

Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Hibrid Biofilter dan Sistem Hidroponik NFT dalam Budidaya Selada (*Lactuca Sativa L*)

Ricky Albertus¹, Haryati Sutanto Bawole², Kisworo³

^{1,2,3}Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana,
Jl. dr. Wahidin Sudirohusodo No. 5 – 25 Yogyakarta, Indonesia
Email: Rickyalbertus3@gmail.com, haryati_bawole@yahoo.com, Kisworo@yahoo.com

ABSTRAK

Tidak dapat dipungkiri bahwa limbah domestik menjadi permasalahan bagi lingkungan. Limbah yang tidak diolah dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan berdampak pada kesehatan. Pengolahan limbah sebelum dibuang mampu mengurangi dampaknya. Biofilter adalah salah satu sistem pengolahan air limbah yang memanfaatkan mikroorganisme pada media filtrasi dalam menurunkan beban organik. Tidak semua beban organik diproses dalam biofilter, sehingga untuk memaksimalkan hasilnya, diperlukan proses lain yang menjadi satu kesatuan sistem. Sehingga, penelitian ini menggunakan hibrid biofilter dan sistem hidroponik dalam mengolah limbah domestik. Sistem hidroponik yang digunakan adalah NFT (*Nutrient Film Technique*). Tanaman yang dibudidayakan adalah selada (*Lactuca sativa L*). Selada dapat menyerap nutrisi berupa nitrat dan fosfat hasil pengolahan limbah cair. Parameter yang diukur meliputi Amoniak, Nitrat, Fosfat, TDS, BOD, DO, Suhu dan pH dengan waktu tinggal selama 5 hari. Efisiensi penurunan parameter TDS, BOD, amoniak dan fosfat pada hibrid reaktor biofilter sistem hidroponik masing-masing 31,5%, 51,6%, 99,7%, dan 50,1%.

Kata Kunci : Biofilter, Hidroponik, Limbah Domestik, NFT, Selada.

ABSTRACT

*It cannot be denied that the domestic wastewater is a problem for the environment. Untreated wastewater can cause environmental damaging and bring a negative impact on the organism's health especially humans. Treating the wastewater before disposing, can reduce its impact. Biofilter is one of the wastewater treatment system that utilizing microorganisms on the filtration media to reduce the organic loading. Not all organic loads are processed in the biofilter, then the other processed is needed to maximize the result as an unified system. This study is was about a hybrid biofilter and hydroponic system in treating domestic wastewater. The hydroponic system used is NFT (Nutrient Film Technique). The cultivated plants are Lettuce (*Lactuca sativa L*). Lettuce can absorb nutrients such as nitrates and phosphates from the treatment of liquid waste. The parameter that measured such as Ammoniac, Nitrate, Phosphate, TDS, BOD, DO, temperature, and pH with the retention time or Hydraulic Retention Time (HRT) for 5 days. The efficiency of decreasing the parameters of TDS, BOD, DO, ammonia, and phosphate in hybrid hydroponic system biofilter reactors were 31.5%, 51.6%, 99.7%, and 50.1%, respectively.*

Keywords: Biofilter, Hydroponic, Lettuce, NFT, domestic wastewater.

Pendahuluan

Limbah merupakan hasil dari segala aktivitas makhluk hidup terkhusus manusia. Limbah rumah tangga yang berasal dari aktivitas mencuci, memasak atau berasal dari toilet maupun kamar mandi biasa disebut sebagai limbah domestik. [1] Kandungan limbah domestik terdapat karakteristik yang digolongkan menjadi karakter fisik, kimia dan biologi. [2] Penyebab limbah menjadi permasalahan adalah volumenya yang tidak mampu diolah secara maksimal oleh lingkungan. Kerusakan lingkungan

dan gangguan kesehatan masyarakat menjadi dampak yang akan mengancam. Banyak sistem pengolahan air limbah yang efektif dan mudah diterapkan, salah satunya yaitu biofilter. Biofilter yaitu sebuah proses mengolah air limbah dengan mengalirkannya ke dalam reaktor biologis yang terisi media penyangga untuk mengembangbiakan mikroorganisme [3]. Dalam memaksimalkan serta mengoptimalkan tahap pengolahannya tersebut, hibrid dengan sistem hidroponik diperlukan. Alternatif penerapan teknologi hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) bertujuan untuk menurunkan beban organik atau nutrisi yaitu nitrat dan fosfat. Sistem ini lebih cocok digunakan untuk tanaman yang biomasnya rendah yaitu sayur-sayuran seperti selada. Selada memiliki kandungan nitrat hingga 57% lebih tinggi bila ditanam dibawah sistem hidroponik [4].

