

Efektivitas Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam Menurunkan Kadar BOD₅ dan COD Limbah Cair Industri Tahu

Difya Rismawati

Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Surabaya; difyarismawati14@gmail.com (koresponden)

Imam Thohari

Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Surabaya

Fitri Rochmalia

Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Surabaya

ABSTRACT

Pistia stratiotes L. is one of the phytoremediator plants. *Pistia stratiotes L.* are able to grab the mud using their roots and produce excess nutrients that cause pollution. This absorption occurs because the substance is chelate or phythocelatin which is excreted by the root tissue of apu wood. *Pistia stratiotes L.* in reducing levels of BOD₅ and COD in tofu industry waste. The research method used a type of pre-experimental research with one group pre-post test design. Phytoremediation media of tofu industry water was then treated for 15 days using Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*), that was 14 mg/cm², 25 mg/cm² and 35 mg/cm². The results of the study were analyzed analytically using One Way Anova. The most optimal plant density in reducing levels of BOD₅ and COD was the density of 35 mg/cm² with an effectiveness value of BOD₅ of 80.7% equivalent to 41.05 mg/l and COD of 82.02% equivalent to 91.74 mg/l. Industrial owners can use woody plants as phytoremediator agents to reduce levels of BOD₅ and COD pollutants.

Keywords: density; *Pistia stratiotes L.*; tofu industry waste

ABSTRAK

Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) adalah salah satu tumbuhan fitoremediator. Tanaman kayu apu mampu mencengkeram lumpur dengan berkas akarnya dan menyerap kelebihan zat hara yang menyebabkan pencemaran. Penyerapan ini terjadi karena zat *khelat* atau *phythocelatin* yang diekskresikan oleh jaringan akar kayu apu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam menurunkan kadar BOD₅ dan COD pada limbah industri tahu. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian pre-experimental dengan rancangan penelitian One Group Pre-Post Test Design. Media fitoremediasi berupa limbah cair industri tahu kemudian dilakukan treatment selama 15 hari menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) yaitu 14 mg/cm², 25 mg/cm² dan 35 mg/cm². Hasil penelitian dilakukan analisis data secara analitik menggunakan uji beda (*One Way Anova*). Kerapatan tanaman yang paling optimal dalam menurunkan kadar BOD₅ dan COD yaitu kerapatan 35 mg/cm² dengan nilai efektivitas BOD₅ sebesar 80,7 % setara dengan 41,05 mg/l dan COD sebesar 82,02 % setara dengan 91,74 mg/l. Pemilik industri tahu dapat memanfaatkan tanaman kayu apu sebagai agen fitoremediator untuk menurunkan kadar pencemar BOD₅ dan COD.

Kata kunci: kerapatan; *Pistia stratiotes L.*; limbah cair industri tahu

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Industri tahu saat ini berkembang pesat dan menjadi salah satu industri rumah tangga yang tersebar luas baik di Kota - kota besar maupun kecil. Rata - rata konsumsi bahan makanan tahu per kapita yaitu sebesar 0,158 kg/minggu. Produksi tahu membutuhkan 2,56 juta ton kedelai setiap tahunnya, dengan jumlah sebesar itu industri tahu menghasilkan 20 juta m³/tahun limbah cair dan 1.024 juta ton limbah padat.⁽⁹⁾

Limbah tahu mengandung bahan organik yang tinggi, dikarenakan bahan baku pembuatan tahu (kedelai) mengandung protein hingga 40%-60% . Hasil uji karakteristik awal limbah cair tahu bahwa Kegiatan industri tahu menghasilkan limbah cair yang melebihi baku mutu Limbah Cair Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 dengan kadar BOD₅ 228,10 mg/l dan kadar COD 483,05 mg/l. Hal ini dapat berdampak pada menurunnya kualitas badan air tersebut sehingga dapat mengakibatkan menurunnya daya dukung yang dimiliki oleh badan air.

