

Studi Literatur Pengolahan Air Limbah Menggunakan *Mixed Aquatic Plants*

Yuridna Afifah dan Sarwoko Mangkoedihardjo

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: sarwoko@enviro.its.ac.id

Abstrak—Berkembangnya populasi penduduk serta banyak industri kecil seperti industri tahu dan industri batik kebanyakan menyatu dengan penduduk. Selain itu, kebanyakan dari hasil kegiatan tersebut membuang limbah cair langsung ke badan air sehingga mencemari dan dapat mengganggu kesehatan. Wetland atau lahan basah merupakan salah satu teknologi pengolahan air limbah dengan menggunakan tumbuhan air. Studi literatur ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan pengolahan air limbah menggunakan *mixed aquatic plant* yang difokuskan pada kemampuan tumbuhan air terhadap penurunan kontaminan yang nantinya dapat diterapkan di badan air. Pengumpulan data didapatkan dari jurnal internasional maupun nasional, prosiding, peraturan yang berlaku, tugas akhir, tesis, dan disertasi. Ada lebih dari satu jenis kontaminan yang ada pada badan air. Hasil studi menunjukkan penurunan kontaminan dalam pengolahan air limbah dengan menggunakan *mixed plant* sebagai agen bioremediasi lebih efektif untuk kontaminan yang lebih kompleks dengan kemampuan tiap tumbuhan dalam menyerap polutan berbeda.

Kata Kunci—Kontaminan, *Mixed Plants*, Pengolahan Air Limbah, Tumbuhan Air.

I. PENDAHULUAN

DENGAN berkembangnya kota-kota besar, mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan air bersih dan air baku. Kegiatan industri tahu dan industri batik yang didominasi oleh usaha-usaha skala kecil dengan modal yang terbatas. Semakin meningkatnya jumlah industri, maka limbah cair yang dihasilkan akan semakin besar (1). Di samping itu, semakin tingginya konsentrasi penduduk dan industri di daerah perkotaan yang membuang langsung air limbah hasil kegiatan ke sungai atau selokan dimana limbah cair langsung dibuang ke selokan atau badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu [2]. Padahal limbah cair tersebut jika dibuang langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menimbulkan dampak buruk bagi kualitas air [3].

Ada banyak industri yang kebanyakan menyatu dengan pemukiman penduduk, sehingga muncul permasalahan bagi warga sekitar. Selain itu, sumber penghasil limbah cair terbesar

di Indonesia adalah aktivitas rumah tangga [4] Air limbah dengan kandungan material organik tinggi yang di buang ke badan air akan mengambil oksigen terlarut dalam jumlah besar untuk proses dekomposisi [5].

Wetland atau lahan basah merupakan salah satu teknologi pengolahan air limbah menggunakan tumbuhan air. Tumbuhan air dalam *wetland* memegang peranan penting dalam proses pemulihan kualitas air limbah secara alamiah [*self purification*] [6]. Proses fisika, kimia, dan biologi pada fitoproses membantu dalam proses penyerapan, degradasi, dan metabolisme kontaminan, baik oleh tanaman maupun organisme yang hidup bebas di rizhosfer [7]. Pada umumnya tumbuhan air yang mampu tumbuh dan beradaptasi dengan cepat pada kondisi lingkungan tercemar merupakan tumbuhan air yang berpotensi digunakan sebagai biofilter penjernih air limbah [8]. Hampir semua menggunakan satu jenis tumbuhan saja. Sedangkan tumbuhan yang hidup di alam ada berbagai jenis dengan kemampuan penyisihan yang berbeda [9]

Berdasarkan uraian tersebut diduga penggunaan kombinasi tumbuhan air dapat lebih efektif mengurai bahan organik maupun anorganik dalam air limbah dibandingkan menggunakan satu jenis tumbuhan, maka perlu dilakukan kajian literatur terhadap kemampuan tumbuhan air dalam menurunkan pencemar dengan *mixed plant*, dan kemungkinan hasil studi untuk dapat diaplikasikan.

