

ANALISIS KINERJA SPARGER JENIS VENTURI METER UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR ORGANIK

Hendri Sukma^{1,*}, Wina Libyawati¹, Yani Kurniawan¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta
Srengseng Sawah Jagakarsa Jakarta, 12640

*E-mail: sukmahendri@yahoo.com

Diterima: 25 April 2017

Direvisi: 12 Juni 2017

Disetujui: 30 Juli 2017

ABSTRAK

Limbah cair hasil industri tahu dan kelapa sawit merupakan contoh limbah cair organik. Limbah cair organik mudah terdegradasi oleh mikroorganisme secara natural. Kondisi lingkungan penerima limbah cair yaitu tanah dan air saat ini tidak memiliki kemampuan untuk melakukan degradasi limbah cair secara natural dan cepat. Hal tersebut mengakibatkan limbah cair organik tidak dapat dibuang secara langsung ke lingkungan, namun terlebih dahulu harus melalui proses pengolahan. Pada penelitian ini proses pengolahan limbah dilakukan dengan metode aerobik, yaitu proses peningkatan kadar oksigen pada limbah secara berkesinambungan. Peningkatan kadar oksigen akan memacu perkembangan bakteri baik. Sparger berfungsi untuk melarutkan gas ke dalam cairan. Penelitian tentang pengaruh jenis sparger dan jumlah gas terlarut untuk macro-porous sparger pada instalasi pengolahan limbah cair organik, diharapkan mampu membantu industri kecil menengah dalam menangani limbah cair organik hasil produksi. Penelitian dilakukan melalui tahap perancangan, pembuatan, uji fungsional sparger, eksperimen dan analisis hasil eksperimen untuk melihat pengaruh parameter ketahanan sparger terhadap *dissolved oxygen*, serta prototipe sparger untuk instalasi pengolahan limbah cair sehingga mampu meningkatkan jumlah gas oksigen terlarut. Jenis varian sparger yang dibuat berjumlah enam varian, yang terbuat dari bahan PVC dan aluminium, dengan jenis tanpa saringan dan dengan saringan. Kinerja sparger dinilai dari kemampuan mencapai pH 6,5-8 dan prosentase kandungan oksigen. Hasil penelitian adalah sparger terpilih tanpa penyaring, lubang pori 4 buah, dan sudut masuk lebih kecil dari sudut keluar. Sparger mampu mempertahankan kualitas dari hasil pengolahan sampai dengan tiga hari penyimpanan tanpa perlu dilarutkan gas dan hasil pengolahan limbah sampai pH stabil dapat langsung dialirkan ke pipa pengalir.

Kata kunci: Limbah cair, sparger, oxygen, pH

ABSTRACT

Liquid waste from tofu and palm oil industry are an example of organic liquid waste. Current environmental condition which are land and water, don't have the ability to regenerate the liquid waste naturally and fast. The land and water condition because those liquid waste cannot be disposed directly to the environment without any waste water treatment. This research use aerobe method in order to do the waste water treatment for organic liquid waste. Increased levels of oxygen it will spur the development of good bacteria. Sparger, has functions for dissolving gases into liquids. Research on the influence of type and amount of dissolved gas sparger to macro-porous sparger on organic liquid waste processing installations, is expected to help the small and medium industry in dealing with liquid waste organic production results. Research conducted through the stages of design, manufacture, test, experimentation and sparger functional analysis of experimental results to see the influence of sparger robustness against parameter, dissolved oxygen, as well as the prototype of sparger to liquid waste processing installation sehinggamampu of the gas increases the amount of dissolved oxygen. The type of variant sparger made is as many as six variants, which are made from PVC and aluminium, with the kind of without a strainer and with a sieve. Output of research is selected without sparger filter, pore-hole 4 pieces, and incoming angle is smaller than the angle out. Sparger was able to maintain the quality of the results of the

processing of up to three days of storage without the need of dissolved gases and waste treatment results until a stable pH can be directly streamed to the pipeline flow.

