

## Penggunaan Senyawa Fosfor Pada Konstruksi Wetland Dalam Pengolahan Limbah Menggunakan Akar Wangi (*Chrysopogon Zizanioides*)

Mahyun Syafril Hidayat, Alfian Putra, Selvie Diana  
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri  
Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe  
E-mail : mahyun96@gmail.com

Abstrak-Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan dosis Fosfor dan pengaruh waktu tinggal terhadap penyisihan konsentrasi limbah menggunakan konstruksi *wetland* (lahan basah) dalam pengolahan limbah waduk Lhokseumawe. Pada penelitian ini tanaman yang digunakan pada konstruksi *wetland* yaitu akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*). Untuk melihat kinerja tanaman digunakan senyawa Fosfor sebagai nutrisi dengan konsentrasi Fosfor yang digunakan yaitu 0 ppm, 70 ppm, 80 ppm, 90 ppm dan 100 ppm dan waktu tinggal dengan variasi 3 hari, 6 hari, 9 hari dan 12 hari berturut - turut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan senyawa Fosfor mempengaruhi kinerja tanaman akar wangi dalam penurunan nilai konsentrai limbah diantaranya Fe, Pb, COD dan nilai pH pada air waduk Lhokseumawe. Efisiensi penyisihan tertinggi konsentrai Fe sebesar 21,3 % untuk tanaman dengan nutrisi Fosfor, sedangkan tanaman tanpa nutrisi Fosfor efisiensi penyisihannya sebesar 11,6 %, penurunan konsentrasi Pb untuk tanaman dengan nutrisi Fosfor efisiensi tertinggi 27,4 % sedangkan tanaman tanpa nutrisi Fosfor efisiensi penyisihannya 10,7 %, Penurunan nilai COD untuk tanaman bernutrisi Fosfor efisiensi penyisihan tertinggi 32,9 % kemudian pada tanaman tanpa Fosfor efisiensinya 19,5 % dan nilai pH efisiensi penurunan tertinggi sebesar 17,5% untuk tanaman dengan Fosfor sedangkan pada tanaman tanpa Fosfor sebesar 14,7 %. Waktu tinggal terbaik dalam menurunkan konsentrasi limbah waduk Lhokseumawe yaitu 12 hari.

**Kata Kunci :** Akar wangi, COD, Fosfor, Konstruksi wetland, Limbah.

*Abstract-This research aims to study the effect of the addition of Phosphorus dosage and the influence of residence time to elimination the waste concentration using construction wetland in wastewater treatment of Lhokseumawe dam. In this study the plants used in construction wetland are Vetiver (Chrysopogon zizanioides). To see the performance of the plant used phosphorus compounds as nutrients with the concentration of phosphorus used is 0 ppm, 70 ppm, 80 ppm, 90 ppm and 100 ppm and residence time with variations of 3 days, 6 days, 9 days and 12 consecutive days. The results showed that the presence of phosphorus compounds affected the performance of vetiver plants in the reduction of waste concentration values such as Fe, Pb, COD and pH values in Lhokseumawe reservoir water. High efficiency of allowance for Fe content of 21.3% for plants with phosphorus nutrients, while non-nutritive plants Phosphorus 11.6% removal efficiency, decreased Pb concentration for plants with nutrients Highest efficiency phosphorus 27.4% while non-nutrient plants Phosphorus efficiency of removal 10.7%, Decrease in COD value for nutrient plants Phosphorus highest allowance efficiency of 32.9% then in plants without phosphorus efficiency of 19.5% and pH value of highest efficiency decrease of 17.5% for plants with Phosphorus while in plants without Phosphorus equal to 14.7%. The best residence time in reducing Lhokseumawe Reservoir waste concentration is 12 days.*