II. METODE STUDI

A. Penentuan Ide Studi

Ide studi didapatkan dengan melakukan gap analisis untuk membandingkan kondisi dilapangan dengan kondisi yang ideal. Ide studi berasal dari penggunaan berbagai jenis tumbuhan air dalam mengolah air limbah dapat meningkatkan kualitas air yang tercemar. Sehingga penulis membuat judul :Studi Literatur Pengolahan Air Limbah Menggunakan *Mixed Aquatic Plant*”

B. Studi Literatur

Sumber literatur yang digunakan adalah jurnal internasional, jurnal Indonesia, peraturan yang berlaku, tugas akhir, tesis, disertasi, dan *text book* yang berhubungan dengan topik yang dibahas. Studi Literatur dikelompokkan menjadi beberapa bagian, yaitu: teori *wetland systems*, *fitoproses* dalam

tumbuhan, karakteristik air limbah, penurunan pencemar menggunakan tumbuhan, studi kasus pengaplikasian menggunakan tumbuhan campuran. Dari hasil kajian literatur akan di peroleh beberapa pilihan jenis tumbuhan yang dapat dikombinasikan.

III. KARAKTERISTIK AIR LIMBAH

A. Karakteristik Air Limbah Domestik

Air limbah domestik merupakan air limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga seperti mencuci, mandi, memasak, serta buang air. Air limbah domestik sendiri dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *grey water* yang berasal dari air bekas mencuci dan kamar mandi, serta *black water* yang merupakan air yang sudah [10]

B. Karakteristik Air Limbah Industri Tahu

Limbah cair tahu berasal dari proses pembuatan, proses penyaringan, proses penekanan, pencucian kedelai, pencucian peralatan, pencucian lantai, dan air bekas rendaman kedelai. Limbah cair tahu mengandung zat padat tersuspensi misalnya potongan tahu yang hancur pada saat pemrosesan karena kurang sempurna pada saat penggumpalan. Limbah cair tahu pada umumnya mengandung kadar protein yang tinggi. Limbah cair industri tahu berupa cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut air dadih [11].

C. Karakteristik Air Limbah Industri Tekstil

Air limbah batik pada umumnya bersifat basa dan memiliki kadar organik yang tinggi akibat sisa proses pembatikan. Proses pencelupan yang dilakukan merupakan penyumbang zat warna yang kuat apabila tidak diberikannya pengolahan yang tepat. Zat warna yang terkandung dalam air limbah batik umumnya sukar untuk terdegradasi dengan baik. Zat warna ini umumnya didesain untuk memiliki tingkatan kimia yang tinggi untuk menahan kerusakan akibat oksidatif yang berasal dari cahaya matahari [12].

IV. WETLAND

Wetland merupakan sistem pengolahan secara alami atau terkontrol yang didesain dan dibangun menggunakan proses alami yang melibatkan fungsi vegetasi, media, dan mikroorganisme untuk memanfaatkan banyak proses yang terjadi pada wetland dalam pengolahan air limbah [13]. *Constructed wetlands (CWs)* mendapatkan banyak perhatian karena dianggap layak untuk mengolah air limbah terutama pada daerah terpencil. *CWs* didefinisikan sebagai teknologi hijau yang ramah lingkungan (14). *CWs* telah digunakan di seluruh dunia dan telah menunjukkan performa yang tinggi dan konsisten di dalam menyisihkan pencemar organik seperti BOD, COD, padatan tersuspensi, serta mikroorganisme. (15). Efisiensi pengolahan dari *CWs* sangat bergantung pada keberadaan vegetasi (16)