Limbah Domestik

Limbah domestik merupakan limbah yang dihasilkan dari tempat mencuci, toilet, tempat memasak dan kamar mandi [1]. Limbah domestik sebagai sumber pencemaran bagi perairan karena tingginya kandungan bahan organik yang memungkinkan untuk mencemari badan air. Lingkungan yang tercemar berdampak langsung kepada kondisi kesehatan masyarakat [2]. Rata-rata karakteristik limbah domestik perkotaan yaitu COD (*Chemical Oxygen Demand*) 110-700 mg/L, TSS (*Total Suspended Solid*) 25-183 mg/L, Total Coliform 56 – 8,03x10³ CFU/100 mL, dan BOD (*Biological Oxygen Demand*) 47-466 mg/L [5]. Berikut tabel yang menunjukkan baku mutu limbah domestik berdasarkan PERDA DIY No. 7 Tahun 2016 dan PERMEN LHK No. 68 Tahun 2016 [6,7].

Tabel 1. Baku mutu air limbah domestik.

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah Domestik
1	pH	-	6-9 ¹
2	Suhu	°C	± 3 °C terhadap suhu udara ¹
3	TSS	mg/L	30 ¹
4	TDS	mg/L	2000 ²
5	COD	mg/L	100 ¹
6	BOD	mg/L	75 ²
7	DO	mg/L	(-)
8	Amoniak	Mg/L	10 ¹
9	Nitrat	mg/L	(-)
10	Fosfat	mg/L	(-)

(¹) Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016

(²) Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 (Kegiatan IPAL Domestik Komunal)

(-) Parameter yang belum ada penetapan baku mutu oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 dan Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016.

Hybrid Biofilter dan Sistem Hidroponik NFT

Biofilter menggunakan prinsip biofiltrasi yang memiliki susunan seperti saringan dari tumpukan media penyangga yang telah disusun teratur. Fungsi dari media penyangga pada biofilter yaitu menjadi tempat tumbuh dan berkembangnya bakteri dalam melapisi permukaan media dengan membentuk lapisan massa yang tipis atau biasa disebut sebagai *biofilm* [3]. Biofilm ini merupakan kumpulan sel mikroorganisme, khususnya bakteri yang melekat di suatu permukaan dan diselubungi oleh pelekat karbohidrat yang dikeluarkan oleh bakteri. [8]. Efisiensi penyisihan parameter pencemar dengan biofilter mencapai persentase efisiensi pengurangan yang sangat besar seperti efisiensi penghilangan beberapa parameter berikut ini: COD sebesar 75,81–87,73%; BOD 81,14–89,89%; TOC 66,04– 86,45%; TSS 73,33–92,93%; NH₃ 78,32–80,77%; dan total coliform sebesar 95,77– 99,74% [9]. Sementara hidroponik merupakan sebuah sistem untuk melakukan budidaya tanaman yang tidak menggunakan media tanah namun menggunakan air dan penambahan nutrisi sebagai penunjang pertumbuhan [10]. Sistem hidroponik membutuhkan nutrisi dalam jumlah yang besar seperti hidrogen, oksigen, fosfor, nitrat dan sebagainya maupun dalam jumlah yang kecil seperti seng, tembaga, besi dan yang lainnya [11].

Desain dan penerapan sistem hidroponik sebagai teknologi alternatif, membutuhkan ide-ide dari multidisiplin seperti ilmu lingkungan, praktisi, teknik sipil atau arsitektur yang dapat menghubungkan konsep desain biologi tanaman dan biokimia [12]. resirkulasi air menghasilkan

pengurangan 33% air yang digunakan dalam produksi mentimun dengan sistem teknik hidroponik [13].

