan dan Amoniak yang berbentuk regresi non linear kuadratik menunjukkan bahwa dengan penambahan konsentrasi Kitosan akan memberikan terjadinya penurunan kadar Amoniak. Perubahan optimum terjadi pada konsentrasi Kitosan 0,83% sebesar 13,2 mg/L, namun pada konsentrasi lebih dari 0,83% daya adsorpsi terhadap Amoniak mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena gugus aktif Kitosan yaitu NH_2 dan OH mengalami kejenuhan.

Tabel 2. Hasil Pengaruh Penggunaan berbagai Konsentrasi Larutan Kitosan terhadap Persentase Penurunan Kadar Amoniak (%) pada Limbah Kilang Minyak RU VI, Balongan, Indramayu. Keterangan: perlakuan kontrol (A) 0,0%, B 0,3%, C 0,6%, D 0,9% dan E 1,2%

Ulangan	Penurunan Konsentrasi Amoniak				
	A	B	C	D	E
1	0	32,8	36,8	53,6	36,4
2	0	31,6	40,8	48	35,6
3	0	26,4	42	47,6	39,2
Jumlah	0	90,8	119,6	149,2	111,2
Rata-rata	0	30,26	39,86	49,73	37,06
Standar Deviasi	± 0,00	± 3,40	± 2,72	± 3,35	± 1,89

Hasil penelitian pengaruh penggunaan berbagai konsentrasi larutan Kitosan terhadap penurunan kadar Amoniak pada limbah kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu didapatkan data seperti pada Tabel 2. Penggunaan Kitosan dengan konsentrasi 0,3% menunjukkan terjadinya persentase penurunan kadar Amoniak pada limbah kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu dengan rerata sebesar 30,26% ± 3,40%. Penerapan larutan Kitosan dengan konsentrasi 0,6% menyebabkan terjadinya persentase penurunan kadar Amoniak pada kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu sebesar 39,86% ± 2,72%. Respon persentase penurunan kadar Amoniak pada kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu sebesar 49,73% terjadi pada perlakuan penggunaan Kitosan dengan konsentrasi 0,9% ± 3,35%. Perlakuan penggunaan Kitosan dengan konsentrasi 1,2% menghasilkan persentase penurunan kadar Amoniak pada kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu sebesar 37,06% ± 1,89%.

Hasil analisis regresi untuk melihat hubungan antara kedua peubah yaitu konsentrasi Kitosan dan Amoniak menunjukkan adanya pola hubungan dalam bentuk regresi non linear, yang ditunjukkan dengan persamaan : $y = -0,7058x^2 + 1,1712x + 0,0021$, $r = 0,980$



Gambar 2. Grafik Bentuk Pola Hubungan Peubah Konsentrasi Kitosan dan Presentase Penurunan Kadar Amoniak pada Limbah Kilang Minyak RU VI, Balongan, Indramayu

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi kitosan 0,3% dan 0,6% belum diperoleh penyerapan yang optimum, hal ini disebabkan ketersediaan gugus aktif kitosan dalam mengadsorpsi amoniak belum maksimal, sehingga masih banyak amoniak yang belum dapat terserap. Penambahan konsentrasi kitosan optimum dalam mengadsorpsi amoniak adalah pada konsentrasi 0,83%. Menurut No dan Mayers (2000) interaksi yang terbentuk adalah ikatan hidrogen antara molekul amoniak dengan adsorben kitosan. Selanjutnya pada konsentrasi 1,2% penyerapan amoniak juga semakin rendah, hal ini disebabkan molekul amoniak sudah maksimal bereaksi dengan gugus aktif kitosan pada konsentrasi kitosan 0,83%, sehingga kelebihan kitosan justru menyebabkan penambahan kadar amoniak pada larutan (Gambar 2).