Tumbuhan menyerap pencemar dari air dan rizosfer menjadi tempat terikatnya mikroorganisme yang memiliki peran dalam pengolahan air. Perbedaan jenis makrofit memiliki efisiensi

penyisihan beban pencemar yang berbeda karena panjang akar serta sistem perakaran yang berbeda-beda. Tumbuhan air sendiri terdiri dari 4 jenis berdasarkan fasa hidupnya mulai dari tumbuhan *free floating*, *floating leaved*, *rooted emergent*, dan *submerged macrophytes* (17). Perbedaan dapat terjadi akibat adanya perbedaan hidrologi berdasarkan arah aliran air sehingga setiap jenis *CWs* bisa jadi membutuhkan tumbuhan air yang berbeda sesuai dengan karakteristik yang sesuai dengan kondisi *CWs* (18)

CWs dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu *free water surface* dimana air limbah tergenang di atas tanah seperti rawa pada umumnya, dan *subsurface flow* dimana air limbah mengalir di bawah permukaan tanah. Diantara dua kategori ini, aliran *subsurface* diketahui mampu mengurangi bau dari air limbah. *Subsurface CWs* dapat diklasifikasikan lebih jauh lagi berdasarkan arah aliran yang terjadi, yaitu *vertical flow (VF)* dan *horizontal flow (HF)* (19)

V. PENURUNAN KONTAMINAN

Beberapa jenis tanaman memiliki kemampuan untuk bertahan dari konsentrasi senyawa organik dan anorganik yang tinggi tanpa pengaruh sifat toksik, juga dapat mengubah dan mendegradasi senyawa organik atau senyawa anorganik yang bersifat toksik menjadi senyawa yang sifat toksiknya lebih rendah. Penyisihan pencemar yang akan di bahas dalam penggunaan *mixed plants*. Dari analisa pembahasan tersebut, dapat direkomendasikan dan digunakan untuk memulihkan badan air yang telah tercemar.

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme [biasanya bakteri] untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik [20]. BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan pencemar yang terdapat di dalam suatu perairan [21]

Parameter COD digunakan untuk mengukur senyawa organik yang ada pada air limbah dan berhasil disisihkan oleh reaktor biofilter. COD sendiri merupakan jumlah dari oksidator kimia, biasanya berupa kalium dikromat, yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik [22].

Nitrogen [N] merupakan unsur yang terdiri dari beberapa bentuk terlarut dan terikat. Daur nitrogen sangat dinamis dan kompleks, terutama pada proses mikrobiologi untuk terjadinya mineralisasi, fiksasi, dan denitrifikasi nitrogen. Daur nitrogen sebagian besar dikendalikan oleh bakteri sehingga daur nitrogen dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kelembaban tanah, temperatur, pH, dan sebagainya [23]

Fosfat adalah sebuah ion poliatomik atau radikal yang terdiri dari satu atom fosforus [P] dan empat oksigen. Fosfor memiliki peran penting dalam setiap proses tumbuhan yang melibatkan perpindahan energi. Fosfat berenergi tinggi, sebagai bagian dari struktur kimia adenosin difosfat dan ATP yang merupakan sumber energi yang digunakan oleh berbagai reaksi kimia di dalam tumbuhan. Total konsentrasi fosfor pada tumbuhan memiliki variasi antara 0,1-0,5% [24]. Dalam vegetasi tumbuhan,

fosfat dapat tersimpan dalam jangka waktu pendek maupun panjang. Hal ini tergantung pada jenis vegetasi, laju dekomposisi pencemar, lepasnya fosfat dari jaringan yang rusak, dan translokasi fosfat. Fosfat yang telah diserap tumbuhan, dapat terlepas kembali ke alam ketika tumbuhan mengalami kematian melalui proses dekomposisi [25]