Sistem Hidroponik NFT (*Nutrien Film Technique*) dapat menurunkan senyawa organik (BOD dan COD) karena penyerapan tanaman terhadap senyawa polutan yang telah didegradasi oleh mikroorganisme [14]. Hasil penelitian tentang pengolahan limbah domestik dengan sistem hidroponik menggunakan tanaman selada, menyimpulkan bahwa efisiensi penurunan dari COD sebesar 86% dan BOD 87% [15].



Gambar 1. Sistem hidroponik NFT menggunakan *gully* trapesium.

Budidaya Selada (*Lactuca sativa L*)

Selada memiliki sistem perakaran tunggang dan serabut. Akar serabut menempel pada batang dan tumbuh menyebar ke semua arah pada kedalaman 20-50 cm atau lebih. Daun selada memiliki bentuk, ukuran dan warna yang beragam tergantung 7 varietasnya. Tinggi tanaman selada daun berkisar antara 30-40 cm dan tinggi tanaman selada kepala berkisar antara 20-30 cm [16]. Kandungan nitrat dikurangi atau disimpan di dalam vakuola tanaman. kemudian diangkut dalam aliran transpirasi xilem ke daun untuk reduksi. Namun, sebagian besar disimpan dalam vakuola sampai dilepaskan untuk pengurangan sitosol [4].

Metode Penelitian

Waktu dan tempat penelitian

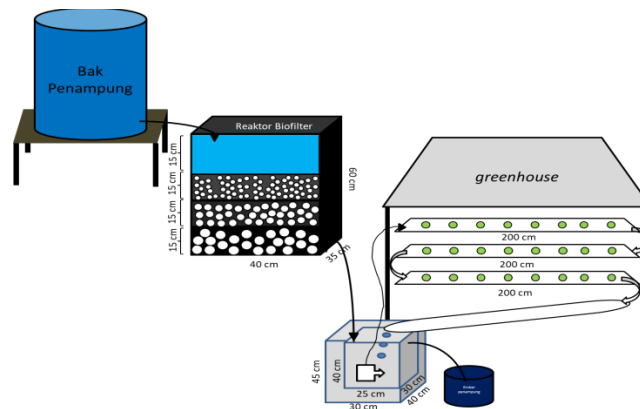
Penelitian dilakukan dalam kurun waktu 3 bulan yaitu pada bulan Februari – April 2020 di Laboratorium Ekologi Universitas Kristen Duta Wacana. Pengukuran parameter amoniak, nitrat dan fosfat dilakukan di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta.

Desain, Peralatan, dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan hibrid biofilter dan sistem hidroponik NFT yang membudidayakan tanaman selada. Sistem hidroponik NFT menggunakan 3 *gully trapesium* dengan atap *greenhouse* dari plastik uv. *Gully* dengan panjang 2 meter tersusun sejajar dengan perbedaan ketinggian berjarak 12 cm dan kemiringan 10°. Pompa air yang digunakan jenis AT-104. Desain secara utuh dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Pengambilan dan Pengukuran Sampel

Pengambilan sampel dilakukan selama 30. Sampel diambil dari titik inlet, outlet biofilter dan outlet sistem hidroponik. Pengukuran sampel suhu menggunakan thermometer, pH menggunakan pH meter, TDS menggunakan TDS meter, DO/BOD menggunakan DO meter, dan amoniak, nitrat, serta fosfat diukur dengan metode spektrofotometri. Pengamatan pertumbuhan tanaman selada meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat basah/berat kering tanaman selada. Tinggi tanaman dan jumlah daun diamati mengikuti HRT, sedangkan berat basah/berat kering pada akhir pengamatan di keringkan dengan suhu 70°C selama 2x24 jam.



Gambar 2. Desain pengolahan limbah domestik hibrid biofilter dan sistem hidroponik.

Hasil dan Pembahasan

Tabel dibawah menyajikan hasil pengukuran parameter fisik dan kimia pengolahan limbah domestik dengan hibrid biofilter dan sistem hidroponik NFT.

