

# EFEKTIFITAS PENAMBAHAN SUBSTRAT PADA PENGOLAHAN BIOLOGIS LIMBAH CAIR TAHU MENGGUNAKAN SISTEM CSTR

Anshah Silmi Afifah<sup>1</sup>, I Wayan Koko Suryawan<sup>1</sup>

Universitas Universal

E-mail: anshah.silmi@uvers.ac.id, iwayankokosuryawan@uvers.ac.id

## ABSTRAK

Air limbah industri tahu banyak mengandung zat-zat organik, dimana zat-zat organik merupakan limbah yang paling besar mencemari lingkungan. Pengolahan limbah organik dengan proses biologis lebih ekonomis dan efektif. Penanganan limbah organik secara biologis dengan memanfaatkan mikroorganisme merupakan metode yang relatif lebih aman dibandingkan dengan metode kimia dan fisika. Setiap mikroorganisme dalam menjaga kelangsungan hidupnya selalu melakukan metabolisme, sehingga perlu tambahan bahan-bahan organik seperti substrat. Penelitian dilakukan untuk mengetahui efektifitas penambahan substrat pada pengolahan biologis limbah cair tahu menggunakan sistem CSTR. Konsentrasi COD yang digunakan pada proses aklimatisasi dan running sebesar 1000 mg/L. Proses aklimatisasi dan running digunakan variasi perbandingan limbah tahu : glukosa sebesar 25% : 75% dan 75% : 25%. Proses aklimatisasi dan running diberhentikan saat efisiensi penyisihan COD telah stabil. Proses aerob pada pengolahan biologis mampu menyisihkan kadar COD limbah tahu hingga 84,62% sehingga menghasilkan effluent dengan nilai COD sebesar 160 mg/L.

**Kata Kunci:** *Pengolahan Biologis, Substrat, Limbah Cair Tahu*

## ABSTRACT

*Tofu industrial wastewater contains a lot of organic substances, organic substances are the biggest waste polluting the environment. Processing of organic waste with biological processes is more economical and effective. Handling biologically organic waste by utilizing microorganisms is a method that is relatively safer compared to chemical and physical methods. Every microorganism in maintaining its survival always carries out metabolism, so it needs additional organic ingredients such as substrate. The study was conducted to determine the effectiveness of substrate addition in the biological treatment of tofu liquid waste using the CSTR system. The COD concentration used in the acclimatization and running process is 1000 mg / L. The process of acclimatization and running used a variation of the ratio of tofu waste: glucose by 25%: 75% and 75%: 25%. The acclimatization and running processes are stopped when the COD removal efficiency is stable. The aerobic process in biological processing was able to set aside COD levels of tofu waste up to 84.62% to produce an effluent with a COD value of 160 mg / L.*

**Keyword:** *Biological Processing, Substrate, Tofu Liquid Waste*

## PENDAHULUAN

Air limbah yang dihasilkan dari industri tahu mengandung zat-zat organik yaitu protein 40%-60%, karbohidrat 25%-50%, lemak 10% dan padatan tersuspensi lainnya yang dapat mengalami perubahan fisika, kimia dan hayati sehingga menghasilkan zat toksik (Pradana, Suharno, & Apriansyah, 2018). Zat-zat organik merupakan limbah yang paling besar mencemari lingkungan (Paramita, Shovitri, & Kuswytasari, 2012). Salah satu cara dalam mengurangi tingkat pencemaran air yaitu dengan proses biologis menggunakan mikroorganisme (Pohan, 2008). Setiap mikroorganisme dalam menjaga kelangsungan hidupnya selalu melakukan metabolisme, sehingga perlu tambahan bahan-bahan organik yang akan dikeluarkan dalam bentuk CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan NH<sub>3</sub> (Mardisiwayo, 1993). Faktor pembatas substrat sebagai COD sebesar 1000 mg/L, dilakukan untuk memberikan jumlah konsentrasi pembatas nutrisi (limiting nutrient) yang berfungsi sebagai sumber karbon, penerima elektron, sumber nitrogen, dan berbagai faktor yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk berkembang biak. Adanya perlakuan tersebut akan didapatkan efisiensi pengolahan berdasarkan konsentrasi awal dan akhir substrat pada tahap aklimatisasi dan running. Pengolahan limbah organik dengan proses biologis lebih ekonomis dan efektif (Suryawan, Helmy, & Notodarmojo, 2018). Penanganan