**Keywords :** COD, Construction wetland, Phosphorus, Vetiver, Waste.

## I. PENDAHULUAN

*Constructed Wetland* atau konstruksi lahan basah, merupakan suatu pengolahan limbah yang dapat dijadikan sebagai alternatif yang memiliki performa yang baik, biaya pengoperasian dan investasi yang rendah serta sangat sesuai dengan negara – negara berkembang seperti Indonesia. *Constructed Wetland* adalah suatu lahan yang jenuh air dengan kedalaman air tipikal yang kurang dari 0,6 m yang mendukung pertumbuhan tanaman air *emergent* misalnya *cattail*, *bulrush*, *umbrella plant* dan *canna* (Siswanto, 2014). Pengolahan konstruksi lahan basah menjadi suatu alternatif dalam pengolahan limbah terutama limbah domestik. Dengan terbatasnya lahan terutama daerah perkotaan, atau kawasan perumahan kompleks, konsep ini sangat efektif untuk diterapkan. Sistem ini bisa disesuaikan ke semua lokasi dan memiliki konfigurasi yang beragam, mulai dari unit tunggal kecil yang hanya beberapa meter hingga unit besar yang bisa mencakup beberapa ratus hektar yang terintegrasi dengan pertanian air atau lahan tambak basah buatan. Tanaman air pada lahan basah mempunyai peran yang sangat penting bagi pertumbuhan mikroba pengurai untuk menempel dan tumbuh.

Beberapa konsep pengolahan *Constructed Wetland* dalam pengolahan limbah telah banyak dilakukan diantaranya pengolahan limbah domestik dengan teknologi tanaman air dan tanaman iris untuk limbah domestik (Catharina, 2013), setelah itu dilakukan pengolahan air limbah hotel menggunakan tumbuhan *Equisentum hymale*

## II. METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Bahan utama yang digunakan adalah air waduk Kota Lhokseumawe dan tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*). Alat yang digunakan adalah alat AAS AA7000 SHIMADZU, COD reaktor dan pH meter.

### Proses perlakuan reaktor *wetland*

Penelitian ini bersifat eksperimental, dengan memberikan perlakuan terhadap sampel dengan melewati ke dalam sistem *Constructed Wetland* (CW) dengan media : pasir, kerikil dan batu kecil dikombinasikan dengan tanaman akar wangi dan tanaman eceng gondok. Dalam penelitian ini media yang digunakan sebagai media penyanggah dan menumbuhkan tanaman – tanaman tersebut terdiri atas batu zeolit, kerikil kasar, kerikil kecil, kaolin dan pasir dengan perbandingan 2 : 2 : 2 : 1 : 1, yang disesuaikan dengan volume reaktor. Pada awal penanaman diberikan urea sebagai starter ini dilakukan setiap hari dengan dosis 20 mg selama 7 hari, selanjutnya urea dikombinasi dengan air limbah yang digunakan dengan perbandingan 1:1 selama 7 hari, selanjutnya dilakukan pengurangan urea secara bertahap sampai dosis 0 mg. Akar wangi siap digunakan sampai ketinggian minimal 50 cm dan pertumbuhannya sudah stabil. Diberikan senyawa Fosfor  $P_2O_5$  sebagai nutrient tanaman. Pengujian dengan kadar Fe dan Pb dengan alat AAS.

(Siswanto,2014). Kemudian dilakukan penyisihan BOD dan COD menggunakan tanaman akar wangi (Astuti, 2016), kombinasi melati air dan karbon aktif dalam menurunkan COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada limbah rumah sakit (Setyanto, 2016),Selanjutnya pengolahan limbah dengan distribusi Fosfor menggunakan konstruksi *wetland* alami (Luka, 2017) Informasi mengenai penambahan fosfor dalam peningkatan kinerja tanaman masih sangat terbatas.