Secara umum interaksi yang terjadi antara amoniak dengan adsorben kitosan dapat diperkirakan berlangsung melalui pembentukan ikatan hidrogen antara molekul amoniak dengan adsorben kitosan. Selain itu, adsorpsi yang terjadi juga dapat disebabkan oleh gaya Van der Waals yang ada pada permukaan adsorben di mana terjadi perbedaan energi gaya tarik elektrostatis antara adsorbat dan adsorben yang menyebabkan adsorbat terikat atau tertarik pada molekul adsorben (Yian *et al.*,

2009). Adsorpsi ini bersifat reversibel di mana atom-atom atau ion-ion yang sudah terikat dapat dilepaskan kembali dengan bantuan pelarut tertentu yang memiliki sifat yang sama dengan atom yang diikat.

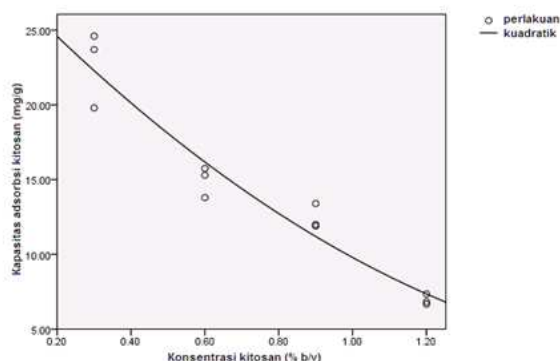
Tabel 3. Hasil Pengaruh Perlakuan berbagai Konsentrasi Kitosan terhadap Kapasitas Adsorpsi Kitosan (mg/g) pada Limbah Kilang Minyak RU VI, Balongan, Indramayu.
 Keterangan: perlakuan kontrol (A) 0,0%, B 0,3%, C 0,6%, D 0,9% dan E 1,2%

Ulangan	Kapasitas Adsorpsi				
	A	B	C	D	E
1	0	24,6	13,8	13,4	6,83
2	0	23,7	15,3	12	6,68
3	0	19,8	15,75	11,90	7,35
Jumlah	0	68,1	44,85	37,30	20,86
Rata-rata	0	22,70	14,95	12,43	6,95
Standar Deviasi	± 0,00	± 2,55	± 1,02	± 0,83	± 0,35

Hasil kapasitas adsorpsi pada limbah kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu didapatkan data seperti pada Tabel 8. Penggunaan kitosan dengan konsentrasi 0,3% menunjukkan kapasitas adsorpsi pada limbah kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu dengan rerata sebesar 22,70 mg/g ± 2,55 mg/g. Penerapan larutan kitosan dengan konsentrasi 0,6% menunjukkan kapasitas adsorpsi pada kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu sebesar 14,95 mg/g ± 1,02 mg/g. Respon kapasitas adsorpsi pada kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu sebesar 12,43 mg/g terjadi pada perlakuan penggunaan kitosan dengan konsentrasi 0,9% ± 0,83 mg/g. Perlakuan penggunaan kitosan dengan konsentrasi 1,2% menghasilkan kapasitas adsorpsi pada kilang minyak RU VI, Balongan Indramayu sebesar 6,95 mg/g ± 0,35 mg/g.

Hasil analisis regresi untuk melihat hubungan antara kedua peubah yaitu konsentrasi kitosan dan amoniak menunjukkan adanya pola hubungan dalam bentuk regresi non linear, yang ditunjukkan dengan persamaan :

$$y = 6,2963x^2 - 26,033x + 29,533 \quad r = 0,973$$



Gambar 3. Grafik Bentuk Pola Hubungan Peubah Konsentrasi Kitosan (%) dan Kapasitas Adsorpsi Kitosan (mg/g) pada Limbah Kilang Minyak RU VI, Balongan, Indramayu

Hasil pengukuran tersebut dapat dilihat bahwa kemampuan daya serap kitosan terhadap amoniak akan semakin menurun dengan semakin banyaknya penambahan konsentrasi kitosan (Tabel 3 dan Gambar 3). Pola hubungan kedua peubah konsentrasi kitosan dan amoniak yang berbentuk regresi non linear kuadrat menunjukkan bahwa dengan penambahan konsentrasi kitosan akan memberikan terjadinya penurunan kadar amoniak.

