

EFEKTIFITAS FLUIDISASI TIGA FASE DALAM MENURUNKAN PARAMETER ORGANIK DALAM AIR

EFFECTIVENESS OF THE THREE-PHASE FLUIDIZATION IN REDUCING ORGANIC PARAMETERS IN THE WATER

Bagus Dwi Cahyono¹⁾ dan Novirina Hendrasarie^{*1)}

¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan - UPN "Veteran" Jawa Timur

Jalan Raya Rungkut Madya. Surabaya 60294

^{*)}E-mail: hendrasarie@yahoo.com

Abstrak

Tujuan penelitian adalah untuk menentukan kemampuan reaktor fluidisasi tiga fase dalam meningkatkan kandungan DO dan menurunkan kandungan organik yaitu COD dan mempelajari pengaruh waktu kontak terhadap penurunan COD. Penelitian ini, menggunakan reaktor fluidisasi tiga fase berbentuk kolom kaca dengan ukuran diameter 10 cm dan ketinggian 150 cm. Variabel yang digunakan adalah variabel kecepatan superficial air 7 cm/detik dan kecepatan superficial udara 1,229 cm/detik dengan waktu kontak 0, 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Air yang digunakan untuk penelitian adalah air kali Surabaya, dan sebagai kontrol digunakan air PDAM. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kandungan COD tertinggi terjadi pada menit ke 60 dengan persentase penurunan 85 % atau nilai COD sebesar 12 mg/l yang memenuhi standar air bersih menurut PP No. 82 tahun 2001.

Kata kunci : COD, DO, fluidisasi tiga fase, kandungan organik

Abstract

The purpose this study is to determine the ability of three-phase fluidization reactor in increasing DO content and lower organic content of the COD and study the effect of contact time on the COD reduction in organic content. In this study, using a three-phase fluidization reactor-shaped glass column with a diameter of 10cm and height of 150 cm. Variable used is variable superficial velocity of water 7 cm/sec and the air superficial velocity is 1.229 cm/sec with a contact time of 0, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 minutes. Water samples used for research are the river of Surabaya and control water used PDAM water. The result of this research showed decreased in concentration of COD was highest at minute 60 with a percentage decrease of 85%. COD values 12mg/l meet clean water standards according to the PP. 82 in 2001.

Keywords: COD, DO, organic ingredient, three-phase fluidization

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi dan industri seringkali berdampak terhadap kualitas sumber air, baik air sungai, air laut, air danau maupun air tanah. Dampak ini disebabkan oleh adanya pencemaran air yang disebabkan oleh berbagai parameter yang terkandung dari air limbah yang masuk ke dalam badan air. Mikroorganisma akan memanfaatkan oksigen terlarut untuk mendegradasi bahan organik dalam air, sehingga oksigen terlarut dalam air akan berkurang. Padahal oksigen terlarut sangat penting untuk kelangsungan hidup biota air (Zhang dan Li, 2010). Salah satu cara untuk menilai seberapa jauh sumber air telah tercemar adalah dengan melihat kandungan oksigen yang terlarut di dalam air. Kandungan air kurang dari 2 mg/l akan menyebabkan efek negative terhadap ekosistem air (Zhang dan Li, 2010).

COD dan BOD merupakan parameter organik yang sangat penting dalam air bersih. Apabila parameter COD dan BOD terlalu tinggi maka akan mengakibatkan penurunan parameter DO dalam air. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan sampai memenuhi standar kualitas air bersih yang berlaku. Fluidisasi merupakan salah satu teknik pengontakan fluida baik gas maupun cairan dengan butiran padat. Fluidisasi tiga fase (gas-cairan-padatan) dapat digunakan untuk proses fisik, kimia dan biologi (Zhang *et al.*, 1998, Zhang *et al.* 2000). Pada fluidisasi kontak antara fluida dan partikel padat terjadi dengan baik karena permukaan kontak yang luas. Dalam sistem fluidisasi tiga fase, perilaku dispersi partikel dan dispersi gelembung memainkan peranan yang penting dalam proses perpindahan massa, di mana secara keseluruhan perilaku tersebut menggambarkan interaksi dari masing-masing fase (Zhang *et al.*, 2000).

Pada penelitian terdahulu dikemukakan bahwa terjadinya perilaku partikel padat seperti unggun fluida disebabkan karena adanya peningkatan gaya gesek dan gaya tekan ke atas dari aliran fluida yang melewati partikel

tersebut. Dengan adanya perilaku partikel dan gelembung tersebut diharapkan dapat membantu pelarutan oksigen ke dalam air.