limbah organik secara biologis dengan memanfaatkan mikroorganisme merupakan metode yang relatif lebih aman dibandingkan dengan metode kimia dan fisika (Rizka, 2001). Mikroorganisme yang berperan pada proses biologis tumbuh dan berkembang biak dalam keadaan tersuspensi (Metcalf & Eddy, 1991). Penelitian dilakukan untuk mengetahui efektifitas penambahan substrat pada pengolahan biologis limbah cair tahu menggunakan sistem CSTR. CSTR merupakan reaktor berupa tangki berpengaduk dengan asumsi pengadukan yang terjadi sangat sempurna sehingga konsentrasi tiap komponen dalam reaktor seragam, sebesar konsentrasi aliran yang keluar dari reaktor (Rubi, Agarwal, Deo, & Kumar, 2015). Effluent limbah tahu harus memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai khusus untuk limbah tahu.

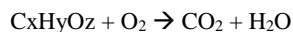
## TINJUAN PUSTAKA

Limbah industri tahu pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) bentuk limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat pabrik pengolahan tahu berupa kotoran hasil pembersihan kedelai (batu, tanah, kulit kedelai, dan benda padat lain yang menempel pada kedelai) dan sisa saringan

bubur kedelai yang disebut dengan ampas tahu. Limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik yang tinggi terutama protein dan asam-asam amino. Adanya senyawa-senyawa organik tersebut menyebabkan limbah cair industri tahu mengandung BOD, COD, dan TSS yang tinggi.

Senyawa organik yang berada pada limbah adalah senyawa yang dapat diuraikan secara sempurna melalui proses biologi baik aerob maupun anaerob. Sedangkan senyawa anorganik pada limbah adalah senyawa yang tidak dapat diuraikan melalui proses biologi. Limbah cair tahu mengandung bahan organik berupa protein yang dapat terdegradasi menjadi bahan anorganik. Degradasi bahan organik melalui proses oksidasi secara aerob akan menghasilkan senyawa-senyawa yang lebih stabil. Dekomposisi bahan organik pada dasarnya melalui dua tahap yaitu bahan organik diuraikan menjadi bahan anorganik. Bahan anorganik yang tidak stabil mengalami oksidasi menjadi bahan anorganik yang stabil, misalnya ammonia mengalami oksidasi menjadi nitrit dan nitrat (Effendi, 2003).

Bahan-bahan organik yang terdapat dalam limbah dapat dipecah oleh mikroorganisme aerob menjadi bahan yang tidak mencemari, dimana pemecahan ini berlangsung dalam suasana aerob (ada Oksigen). Bahan-bahan organik + mikroorganisme aerobik + O<sub>2</sub>



Bahan-bahan organik tersebut sebagian digunakan oleh mikroorganisme sendiran sebagian lagi dipecah menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Penggunaan tersebut antara lain untuk pertumbuhan, perbanyakan, dll. Setiap mikroorganisme dalam menjaga kelangsungan hidupnya selalu melakukan metabolisme, sehingga perlu tambahan bahan-bahan organik dan dikeluarkan atau dihasilkan CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan NH<sub>3</sub> (Mardisiwayo, 1993)

Reaktor dimana mikroorganisme yang berperan pada proses biologis tumbuh dan berkembang biak dalam keadaan tersuspensi. Di dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. CSTR adalah reaktor model berupa tangki berpengaduk dan diasumsikan pengaduk yang bekerja dalam tanki sangat sempurna sehingga konsentrasi tiap komponen dalam reaktor seragam sebesar konsentrasi aliran yang keluar dari reaktor. Dalam reaktor tipe CSTR, baik konsentrasi mikroorganisme maupun konsentrasi substrat terlarut akan sama disetiap titik. CSTR merupakan reaktor berupa tangki berpengaduk dengan asumsi pengadukan yang terjadi sangat sempurna sehingga konsentrasi tiap komponen dalam reaktor seragam, sebesar konsentrasi aliran yang keluar dari reaktor (Rubi, Agarwal, Deo, & Kumar, 2015).