Tabel 2. Hasil rerata pengukuran parameter, efisiensi, dan baku mutu.

Parameter Uji	Satuan	Perlakuan					Baku Mutu
		Inlet	OutletA	Ef (%)	Outlet B	Ef (%)	
Suhu	°C	29.14 ^b ±1.17	28.49 ^a ±0.77	-	29.46 ^b ±0.93	-	±3 °C ¹
pH	-	7.39 ^a ±0.30	7.58 ^{ab} ±0.38	-	7.72 ^b ±0.20	-	6-9 ¹
TDS	mg/L	538.06 ^b ±124.39	389.5 ^a ±108.63	27.6	368.72 ^a ±74.71	31.5	2000 ²
DO	mg/L	1.29 ^a ±0.37	2.41 ^b ±0.30	-	7.34 ^c ±0.25	-	-
BOD	mg/L	186.82 ^c ±17.48	143.88 ^b ±18.74	23	90.5 ^a ±27.7	51.6	75 ²
Amoniak	mg/L	72.11 ^c ±23.28	18.11 ^b ±7.84	74.9	0.25 ^a ±0.24	99.7	10 ¹
Nitrat	mg/L	15.98 ^a ±22.18	36.24 ^a ±52.43	-	170.55 ^b ±42.18	-	-
Fosfat	mg/L	18.54 ^b ±3.67	7.14 ^b ±6.23	61.48	9.25 ^a ±6.11	50.1	-

Keterangan :

Data yang diikuti huruf yang sama tidak memiliki perbedaan signifikan sedangkan data yang diikuti huruf yang berbeda memiliki perbedaan yang signifikan

Outlet A = Outlet Biofilter, Outlet B = Outlet Hidroponik, Ef = Efisiensi dalam persen.

(¹) Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016.

(²) Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 (Kegiatan IPAL Domestik Komunal).

(-) Tidak ada (satuan/ efisiensi/ baku mutu parameter).

Tabel 3. Rerata parameter biologi tanaman selada (*Lactuca sativa L.*).

Parameter	Satuan	Rerata
Tinggi Tanaman	Sentimeter (cm)	15,36
Jumlah Daun	Helai	10
Berat Basah	Gram (gr)	6,14

Parameter	Satuan	Rerata
Berat Kering	Gram (gr)	0,47
Kadar Air	Persen (%)	92*

*Diukur dengan rumus $\% = \frac{\text{Berat basah} - \text{Berat kering}}{\text{Berat basah}} \times 100$

Berdasarkan tabel tersebut (tabel 1), Parameter suhu, pH, TDS, dan amoniak berada dibawah baku mutu yang ditetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 dan Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 . namun, parameter BOD memiliki selisih 15 ppm diatas baku mutu. Parameter DO, nitrat, dan fosfat tidak diatur pada baku mutu. Parameter nitrat dan fosfat tetap diukur karena untuk dapat melihat absorpsi yang dilakukan oleh tanaman selada (*Lactuca sativa L*) pada sistem hidroponik NFT. Berdasarkan parameter DO dan BOD, terlihat bahwa sistem hibrid ini merupakan sistem aerob. Oksigen terlarut pada sistem hidroponik menjadi jenuh (7,34 mg/L). Penurunan BOD dari 186,82 mg/L menjadi 90,5 mg/L pada sistem hidroponik NFT dengan efisiensi mencapai 51,6% menunjukkan banyaknya mikroorganisme dan aktivitasnya baik pada media biofilter maupun sistem perakaran selada dalam merombak beban anorganik.. Sistem perakaran dapat menciptakan kondisi untuk aktivitas mikroorganisme [17].