Kondisi badan air yang tercemar limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu dapat menyebabkan eutrofikasi dimana badan air menjadi kaya akan nutrisi terlarut, menurunnya kandungan oksigen terlarut dan kemampuan daya dukung badan air terhadap biota air.⁽¹⁾

Pada saat ini industri tahu merupakan industri kecil skala rumah tangga yang tidak dilengkapi dengan unit pengolahan air limbah. Pengolahan limbah merupakan beban bagi pemilik industri tahu, terutama biaya perawatannya. Pengolahan dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya yaitu fitoremediasi.⁽²⁾

Penggunaan kayu apu dalam pengolahan limbah cair industri tahu merupakan salah satu alternatif solusi yang efektif dan efisien mengingat belum banyak pengolahan limbah cair yang ramah lingkungan.⁽³⁾ Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) adalah salah satu tumbuhan fitoremediator yaitu tumbuhan yang memiliki kemampuan

untuk mengolah limbah, baik itu berupa logam berat, zat organik maupun anorganik. Tanaman kayu apu mampu mencengkeram lumpur dengan berkas akarnya dan menyerap kelebihan zat hara yang menyebabkan pencemaran. Penyerapan ini terjadi karena zat khelat atau phythocelatin yang diekskresikan oleh jaringan akar kayu apu.⁽⁴⁾

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam menurunkan kadar BOD₅ dan COD pada limbah industri tahu. Ada perbedaan penurunan kadar BOD₅ dan kadar COD pada limbah cair industri tahu dengan menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*).

METODE

Jenis penelitian ini adalah *pre-experimental* dengan rancangan penelitian *one group pre- post test design*. Teknik sampling yang digunakan adalah *purposive sampling*. Objek penelitian ini adalah limbah cair dari Industri tahu yang memiliki kadar BOD₅ dan COD yang melebihi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014.

Ukuran reaktor adalah diameter 34 cm dan tinggi 27 cm. perlakuan dilakukan sebanyak 3 perlakuan dan 1 kontrol, pada setiap reaktor perlakuan kerapatan tanaman berbeda dengan waktu detensi yang sama pada penelitian Raissa, 2017. Reaktor A dengan 14 mg/cm², reaktor B dengan 25 mg/cm², reaktor C dengan 35 mg/cm² dan reaktor K sebagai kontrol. Waktu tinggal limbah cair industri tahu dilakukan dalam 3 tahap yaitu, 5 hari, 10 hari dan 15 hari. Dalam analisis analitik ini peneliti menggunakan uji statistik anova satu arah kemudian dilanjutkan dengan uji *Post Hoc*.

HASIL

Hasil Tahap Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian tanaman fitoremediasi terhadap lingkungan sebelum tanaman mampu hidup di lingkungan sebenarnya dengan keadaan suhu, iklim, temperature dan lainnya yang sering berubah-ubah.⁽²⁾ Tanaman diaklimatisasi dengan cara dimasukkan kedalam bak reaktor aklimatisasi yang telah diisi air. Sebelum diaklimatisasi tanaman dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran – kotoran yang menempel pada akar dan daun. Kemudian tanaman diaklimatisasi selama ± 7 hari. Jika dalam waktu tersebut tanaman tidak mengalami perubahan maka dapat dilanjutkan pada proses pemaparan terhadap limbah cair industri tahu. Keadaan tanaman pada saat diaklimatisasi dapat dilihat pada keterangan berikut ini :

1. Hari ke-1: Aklimatisasi tanaman kayu apu segar dan daunnya berwarna hijau muda. Akarnya panjang, berwarna putih kecoklatan dan mengembang bebas.
2. Hari ke -2: Aklimatisasi daun dan akar tanaman masih terlihat segar dan hijau.
3. Hari ke-3: Aklimatisasi tanaman masih hijau, segar dengan akar yang mengambang.
4. Hari ke-4: Aklimatisasi dilihat dari morfologi daun tanaman juga tidak mengalami perubahan yang mencolok. Daun tanaman masih terlihat hijau dan segar.
5. Hari ke-5: Aklimatisasi tanaman tidak mengalami perubahan yang berarti dimana daunnya masih hijau dengan akarnya yang mengambang.
6. Hari ke-6: Aklimatisasi daun terluar tanaman mulai mengalami menguning pada ujungnya karena tua dan daun yang lain masih sama segar dan hijau. Akar tanaman yang masih mengambang segar.
7. Hari ke-7: Aklimatisasi tanaman yang sudah tua ujung daunnya mulai menguning, sedangkan daun yang lain masih hijau dan segar dengan akar mengambang.