Oksigen Terlarut (DO) penting dalam pengoperasian sistem saluran pembuangan maupun bangunan pengolahan limbah cair. Derajat kandungan oksigen pada limbah cair sangat bervariasi dan sama sekali tidak stabil. Tujuan pengelolaan limbah cair sebelum diolah adalah memelihara kandungan oksigen terlarut dan cukup untuk mencegah terjadinya kondisi anaerobik. Pada efluen yang telah diolah, derajat

kandungan oksigen 1 atau 2 mg per liter dapat dicapai. Kandungan oksigen terlarut minimum merupakan konsentrasi minimum DO yang dibutuhkan untuk kehidupan mikroorganisme aerob. **Tabel 1** dapat dilihat konsentrasi minimum DO menurut berbagai sumber

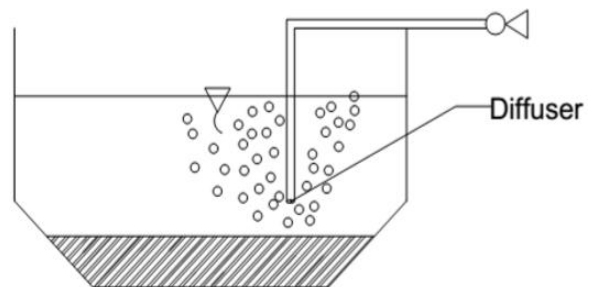
**Tabel 1.** Hasil Pengamatan Karakteristik Awal Biakan Mikroorganisme

No	Kebutuhan DO	Sumber
1	Pengoperasian bioreaktor anaerobik dilakukan konsentrasi DO selalu berada diatas 3 mg/L	(Syafila, Setiadi, Mulyadi, & Esmiralda, 2007).
2	Konsentrasi DO optimum untuk menghilangkan gas nitrifikasi relatif rendah yaitu sekitar 2 sampai 3 mg/L	(Gerardi, 2002)
3	Untuk alga laju transfer gas harus dijaga, agar nilai DO > 4 mg/L sesuai dengan suhu ruang.	(Djenar & Soeswanto, 2005)

## METODOLOGI PENELITIAN

Seeding dilakukan dengan menambahkan 1 L lumpur biomassa dan 4 L air limbah ke dalam reaktor. Glukosa sebanyak 1 spatula sebagai substrat untuk mikroorganisme juga ditambahkan ke dalam reaktor. Seeding dilakukan selama 1 minggu dengan tujuan mengembangbiakkan biomassa.

Diffuser udara dialirkan setiap hari ke dalam reaktor (**Gambar 1**). Diffuser udara berfungsi untuk transfer oksigen dan pengaduk pada sistem sehingga terbentuk sistem yang CSTR (*Continuous Sired Tank Reactor*) dan tersuspensi. Kondisi aliran yang digunakan adalah sistem batch, sehingga dalam reaktor ini tidak terdapat aliran masuk dan keluar.



**Gambar 1.** Gambaran Reaktor

Aklimatisasi dilakukan untuk meningkatkan jumlah mikroorganisme yang akan digunakan pada tahap selanjutnya, agar terbiasa dengan penggunaan limbah tahu sebagai substrat. Aklimatisasi awal dilakukan dengan menggunakan sludge pada tahap seeding. Sludge yang digunakan diendapkan pada reaktor dengan volume 1 L.