VI. PENGGUNAAN MIXED PLANT

Pada penelitian Sungkowo [26] dengan menggunakan limbah tahu digunakan 2 jenis tumbuhan, *Typha latifolia* dan *Eceng gondok* untuk mengetahui efisiensi penyisihan parameter pencemar COD dengan penanaman dengan *mixed plants*. Reaktor yang digunakan berbeda untuk satu jenis tumbuhan dengan variasi jumlah tumbuhan dan dialirkan melalui reaktor tumbuhan *Typha latifolia* kemudian dialirkan kedalam reaktor *Eceng gondok*. Hasil penelitian menunjukkan dapat menurunkan konsentrasi dari 2640 mg/L menjadi 200 dengan efisiensi 92,42%. pengaruh efek kombinasi telah mampu meningkatkan penurunan konsentrasi COD pada air limbah tahu. dikarenakan proses fotosintesis tanaman yang menghasilkan suplai oksigen yang cukup bagi mikroorganisme, *rhizosphere* untuk mendegradasi limbah menjadi lebih efektif. Dengan semakin beragam jenis tanaman sehingga jumlah lebih banyak tumbuhan akan memberikan kontribusi terjadinya fotosintesis.

Pada penelitian Ningsih [27] untuk menurunkan limbah cair batik dengan menggunakan tumbuhan *Scirpus grossus* dan *Iris pseudacorus* untuk mengetahui efisiensi penyisihan parameter pencemar COD dengan penanaman secara single dan campuran. Dengan hanya menggunakan tumbuhan *Scirpus grossus* menyisihkan efisiensi sebesar 82%, *Iris pseudacorus* menyisihkan 83%, sedangkan untuk *Scirpus grossus* dan *Iris pseudacorus* dapat menyisihkan sebesar 89%. Nilai removal tertinggi dimiliki oleh reaktor *mixed plant*. Hal ini disebabkan karena terjadinya hubungan sinergi antar spesies tumbuhan dalam menurunkan zat organik dalam reaktor *phytotreatment*, sehingga menyebabkan konsentrasi COD mengalami penurunan. Hubungan sinergi antar tumbuhan. Kenaikan nilai removal COD semakin hari semakin meningkat. Hal ini terjadi karena proses degradasi akan mulai efektif ketika mikroorganisme di dalam zona akar sudah mulai tumbuh dalam jumlah yang banyak. Kenaikan removal pada reaktor tumbuhan terjadi karena penguraian bahan organik oleh mikroorganisme pada akar tumbuhan kemudian dimanfaatkan tumbuhan untuk fotosintesis

Pada penelitian Yovo [28], menggunakan limbah domestik dengan menggunakan tumbuhan *Thalia geniculata* dan *Crassipes Eichhornia* untuk mengetahui efisiensi penyisihan parameter pencemar nitrogen dan fosfat dengan penanaman *mixed plants*. penggunaan tumbuhan *Thalia geniculata* dan *enceng gondok* memberikan total efisiensi, nitrat [97,64%], total nitrogen [82,38%] dan fosfat [22,92%]. Efisiensi tertinggi diperoleh dengan penghilangan nitrat saat kedua spesies digabungkan dari pengolahan air limbah. Hal ini dengan jelas menunjukkan efek sinergis dalam menyisihkan nutrisi pada air limbah. dari genetika *Thalia* dan *enceng gondok* yang

dikombinasikan. Kombinasi dua makrofitanya tersebut juga memfasilitasi parameter fisik kimia air limbah rumah domestik.

Pada penelitian Hamizah [29], menggunakan tumbuhan *Typha Angustifolia* dan *Lepironia Articulata* untuk menyisihkan parameter BOD COD Untuk parameter BOD, mampu menurunkan kontaminan pada air limbah dari 482,48 mg/L menjadi 28,08 mg/L. Sedangkan untuk penyisihan COD dapat mencapai 88,35%. Hal ini menunjukkan potensi dari penggunaan tumbuhan campuran pada badan air yang tercemar dengan beragam kontaminan. Penggunaan tumbuhan hiperakumulator dapat dikombinasikan dengan jenis tumbuhan yang lain untuk menyisihkan kontaminan lain yang terdapat pada badan air. Pemilihan jenis tumbuhan menentukan kontaminan yang terdapat pada air, tetapi terkadang tidak cukup efektif dan cukup untuk menghilangkan kontaminan secara efektif. Faktor lain seperti karakteristik limbah dan ketersediaan nutrisi mempunyai pengaruh besar terhadap pertumbuhan bakteri dan tumbuhan.