Fosfor merupakan salah satu nutrisi utama yang sangat penting dalam pertumbuhan tanaman. Fosfor tidak terdapat secara bebas di alam. Fosfor ditemukan sebagai fosfat dalam beberapa mineral, tanaman dan merupakan unsur pokok dari protoplasma. Fosfor terdapat dalam air sebagai ortofosfat. Sumber fosfor alami dalam air berasal dari pelepasan mineral-mineral dan biji-bijian. Fosfor dalam bentuk Fosfat terdapat dalam tiga bentuk yaitu  $H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{2-}$ , dan  $PO_4^{3-}$ . Fosfat umumnya diserap oleh tanaman dalam bentuk ion ortofosfat primer  $H_2PO_4^-$  atau ortofosfat sekunder  $HPO_4^{2-}$  sedangkan  $PO_4^{3-}$  lebih sulit diserap oleh tanaman. Bentuk yang paling dominan dari ketiga fosfat tersebut dalam tanah bergantung pada pH tanah. Pada pH lebih rendah, tanaman lebih banyak menyerap ion ortofosfat primer, dan pada pH yang lebih tinggi ion ortofosfat sekunder yang lebih banyak diserap oleh tanaman. Dalam penelitian ini hal yang akan dikaji yaitu pengaruh penambahan dosis Fosfor dan waktu tinggal terhadap kinerja tanaman akar wangi dalam mereduksi konsentrasi air limbah. Limbah yang digunakan yaitu limbah waduk kota Lhokseumawe.

### Analisa Fe dan Pb

Pengujian kadar Fe sampel (SNI 06-6989.4-2004) secara langsung dilakukan pada panjang gelombang 248,3 nm. Sedangkan pengujian kadar Pb sampel (SNI 06-6989.8-2004) secara langsung dilakukan pada panjang gelombang 283,3 nm. Masing – masing sebanyak 50 ml contoh uji dimasukkan kedalam erlenmeyer berukuran 100 ml. Kemudian dihubungkan dengan pipa kapiler pada alat AAS.

### Analisa COD

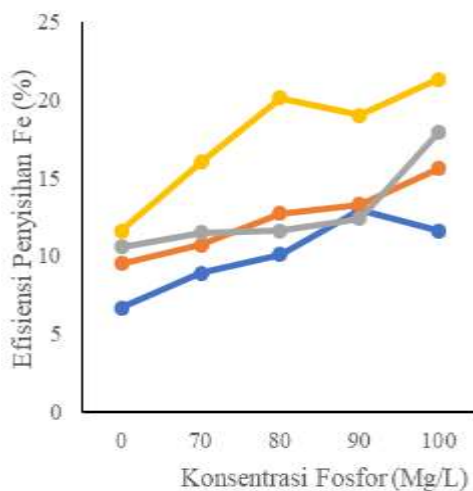
Tabung COD dicuci dan direndam dalam 20 %  $H_2SO_4$  untuk penggunaan pertama kali. Dimasukkan 2,5 ml sampel ; 1,5 ml larutan dikromat ; dan 3,5 ml pereaksi asam sulfat ke dalam tabung COD. Ditutup rapat dan dikocok agar tercampur sempurna. Tabung COD yang sudah terisi dimasukkan pada pemanas COD mikro, lalu dipanaskan pada suhu  $150^{\circ}C$  selama 2 jam. Setelah 2 jam didinginkan pada temperatur kamar. Kemudian dituang isinya ke dalam wadah yang lebih besar. Ditambahkan 1 – 2 tetes indikator ferroin lalu dititrasikan dengan FAS. Titik akhir titrasi adalah terjadinya perubahan warna dari biru kehijauan menjadi merah kecoklatan, kemudian dicatat ml FAS yang dipakai untuk titrasi. Blanko dibuat dengan air destilasi sebagai pengganti sampel, lalu langkah-langkah pengerjaan di atas diulangi kembali. Lalu catat ml FAS yang dipakai untuk menitrasi blanko tersebut.

**Analisa pH**

Sampel dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL. pH meter dihidupkan dengan menekan tombol ON.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil Analisa awal konsentrasi logam Fe pada limbah waduk sebesar 3,932 ppm. Efisiensi penyisihan konsentrasi logam Fe pada air limbah waduk Lhokseumawe menggunakan metode konstruksi *wetland* dengan penambahan senyawa Fosfor pada tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*) menunjukkan terjadinya peningkatan.