Konsentrasi COD yang digunakan pada proses aklimatisasi dan running sebesar 1000 mg/L. Proses aklimatisasi dan running digunakan variasi perbandingan limbah tahu : glukosa sebesar 25% : 75 % dan 75% : 25%. Proses aklimatisasi dan running dihentikan saat efisiensi penyisihan COD telah stabil.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN Seeding**

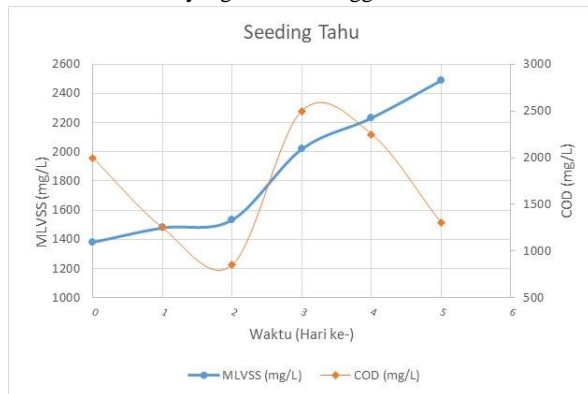
Start-up bioreaktor dilakukan pada dua unit bioreaktor yang mempunyai ukuran dan desain yang identik yaitu 5 L. Kondisi operasi bioreaktor selama start-up dilakukan pada suhu ruang. Pada bagian tersuspensi dibiakan bibit mikroorganisme aerob sebanyak 1 L, tinggi cairan sama dengan bagian tersuspensi. Sistem didiamkan selama kurang lebih satu minggu hari dengan tujuan untuk mengembang biakan biomasa. Sistem diberikan glukosa sebanyak 1 spatula, hal ini dilakukan untuk memberikan substrat kepada mikroorganisme. Karakteristik awal limbah dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Hasil Pengamatan Karakteristik Awal Biakan Mikroorganisme

Parameter	Konsentrasi	Satuan
Turbidity	147	NTU
MLSS	1083	mg/L
MLVSS	720	mg/L
COD	2500	mg/L
pH	6,5 - 7	
DO	6,5 - 8	mg/L

Pembibitan dilakukan secara aerob dengan bantuan diffuser. Kadar oksigen terlarut (DO) berfluktuasi secara harian dan musiman tergantung pada pencampuran dan pergerakan masa air, aktivitas fotosintesis, respirasi mikroorganisme dan limbah yang masuk ke perairan. Nilai DO dikontrol setiap hari, dimana nilai DO antara 6,5 - 8 mg/L menunjukkan nilai yang memenuhi kriteria kondisi aerob. Hasil pengukuran pertumbuhan mikroorganisme saat dipindahkan ke reaktor dengan volume 5 L berupa MLVSS (mg/L) dan kontrol konsentrasi COD (mg/L) dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Hasil menunjukkan bakteri tumbuh dengan baik selama waktu 6 hari. Hari ke-2 dilakukan penambahan glukosa, hal ini mengakibatkan COD dalam limbah meningkat pada hari berikutnya. Grafik pada hari berikutnya COD mengalami penurunan hingga mencapai 1300 mg/L. Pemberian glukosa tersebut bakteri dapat tumbuh dengan baik terlihat dari nilai MLVSS yang semakin tinggi.



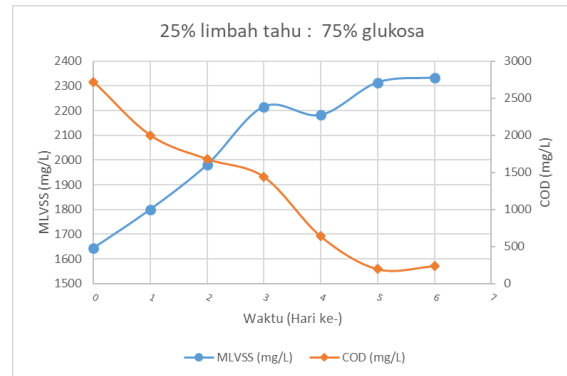
**Gambar 2.** Hasil Pengukuran MLVSS dan COD pada Tahap Seeding

Hasil pengukuran pada hari ke-3 menunjukkan nilai MLVSS mencapai 2000 mg/L. Nilai MLVSS pada hari

berikutnya melebihi 2000 mg/L, menunjukkan tingkat pertumbuhan mikroorganisme dalam bentuk biomassa sudah memasuki acceleration phase, yaitu suatu kondisi dimana mikroorganisme mengalami penurunan waktu generasi dan peningkatan laju pertumbuhan sehingga mikroorganisme mampu melakukan aktivitas dalam menguraikan bahan organik berupa glukosa (Sudaryati, Kasa, & Suyasa, 2011).