Keywords: *liquid waste, sparger, oxygen, pH*

PENDAHULUAN

Limbah cair organik dengan karakteristik mudah membusuk, aroma menusuk, suhu tinggi, berwarna, terurai dalam waktu tertentu, dan tingkat asam tinggi. Limbah industri tahu dan kelapa sawit adalah salah satu contoh dari limbah cair organik. Pembuangan limbah cair organik secara langsung mengakibatkan kerusakan kualitas tanah dan air. Limbah cair organik memiliki potensi untuk menjadi pupuk cair dan mudah diolah kembali. Limbah cair tahu dan kelapa sawit adalah contoh limbah cair organik. Tingkat bahaya limbah cair organik dinilai dari *Biological Oxygen Demand* (BOD). Pengolahan limbah cair di Indonesia dilakukan secara terpusat dengan menggunakan metode bak penampung sirkulasi, aerob, an-aerob, *Rotating Biological Contactor* (RBC), lumpur aktif, dan kombinasi (Dai, 2006).

Metode pengolahan limbah cair terdiri dari pengolahan fisik, kimia, dan biologi. Pengolahan fisik dilakukan dengan menggunakan membrane (Zhou dan Smith, 2002). Pengolahan secara kimia untuk mengatasi partikel-partikel tidak mudah mengendap dan logam berat (Tuhu et al, 2010). Pengolahan biologi merupakan proses penguraian limbah cair melalui pertumbuhan mikroorganisme dalam reaktor. Pengolahan limbah biologi jenis aerob telah teruji lebih ekonomis dan mudah diterapkan pada UMKM karena memiliki nilai investasi rendah (Kaswinarni, 2007) dan pengendalian proses lebih mudah (Ahmad, 2003).

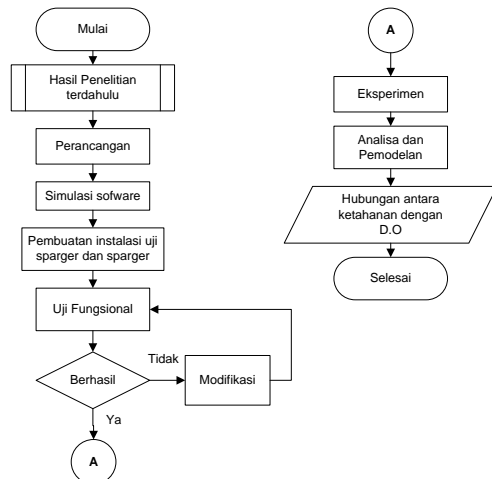
Penerapan sparger sebagai dilutor untuk melarutkan gas dalam satu atau lebih fase, dilakukan pada limbah cair pada tanki aerator (Porterfield, 1975); instalasi pemisahan air dari minyak untuk industri minyak mentah dan LNG (Jan B. Bates 1996); sparger udara jenis pipa untuk campuran padat-cair (Josep T. Witkowski 1995); alat pengawet tahu dengan gas CO₂ menggunakan sparger jenis pipa (Hasan, et al, 2012); Sparger nozzle dan orifice pada impeller dipergunakan untuk menguji nilai koefisien volumetrik gas (Karimi et

al, 2013); dan instalasi pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan gas O₂ menggunakan sparger jenis pipa (Wina et al, 2014). Jenis sparger yang umum digunakan adalah sparger jenis nozzle bertekanan tinggi. Kinerja sparger dipengaruhi oleh geometri, pola aliran, dan gelembung yang terjadi. Pembahasan tentang geometri meliputi posisi sparger (Choi et al, 1996) dan dimensi dari lubang masuk dari gas (Bharani et al, 1999) pada sparger jenis venture meter. Pola aliran membahas tentang tingkat kelarutan gas dalam air yang dipengaruhi oleh pH dan *Total Dissolved Solid* (TDS) (Smyth et al, 2008). Gelembung yang terjadi saat proses pelarutan gas dalam air mempengaruhi tingkat korosi yang terjadi dalam sparger (Mosthari et al, 2009).

Pekembangan metode pengolahan limbah, teknologi sparger, dan hubungan antara parameter kinerja sparger menunjukkan jenis sparger venture meter dapat mengolah limbah cair organik dari UMKM.

METODE PENELITIAN

Tahap penelitian untuk memperoleh sparger dengan kinerja mampu meningkatkan kadar D.O dalam limbah cair dan mempertahankan pH limbah cair hasil pengolahan pada 6,5-8, terdiri dari perancangan, simulasi, pembuatan instalasi uji, uji fungsional, eksperimental, dan analisis. Metode penelitian terangkum pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan dengan menggunakan prinsip *Robust Design* dilakukan dengan memvariasikan 5 (lima) jenis sparger terangkum pada Tabel 1. Instalasi alat uji untuk menguji kinerja dari masing-masing varian sparger memiliki 6 (enam) kelompok komponen utama yaitu: (1) Sirkulasi; (2) Penyimpan; (3) Pengalir; (3) Ruang campur; (4) Rangka; (5) Suplai gas oksigen; (6) instrumen ukur, yang secara keseluruhan terdiri dari 15 komponen. (Gambar 2).



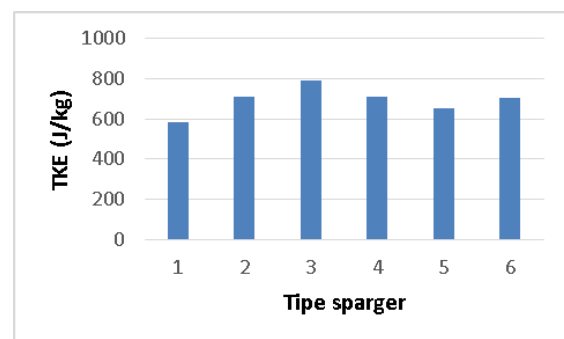
Gambar 2. Instalasi alat uji

Kecepatanaliran gas ditetapkan 1,31 m/s dan kebutuhan volume gas oksigen 1000 liter.

Hasil perhitungan terangkum pada Tabel 2. Sementara Turbulence Kinetic Energy (TKE) dilakukan secara simulasi dengan bantuan Pro Engineering. Hasil simulasi terangkum pada Tabel 3.

Tabel 2 TKE untuk masing-masing sparger

Tipe	TKE (J/kg)
1	582,64
2	709,26
3	792,66
4	713,49
5	655,73
6	705,78



Gambar 3. Rata-rata nilai TKE

Gambar 3 menunjukkan tingkat turbelensi tertinggi terjadi pada sparger tipe 3 yaitu sebesar 792,66 J/kg dan yang terendah pada sparger tipe 1 yaitu sebesar 582,64 J/kg.

Tahapan pelaksanaan eksperimen adalah sebagai berikut :

- Persiapan alat ukur, instalasi uji dan bahan
Alat ukur yang dipergunakan adalah thermometer digital, ph meter, dan D.O meter. Instalasi yang dipergunakan sama dengan instalasi yang dipergunakan untuk uji fungsional. Penggunaan instalasi uji harus lah setelah dicuci dengan menggunakan air dengan suhu 100°C. Bahan yang dipergunakan adalah limbah organik dengan volume sekitar 1 m³ dan oksigen untuk kebutuhan rumah sakit.
- Setting flow meter pada posisi 1 ltr/menit dan pompa sirkulasi.
- Pengukuran kondisi limbah cair organik sebelum dilarutkan oksigen, yaitu meliputi temperatur, ph, dan D.O.
- Membuka katup gas pada tabung gas
- Menghubungkan pompa dengan sumber listrik

- f. Mensirkulasikan campuran limbah cair organik dengan oksigen sampai dengan nilai ph mencapai kisaran 6,5-8.
- g. Pengukuran temperatur, ph, dan D.O setelah oksigen dilarutkan selama 1 jam
- h. Pengukuran temperatur, ph dan D.O setelah campuran limbah cair organik dengan oksigen disirkulasikan selama 24 jam.
- i. Mematikan katup gas pada tabung gas
- j. Putuskan hubungan antara pompa dengan sumber listrik
- k. Ambil sample hasil pelarutan dan masukkan ke dalam masing-masing botol penyimpanan yang telah disterilkan sebanyak 8 botol (ukuran 330 ml)
- l. Pengukuran temperature, ph, dan D.O per hari sampai dengan waktu penyimpanan 7 hari ke depan.



Gambar 4. Sparger



Gambar 5. Pengambilan data kadar oksigen



Gambar 6. Pengambilan data kadar pH



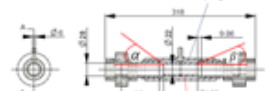
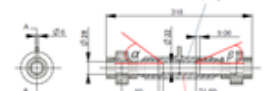
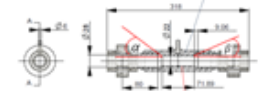
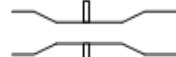


Gambar 7. Pengambilan data temperatur



Gambar 8. Limbah yang disimpan

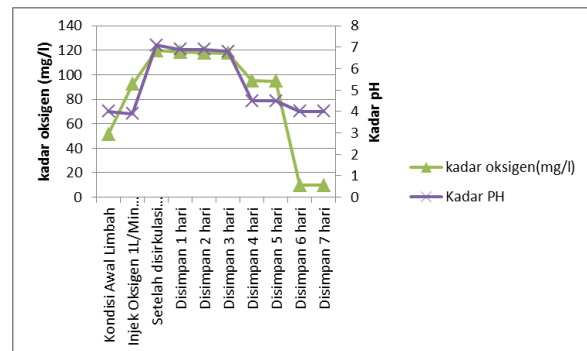
Tabel 1. Spesifikasi varian sparger

Varian	Deskripsi	Gambar
1	Lubang 4, sudut masuk kecil tanpa penyaring ($\alpha = \beta$)	
2	Lubang 4, sudut masuk besar, tanpa penyaring ($\alpha > \beta$)	
3	Lubang 8, sudut masuk besar, tanpa penyaring ($\alpha > \beta$)	
4	Lubang 4, sudut masuk besar, dengan penyaring ($\alpha > \beta$)	
5	Lubang 8, sudut masuk besar, dengan penyaring ($\alpha > \beta$)	
6	Sparger aluminium	

Hasil uji kinerja sparger berupa hasil pengukuran terangkum pada Tabel 3-8.

Tabel 3. Hasil eksperimen sparger tipe 1

	Temperatur (°C)	Kadar Oksigen (mg/L)	Kadar pH
Kondisi Awal Limbah	40,8	51,3	4
Injek Oksigen 1L/Min selama 1 jam	40,4	92,3	3,9
Setelah disirkulasi sampai ph stabil	30,5	119,7	7,1
Disimpan 1 hari	30,3	118,5	6,9
Disimpan 2 hari	30,2	117,7	6,9
Disimpan 3 hari	30,1	117,5	6,8
Disimpan 4 hari	29	95	4,5
Disimpan 5 hari	29	94,7	4,5
Disimpan 6 hari	25,6	9,7	4
Disimpan 7 hari	25,5	9,6	4

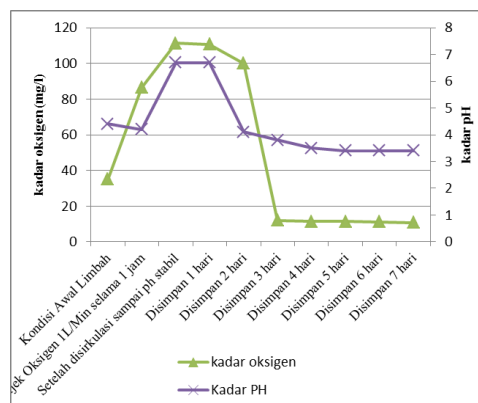


Gambar 9. Waktu penyimpanan, D.O, dan pH sparger 1

Gambar 9 menunjukkan grafik hubungan antara waktu penyimpanan dengan kadar oksigen terlarut dalam limbah cair oksigen dan kadar pH untuk tipe sparger 1. Grafik terlihat bahwa setelah limbah diinjeksi dengan oksigen sebesar 1 L/min dan disirkulasikan selama 24 jam, kadar oksigen menjadi 119,7 mg/L dan kadar pH mengalami peningkatan menjadi 7,1. Limbah dapat bertahan dalam kualitas pengolahan yang baik setelah disimpan selama 3 hari, karena pada penyimpanan hari ke-4 kadar oksigen mengalami penurunan yang signifikan menjadi 95 mg/L menyebabkan kadar pH juga mengalami penurunan menjadi 4,5.

Tabel 4. Hasil pengukuran sparger tipe 2

	Temperatur (°C)	Kadar Oksigen (mg/L)	Kadar pH
Kondisi Awal Limbah	41.2	35	4.4
Injek Oksigen 1L/Min selama 1 jam	39.4	86.4	4.2
Setelah disirkulasi sampai ph stabil	30.4	111.3	6.7
Disimpan 1 hari	30.4	110.7	6.7
Disimpan 2 hari	29.5	100.1	4.1
Disimpan 3 hari	25.7	12	3.8
Disimpan 4 hari	25	11.4	3.5
Disimpan 5 hari	25	11.3	3.4
Disimpan 6 hari	24.3	11.2	3.4
Disimpan 7 hari	24	10.3	3.4

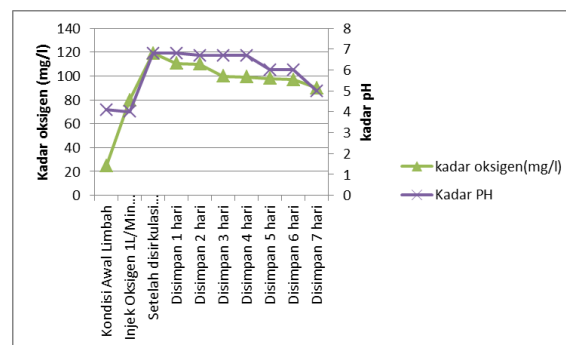


Gambar 10. Waktu penyimpanan, D.O, dan pH sparger 2

Gambar 10 menunjukkan grafik hubungan antara waktu penyimpanan dengan kadar oksigen terlarut dalam limbah cair oksigen dan kadar pH untuk tipe sparger 2. Grafik terlihat bahwa setelah limbah diinjeksi dengan oksigen sebesar 1 L/min dan disirkulasikan selama 24 jam, kadar oksigen semula 35 mg/L menjadi 111,3 mg/L dan kadar pH mengalami peningkatan dari 4,4 menjadi 6,7. Limbah dapat bertahan dalam kualitas pengolahan yang baik setelah disimpan selama 1 hari, karena pada penyimpanan hari ke-2 kadar oksigen mengalami penurunan yang signifikan menjadi 100,1 mg/L menyebabkan kadar pH juga mengalami penurunan menjadi 4,1.

Tabel 5. Hasil pengukuran sparger tipe 3

	Temperatur (°C)	Kadar Oksigen (mg/L)	Kadar pH
Kondisi Awal Limbah	43	24.7	4.1
Injek Oksigen 1L/Min selama 1 jam	40.3	80	4
Setelah disirkulasi sampai pH stabil	41	119.2	6.8
Disimpan 1 hari	35.5	110.5	6.8
Disimpan 2 hari	35	110	6.7
Disimpan 3 hari	35	99.7	6.7
Disimpan 4 hari	34.5	99	6.7
Disimpan 5 hari	31	98	6
Disimpan 6 hari	30	97	6
Disimpan 7 hari	29	90	5

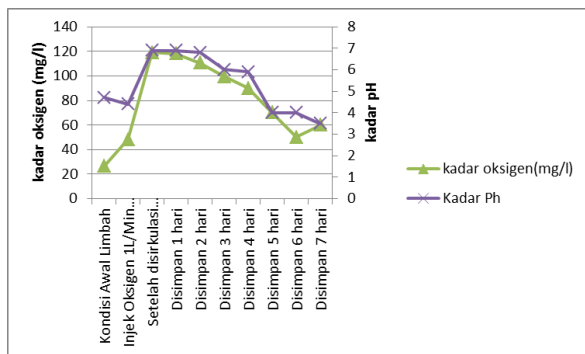


Gambar 11. Waktu penyimpanan, D.O, dan pH sparger 3

Gambar 11 menunjukkan grafik hubungan antara waktu penyimpanan dengan kadar oksigen terlarut dalam limbah cair oksigen dan kadar pH untuk tipe sparger 3. Grafik terlihat bahwa setelah limbah diinjeksi dengan oksigen sebesar 1 L/min dan disirkulasikan selama 24 jam, kadar oksigen semula 24,7 mg/L menjadi 119,2 mg/L dan kadar pH mengalami peningkatan dari 4,1 menjadi 6,8. Limbah dapat bertahan dalam kualitas pengolahan yang baik setelah disimpan selama 4 hari, karena pada penyimpanan hari ke-5 kadar oksigen mengalami penurunan yang signifikan menjadi 98 mg/L menyebabkan kadar pH juga mengalami penurunan menjadi 6.

Tabel 6. Hasil pengukuran sparger tipe 4

	Temperatur (°C)	Kadar Oksigen (mg/L)	Kadar pH
Kondisi Awal Limbah	43.9	26.3	4.7
Injek Oksigen 1L/Min selama 1 jam	42	48.2	4.4
Setelah disirkulasi sampai pH stabil	30	120.3	7
Disimpan 1 hari	30	119.7	7
Disimpan 2 hari	35	99.5	7
Disimpan 3 hari	33	90	6
Disimpan 4 hari	30	90	5.9
Disimpan 5 hari	25	70	4
Disimpan 6 hari	24	50	4
Disimpan 7 hari	23	60	3.5

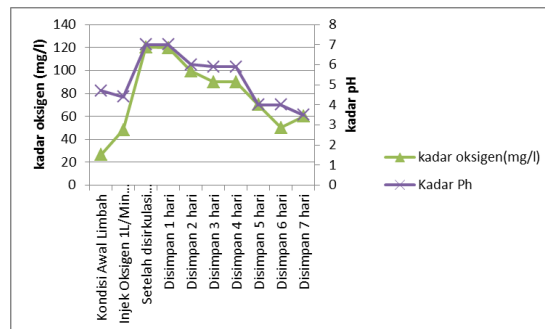


Gambar 12. Waktu penyimpanan, D.O, dan pH sparger 4

Gambar 12 menunjukkan grafik hubungan antara waktu penyimpanan dengan kadar oksigen terlarut dalam limbah cair oksigen dan kadar pH untuk tipe sparger 4. Grafik terlihat bahwa setelah limbah diinjeksi dengan oksigen sebesar 1 L/min dan disirkulasikan selama 24 jam, kadar oksigen semula 26,3 mg/L menjadi 120,3 mg/L dan kadar pH mengalami peningkatan dari 4,7 menjadi 7. Limbah dapat bertahan dalam kualitas pengolahan yang baik setelah disimpan selama 2 hari, karena pada penyimpanan hari ke-3 kadar oksigen mengalami penurunan yang signifikan menjadi 90 mg/L menyebabkan kadar pH juga mengalami penurunan menjadi 6.