Tiga bentuk regime aliran gelembung di dalam kolom unggun fluidisasi tiga fase dapat diklarifikasikan berdasarkan pola perilaku gelembung dalam kolom unggun fluidisasi, yaitu: *Coalesced bubble*, *dispersed bubble* dan *slugging regime*. Di dalam regime dispersi, tidak ada kejadian yang menunjukkan bahwa gelembung akan bersatu. Di dalam regime ini bentuk ukuran gelembung sama dan ukurannya kecil. Regime dispersi dominan terbentuk pada kecepatan liquid tinggi dan kecepatan gas rendah-menengah. Di dalam sistem kolom unggun fluidisasi regime aliran bervariasi tergantung dari diameter kolom (Muroyama dan Fan, 1985). Di samping itu menurut Jean dan Fan (1986) sifat-sifat dan diameter partikel juga akan mempengaruhi regime aliran. Di dalam pola gelembung, Tang dan Fan (1989) mendapatkan suatu hasil bahwa di dalam *dispersed bubble*, kecepatan fase gas hanya sedikit berpengaruh terhadap distribusi dari *hold up* padat. Pola penyebaran dari fase padat akan meningkat sebanding dengan penurunan kecepatan fase liquid nya.

Pada regime transisi, yang merupakan daerah peralihan pola gelembung antara regime dispersi dan regime *coalesced*, kecepatan fase gas sedikit pengaruhnya terhadap distribusi *hold up* padat. Pengembangan teknik sistem fluidisasi tiga fase di dalam aplikasi penggunaannya, terutama di dalam kriteria perencanaan pada unit instalasi pengolahan air sangat terbatas. Padahal teknologi ini dapat membantu meningkatkan oksigen terlarut (Wan *et al.*, 2010). Di samping itu sekaligus penyisihan bahan organik (Hamdad *et al.*, 2007). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar peningkatan oksigen pada sistem fluidisasi tiga fase serta penurunan kandungan organik dalam air.

2. METODA

Penelitian ini, menggunakan skala laboratorium. Variabel yang ditetapkan dalam

penelitian ini, yaitu: kecepatan air 5,9 cm/detik, kecepatan udara 1,91 cm/detik, media tertahan yang digunakan adalah kelereng dengan diameter 1,5 cm setinggi 5 cm, media terfluidakan yang digunakan pasir kuarsa dengan diameter 0,7-1,18 mm dengan ketinggian 10 cm. Sampel yang digunakan untuk metode fluidisasi bermedia dan tidak bermedia, (sistem aerasi) adalah air kali Surabaya dan air kontrol untuk fluidisasi bermedia adalah air PDAM. Variabel yang diatur, adalah waktu tinggal di dalam *Fluidized Bed* : 0, 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Rangkaian alat dari fluidisasi tiga fase dalam penelitian ini, ada dalam Gambar 1.

Prosedur Penelitian

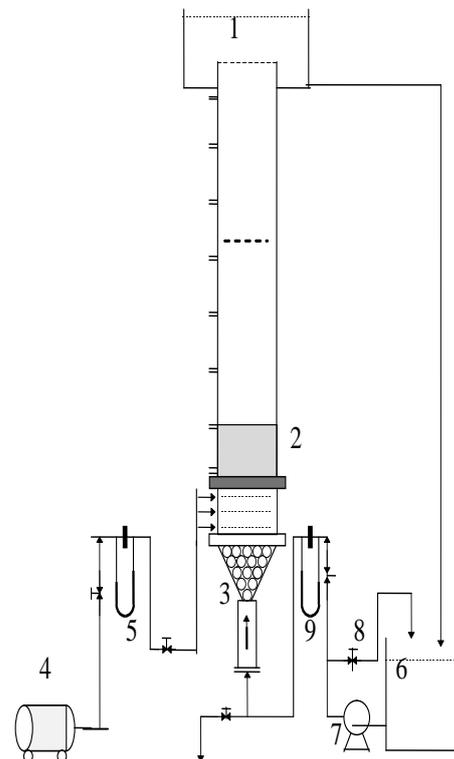
Fluidisasi bermedia

Reaktor di cuci menggunakan air aquades. Media pasir kuarsa di cuci dengan menggunakan air panas, setelah itu di masukkan ke dalam reaktor hingga 10 cm. Memasukkan air sampel kedalam bak penampung. Mengatur tekanan udara dan tekanan air sesuai tekanan yang diperlukan. Mengalirkan udara dan air sesuai dengan laju yang diperlukan kedalam kolom. Mengambil sampling dengan hati-hati dengan menggunakan botol winkler untuk analisa kadar oksigen terlarut dan botol air mineral untuk analisa COD dan TSS. Pengambilan sampel dilakukan pada menit ke 0, 10, 20, 30, 40, 50 dan 60. Disertai dengan pengukuran suhu dan pH air.