**Aklimatisasi**

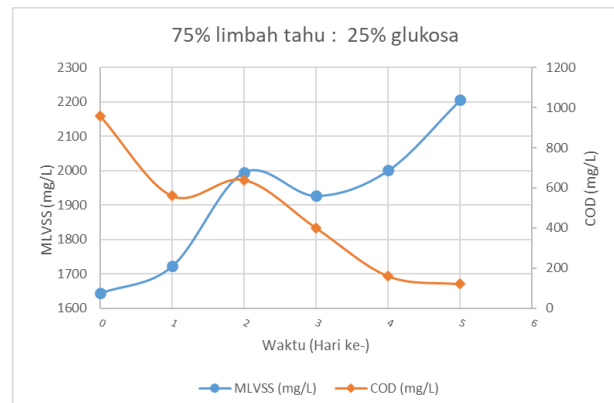
Proses aklimatisasi dan running digunakan variasi perbandingan limbah tahu : glukosa sebesar 25% : 75 % dan 75% : 25%. Proses aklimatisasi diukur nilai MLVSS dan COD untuk mengetahui hubungan antara mikroorganisme dalam menguraikan senyawa organik. Grafik 2 menunjukkan nilai MLVSS dan COD pada variasi perbandingan 25% limbah tahu dan 75% glukosa. Aktivitas mikroorganisme aerob yang dapat menguraikan senyawa organik dalam air limbah tahu dapat berjalan dengan baik (**Gambar 3**).



**Gambar 3.** Hasil Pengukuran MLVSS dan COD pada Tahap Aklimatisasi 25% Limbah Tahu dan 75% Glukosa

Nilai akhir COD mencapai 200 – 240 mg/L pada tahap akhir pengolahan. Konsentrasi MLVSS meningkat seiring dengan waktu pengolahan dan konsentrasi COD menurun, hal ini menunjukkan degradasi pada 25% limbah tahu berhasil dilakukan dan dilanjutkan ketahap aklimatisasi 75% limbah tahu.

Aklimatisasi selanjutnya digunakan dengan 75% limbah tahu dan 25% glukosa, yang berarti limbah tahu digunakan sebagai substrat primer dan glukosa sebagai substrat sekunder. Hasil pengamatan yang diperoleh seperti pada **Gambar 4**.

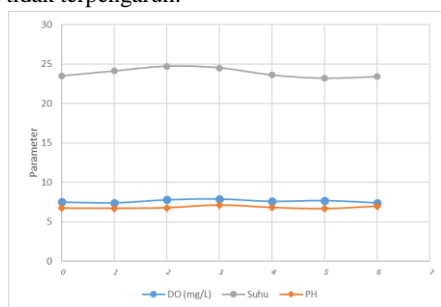


**Gambar 4.** Hasil Pengukuran MLVSS dan COD pada Tahap Aklimatisasi 75% Limbah Tahu dan 25% Glukosa

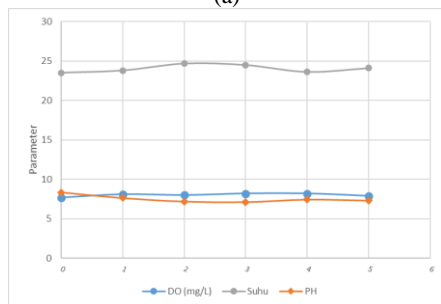
Konsentrasi MLVSS mengalami peningkatan dari sekitar 1600 mg/L menjadi 2200 mg/L pada hari ke-6, sedangkan nilai COD terjadi penurunan dari sekitar 1000 mg/L menjadi COD konstan antara 120 - 160 mg/L. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan dengan penambahan limbah tahu sebanyak 75% berhasil dilakukan, dan proses degradasi dapat berlangsung.