Gambar 1 Grafik pengaruh konsentrasi Fosfor terhadap efisiensi penyisihan Fe. Waktu tinggal 3 hari (●), Waktu tinggal 6 hari (●), Waktu tinggal 9 hari (●), Waktu Tinggal 12 hari (●).

Dari gambar 1 menunjukkan perbedaan yang signifikan antara konstruksi *wetland* yang diberikan perlakuan kontrol dengan penambahan senyawa Fosfor dan yang tidak diberikan perlakuan kontrol. Hal ini disebabkan karena senyawa Fosfor merupakan salah satu komponen penting dalam pertumbuhan tanaman. Penambahan senyawa Fosfor dilakukan pada saat tanaman akar wangi memiliki tinggi sebesar 50 cm, sehingga menyebabkan proses penyerapan yang dilakukan oleh mikroorganime yang tumbuh di akar semakin meningkat.

Pada waktu tinggal 3 hari untuk perlakuan kontrol dengan Fosfor terjadi penyisihan konsentrasi logam Fe rata – rata sebesar 10,9 %. Pada perlakuan tanpa kontrol efisiensi penyisihan konsentrasi sebesar 6,7 %. Efisiensi penyisihan tertinggi ada pada perlakuan kontrol dengan kandungan Fosfor 90 ppm yaitu sebesar 12,9 %. Pada waktu tinggal 6 hari untuk perlakuan kontrol dengan Fosfor efisiensi penyisihan konsentrasi logam Fe rata – rata sebesar 13,1 %. Pada perlakuan tanpa kontrol terjadi penyisihan konsentrasi

Elektroda dicelupkan ke dalam gelas kimia yang berisi sampel. Dicatat angka yang terbaca pada pH meter.

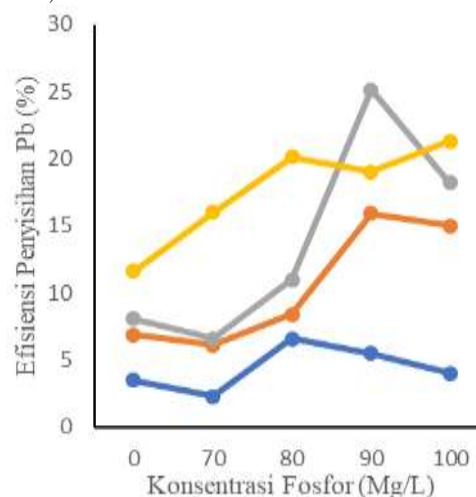
**Penyisihan Konsentrasi Logam Fe**

sebesar 9,5 %. Penyisihan tertinggi ada pada perlakuan kontrol dengan kandungan Fosfor 100 ppm yaitu sebesar 15,5 %.

Pada waktu 9 hari untuk perlakuan kontrol dengan Fosfor terjadi penyisihan konsentrasi logam Fe rata – rata sebesar 13,3 %. Pada perlakuan tanpa kontrol terjadi penyisihan konsentrasi sebesar 10,6 %. Penyisihan tertinggi ada pada perlakuan kontrol dengan kandungan Fosfor 100 ppm yaitu sebesar 17,9 %. Pada waktu tinggal 12 hari untuk perlakuan kontrol dengan Fosfor terjadi penyisihan konsentrasi logam Fe rata – rata sebesar 19,1 %. Pada perlakuan tanpa kontrol terjadi penyisihan konsentrasi sebesar 16 %. Penyisihan tertinggi ada pada perlakuan kontrol dengan kandungan Fosfor 100 ppm yaitu sebesar 21,3 %. Hal ini terjadi karena pengaruh dari kandungan Fosfor yang diberikan pada tanaman sehingga meningkatkan pertumbuhan pada tanaman serta aktivitas mikroorganime yang terdapat di akar dalam menyerap limbah (Sari,2016).