Fluidisasi tidak bermedia

Mengeluarkan media pasir kuarsa pada reaktor. Reaktor di cuci menggunakan air aquades. Hal ini dilakukan untuk membersihkan reaktor. Kemudian memasukkan air kemasam kedalam bak penampung, mengatur tekanan udara dan tekanan air sesuai tekanan yang diperlukan, mengalirkan udara dan air sesuai dengan laju yang diperlukan kedalam kolom serta mengambil sampling dengan hati-hati dengan menggunakan botol Winkler untuk analisa

kadar oksigen terlarut (DO) dan botol air mineral untuk analisa COD dan TSS. Pengambilan sampel dilakukan pada menit ke 0, 10, 20, 30, 40, 50 dan 60. Disertai dengan pengukuran suhu dan pH air. Pengukuran DO menggunakan, pengukuran COD dengan metoda Winkler dan pengukuran TSS menggunakan metoda gravimetri. Pengukuran dilakukan sesuai dengan *standard method* (APHA, 1985).



Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

Keterangan:

1. Tangki overflow
2. Media pasir kuarsa
3. Media *glass beads*
4. Kompresor
5. Orificemeter
6. Bak penampung limbah
7. Pompa
8. Valve
9. Manometer

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kemampuan reaktor fluidisasi tiga fase dalam

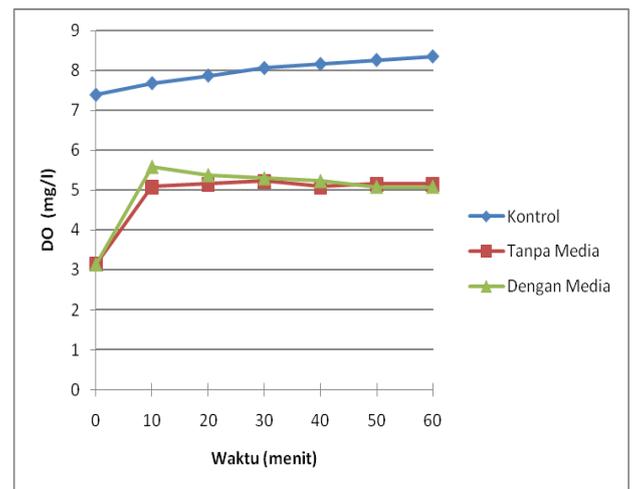
meningkatkan kandungan DO dan menurunkan kandungan organik yaitu COD dilakukan serta membandingkan efektifitas fluidisasi tiga fase dengan aerasi dalam menurunkan parameter organik yaitu COD dengan menggunakan variable kecepatan superficial air 5,9 cm/dt dan kecepatan superficial udara 1,91 cm/detik dengan waktu kontak 0, 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Pemilihan variabel ini didasarkan pada penelitian terdahulu dan kemampuan peralatan serta kemudahan bukaan valve.

Partikel yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir kuarsa dengan ukuran 0,7–1,18mm. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan reaktor fluidisasi bermedia dan tidak bermedia. Reaktor fluidisasi tidak bermedia dimaksudkan sebagai metode Aerasi. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan antara metode fluidisasi dengan metode aerasi. Sedangkan pada variable kontrol digunakan air kemasan untuk menghindari terlalu besarnya aktifitas mikroorganisma di dalam air kontrol.

Gambar 2 menunjukkan bahwa peningkatan oksigen tertinggi terjadi pada reaktor fluidisasi dengan media pada awal percobaan. Peningkatan tertinggi terjadi pada menit ke 10 yaitu sebesar 5,59 mg/l dan mengalami sedikit penurunan pada menit selanjutnya. Tetapi masih pada nilai stabil yaitu pada konsentrasi 5,1 mg/l. Sedangkan pada reaktor fluidisasi tidak bermedia (Aerasi) mengalami peningkatan tertinggi pada menit ke 30, yaitu sebesar 5,23 mg/l dan mengalami sedikit penurunan pada menit selanjutnya. Tetapi masih pada nilai stabil yaitu pada konsentrasi 5,15 mg/l.