VII. STUDI KASUS

Perairan Danau Ebony adalah bagian dari lanskap yang menambah keindahan lingkungan rumah hunian pada *Cluster Ebony* perumahan Bukit Golf Mediterania, memiliki luas 60 000 m² dan kedalaman sekitar 1,2 m. [30]. Danau Ebony merupakan danau buatan yang memiliki fungsi utama sebagai pengatur kesetimbangan hidrologi dan penampung air limpasan hujan. Fungsi tersebut menyebabkan perairan Danau Ebony sangat berpotensi dalam menerima banyaknya masukan bahan organik [31].

Berdasarkan padatnya pemukiman di perumahan Bukit Golf Mediterania, buangan air limbah domestik yang berasal dari pemukiman tersebut berpotensi mencemari perairan Danau Ebony. Instalasi pengelolaan air limbah yang diterapkan di perumahan Bukit Golf Mediterania diketahui kurang optimal dalam mengolah limbah sehingga kualitas air yang dibuang kurang memenuhi baku mutu untuk dibuang ke badan air.

Ancaman penyebab kerusakan ekosistem danau terjadi baik secara alami maupun akibat dari aktivitas manusia. Aktivitas manusia menghasilkan limbah rumah tangga, limbah pertanian, dan limbah industri yang menyebabkan pencemaran perairan. Pencemaran yang terjadi di Danau Ebony berupa pencemaran bahan organik yang berasal dari air limbah domestik yang sebagian besar mudah terdegradasi, namun secara kuantitas cenderung semakin meningkat sejalan dengan pertumbuhan. Pencemar memasuki badan air dengan berbagai cara, misalnya difusi melalui atmosfer, limpasan (*run off*) dari pertanian, pembuangan limbah domestik, perkotaan, industri, dan lain-lain. Bahan organik dapat mengakibatkan pengayaan unsur hara atau eutrofikasi di perairan dan menimbulkan terjadinya *blooming* alga. Unsur P dan N merupakan unsur yang sangat berpengaruh terhadap terjadinya eutrofikasi. keberadaan fosfat secara berlebihan yang disertai dengan keberadaan nitrogen dapat menstimulir ledakan pertumbuhan algae di perairan (*algae bloom*). Eutrofikasi menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen dalam badan air dan berakibat pada kematian biota air

, Karakteristik Danau Ebony mengandung Nitrogen yakni 4833 mg/L, Fosfat 1,07 mg/L, COD 120 mg/L. Dari beberapa hasil penelitian, rekomendasi tumbuhan untuk menurunkan kontaminan tersebut adalah Enceng gondok [*Eichhornia crassipes*], *Iris pseudacorus* dan *Typha latifolia*. Enceng gondok mampu memberikan kontribusi yang tinggi untuk menurunkan konsentrasi kontaminan, karena akar tanaman pada eceng gondok lebih banyak dan panjang pula dibandingkan dengan berat yang lain, disekitar akar eceng gondok akan terdapat mikroorganisme yang akan mendegradasi senyawa organik yang terkandung dalam limbah, senyawa organik tersebut dijadikan sebagai sumber nutrisi bagi mikroba dan selanjutnya diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana. *Typha latifolia* dan *Iris pseudacorus* dapat dikombinasikan karena mampu menurunkan COD. Namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut jika akan diaplikasikan untuk memperbaiki kualitas perairan Danau Ebony.