DO yang di ukur memiliki rata – rata antara 7,4 – 8,2 mg/L (**Gambar 5**). Nilai DO ini sudah memenuhi kriteria pengolahan aerob yaitu lebih dari 3 mg/L (Syafila, Setiadi, Mulyadi, & Esmiralda, 2007). Oleh karena nilai DO sudah cukup tinggi dapat dikatakan transfer oksigen berlangsung dengan baik dan utilitas penggunaan oksigen terjamin untuk mikroorganisme.

Hal yang mempengaruhi nilai DO adalah suhu ruangan dan mempengaruhi jenis bakteri yang tumbuh dalam reaktor. Dapat dilihat pada Grafik 4 suhu ruangan bernilai antara 24-26°C sehingga bakteri yang digunakan adalah jenis bakteri mesofilik. pH pada reaktor dijaga agar nilainya antara 6-9. Dalam aklimatisasi 1 pH yang terukur memiliki nilai 6-7 sedangkan pada aklimatisasi kedua pH mengalami kenaikan menjadi 8,2 pada hari pertama dan berangsur konstan antara 7-7,6. Nilai pH pada awal proses degradasi anaerob akan meningkat, kemudian menurun. Peningkatan pH terjadi saat proses hidrolisis dimana H<sup>+</sup> digunakan untuk mengkatalisis reaksi pemutusan ikatan pada polisakarida, lipid dan protein (Chotimah, 2010). Peningkatan pH menunjukkan adanya kegiatan mikroorganisme menguraikan bahan organik seperti karbohidrat yang diuraikan menjadi glukosa (Iswanto, Astono, & Sunaryati, 2007). Temperatur dan pH memainkan peranan penting dalam degradasi limbah pada tahap aklimatisasi karena pH mempengaruhi laju reaksi agar dalam proses bakteri yang berperan penting dalam sistem tidak terpengaruh.



(a)



(b)

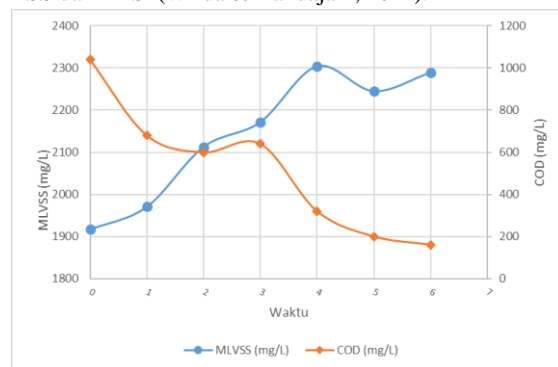
**Grafik 5 (a).** Hasil Pengukuran DO, Suhu, dan pH pada Aklimatisasi 25% Limbah Tahu dan 75% Glukosa (**b**). Hasil Pengukuran DO, Suhu, dan pH pada Aklimatisasi 75% Limbah Tahu dan 25% Glukosa

### Running

Tahap terakhir yang dilakukan adalah running 100% limbah tahu dengan COD 1000 mg/L. Tujuannya adalah untuk memberikan jumlah konsentrasi pembatas nutrisi (limiting nutrient) yang berfungsi sebagai sumber karbon, penerima elektron, sumber nitrogen, dan berbagai faktor yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk berkembang biak dalam kondisi yang tidak terlalu pekat.