Perbedaan ini menunjukkan bahwa besar peningkatan kandungan oksigen terlarut pada reaktor fluidisasi bermedia lebih cepat dan lebih besar dibandingkan pada reaktor tidak bermedia (Aerasi). Hal ini dikarenakan pada reaktor fluidisasi bermedia mengalami regime dispers yang disebabkan adanya gaya saling menabrak antar partikel terfluidakan (Muroyama dan Fan, 1985). Ini menyebabkan pecahnya gelembung udara besar menjadi

gelembung udara kecil-kecil, sehingga peningkatan konsentrasi oksigen terlarut semakin meningkat (Wan *et al.*, 2010). Sedangkan pada air kontrol terlihat konsentrasi oksigen terlarut semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena aktifitas penguraian bahan organik yang terjadi pada air kontrol sangat sedikit. Sehingga kandungan oksigen terlarut hanya sedikit yang dimanfaatkan untuk penguraian bahan organik.

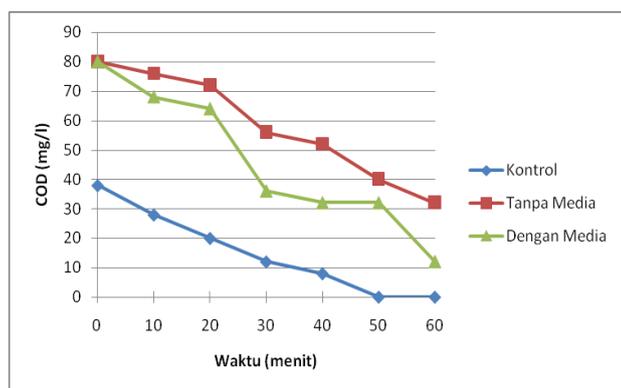


Gambar 2. Hubungan konsentrasi DO dengan waktu proses

Gambar 3 menunjukkan bahwa persen peningkatan oksigen tertinggi terjadi pada reaktor fluidisasi dengan media. Peningkatan tertinggi terjadi pada menit ke 10 yaitu sebesar 77,46%. Selanjutnya mengalami penurunan pada menit-menit berikutnya. Pada reaktor fluidisasi tidak bermedia (Aerasi) mengalami persen peningkatan tertinggi pada menit ke 30, yaitu sebesar 66,03%.

Perbedaan ini menunjukkan bahwa persen peningkatan kandungan oksigen pada reaktor fluidisasi bermedia lebih besar dibandingkan pada reaktor tidak bermedia (Aerasi). Dari persentase ini dapat dilihat bahwa fluidisasi bermedia lebih efektif dalam meningkatkan kandungan oksigen dibandingkan dengan fluidisasi tidak bermedia (Aerasi). Peningkatan yang terjadi pada reaktor fluidisasi dengan media terjadi dikarenakan pola aliran cenderung mengikuti pola *regime*

disperse. Hal ini yang mengakibatkan pelarutan oksigen semakin besar. Selain itu dengan adanya media pada reaktor fluidisasi bermedia, waktu kontak antara udara dengan air semakin lama. Udara yang mengalir tertahan oleh media yang terfluidakan, sedangkan pada fluidisasi tanpa media (Aerasi), pola aliran cenderung mengikuti pola *regime Coalesced*, sehingga pelarutan oksigen lebih sedikit dibandingkan pada reaktor fluidisasi bermedia.



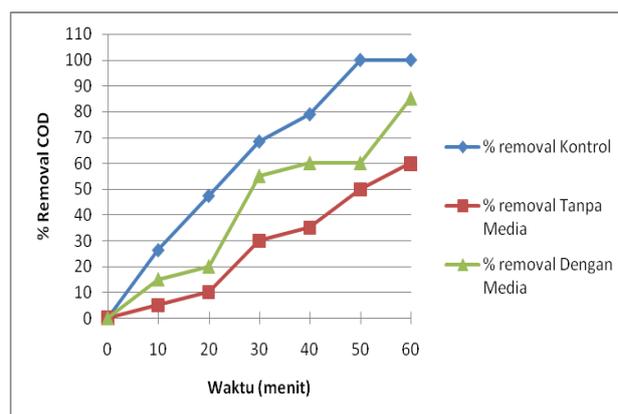
Gambar 3. Prosentase penambahan konsentrasi DO dengan waktu proses

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada reaktor fluidisasi bermedia pada menit ke 0 sampai 20 aktifitas mikroorganisma masih dalam proses penyesuaian, sehingga penurunan kandungan COD masih rendah. Pada menit ke 20 sampai 30 penurunan kandungan COD menurun sangat tinggi. Hal ini dikarenakan pada menit ke 20 sampai 30 merupakan fase perkembangan biakan mikroorganisma sehingga penguraian bahan organik sangat tinggi. Dan selanjutnya mengalami proses kematian pada menit ke 30 sampai 50 dan mengalami regenerasi atau perkembangbiakan pada menit ke 50 sampai 60.

Sedangkan pada reaktor fluidisasi tidak bermedia (Aerasi) pada menit ke 0 sampai 20 aktifitas mikroorganisma masih dalam proses penyesuaian sehingga penurunan masih stabil. Sedangkan pada menit ke 20 sampai 30 juga mengalami fase perkembangan tetapi penurunan kandungan organik lebih rendah

dibandingkan fluidisasi bermedia dan mengalami penurunan stabil sampai menit ke 60.

Gambar 4 membuktikan bahwa reaktor fluidisasi bermedia lebih efektif dari pada reaktor fluidisasi tidak bermedia (Aerasi) dalam menurunkan parameter organik.



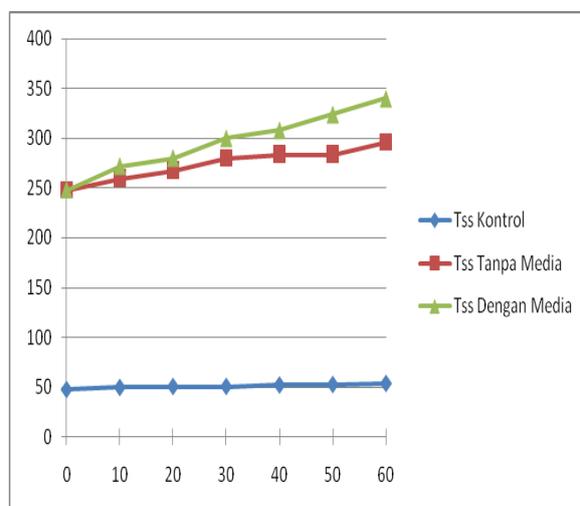
Gambar 4. Hubungan penurunan konsentrasi COD dengan waktu proses

Hal ini dikarenakan suplai udara pada reaktor fluidisasi bermedia lebih tinggi dibandingkan dengan fluidisasi tidak bermedia (Aerasi). Sehingga memicu pertumbuhan mikroorganisma yang ada didalam air. Selain itu adanya media pada reaktor fluidisasi bermedia juga mengakibatkan peningkatan mikroorganisma yang terjadi. Karena media akan dimanfaatkan untuk berkembang biak oleh mikroorganisma.

Gambar 5 menunjukkan bahwa besar penurunan konsentrasi tertinggi ada pada reaktor bermedia, pada menit ke-60 yaitu sebesar 85%. Hal ini disebabkan karena adanya aktifitas penguraian bahan organik yang terdapat didalam air. Semakin lama waktu pemaparan, konsentrasi COD semakin menurun. Hal ini dikarenakan suplai oksigen didalam air cukup tinggi untuk menguraikan bahan-bahan organik didalam air. Nilai COD pada reaktor bermedia pada menit ke-60 sebesar 12 mg/l. nilai ini sudah memenuhi baku mutu air untuk golongan 2, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk

prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. (pp no. 82 tahun 2001). Sedangkan pada reaktor fluidisasi tidak bermedia (Aerasi) peningkatan tertinggi ada pada menit ke 60 yaitu sebesar 60 % dengan nilai konsentrasi 32 mg/l. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa reaktor fluidisasi bermedia lebih efektif dalam menurunkan kandungan organik (COD) didalam air. Hal ini dikarenakan besar penurunan konsentrasi organik sudah masuk pada baku mutu air untuk golongan 2 dan mendekati golongan 1. Sedangkan pada reaktor tidak bermedia (Aerasi) masih belum mendekati golongan 2. Sedangkan pada air kontrol penurunan kandungan organik lebih cepat habis dibandingkan dengan yang lain. Hal ini dikarenakan pada air kontrol kandungan organiknya sangat sedikit. Sehingga dengan suplai udara yang cukup maka COD di dalam air akan lebih cepat habis atau nol.

Gambar 5 menunjukkan bahwa peningkatan padatan tersuspensi pada reaktor bermedia mengalami peningkatan yang lebih besar dari reaktor tidak bermedia. Hal ini menunjukkan bahwa pada reaktor bermedia mengalami peningkatan jumlah mikroorganisma yang lebih banyak dibandingkan pada reaktor tidak bermedia.