**Penyisihan Konsentrasi Logam Pb**

Hasil Analisa awal konsentrasi logam Pb pada limbah waduk sebesar 3,218 ppm. Dari perlakuan yang diberikan didapatkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi yang cukup baik sehingga terjadinya peningkatan efisiensi penyisihan logam Pb yang diakibatkan oleh proses penyerapan limbah waduk lhokseumawe oleh tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*) pada konstruksi *wetland* tersebut. Proses penyerapan terjadi selama waktu tinggal 3 hari, 6 hari, 9 hari dan 12 hari.



Gambar 2 Grafik pengaruh konsentrasi Fosfor terhadap efisiensi penyisihan Pb. Waktu tinggal 3 hari

(●), Waktu tinggal 6 hari (●), Waktu tinggal 9 hari (●), Waktu Tinggal 12 hari (●).

Dari gambar 2 menunjukkan bahwa terjadinya penurunan konsentrasi timbal pada waktu tinggal 3 hari yaitu sebesar 3,5 % untuk perlakuan tanpa kontrol. Pada perlakuan kontrol efisiensi penyerapan yang tertinggi ada pada kontrol kandungan Fosfor 80 ppm yaitu sebesar 6,6 %. Kemudian terjadi penurunan kembali pada waktu tinggal 6 hari yaitu sebesar 6,9 % untuk perlakuan tanpa kontrol serta pada perlakuan kontrol efisiensi tertinggi ada pada reaktor *wetland* dengan kandungan Fosfor 90 ppm yaitu sebesar 15,9 %.

Pada waktu tinggal 9 dan 12 hari terjadi penurunan konsentrasi dengan efisiensi sebesar 8,1 % dan 10,7 % untuk perlakuan tanpa kontrol. Pada penelitian yang dilakukan oleh Basri (2015) konsentrasi logam berat timbal (Pb) di hari ke 9 mengalami penurunan sebesar 14,29 %. Perlakuan dengan kontrol penambahan senyawa Fosfor penurunan konsentrasi terbesarnya yaitu pada penambahan Fosfor 90 Mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 25,1 % dan 27,4 %, sedangkan pada penambahan Fosfor 100 Mg/L efisiensi penyisihan logam Pb lebih rendah yaitu sebesar 19,1 %. Hal ini terjadi karena kemampuan tanaman yang diberikan Fosfor 100 Mg/L dalam menyerap logam Pb menurun kinerjanya dan pada waktu tinggal 12 hari memberikan kesempatan partikel solid tertentu untuk mengendap sehingga menyebabkan oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan konsentrasi limbah juga menjadi berkurang.

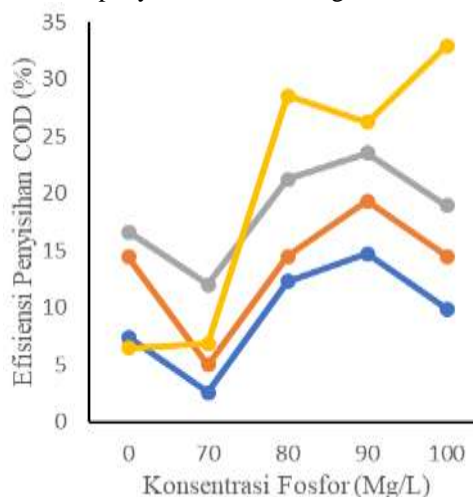
Kemampuan tanaman dalam menurunkan kadar timbal di air dapat diakibatkan karena adanya proses oksidasi mikroorganisme dan kemampuan rizosper tanaman. Unsur tanaman akan diserap dari larutan melalui akar yang dipengaruhi oleh media tumbuh tanaman. Penyerapan unsur terjadi apabila permukaan akar kontak dengan unsur tersebut, selanjutnya lintasan yang dilalui oleh air dan unsur – unsur jaringan akar akan menuju pembuluh xylem (Basri,2015).