Hasil pengukuran kapasitas adsorpsi dapat dilihat jumlah amoniak optimum yang terserap oleh adsorben larutan kitosan pada limbah kilang minyak RU VI Balongan, Indramayu sebesar 2,62 mg/g. Pada saat gugus aktif adsorben belum jenuh dengan adsorbat maka peningkatan konsentrasi adsorbat yang dipaparkan akan meningkat dengan jumlah adsorbat yang teradsorpsi. Selanjutnya, jika gugus aktif adsorben telah jenuh dengan adsorbat, maka peningkatan konsentrasi adsorbat yang dipaparkan tidak akan meningkatkan jumlah adsorbat yang teradsorpsi.

Kesimpulan

Persentase perubahan kadar amoniak menunjukkan adanya pola hubungan dalam bentuk regresi non linear, yang ditunjukkan dengan persamaan: $y = 16,984x^2 - 28,181x + 24,89$ dan $r = 0,983$. Persentase



perubahan kadar amoniak pada Limbah Kilang Minyak RU VI, Balongan Indramayu terbesar pada pemberian larutan kitosan 0,83% sebesar 13,2 mg/L atau sebesar 48,79 %.

Kapasitas adsorpsi kitosan pada Limbah Kilang Minyak RU VI, Balongan, Indramayu menunjukkan adanya pola hubungan dalam bentuk regresi, yang ditunjukkan dengan persamaan $y = 6,2963x^2 - 26,033x + 29,533$, $r = 0,973$. Kapasitas adsorpsi kitosan pada Limbah Kilang Minyak RU VI, Balongan Indramayu optimum sebesar 2,62 mg/g.

Ucapan Terima kasih

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan beserta birokrasi, Bapak Murdjoko dan Bapak Sudarsono selaku Pembimbing Lapangan, serta seluruh staf karyawan Laboratorium PT. Pertamina (Persero) RU VI Balongan, Indramayu.

Daftar Pustaka

- Ambarita, M.M. 2010. Pengaruh berat kitosan, pH dan waktu kontak terhadap kadar amoniak dalam larutan amonium klorida. Skripsi. FMIPA. USU. Medan. 56 hlm.
- American Public Health Association. 1999. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Water Works Association, Water Environment Federation. 46 hlm.
- Arikunto, S. 2003. Prosedur Penelitian. Rineka Cipta. Yogyakarta. 342 hlm.
- Chang, R. 2003. Kimia Dasar : Konsep-Konsep Inti. Penerjemah Setiati, S.A. Erlangga. Jakarta. Edisi ketiga (1). 440 hlm.
- Gre'gorio, Crini and Badot Pierre-Marie. 2008. *Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies: a review of recent literature*. Prog. Polym. Sci, 33 : 399-447.
- No. H. L and S. P. Mayers. 2000. Correlation between physicochemical characteristic and binding capacities on chitosan product. *Journal of Food Science*, 65 (7) :1134-1137.
- Suharjo, B. 2008. Analisis Regresi Terapan Dengan SPSS. Graha Ilmu. Yogyakarta. 198 hlm.
- Suharto. 2011. Limbah kimia dalam pencemaran udara dan air. Andi. Yogyakarta. 518 hlm.
- Sudjana. 1982. Analisis Eksperimen bagi Para Peneliti dalam Bidang Biologi, Farmasi, Fisika, dan Industri. Tarsito. Bandung. 286 hlm.
- Thatte, M.R. 2004. Synthesis and antibacterial assessment of water-soluble hydrophobic chitosan derivatives bearing quaternary ammonium functionality. *Dissertation*. The Louisiana State University. India. 107 hlm.
- Yian, Z, J. Zhang, and A. Wang. 2009. Fast removal of ammonium nitrogen from aqueous solution using chitosan-g-poly(acrylic acid)/attapulgit composite. *Chemical Engineering Journal*, 155 : 215-222.