Gambar 5. Peningkatan TSS

Peningkatan jumlah mikroorganisma ditandai oleh semakin keruhnya air sample. Apabila semakin keruh air sampel, semakin banyak pula mikroorganisma yang terkandung didalam air sampel tersebut. Juga sebaliknya. Peningkatan ini terjadi dikarenakan pada reaktor fluidisasi bermedia mempunyai media yang digunakan sebagai tempat berkembang biaknya mikroorganisma. Dikarenakan adanya tumbukan antar partikel media yang terjadi, biofilm yang terbentuk pada media akan terlepas dan mengakibatkan air semakin keruh.

Peningkatan jumlah mikroorganisma dikarenakan suplai udara pada reaktor bermedia lebih bagus daripada pada reaktor tidak bermedia. Peningkatan ini dikarenakan regime gelembung yang terjadi pada reaktor bermedia adalah *regime disperse*. Dengan regime ini, peningkatan oksigen terlarut akan semakin bagus karena semakin banyaknya permukaan udara yang kontak dengan air sampel. Selain itu, adanya media pada reaktor ini dapat digunakan sebagai tempat tumbuh kembangnya mikroorganisma pada air.

Peningkatan mikroorganisma ini yang mengakibatkan oksigen terlarut pada menit 20 sampai 60 mengalami penurunan. Dikarenakan pada menit-menit ini mikroorganisma melakukan aktifitasnya, yaitu mendegradasi zat-zat organik yang terkandung di dalam air.

4. KESIMPULAN

Reaktor fluidisasi tiga fase mampu meningkatkan kandungan DO dalam air dengan konsentrasi tertinggi terjadi pada menit ke 10 sebesar 77,46 % dan mampu menurunkan kandungan organik pada air (COD) dengan konsentrasi terendah terjadi pada menit ke 60 sebesar 85%. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa reaktor fluidisasi bermedia lebih efektif dalam menurunkan kandungan organik (COD) di dalam air. Penurunan parameter organik tertinggi terjadi didalam reaktor fluidisasi tiga fase bermedia pada menit ke 60 sebesar 85%. Sedangkan pada reaktor fluidisasi tidak bermedia peningkatan tertinggi ada pada menit

ke 60 yaitu sebesar 60 %. Hal ini menunjukkan bahwa pada menit yang sama penurunan COD pada reaktor fluidisasi lebih besar dibandingkan dengan reaktor tidak bermedia. Oleh karena itu reaktor fluidisasi tiga fase lebih efektif dalam menurunkan kandungan organik (COD) dalam air dibandingkan dengan reaktor aerasi.

DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association (1985). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, D.C.
- Hamdad I., S. Hazemi, D. Rossi, dan A. Maccho (2007). Oxygen transfer and hydrodynamic in three-phase inverse fluidized beds. *Chemical Engineering Science*. 62. 7399-7405.
- Jean, R.H. dan L.S. Fan (1986). A simple correlation for solids holdup in a gas-liquid-solid fluidized bed. *Chemical Engineering Science*. 41 (11). 2823-2828.
- Muroyama, K. dan L.S. Fan (1985) Fundamentals of Gas-Liquid-Solid Fluidization. *AIChE J.* 113 (1). 1-32.
- Muroyama K., T. Nakade dan T. Kato (2001). Wall to liquid mass transfer in a gas-slurry transport bed. *Chemical Engineering Science*. 56. 6099-6106.
- Tang, W.T. dan L.S. Fan (1989). Hydrodynamics of a three-phase fluidized bed containing low-density particles. *American Institute of Chemical Engineering Journal*. 35 (3). 355-364.
- Wan L., Alvarez-Cuenza, S.R. Upreti dan A. Lohi (2010). Development of a three-phase fluidized bed reaktor with enhanced oxygen transfer, *Chemical Engineering and Processing*. 49. 2-8.
- Zhang, J.P., N. Epstein, dan J.R. Grace (1998). Minimum fluidization velocities for gas - liquid-solid three phase systems, *Powder Technology*. 100. 113-118.
- Zhang J.P., Yong Li dan Liang Shih-Fan (2000). Discrete phase simulation of gas-liquid-solid fluidization systems: single bubble rising behavior. *Powder Technology*. 113. 310-326.
- Zhang dan Li (2010). Effects of physical and biochemical processes on the dissolved oxygen budget for the Pearl River Estuary during summer. *Journal of Marine System*. 79. 65-88.