VIII. KESIMPULAN

Mixed aquatic plants lebih baik diterapkan untuk mengolah air limbah daripada hanya menggunakan *single plants* dengan kontaminan lebih dari satu. Perbedaan jenis tumbuhan air memiliki efisiensi penyisihan beban kontaminan yang berbeda sehingga pemilihan kombinasi tumbuhan air didasarkan pada kemampuan tiap tumbuhan dalam mentolerir kontaminan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada segenap pihak di Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS, atas bantuan dan dukungan dalam penyelesaian studi literatur ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chan, N. W. 2012. Managing Urban Rivers and Water Quality In Malaysia For Sustainable Water Resources. *Wat. Res. Dev*, 28(2), hal. 343-354.
- [2] Krisnawati., Widya, T Y., Nurasih A., Santoso, AM ., 2015. Peran Biologi dan Pendidikan Biologi dalam Menyiapkan Generasi Unggul dan Berdaya Saing Global. Santoso Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi.
- [3] Azahra, Azizah., Sutrisno, Endro., Wardhana, IW., 2014. Penurunan kadar BOD dan Fosfat pada Limbah Industri Pencucian Pakaian dengan Sistem Constructed Wetland Menggunakan Bintang Air. Vol 4, No 4 (2015)
- [4] Wirawan, Wiweka A., Wirosedarmo, Ruslan., Susanawati, Liliya D. 2014. *Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Tanaman Kayu Apu (Piistia Straitoes L.) Dengan Teknik Tanam Hidroponik Sistem DFT (Deep Flow Technique)*, Malang: Jurusan Keteknik Pertanian, Universitas Brawijaya
- [5] Suswati, A.C.S.P., Wibisono, G., Masrevaniah, A., Arfiati, D. 2012. Analisis Luasan Constructed Wetland menggunakan Tanaman Iris dalam Mengolah Air Limbah Domestik [Grey Water]. *Indonesian Green Technology Journal*, 1:1-7..
- [6] Suprihatin, H. 2014. Penurunan Konsentrasi BOD Limbah Domestik menggunakan Sistem Wetland dengan Tanaman Hias Bintang Air (*Cyperus alternifolius*). *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 1:80-87
- [7] Hariyadi, Sigid. 2014. BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Pengantar Falsafah Sains, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor Anam MS*, M.H., Kurniati, E., Suharto, B. 2013. Penurunan Kandungan Logam Pb dan Cr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air [*Equisetum hyemale*] dan Zeolit. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1: 43-59.
- [8] Madkar dan Kurniadie, D. 2013. Identifikasi dan Pertumbuhan Bebragai Gulma Air Sebagai Bahan Biofilter Penyaring Air Limbah. *Bionatural Jurnal* Vol. 5 No. 2. Universitas Padjajaran.
- bandung.Aziz, H.A., Alias, S., Adlan, M.N., Asaari, F.A.H., Zahari, M.S.M. 2007. Colour Removal from Landfill Leachate by Coagulation and Flocculation Processes. *Bioresource Technology*, 98:218-220.
- [9] Somtrakoon., 2014. Phytoremediation of Endpsulfan Sulfate-Contaminated Soil by Single and Mixed Plant Cultivations. *Journal of Water, Air, & Soil Pollution* Volume 225 (3):1-13Azmi, N.B., Bashir, M.J.K., Sethupathi, S., We, L.J., Aun, N.C. 2014. Stabilized Landfill Leachate Treatment by Sugarcane Bagasse Derived Activated Carbon for Removal of Color, COD and NH₃-N – Optimization of Preparation Condition by RSM. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 513:1-8.
- [10] Mubin, F., Binilang, A. & Halim, F., 2016. Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), pp. 211-223.
- [11] Suprpti, L. 2005. *Teknologi Pengolahan Pangan Tepung Tapioka dan Pemanfaatannya*. PT Gramedia Pustaka: Jakarta. 80 hlm.
- [12] Manurung, R., R. Irvan. 2004. *Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob – Aerob*. Jurnal pp, hal. 1-19.
- [13] Zhang, D.Q., Jinadasa, K.B.S.N., Gersberg, R.M., Liu, Y., Tan, S.K., Ng, W.J. 2015. Application of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Tropical and Subtropical Regions (2000-2013). *Journal of Environmental Sciences*, 30:30-46
- [14] Cooper, P., 2009. "What can we learn from old wetlands? Lessons that have been learned and some that may have been forgotten over the past 20 years". *Desalination*, Issue 246, pp. 11-26.
- [15] Frazer-Williams, R. A. D., 2010. A Review of The Influence of Design Parmeters on The Performance of Constructed Wetlands. *Journal of Chemical Engineering IEB*, 25(1).
- [16] Sehar, S., 2015. "A comparative study of macrophytes influence on wastewater treatment through subsurface". *Ecological Engineering*, pp. 62-69.
- [17] Brix, H. & Schierup, H.-H., 1989. "The Use of Aquatic Macrophytes in Water-Pollution Control". *AMBIO*, 18(2), pp. 100-107.
- [18] Vymazal, J., 2010. :review: Constructed Wetlands for Wastewater Treatment.: *Water*, pp. 530-549.
- [19] Tee, H.-C., Lim, P.-E., Seng, C.-E. & Nawi, M.-A. M., 2012. "Newly developed baffled subsurface-flow constructed wetland for the enhancement of nitrogen removal". *Bioresource Technology*, Issue 104, pp. 235-242
- [20] Metcalf & Eddy 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. MC. Graw- Hill. New York. America
- [21] Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Penerbit kanisius. Yogyakarta.
- [22] Kadlec, R.H., dan Wallace, S.D. 2009. *Treatment Wetland* Second Edition. CRC Press: United States of America.
- [23] FAO. 1996. "Control of Water Pollution from Agriculture ". *FAO Irrigation and Drainage Paper* 55. Canada.
- [24] Sultenfuss, J. H., dan Doyle W. J. 1999. "Phosphorus for Agriculture". *Better Crops with Plant Food* 83:1-40.
- [25] USDA. 2010. "Keys to Soil Taxonomy, Soil Survey Staff". *Natural Resource Conservation Service*. Eleventh ed. US Agriculture Department
- [26] Sungkowo, Toto Heri., Elystia, Shinta., Andesgur, Ivnaini., 2015. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Typha latifolia* dan Eceng gondok dengan metode fitoremediasi. *JOM FTEKNIK* Volume 2 No. 2 , Pekanbaru.