Tabel 7. Hasil pengukuran sparger tipe 5

	Temperatur (°C)	Kadar Oksigen (mg/L)	Kadar pH
Kondisi Awal Limbah	44.5	36	4.3
Injek Oksigen 1L/Min selama 1 jam	38.3	41.3	4.1
Setelah disirkulasi sampai ph stabil	30	120	7
Disimpan 1 hari	27.3	119.3	7
Disimpan 2 hari	27.1	100	6
Disimpan 3 hari	26.9	90	6
Disimpan 4 hari	26.8	90	6
Disimpan 5 hari	26.5	70	4.3
Disimpan 6 hari	26.4	50	4.3
Disimpan 7 hari	26.2	60	3.5

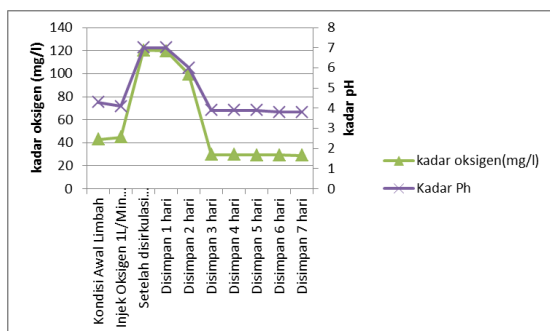


Gambar 13. Waktu penyimpanan, D.O, dan pH sparger 5

Gambar 13 menunjukkan grafik hubungan antara waktu penyimpanan dengan kadar oksigen terlarut dalam limbah cair oksigen dan kadar pH untuk tipe sparger 5. Grafik terlihat bahwa setelah limbah diinjeksi dengan oksigen sebesar 1 L/min dan disirkulasikan selama 24 jam, kadar oksigen semula 36 mg/L menjadi 120 mg/L dan kadar pH mengalami peningkatan dari 4,3 menjadi 7. Limbah dapat bertahan dalam kualitas pengolahan yang baik setelah disimpan selama 1 hari, karena pada penyimpanan hari ke-2 kadar oksigen mengalami penurunan yang signifikan menjadi 100 mg/L menyebabkan kadar pH juga mengalami penurunan menjadi 6.

Tabel 8. Hasil pengukuran sparger tipe 6

	Temperatur (°C)	Kadar Oksigen (mg/L)	Kadar pH
Kondisi Awal Limbah	42.9	42.9	4.3
Injek Oksigen 1L/Min selama 1 jam	33.9	44.8	4.1
Setelah disirkulasi sampai ph stabil	30	120.3	7
Disimpan 1 hari	30	119.7	7
Disimpan 2 hari	35	99.5	6
Disimpan 3 hari	26.5	29.7	3.9
Disimpan 4 hari	26.3	29.5	3.9
Disimpan 5 hari	26.2	29.3	3.9
Disimpan 6 hari	26.3	29.2	3.8
Disimpan 7 hari	26.2	29.1	3.8



Gambar 14. Waktu penyimpanan, D.O, dan pH sparger 6

Gambar 14 menunjukkan grafik hubungan antara waktu penyimpanan dengan kadar oksigen terlarut dalam limbah cair oksigen dan kadar pH untuk tipe sparger 6. Grafik terlihat bahwa setelah limbah diinjeksi dengan oksigen sebesar 1 L/min dan disirkulasikan selama 24 jam, kadar oksigen semula 42,9 mg/L menjadi 120,3 mg/L dan kadar pH mengalami peningkatan dari 4,3 menjadi 7. Limbah dapat bertahan dalam kualitas pengolahan yang baik setelah disimpan selama 1 hari, karena pada penyimpanan hari ke-2 kadar oksigen mengalami penurunan yang signifikan menjadi 99,5 mg/L menyebabkan kadar pH juga mengalami penurunan menjadi 6.