Volume total yang digunakan dalam proses running yaitu 5 L, terdiri dari 1 L lumpur aktif yang berisikan biomassa dan 4 L limbah tahu. Lumpur dengan volume lebih besar menunjukkan mikroba lebih banyak, sehingga senyawa organik dalam air limbah yang dibutuhkan oleh mikroba juga semakin banyak, akibatnya penurunan COD makin besar (Sani, 2006). Biomassa didapatkan dengan cara mengendapkan lumpur pada aklimatisasi 75% limbah. Hasil running dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Nilai COD awal pada proses running yaitu sekitar 1000 mg/L. Nilai akhir COD mencapai 160 – 200 mg/L pada tahap akhir pengolahan. Konsentrasi MLVSS meningkat seiring dengan waktu pengolahan dan konsentrasi COD menurun, hal ini menunjukkan degradasi pada saat running 100% limbah tahu dengan konsentrasi 1000 mg/L berhasil dilakukan. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konsentrasi COD jenuh yaitu pada hari ke -6, sehingga proses running dihentikan. Adanya proses degradasi juga dapat ditunjukkan dengan semakin menurunnya nilai COD, TSS dan TDS (Wirda & Handajani, 2011).



**Gambar 6.** Hasil Pengukuran MLVSS dan COD pada Tahap Running 100% Limbah Tahu

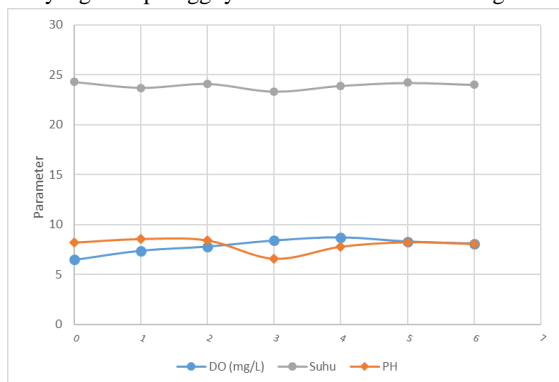
Zat organik dalam air limbah merupakan zat-zat yang dapat didegradasi secara sempurna melalui proses biologi baik aerob maupun anaerob. Degradasi bahan organik melalui proses oksidasi secara aerob akan menghasilkan senyawa-senyawa yang lebih stabil. Dekomposisi bahan organik pada dasarnya melalui dua tahap yaitu bahan organik diuraikan menjadi bahan anorganik. Bahan anorganik yang tidak stabil mengalami oksidasi menjadi bahan anorganik yang stabil, misalnya ammonia mengalami oksidasi menjadi nitrit dan nitrat (Effendi, 2003). Proses yang terjadi saat running, selain karena adanya pemanfaatan

substrat limbah tahu oleh mikroorganisme, penurunan COD juga diakibatkan karena adanya oksidasi substrat.

Senyawa organik akan diubah menjadi  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4$  dan massa bakteri sebagai sumber energi (Bitton, 2005). Proses oksidasi substrat oleh  $\text{O}_2$  terlarut (proses aerob) merupakan proses penguraian substrat menjadi asam organik yang selanjutnya akan terurai menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Proses pengolahan limbah tahu yang dilakukan secara aerob memiliki efisiensi penyisihan COD sebesar 84,62%. Angka efisiensi ini menurun dari efisiensi sebelumnya pada proses aklimatisasi yaitu 91,18 % pada saat aklimatisasi 25% limbah tahu dan 87,5% pada 75% limbah tahu. Hal ini mungkin terjadi karena kondisi lingkungan atau substrat yang dipakai tidak sesuai dengan bakteri sehingga efisiensi menjadi berkurang. Berdasarkan peraturan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai khusus untuk limbah tahu, COD yang dihasilkan pada proses degradasi dari tahap aklimatisasi sampai running sudah mencapai standar baku mutu buangan limbah tahu.

Nilai DO dalam percobaan menunjukkan DO yang cukup tinggi (**Gambar 7**), hal ini karena konsentrasi DO jenuh terjadi oleh adanya proses difusi antara air dengan udara bebas. Kecepatan difusi oksigen dari udara tergantung dari beberapa faktor seperti kekeruhan air dan TSS. Nilai TSS yang rendah dapat meningkatkan oksigen terlarut dalam air (Azizah, 2017). Dalam percobaan nilai TSS menunjukkan nilai yang cukup tinggi yaitu sekitar 2000 – 3000 mg/L.