- [27] Ningsih, Dwi Agustiang. 2017. Uji Penurunan kandungan BOD, COD dan warna pada Limbah Cair pewarnaan Batik menggunakan *Scirpus grossus* dan *Iris pseudacorus* dengan Sistem Pemaparan Intermittent. Tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [28] Yovo, Franck., Dimon, Biaou., Suanon, Fidele., Eni, Coffi Azandebge., Agani, Ignace Chabi., Wotto, Valentin., 2017. Phytoremediation: Synergistic Effect of *Thalia geniculata* and *Crassipes Eichhornia* (Water Hyacinth) During Domestic Wastewater Treatment.
- [29] Hamizah, Nur H., Syukor, Abdul A.R., Sulaiman, S., 2015. Performance of *Typha Angustifolia* and *Lepironia Articulata* For Upgrading Domestic Wastewater in An Integrated Phytogreen System. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, Vol. 2 Issue 12.
- [30] Setyaningrum, Hesvi Andri., 2014. Kualitas Air dan Tingkat Pencemaran Perairan Danau Ebony, Pantai Indah kapuk Terkait dengan Upaya Pengelolaan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor
- [31] Kurniasih, Fitriani. 2017. Keterkaitan Kandungan P dan N di Air dan Sedimen Perairan Danau Ebony Pantai Indah kapuk Jakarta Utara pada musim yang Berbeda. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor