



Degradasi Bahan Organik dan Pertumbuhan Biomassa Konsorsium pada Air Limbah Olahan Babi dengan Lumpur Aktif Anoksik

I Wayan Koko Suryawan*, Anshah Silmi Afifah, Gita Prajati

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Universal, Indonesia

*E-mail: iwayankokosuryawan@gmail.com

ABSTRAK

Produksi daging babi di Indonesia semakin meningkat seiring dengan permintaan dan pasar. Hasil samping dari kegiatan tersebut adalah air limbah olahan babi yang mengandung bahan organik dan lemak yang sangat tinggi sehingga sulit untuk diolah. Pengolahan air yang mudah dan murah perlu diaplikasikan, mengingat pelaku usaha ini didominasi industri rumah tangga. Lumpur aktif adalah salah satu teknologi konvensional yang umum digunakan di Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui proses degradasi bahan organik dan pertumbuhan mikroorganisme konsorsium dalam reaktor pengolahan *sequencing batch reactors* (SBR) anoksik. Proses pengolahan dibagi menjadi 4 tahap yaitu aklimatisasi tahap 1, 2 dan 3 serta proses pengolahan. Nilai oksigen terlarut (DO) tetap dijaga agar tetap berada dalam rentang 0,1-1 mg/L agar berada dalam suasana anoksik. Aklimatisasi tahap 1, 2 dan 3 berhasil menyisihkan COD 94,3%; 66,7% dan 58,1% dan pertumbuhan biomassa yang baik. Karakteristik awal air limbah olahan babi memiliki nilai BOD₅/COD sebesar 0,52 sehingga proses biologis dapat diaplikasikan. Nilai C/N dalam air limbah hanya 0,86. Proses pengolahan air limbah olahan babi dilakukan dalam waktu 12 hari. Penyisihan COD dalam waktu 12 hari sebesar 54,5% sedangkan penyisihan total kjeldahl nitrogen (TKN) sebesar 73,32%. Pertumbuhan biomassa pada hari terakhir pengolahan 1,284 g/L. Nilai pH dalam proses pengolahan tidak berubah secara signifikan.

Kata kunci: air limbah olahan babi, COD, biomassa, lumpur aktif, anoksik

ABSTRACT

Pork production in Indonesia is increasing with demand and markets. The result of this activity is piggery wastewater containing organic matter and very high fat is difficult to treat. Easy and inexpensive wastewater treatment needs to be applied, considering that home industries most dominate this business. Activated sludge is one of the conventional technologie applied in Indonesia. The objective of this study was to determine the degradation process of organic matter and the growth of consortium microorganisms in anoxic sequencing batch reactor (SBR). The processing process is divided into 4 stages, acclimatization of stages 1, 2, 3 and piggery wastewater treatment. Dissolved oxygen (DO) values are maintained to the range of 0.1-1 mg/L to be in an anoxic condition. Acclimatization 1, 2 and 3 successfully remove COD 94.3%; 66.7% and 58.1% and good biomass growth. The initial characteristics of piggery wastewater having a BOD₅/COD value of 0.52 can be applied in biological process. The C/N value is only 0.86. The process of piggery wastewater treatment is carried out within 12 days. Removal of COD within 12 days was 54.5% while Removal of TKN was 73.32%. Biomass growth on the last day of processing 1,284 g/L. The pH value did not change significantly.

Keywords: piggery wastewater, COD, biomass, activated sludge, anoxic

1. PENDAHULUAN

Olahan babi merupakan salah satu usaha yang dapat ditemukan diberbagai wilayah di Indonesia. Setiap wilayah memiliki suatu makanan khas yang mudah dijumpai di

daerah asalnya. Salah satu makanan khas daerah yaitu produk olahan babi dari Bali. Produksi daging babi di Bali pada tahun 2012 mencapai 59.008,823 ton [1]. Restoran olahan babi merupakan salah satu potensi

yang dapat dikembangkan, salah satunya adalah sektor pariwisata. Pengembangan produk olahan babi karena keberagaman usaha kuliner [2].

Hasil samping dari pengembangan kegiatan tersebut adalah air limbah yang sulit diolah karena tingginya bahan organik serta minyak dan lemak. Jika dilihat dari genetisnya, daging babi mengandung lemak yang tinggi. Air limbah yang mengandung babi ditandai dengan konsentrasi nutrisi yang tinggi, seperti organik, $\text{NH}_3\text{-N}$ dan $\text{PO}_4\text{-P}$ [3]. Air limbah olahan babi jika tidak diolah dengan baik dan benar dapat menyebabkan pencemaran lingkungan perairan dan gangguan kesehatan manusia.

Pengolahan biologis, termasuk pencernaan anaerobik, oksidasi amonium anaerobik (anammox), dan proses mikroaerobik atau dalam kondisi anoksik. Proses pengolahan gabungan konvensional anaerobik-aerobik adalah teknologi yang direkayasa dengan kemampuan beradaptasi yang kuat dengan biaya yang masih tinggi ketika air limbah memiliki rasio C/N rendah karena beberapa *pretreatment* secara fisik-kimia tambahan harus digunakan untuk meningkatkan rasio C/N layak untuk proses penyisihan nitrogen [4]. Pengolahan air limbah olahan babi umumnya dilakukan dalam dua reaktor yang terpisah yang membutuhkan biaya operasi perawatan yang tinggi. Air limbah kategori ini biasanya memiliki nilai rasio C/N yang rendah sehingga sulit untuk menyisihkan nitrogen [5]. Bakteri denitrifikasi akan terhambat karena sumber karbon yang tidak memadai ketika rasio C/N lebih rendah dari 3,4 [6].

Dosis sumber karbon atau penurunan konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ melalui proses fisik-kimia dapat digunakan untuk meningkatkan rasio C/N yang layak untuk pengolahan secara biologis. Namun, biaya perawatan masih tinggi dan kesulitan dalam pengoperasian sistem pengolahan [7]. Penyisihan nitrogen merupakan tantangan serius dalam mengolah air limbah olahan babi karena $\text{NH}_4^+\text{-N}$ tinggi dan rasio C/N rendah [8].

Oksigen terlarut (DO) terbatas pada konsentrasi dibawah 0,5 mg/L dapat memberi kondisi optimum bagi bakteri anammox sehingga dapat menyisihkan bahan organik, $\text{NH}_3\text{-N}$, dan total N (TN) secara optimum [9]. Pengoperasian konfigurasi foto-bioreaktor bakteri-alga dalam proses anoksik-aerobik inovatif dengan daur ulang biomassa dapat optimal dalam penyisihan nitrogen melalui proses denitrifikasi dan pertumbuhan bakteri [10]. Nitrifikasi dan denitrifikasi bakteri autotrofik akan terhambat ketika sumber karbon organik ada di air limbah karena persaingan mereka dengan bakteri heterotrofik [11]. Kondisi oksigen terlarut 0,3-1,0 mg/L merupakan kondisi transisi antara anaerobik dan aerobik, dan memungkinkan bakteri anaerobik dan aerobik hidup berdampingan dalam satu proses lumpur aktif [12].

Lumpur aktif merupakan suatu pengolahan yang dapat digunakan dan mudah serta murah untuk diaplikasikan di masyarakat. Penggunaan proses anoksik sangat membantu dalam pengolahan bahan organik yang terkandung dalam air limbah olahan babi karena mempunyai nilai C/N yang sangat rendah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui proses degradasi bahan organik (COD) oleh bakteri konsorsium dalam air limbah olahan babi dengan cara pengolahan lumpur aktif anoksik.