Tujuan penerapan hibrid biofilter dan sistem hidroponik NFT ini yang utama yaitu menurunkan kadar beban anorganik yang dimanfaatkan oleh tanaman selada sebagai nutrien pertumbuhan. Nutrien tersebut ialah amoniak, nitrat, dan fosfat. Parameter amoniak dan nitrat memiliki hubungan yang saling mempengaruhi dalam hasil pengukurannya. Parameter amoniak menunjukkan penurunan yang sangat signifikan hingga 99,7%. Penurunan ini karena oksidasi amoniak yang didukung melimpahnya oksigen. Konsentrasi oksigen terlarut berbanding lurus dengan proses oksidasi amoniak [18]. Oksidasi amoniak yang dimaksud ialah proses nitrifikasi, dari amoniak diubah menjadi nitrit lalu menjadi nitrat dengan aktivitas dari mikroorganisme juga [19]. Oleh karena itu, penurunan parameter amoniak berhubungan langsung dengan parameter nitrat. Hal ini karena hasil pengukuran parameter nitrat pada penelitian ini berbanding terbalik dengan parameter amoniak. Nitrat merupakan senyawa yang penting untuk tanaman sebagai proses fotosintesis [20]. Peningkatan secara signifikan terjadi dari inlet hanya 15,98 mg/L meningkat menjadi 36,24 mg/L pada biofilter dan meningkat drastis menjadi 170,55 mg/L pada sistem hidroponik NFT. Hasil tersebut tidak berarti tanaman selada tidak melakukan absorpsi pada senyawa nitrat ini. Kemungkinannya konsentrasi nitrat lebih banyak dibandingkan dengan kebutuhan tanaman selada. Karena pada tabel 3 menunjukkan hasil pertumbuhan tanaman selada melalui tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat kering/berat basah brangkasan. Bahkan tinggi tanaman selada pada akhir pengamatan hampir setara dengan penanaman selada 20 HST (Hari Setelah Tanam) penelitian [21], dengan sistem hidroponik NFT menggunakan 2 macam nutrisi Abmix dan larutan nutrisi silika yang masing-masing memiliki rerata berturut-turut 15,95 cm, 16,16 cm, dan 14,70 cm. Hal tersebut menjelaskan bahwa absorpsi nitrat tetap dilakukan oleh tanaman selada untuk pertumbuhan pada penelitian ini.

Senyawa fosfat yang diukur juga mengalami peningkatan pada sistem hidroponik, namun pada biofilter turun. Walaupun peningkatan pada sistem hidroponik tidak signifikan yakni hanya 2,11 mg/L. secara kesatuan sistem, sistem hibrid ini berhasil mengurangi 50,1% senyawa fosfat dalam limbah domestik. Fosfat juga menjadi senyawa yang diperlukan bagi tanaman. Kemungkinan peningkatan tersebut terjadi karena endapan senyawa fosfat dalam biofilm yang mengalami proses *sliding* ikut ke dalam bak resirkulasi hingga outlet sistem hidroponik. Mikroorganisme dalam media batu akan terus bertambah dan menyebabkan proses *sliding*. Keberadaan nitrat yang berlimpah juga dapat meningkatkan senyawa P dalam akar [22]. Absorpsi senyawa fosfat dapat dilihat dari pertumbuhan akar. Fosfat dapat merangsang pertumbuhan akar sehingga penyerapan nutrien menjadi lebih banyak [23].

Pada dasarnya, seluruh nutrien yang diabsorpsi dapat dilihat dari pertumbuhan tanaman selada. Hasil budidaya selada dalam mengolah limbah domestik cukup efisien. Akan tetapi, pertumbuhannya tidak optimal dibandingkan dengan menggunakan nutrisi hidroponik yang dijual komersial seperti ABmix. Parameter biologi tinggi tanaman (15,36 cm) dan jumlah daun (10 helai) tidak terlalu jauh perbedaannya, yang membedakan ialah luas daunnya. Luas daun penelitian ini cenderung kecil. Faktor yang menyebabkan hal tersebut dimungkinkan karena kandungan kalium (K) pada limbah domestik. Akan tetapi, penelitian ini tidak mengukur nutrien kalium sehingga tidak mengetahui konsentrasi yang ada. Ada kemungkinan kandungan kalium pada air limbah sangat sedikit bahkan tidak ada. Kalium merupakan unsur penting sebagai translokasi karbohidrat terhambat dan

menurunkan kecepatan fotosintesis [24]. Maka kualitas dan kuantitas dari tanaman menjadi terganggu. Berat basah dan berat kering brangkasan merupakan berat seluruh bagian tanaman yang diukur. Hasil rerata berat basah 6,14 gr dan berat kering 0,47 gr dengan kadar air 92%. Jumlah nutrisi yang diabsorpsi tanaman dapat dilihat dari berat kering yang berkaitan dengan laju respirasi dan laju fotosintesis [25].

Penelitian ini tergolong dapat diterapkan, tetapi alangkah lebih baik lagi bila dilakukan penelitian lebih lanjut terkhusus dalam mengoptimalkan pertumbuhan tanamannya. Akan menjadi hal yang maksimal jika hasil budidaya dengan limbah menyerupai budidaya dengan nutrisi yang dijual komersial. Uji kelayakan konsumsi dengan mengidentifikasi kandungan gizi yang terdapat dalam tanaman juga diperlukan guna menimbulkan rasa nyaman dari konsumen. Bila hal itu tercapai, maka lingkungan menjadi berkurang beban cemarannya dengan meningkatkan nilai ekonomi.

Kesimpulan

Hibrid biofilter dan sistem hidroponik NFT dalam budidaya selada efektif meningkatkan kualitas limbah domestik. Suhu dan pH menunjukkan peningkatan yang tidak signifikan. Peningkatan pada parameter DO dan senyawa anorganik nitrat. Penurunan parameter terjadi pada parameter TDS (31,5%), BOD (51,6%), amoniak (99,7%), dan fosfat (50,1%). Pertumbuhan selada pada pengolahan ini dapat dikatakan baik berdasarkan hasil rerata tinggi tanaman yang mencapai 15,36 cm, rerata jumlah daun sampai dengan 10 unit, berat basah dan berat kering dengan rerata masing-masing 6,14 gram dan 0,47 gram. Kadar air pada tanaman selada mencapai 92%.

Saran

1. Menambah jumlah tanaman selada yang dibudidayakan agar nitrat yang diabsorpsi mengimbangi kadar nitrat pada hasil pengolahan limbah domestik. Hal ini karena kadar nitrat yang tinggi dapat bersifat racun dan menghambat pertumbuhan.
2. Perlu dilakukan uji logam berat dan uji MPN. Tujuan uji logam berat untuk mengidentifikasi senyawa-senyawa yang berbahaya dikonsumsi hingga layak untuk dikonsumsi, karena selada merupakan sayuran yang sering dikonsumsi. Uji MPN dilakukan agar mengetahui kemampuan selada sistem hidroponik NFT dalam menurunkan bakteri coliform limbah domestik.
3. Perlu dilakukan pengukuran Kalium untuk mengetahui konsentrasi kalium yang menjadi faktor pertumbuhan tanaman.
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai lama waktu tinggal dan kecepatan aliran resirkulasi pada sistem hidroponik NFT yang bertujuan mengetahui waktu tinggal dan kecepatan aliran resirkulasi yang optimal bagi tanaman selada mengabsorpsi nutrisi pada limbah domestik.
5. Perlu memperhatikan standar *greenhouse* yang tepat berdasarkan luas dan ketinggiannya. Karena beberapa tanaman selada ada yang layu (gejala etiolasi), sehingga menghambat pertumbuhan tanaman.

Daftar Pustaka

- [1] Sugiharto, *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*, UI-Press, Jakarta, 2008.
- [2] Metcalf dan Eddy, Inc., *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*, McGraw-Hill, Inc: USA, 2003.
- [3] Herlambang, A dan R. Marsidi, Proses Denitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Nitrat, *Jurnal Teknologi Lingkungan*; Vol 4 (1), 2003, pp 46-55.
- [4] Yosoff, S. F., Tengku, M., Mohamed, M., Parvez, A., Ahmad, S. H., Ghazali, F. M., & Hassan, H., Production system and harvesting stage influence on nitrate content and quality of butterhead, *lettuce*, 2015, pp 1-9.
- [5] Li, F., Treatment of Household Grey Water for non-potable Reuses, *PhD Thesis*, Hamburg University of Technology, Hamburg, 2009..
- [6] Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta, Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Kegiatan Ipal Domestik Komunal, Ipal Tinja Komunal, 2016.

- [7] Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016, Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, 2016.
- [8] Herlambang, A., *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) dan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Samarinda, 2002.
- [9] Diyanti, I. E, dan Iqbal. R., Efisiensi Penyisihan Parameter Polutan Utama Pada Efluen Tangki Septik Menggunakan Biofilter Dengan Media Gambut Kelapa, *Jurnal Teknik Lingkungan*; Vol 18 (2), 2012, pp 115-123.
- [10] Wahyuningsih, A., Fajriani, S., Aini, N., *Komposisi Nutrisi dan Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (Brassica rapa L.) Sistem Hidroponik*, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya: Jawa Timur, 2016.
- [11] Keeratiurai, P., Efficiency of wastewater treatment with hydroponics, *ARPN J. Agric. Biol. Sci.* 8, 2013, pp 800–805.
- [12] Norström, A., Larsdotter, K., Gumaelius, L., la Cour Jansen, J., Dalhammar, G., A small scale hydroponics wastewater treatment system under Swedish-conditions, *Water Sci. Technol.* 48 (11–12), 2003, pp 161–167.
- [13] Grewal, H.S., Maheshwari, B., Parks, S.E., Water and nutrient use efficiency of a lowcost hydroponic greenhouse for a cucumber crop: an Australian case study, *Agric. Water Manag.* 98, 2011, pp 841–846.
- [14] Monnet, F., Vallant, N., Hitmi, A., Vernay, P., Coudret, A., Sallanon, H., Treatment of Domestic Wastewater Using the Nutrient Film Technique (NFT) to Produce Horticultural Roses, *Water Research*, 36, 2002, pp 1-8.
- [15] Boyden, B.H., Rababah, A.A., Recycling nutrients from municipal wastewater, *Desalination* 106, 1996, pp 241–246.
- [16] Saparinto, C., *Grow Your Own Vegetables-Panduan Praktis Menanam 14 Sayuran Konsumsi Populer di Pekanbaru*, Penebar Swadaya, Yogyakarta, 2013.
- [17] Supradata, Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius* Dalam sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan, *Tesis Magister Ilmu Lingkungan*, Semarang: Universitas Diponegoro, 2005.
- [18] Komarawidjaja, Wage, Pengaruh Perbedaan Dosis Oksigen Terlarut (DO) pada Degradasi Amonium Kolam Kajian Budidaya Udang, *Penelitian Ekotoksikologi Perairan*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta, Volume 1 (1), 2006, 32-37, 1704-1043.
- [19] D. W. Cornell, dan J. M. Gregory, *Kimia dan ekotoksikologi pencemaran*, Universitas Indonesia, 2006.
- [20] Yusriani Sapta Dewi, *Efektivitas Jumlah Rumpun Tanaman Enceng Gondok (Eichhornia Crassipes (Mart) Solm Dalam Pengendalian Limbah Cair Domestik*, Jakarta, Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Satya Negara Indonesia, 2012.
- [21] Atika, R. Enceng, S., Produksi Selada (*Lactuca sativa L*) Menggunakan Sistem Hidroponik Dengan Perbedaan Sumber Nutrisi, *Journal of Applied Agriculture Science*, Vol 3 No. 1, 2019, pp 36-41.
- [22] Ikeda, Hideo, Utilization of Nitrogen by Vegetable Crops, *JARQ* 25, 1991, pp 117-124.
- [23] Prawiranata, W., S. Harran, & P.Tjondronegoro, *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*, Jurusan Biologi Fakultas MIPA, IPB, Bogor, 1991.
- [24] Mengel, K. and E.A. Kirkby, *Principles of Plant Nutrition*, International Potash Institute, Worblaufen-Beru, Switzerland, 1978, pp 593.
- [25] Hari, A.J Soeseno Hardjoloekito. Pengaruh Pengapuran dan Pemupukan P Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max L.*) pada Tanah Latosol. Universitas Soerjo Ngawi. 2009.