Pada kurva kalibrasi Pb yang ditunjukkan oleh alat AAS, terdapat dua titik yang sedikit mengenai garis linear. Hal ini disebabkan oleh pembuatan larutan standar yang kurang tepat, akan tetapi hal ini tidak terlalu bermasalah dikarenakan titik tersebut masih mengenai garis linear. Kemudian didapatkan nilai  $R = 0,9987$  yang masih mendekati 1, hal ini menandakan pembacaan alat AAS masih sangat baik.

**Penyisihan Konsentrasi COD**

Penelitian ini juga dilakukan untuk menurunkan kadar COD pada limbah waduk Lhokseumawe menggunakan sistem konstruksi *wetland* dengan perlakuan tanpa penambahan Fosfor dan perlakuan kontrol dengan penambahan Fosfor. COD merupakan jumlah kebutuhan senyawa organik yang

diperlukan oksigen untuk dioksidasi. Kandungan COD sangat berpengaruh pada kualitas air limbah, dimana semakin rendah konsentrasi COD yang didapatkan maka limbah tersebut aman untuk dibuang ke lingkungan karena bisa diolah secara alami oleh lingkungan dan tidak mengakibatkan kerusakan ekosistem air dan seluruh makhluk hidup yang hidup di air. Dari data pengamatan didapatkan grafik pengaruh konsentrasi Fosfor terhadap efisiensi penyisihan COD sebagai berikut.



Gambar 3 Grafik pengaruh konsentrasi Fosfor terhadap efisiensi penyisihan COD. Waktu tinggal 3 hari (●), Waktu tinggal 6 hari (●), Waktu tinggal 9 hari (●), Waktu Tinggal 12 hari (●).

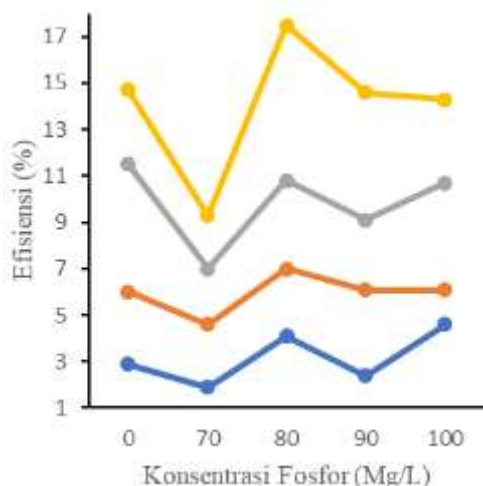
Pada gambar 3 ditunjukkan bahwa penurunan kadar COD tertinggi adalah pada waktu tinggal 12 hari dengan efisiensi penyisihan sebesar 32,9 %. Pada penelitian yang dilakukan Setiyanto (2016) penyisihan kadar COD tertinggi yaitu sebesar 53,98 %. Terjadinya peningkatan efisiensi penyisihan COD karena diberikannya perlakuan kontrol dengan penambahan senyawa Fosfor pada tanaman sebesar 100 ppm dimana akan meningkatkan kemampuan adsorpsi oleh tanaman air, sedimen dan substrat organik (Setiyanto,2016). Pada perlakuan tanpa penambahan senyawa Fosfor penurunan kadar COD efisiensi penyisihannya sebesar 19,5 %. Penurunan terendah terdapat pada waktu tinggal 3 hari yaitu efisiensi penyisihannya sebesar 7.4 % untuk perlakuan tanpa kontrol. Sedangkan pada perlakuan dengan kontrol didapatkan efisiensi penyisihan 2,6 %.

Penurunan kadar COD pada reaktor *wetland* disebabkan oleh adanya interaksi antara tanaman, substrat dan mikroorganisme. Proses – proses tersebut terjadi karena tanaman berperan penting dimana memiliki fungsi antara lain sebagai media tumbuh mikroorganisme dna juga menyediakan kebutuhan oksigen bagi akar dan daerah

perakaran dengan proses fotosintesa. Selain itu tanaman juga menjadi komponen penting dalam proses transformasi nutrient yang berlangsung secara fisik dan kimia mendukung proses pengendapan terhadap partikel tersuspensi (Sukmawati,2014).

**Penurunan nilai pH**

Analisa pH pada penelitian ini dilakukan dengan waktu tinggal 3, 6, 9 dan 12 hari, setiap waktu tinggal dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali dengan menggunakan alat pH meter. Sampel air limbah yang diukur pH-nya yaitu inlet ( air waduk Lhokseumawe) dan outlet ( air limbah setelah melewati konstruksi wetland). Berdasarkan Analisa awal nilai pH pada air waduk Lhokseumawe sebesar 7,56. Dilakukan metode konstruksi *wetland* dengan perlakuan tanpa penambahan senyawa Fosfor dan dengan penambahan senyawa Fosfor untuk menurunkan nilai pH pada air limbah waduk Lhokseumawe. Maka didapatkan hasil seperti yang dapat kita lihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh konsentrasi Fosfor terhadap efisiensi penurunan nilai pH. Waktu tinggal 3 hari (●), Waktu tinggal 6 hari (●), Waktu tinggal 9 hari (●), Waktu Tinggal 12 hari (●).

Dari grafik dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan nilai pH meningkat dengan sangat baik. Pada perlakuan tanpa penambahan senyawa Fosfor pada waktu tinggal 3, 6, 9 dan 12 hari yaitu sebesar 7.34, 7.11, 6.69 dan 6.45 dimana rata – rata persen efisiensinya 8.8 %. Pada penelitian yang dilakukan oleh Siswanto (2014) terjadi penurunan nilai pH dengan efisiensi rata – rata 18,75 %. Sedangkan pada perlakuan dengan kontrol penambahan Fosfor penurunan nilai pH tertinggi ada pada waktu tinggal 12 hari dengan penambahan Fosfor 80 ppm efisiensi penurunannya sebesar 17,5 %. Pada penambahan Fosfor 100 ppm efisiensi penurunan nilai pH lebih rendah yaitu sebesar 14,3 %.

Sedangkan penurunan terendah ada pada waktu tinggal 3 hari dengan penambahan Fosfor 70 ppm efisiensi penurunannya sebesar 1,9 %.

Dapat dilihat bahwa nilai pH mengarah pada kondisi asam namun masi dalam kualitas yang wajar. Penggunaan senyawa Fosfor pada konstruksi *wetland* sangat efektif dalam menurunkan nilai pH. Hal ini terjadi karena pengaruh aktivitas akar, proses metabolisme biokimia dalam tanaman dan juga aktivitas mikroorganisme yang tumbuh di sekitar akar tanaman (Siswanto,2014).

**IV. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan senyawa Fosfor dapat meningkatkan kinerja tanaman akar wangi dalam menurunkan konsentrasi limbah waduk Lhokseumawe, dimana secara keseluruhan kadar senyawa Fosfor terbaik yaitu 100 ppm.
2. Semakin lama waktu tinggal yang diberikan maka efisiensi penyisihan konsentrasi limbah akan semakin tinggi, dengan kondisi terbaik pada waktu tinggal 12 hari.

**Referensi**

- [1] C. S. P. Suswati dan G. Wibisono,2013. Pengolahan Limbah Domestik dengan Teknologi Taman Tanaman air (Costructed Wetland). *Indonesian Green Technology Journal*. Vol.2 (2),hal.70-77.
- [2] D. Astututi, M. Lindu, R. Yanidar,M. M. Kleden, 2016. Kinerja Subsurface Constructed Multylayer Filtration Tipe Aliran Vertikal dengan Menggunakan Tanaman Akar Wangi (Vetivera Zezanioides) dalam Penyisihan BOD dan COD dalam Air Limbah Kantin. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah*. Vol.1 (2),hal.91-108.
- [3] A. Mustafa, 2013. ConstructedWetland for Waswater Treatment and Reuse : A Case Study of Developing Country. *International Journal of Environmental Science and Development*. Vol.4 (1),hal.20-24.
- [4] D. Ariyani, R. Syam, U. B. L. Utamidan R. I. Nirtha, 2014. Study of Fe and Mn Metals Absorption Phytoremediation by Purun Tikus (Eleocharis dulcis) on Acid Mine Water. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*. Vol. 8 (2),hal.87-93.
- [5] D. N. Sari, S. Yusnaini, A. Niswati,Sarno, 2016. Pengaruh Dosis dan Ukuran Butir Pupuk Fosfat Super yang Diasidulasi Limbah Cair Tahu Terhadap Serapan P dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (Zea Mays L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. Vol. 4 (1),hal 81-85.
- [6] G. A. Di Luca\*, M. A. Maine, M. M.Mufarrege, H. R. Hadad, M. C. Pedro, G. C. Sánchez, S. E. Caffaratti, 2017. Phosphorus Distribution Pattern in Sediments of Natural and Constructed Wetlands. *Ecological Engineering*. Vol.108,hall.227-233.
- [7] W. S. Sukmawati dan P. Asmoro,2014. Removal Cemarann BOD, COD, Phosphat (PO<sub>4</sub>) dan Detergen Menggunakan Tanaman Melati Air Sebagai Metode Constructed Wetland dalam Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Teknik Waktu*. Vol.12 (1),hal.24-34.
- [8] L. Trivana, S. Sugiarti, E. Rohaeti,2015. Sintesis Zeolit dan Komposit Zeolit/TiO<sub>2</sub> dari Kaolin serta Uji Adsorpsi Fotodegradasi Biru Metilena. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*. Vol.11 (2),hal.147 162.

- [9] N. Arofah dan A. S. Erusani, 2014. Pengurangan Kadar N dan P pada Limbah Cair Laboratorium Secara Fitoremediasi Menggunakan Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*). *Al-Kauniah Jurnal Biologi*. Vol.7 (1),hal.16-21.
- [10] R. A. Setiyanto, Y. H. Darundiati, T.Joko, 2016. Efektivitas Sistem Constructed Wetlands Kombinasi Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dan Karbon Aktif dalam menurunkan kadar COD (Chemical Oxygen Demand) limbah cair rumah sakit banyumanik semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol.4 (1),hal.436-441.
- [11] Saryati, Supardi, S. Supandi, S.Rohmad, 2010. Penghilangan Logam Berat dalam Larutan dengan Zeolit Alam. *Jurnal Zeolit Indonesia*. Vol.9 (1),hal.33-39.
- [12] S. Kantawanichkul dan S. Wannasri, 2013. Wastewater treatment performances of horizontal and vertical subsurface flow constructed wetland system in tropical climate. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. Vol. 35 (5),hal.599-603.
- [13] Siswanto, L. Darmayanti., Y. L.Handayani., M. Ridwan. 2014. Pengolahan Air Limbah Hotel Dengan Metode Free Surface Constructed Wetland Menggunakan Tumbuhan *Equisetum hymale*. *Jurnal Teknobiologi*. Vol.1,hal.37-42.
- [14] S. Basri dan E. Hamzah. 2015. StudiEksperimen : Efektivitas Kemampuan Tanaman Jeringau (*Acorus calamus*) untuk Menurunkan Kadar Logam Berat di Air. *Higiene*. Vol.1 (1), hal.49-59.
- [15] T. I. W. Sari, Muhsin, H. Wijayanti. 2016. Pengaruh Metode Aktivasi pada Kemampuan Kaolin Sebagai Adsorben Besi (Fe) Air Sumur Garuda. *Konversi*. Vol.5 (2),hal 22-25.
- [16] Y. D. Putri, H. A. Holik, I. Musrifoh, A. D. Aryanti. 2014. Pemanfaatan Tanaman Eceng-Ecengan (*Pontederiaceae*) sebagai Agen Fitoremediasi dalam Pengolahan Limbah Krom. *IJPST*. Vol.1 (1),hal.20-25.