2. METODE PENELITIAN

2.1. AIR LIMBAH DAN SEED

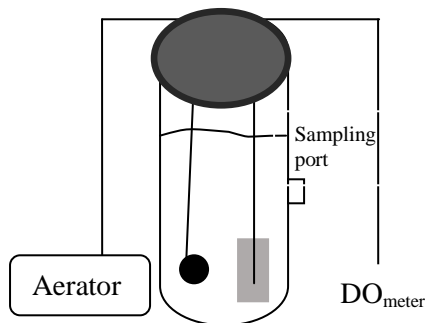
Air limbah yang digunakan adalah air limbah hasil dari kegiatan dapur olahan babi guling di daerah Kota Gianyar. Kegiatan di dapur berupa pemotongan daging dan sayuran, pencucian daging dan sayuran, kegiatan memasak baik dengan minyak maupun rebusan, dan pencucian peralatan. Biakan bakteri yang digunakan adalah bakteri dari selokan yang sudah ditumbuhkan secara anoksik. DO air limbah yang digunakan sekitar 0,3-1 mg/L. Biakan yang ditambahkan dalam reaktor pengolahan

sebanyak 1 L dengan konsentrasi MLSS adalah 500 mg/L.

2.2. REAKTOR

Konfigurasi reaktor yang digunakan adalah dengan cara *sequencing batch reactors* (SBR) dengan melakukan aerasi pada waktu tertentu seperti pada Gambar 1. Dalam proses pengolahan air limbah nilai DO dijaga agar tetap 0,3-1 mg/L, dengan melakukan aerasi secara cukup.

Reaktor yang digunakan dalam proses pengolahan air limbah olahan babi memiliki volume 5 L dengan penambahan biakan bakteri bervolume 1 L. Dalam proses pengolahan sampel air limbah diambil dalam *sampling port* dengan volume 100 mL.



Gambar 1. Reaktor pengolahan air limbah olahan babi secara anoksik.

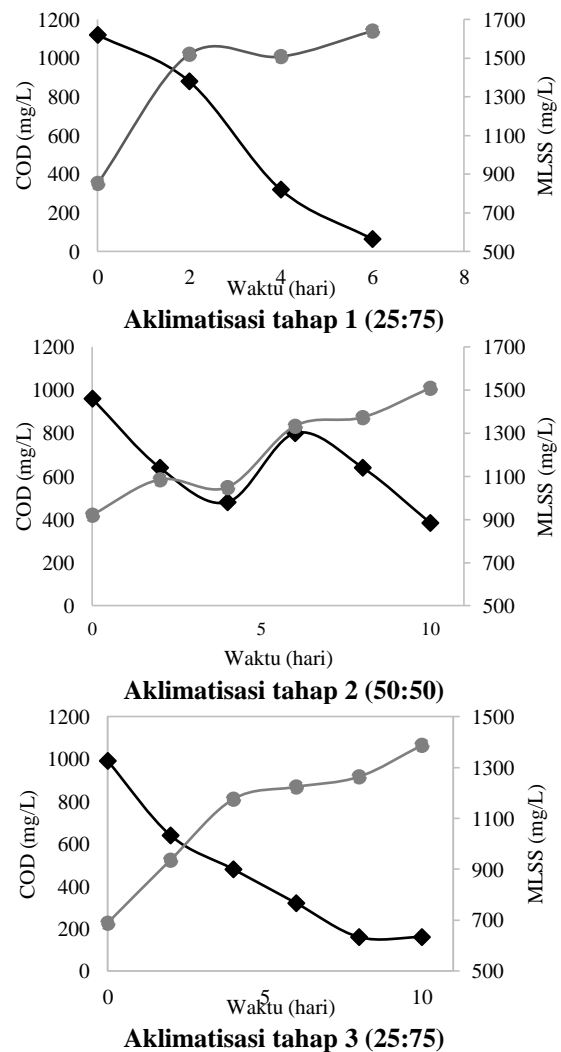
2.3. PROSEDUR ANALISIS

Proses aklimatisasi dilakukan berdasarkan persentase glukosa dan air limbah 25:75, 50:50 dan 75:25. Parameter utama yang diukur dalam penelitian ini adalah COD, BOD dan TSS. Metode yang digunakan dalam mengukur COD dengan refluks tertutup berdasarkan SNI 06-6989.2-2004. Pertumbuhan bakteri konsorsium diukur berdasarkan parameter TSS. Pengukuran TSS didasarkan pada metode gravimetri (SNI 06-6989.3-2004). Pengukuran COD dan TSS dilakukan dalam periode waktu dua hari. Percobaan dihentikan ketika nilai COD sudah mencapai penyisihan yang tinggi atau keadaan stabil. pH dan DO merupakan parameter kontrol dalam penelitian ini yang diukur dengan pH meter dan DO meter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. AKLIMATISASI

Menurut rasio air limbah dan glukosa, kinerja pengolahan dibagi menjadi 3 tahap dengan COD influen adalah 1120, 960 dan 992 mg/L (Gambar 2). Penyisihan COD dalam reaktor signifikan pada tahap 25:75, yang dihasilkan dari aklimatisasi lumpur aktif bakteri konsorsium.



Gambar 2. Pertumbuhan bakteri dan penyisihan COD pada saat aklimatisasi.

Penyisihan COD pada tahap 2 adalah 66,7% dalam 10 hari terakhir dari tahap 2, yang terlihat lebih rendah daripada pada tahap 1 yaitu 94,3%. COD influen air limbah olahan babi meningkat menjadi sekitar 1508 mg/L pada aklimatisasi pada tahap 3, penyisihan COD menurun menjadi 58,1% karena

adanya proses adaptasi oleh bakteri konsorsium.

Pada proses aklimatisasi pertumbuhan bakteri dalam bentuk MLSS sebesar 1,640; 1,508 dan 1,388 g/L pada akhir proses. Hasil ini lebih rendah dari yang ditunjukkan oleh penelitian sebelumnya yang dapat mencapai 4,4; 3,5 dan 5,2 g/L [13]. Hasil yang ditetapkan ini menunjukkan bahwa proses biologis pada DO terbatas menghasilkan lumpur aktif rendah [5].

3.2. DEGRADASI COD

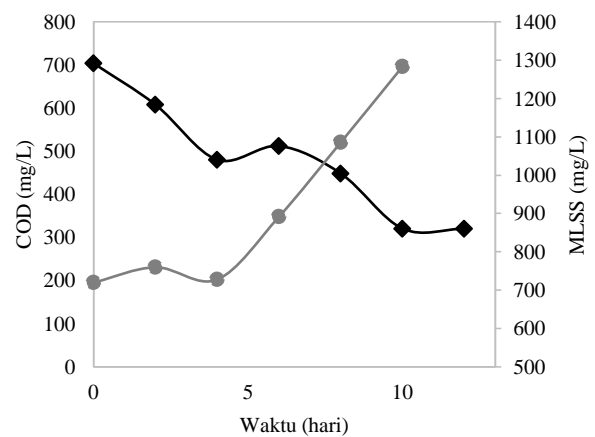
Pengolahan air limbah olahan babi dilakukan berdasarkan karakteristik utama yang ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai BOD/COD menunjukkan nilai yang cukup tinggi yang berarti pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan cara biologi. Nilai C/N pada air limbah menunjukkan nilai 0,86. Nilai tersebut sangat rendah jika dilakukan pengolahan dengan cara aerobik [6]. Pengolahan dengan jumlah oksigen terbatas untuk air limbah olahan babi dengan C/N rasio 0,84 juga dilakukan [13].

Tabel 1. Karakteristik awal air limbah olahan babi.

Parameter	Konsentrasi	Satuan
COD	704	mg/L
BOD ₅	368	mg/L
BOD ₅ /COD	0,52	
TKN	821	mg/L
C/N	0,86	
MLSS	596	mg/L
pH	8,21	
DO	0,5	mg/L

Penurunan konsentrasi COD dalam air limbah mencapai 54,5% dalam 10 hari pengolahan (Gambar 3). Nilai COD yang dihasilkan setelah proses pengolahan belum memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no 5 tahun 2014 lampiran XLV [14]. Peningkatan kualitas *effluent* perlu dilakukan dengan melakukan pengolahan lanjutan agar dapat meningkatkan kualitas *effluent* limbah seperti adsorbs maupun fitoremediasi [15-18]. Penelitian lain menyebutkan penyisihan

COD sebesar 42,3% pada 10 hari tidak dapat memenuhi standar debit nasional sebesar 125 mg/L untuk COD di sebagian besar negara barat [19]. Penelitian lain menunjukkan bahwa setelah adanya pengolahan pendahuluan berupa radiasi UV dapat meningkatkan tingkat penyisihan COD lebih dari 73% [20]. Selain radiasi UV pengolahan lain dengan menggunakan OH radikal dapat membantu proses pengolahan secara biologis [21].



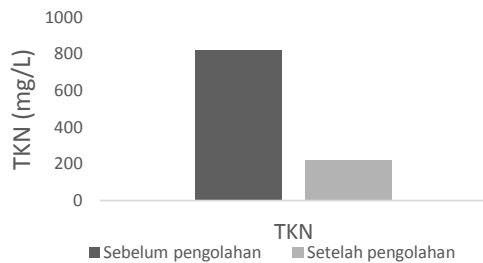
Gambar 3. Pertumbuhan bakteri dan penyisihan COD pengolahan air limbah olahan babi.

Mekanisme mikroorganisme dalam penyisihan COD dengan lumpur aktif anoksik dijelaskan oleh pertambahan biomassa. Dalam lumpur aktif, pengolahan air limbah olahan babi biasanya mengandung mikroorganisme seperti alga, protozoa, virus, bakteri [22]. Pertumbuhan mikroorganisme pada 12 hari pengolahan mencapai 1,284 g/L lebih rendah dari tahap aklimatisasi tahap 3. Beberapa spesies mikroorganisme mixotrophic berperan penting dalam mengasimilasi CO₂ dan karbon organik dalam sel secara bersamaan menjadi bentuk yang lebih sederhana [23].

3.3. DEGRADASI TOTAL KJELDAHL NITROGEN (TKN)

Proses pengolahan selama delapan hari dengan jumlah biomassa dalam kondisi stabil dapat menyisihkan TKN sebesar 73,32% (Gambar 4). Hasil dalam percobaan

ini jauh lebih rendah dibandingkan pada percobaan lain yang menghasilkan 1,80 g/L biomassa dan tingkat penyisihan TN sebesar 94,22% [24]. Salah satu faktor pembatas adalah proses oksidasi amonium yang menjadi pembatas laju penyisihan TN [25], lebih banyak $\text{NH}_4^+\text{-N}$ teroksidasi maka penyisihan TN dapat lebih tinggi.



Gambar 4. Perubahan TKN sebelum dan setelah pengolahan.

3.4. PERUBAHAN pH dan DO

Berdasarkan Tabel 2, perubahan pH dalam penelitian ini berada dalam rentang 8,2-8,5. Tidak terdapat perubahan pH yang signifikan. Nilai pH merupakan faktor penting dalam pertumbuhan mikroalga [26]. Ketika pH awal 9,0 efisiensi penyisihan TN, TP dan COD lebih rendah jika dibandingkan dengan kultur pada pH awal 7,0 [27].

Tabel 2. Perubahan pH dan DO dalam air limbah olahan babi.

Waktu (hari)	pH	DO (mg/L)
0	8,2	0,5
2	8,4	0,5
4	8,4	0,2
6	8,4	0,1
8	8,5	0,4
10	8,4	0,3
12	8,3	0,3

Oksigen terlarut (DO) merupakan indikator yang sangat penting dalam menjaga pertumbuhan mikroorganisme terutama mikroorganisme anoksik. Lingkungan dengan DO yang sangat terbatas dapat membatasi pertumbuhan bakteri AOB dan NOB serta mengakibatkan penurunan

nitritifikasi dalam reaktor [28, 29]. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, tidak ada fluktuasi DO yang besar selama periode pengolahan.

4. KESIMPULAN

Degradasi bahan organik air limbah olahan babi dapat terjadi dengan proses anoksik. Penyisihan COD dan TKN sebesar 54,5% dan 73,32% dengan pertumbuhan biomassa mencapai 1,284 g/L. Parameter kontrol dalam penelitian pH tidak mengalami perubahan yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Budaarsa, Potensi ternak babi dalam menyumbangkan daging di Bali, *Seminar Nasional Ternak Babi di Fak. Peternakan Unud*, hal. 1-18, 2014.
- [2] I. Suarna, N. Suryani, Peluang dan tantangan pengembangan ternak babi bali di Kabupaten Gianyar Provinsi Bali, *Majalah Ilmiah Peternakan*, vol 18, hal. 61-64, 2015.
- [3] J. Meng, J. Li, J. Li, K. Deng, J. Nan, P. Xu, Effect of reflux ratio on nitrogen removal in a novel upflow microaerobic sludge reactor treating piggery wastewater with high ammonium and low COD/TN ratio: Efficiency and quantitative molecular mechanism., *Bioresource Technology*, vol 243, hal. 922-931, 2017.
- [4] N. Bernet, N. Delgenes, J. Akunna, J. Delgenes, R. Moletta, Combined anaerobic-aerobic SBR for the treatment of piggery wastewater, *Water Research*, vol 34, hal. 611-619, 2000.
- [5] X. Hu, L. Xie, H. Shim, S. Zhang, D. Yang, Biological Nutrient Removal in a Full Scale Anoxic/Anaerobic/Aerobic/Pre-anoxic-MBR Plant for Low C/N Ratio Municipal Wastewater Treatment,

- Chin. J. Chem. Eng.*, vol 22, hal. 447-454, 2014.
- [6] T. Kuba, M. van Loosdrecht, J. Heijnen, Phosphorus and nitrogen removal with minimal COD requirement by integration of denitrifying dephosphatation and nitrification in a two-sludge system, *Water Res*, vol 30, hal. 1702-1710, 1996.
- [7] S. Guštin, R. Marinšek-Logar, Effect of pH, temperature and air flow rate on the continuous ammonia stripping of the anaerobic digestion effluent, *Process Saf. Environ. Prot.*, vol 89, hal. 61-66, 2011.
- [8] N. Kishida, J.-H. Kim, M. Chen, H. Sasaki, R. Sudo, Effectiveness of oxidation-reduction potential and pH as monitoring and control parameters for nitrogen removal in swine wastewater treatment by sequencing batch reactors., *J. Biosci. Bioeng.*, vol 96, hal. 285-290, 2003.
- [9] J. Meng, J. Li, J. Li, P. Antwi, K. Deng, J. Nan, P. Xu, Enhanced nitrogen removal from piggery wastewater with high NH₄⁺ and low COD/TN ratio in a novel upflow microaerobic biofilm reactor, *Bioresource Technology*, vol 249, hal. 935-942, 2018.
- [10] I. De Godos, V. Vargas, H. Guzmán, R. Soto, B. García, P. García, R. Muñoz, Assessing carbon and nitrogen removal in a novel anoxic-aerobic cyanobacterial-bacterial photobioreactor configuration with enhanced biomass sedimentation, *Water Research*, vol 61, hal. 77-85, 2014.
- [11] S. Ni, J. Ni, D. Hu, S. Sung, Effect of organic matter on the performance of granular anammox process., *Bioresour Technol*, vol 110, hal. 701-705, 2012.
- [12] L. Hu, J. Wang, X. Wen, Y. Qian, Study on performance characteristics of SBR under limited dissolved oxygen, *Process Biochem.*, vol 40, hal. 293-296, 2005.
- [13] J. Meng, J. Li, J. Li, P. Antwi, K. Deng, C. Wang, Nitrogen removal from low COD/TN ratio manure-free piggery wastewater within an upflow microaerobic sludge reactor, *Bioresource Technology*, vol 198, hal. 884-890, 2015.
- [14] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah
- [15] A. Damayanti, T. Sari, A. Afifah, S. Sutikno, The performance operation of zeolite as membrane with using laundry waste water, *J Membr a Sci Technol*, hal. 148, 2016.
- [16] A. Damayanti, A. Afifah, Filtrasi limbah laundry dengan membran zeolit-silika untuk menurunkan COD, *Jurnal Purifikasi*, vol 16, hal. 68-77, 2016.
- [17] I. Suryawan, A. Afifah, G. Prajati, Adsorpsi warna metylen blue menggunakan powder dan granular activated carbon biji binjai (*Mangifera Caesia*), *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol 3, 2018.
- [18] I. Suryawan, Fitoremediasi COD, fosfat, dan ammonia air limbah domestik bersalinitas dengan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*),” *Jurnal Riset Kajian Teknologi Dan Lingkungan*, vol 1, hal. 95-100, 2018.
- [19] M. Wang, A. Sahu, B. Rusten, C. Park,

- Anaerobic co-digestion of microalgae *Chlorella* sp. and waste activated sludge, *Bioresource Technology*, vol 142, hal. 585–590, 2013.
- [20] M. Wanga, y. Yang, Z. Chen, Y. Chen, Y. Wena i B. Chen, Removal of nutrients from undiluted anaerobically treated piggery wastewater by improved microalgae, *Bioresource Technology*, vol 222, hal. 130–138, 2016.
- [21] I. Suryawan, Q. Helmy, S. Notodarmojo, Textile wastewater treatment: colour and COD removal of reactive black-5 by ozonation., *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol 106, hal. 1-6, 2018.
- [22] S. Cho, T. Luong, D. Lee, Y.-K. Oh, T. Lee, Reuse of effluent water from a municipal wastewater treatment plant in microalgae cultivation for biofuel production, *Bioresour. Technol*, vol 102, hal. 8639–8645, 2011.
- [23] S. Yang, G. Liu, Y. Meng, P. Wang, S. Zhou, H. Shang, Utilization of xylose as a carbon source for mixotrophic growth of *Scenedesmus obliquus*, *Bioresource Technology*, vol 172, hal. 180–185, 2014.
- [24] M. Wang, Y. Yang, Z. Chen, Y. Chen, Y. Wena, B. Chen, Removal of nutrients from undiluted anaerobically treated piggery wastewater by improved microalgae, *Bioresource Technology*, vol 222, hal. 130–138, 2016.
- [25] J. Li, J. Meng, J. Li, C. Wang, K. Deng, K. Sun, G. Buelna, „The effect and biological mechanism of COD/TN ratio on nitrogen removal in a novel upflow microaerobic sludge reactor treating manure-free piggery wastewater., *Bioresource Technology*, vol 209, hal. 360–368, 2016.
- [26] Kumar, A, Ergas, S, Yuan, X, Sahu, A, Zhang, Q, Dewulf, J, Malcata, F.X, Langenhove, H. Langenhove, Enhanced CO₂ fixation and biofuel production via microalgae: recent developments and future directions, *Trends Biotechnol*, vol 28, hal. 371-380, 2010.
- [27] H. Zheng, M. Liu, Q. Lu, X. Wu, Y. Ma, Y. Cheng, M. Addy, Y. Liu, R. Ruan, Balancing carbon/nitrogen ratio to improve nutrients removal and algal biomass production in piggery and brewery wastewaters, *Bioresource Technology*, vol 249, hal. 479-486, 2017.
- [28] A. Anshah dan I. Suryawan, Efektifitas Penambahan substrat pada pengolahan biologis limbah cair tahu menggunakan sistem CSTR, *ENVIROSAN: Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 1, hal. 46-51, 2018.
- [29] J. Meng, J. Li, J. Li, C. Wang, K. Deng dan K. Sun, Effect of seed sludge on nitrogen removal in a novel upflow microaerobic sludge reactor for treating piggery wastewater, *Bioresource Technology*, vol. 216, hal. 19–27, 2016.