**Gambar 7.** Hasil Pengukuran DO, Suhu, dan pH pada

## KESIMPULAN

Proses aerob pada pengolahan biologis mampu menyisihkan kadar COD limbah tahu hingga 84,62% sehingga menghasilkan effluent dengan nilai COD sebesar 160 mg/L. Nilai tersebut memenuhi baku mutu limbah tahu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Baku Mutu Air Limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai khusus untuk limbah tahu.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada tim *reviewer* dan tim *editor* yang telah meluangkan waktu dalam menjadikan artikel ini lebih baik, sehingga dapat *publish*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, D. (2017). Kajian Kualitas Lingkungan Perairan Teluk Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau. *1st National Seminar of Marine and Fisheries* (pp. 6(1), 47-53). Tanjung Pinang: Raja Ali Haji Maritime University.
- Bitton, G. (2005). *Waste Water Microbiology Third Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Chotimah, S. N. (2010). *Pembuatan Biogas dari Limbah Makanan dengan Variasi dan Suhu Substrat dalam Biodigester Anaerob*. Surakarta: Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Djenar, N. S., & Soeswanto, B. (2005). Penyerapan Polutan Logam Besi (Fe) Dengan Memanfaatkan Tanaman Eceng Gondok. *Jurnal Fluida*, 4(1), 35-40.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Gerardi, M. H. (2002). *Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process*. New York: John Wiley & Sons.
- Iswanto, B., Astono, W., & Sunaryati. (2007). Pengaruh Penguraian Sampah Terhadap Kualitas Air Ditinjau dari Perubahan Senyawa Organik Dan Nitrogen Dalam Reaktor Kontinyu Skala Laboratorium. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 4; No. 1; Hal. 24-29.
- Mardiswayo, P. (1993). *Petunjuk Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran Limbah Padat dan Cair Industri*. Jakarta: Departemen Perindustrian.
- Metcalf, & Eddy. (1991). *Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Reuse*. New York: McGraw-Hill.
- Paramita, P., Shovitri, M., & Kuswyatari, N. D. (2012). Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol. 1 No. 1.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tentang Baku Mutu Air Limbah. 2014. Jakarta: Kemenvh
- Pohan, N. (2008). *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Proses Biofilter Aerobik*. Medan: Universitas Sumatera utara.
- Pradana, T. D., Suharno, S., & Apriansyah, A. (2018). Pengolahan Limbah Cair Tahu untuk Menurunkan Kadar TSS dan BOD. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, Vol. 4, No. 2.
- Rizka, A. (2001). *Proses pembibitan dan aklimatisasi dalam reaktor pemroses biologis pada aliran dengan sistem batch (EM4 19,23 ML/L) dan sistem resirkulasi (EM4 4,5 ML/L)*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Rubi, Agarwal, V., Deo, A., & Kumar, N. (2015). Temperature control of CSTR using PID Controller. *International Journal Of Engineering And Computer Science*, Vol. 4; No. 5; Hal; 11902-11905.
- Sani, E. Y. (2006). *Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Reaktor Anaerob Bersekat dan Aerob*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sudaryati, N. L., Kasa, I. W., & Suyasa, I. W. (2011). Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *ECOTROPIC*, Vol. 3; No. 1; Hal. 21-29.
- Suryawan, I., Helmy, Q., & Notodarmojo, S. (2018). *Textile Wastewater Treatment: Colour and COD*

- Removal of Reactive Black-5 by Ozonation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* (pp. 1-6). Britania Raya: IOP Publishing Ltd.
- Syafila, M., Setiadi, T., Mulyadi, A. H., & Esmiralda. (2007). Kajian Biodegradasi Limbah Cair Industri Biodiesel pada Kondisi Anaerob dan Aerob. *PROC. ITB Sains & Tek.* (pp. Vol. 39 A; No. 1&2; Hal. 165-178). Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Wirda, F. R., & Handajani, M. (2011). *Degradation of Organic Compound in Liquid Phase Biowaste With Additional Water Variation at Ratio 1:2 in Batch Reaktor.* Bandung: Institut Teknologi Bandung.