KESIMPULAN

Dilihat dari hasil pengujian yang telah dilakukan alat pengolah limbah cair ini dapat digunakan di industri kecil menengah dalam menangani limbah cair hasil reduksi. Sparger menggunakan tipe 3 dengan spesifikasi jumlah lubang masuk 4 buah, sudut masuk lebih besar dan menggunakan penyaring. Setelah pengusaha limbah menggunakan alat pengolah ini, limbah yang sudah diproses akan mampu bertahan selama 4 hari penyimpanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Universitas Pancasila yang telah memberikan dana penelitian internal tahun anggaran 2016 dengan nomor surat kontrak penelitian 4232/LPMM/UP/IX/2016.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad Adrianto (2003), *Penentuan Parameter Kinetika Proses Biodegradasi Anaerob Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*, Jurnal Natur Indonesia 6 (1), Hal. 45-48.

Bhrani. S, Mishra. R, Singh. S.N, dan Seshadri. V (1999), *Performance Characteristics of An Eccentric Venturimeter with Elongated Throat for Flow Rate Measurement of Solid-Liquid Flows*, Indian Journal of Engineering & Material Sciences Vol.6, Hal. 119-124.

Choi K.H., Chisti. T, and Moo-Young. M. (1996), *Comparative Evaluation of Hydrodynamic and Gas-Liquid Mass Transfer Characteristics in Bubble Column and Airlift Slurry Reactors*, The Chemical Engineering Journal Vol.62, Hal. 223-229.

Development Alternatif, Inc. (September, 2006), *Comperative Study. Centralized Wastewater Treatment Plants in Indonesia*, Development Alternative, Inc for United States Agency for International Development.

Hasan Hariri, Wina L., dan Risky A. (2012), *Desain Teknologi Pengawetan Tahu Ramah Lingkungan untuk Usaha Kecil Menengah*, Seminar Nasional Mesin dan Industri, ISBN 978-602-98109-1-2.

Jan B.Bates, Steven F. Sciamanna. Clarification of produced water in the oil and gas industry. United States of America Patent US5543043A. August 6, 1996.

Josep T.Witkowski, Steve D. Raffebesperger. Air Sparger for Agitating Solid-liquid Suspensions. United States of America Patent US5470149A. September 15, 1995.

Karimi. A., Golbabaei.F., Mehrnia. M.R., Neghab. M., et all(2013), *Oxygen Mass Transfer in a Stirred Tank Bioreactor Using Different Impeller Configurations for Environmental Purposes*, Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering, BioMed Central.

Kaswinarni, Fibria. (2007), *Kajian Teknik Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu*, Tesis Pasca Sarjana Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro.

Moshtari Behnoosh, Babakhani Ensieh Ganji, Moghaddas Jafar Sadegh (2009), *Experimental Study of Gas Hold-up and Bubble Behavior in Gas-Liquid Bubble Column*, Petroleum and Coal 51(1), Hal.27-32, ISSN 133707027.

- Porterfield, Hancel W. Sparger Waste. United States of America Patent US3867488 A. February 18, 1975.
- Smyth. R.C., Hoborka. S.D., Rumanak .K.D., Partin. J.W., Wong. C. (2008), *Assessing Risk to Fresh Water Resources from Long Term CO₂ Injection-Laboratory and Field Studies*, The 9th Conference on Greenhouse Gas Control Technologies(GHGT-9), GCCC Digital Publication Series#08-03, Washington, D.C.
- Tuhu Agung R dan Hanry Sutan Winata. (2010), *Pengolahan Air Limbah Industri Tahu dengan Menggunakan Teknologi Plasma*, Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol2. No.2.
- Wina Libyawati, Hasan Hariri, Bambang Sulaksono, dan Megara Munandar. (27 Nopember2014), *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Tahudengan O₂ untuk Usaha Kecil Menengah*, Seminar Nasional Teknologi Manufaktur (SNTM), Sungailiat, ISBN 978-602-14791-1-7.
- Zhou, H dan Smith, D.W. (2002), *Advance Technologies in Water and Wastewater Treatment*, Journal Environment Engineering Science Vol.1, Hal. 247-264. NRC Research Paper.