Kadar BOD₅ dan COD pada Limbah Cair Industri Tahu Sebelum Perlakuan

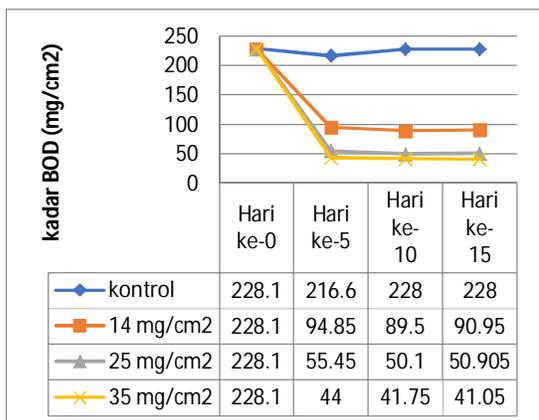
Limbah cair yang diteliti merupakan air limbah yang dibuang dari industri tahu. Pada penelitian ini, limbah cair industri tahu yang digunakan berasal dari salah satu industri tahu . Uji karakteristik pada air limbah digunakan untuk mengetahui kandungan awal limbah merujuk pada parameter air limbah bagi usaha atau kegiatan industri tahu di dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014. Hasil uji karakteristik limbah cair industri tahu adalah seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan awal kadar BOD₅ dan COD limbah cair industri tahu

Variabel	Satuan	Hasil analisa	Baku mutu
BOD ₅	mg/l	228,10	150
COD	mg/l	483,05	300

Berdasarkan hasil analisis awal didapatkan kadar BOD₅ sebesar 228,10 mg/l dan kadar COD sebesar 483,05 mg/l. Kadar BOD₅ dan kadar COD melebihi baku mutu bagi usaha/kegiatan industri tahu menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014.

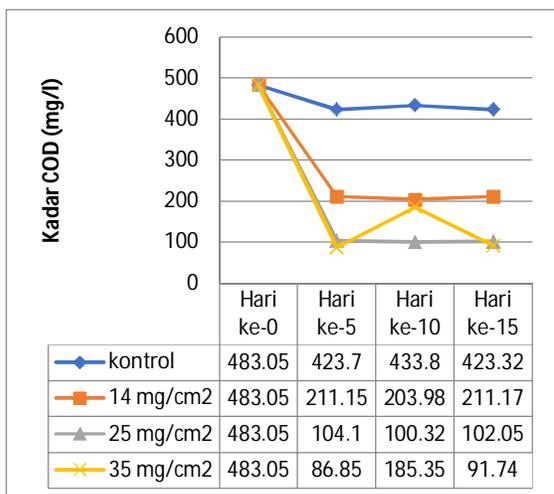
Kadar BOD₅ pada Limbah Cair Industri Tahu Sesudah Perlakuan



Kadar BOD₅ limbah cair industri tahu sesudah perlakuan menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dapat diketahui pada Gambar 1. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar BOD₅ pada kelompok perlakuan kerapatan 14 mg/cm², 25 mg/cm² dan 35 mg/cm² selama 15 hari proses fitoremediasi. Konsentrasi awal BOD₅ 228,10 mg/l. Pada perlakuan kontrol terjadi penurunan kadar BOD₅ sebesar 228 mg/l, perlakuan 14 mg/cm² sebesar 90,95 mg/l, perlakuan 25 mg/cm² sebesar 50,905 mg/cm² dan perlakuan 35 mg/cm² sebesar 41,05 mg/l. Dari ke empat perlakuan tersebut dapat dilihat kadar BOD₅ yang paling banyak mengalami penurunan terjadi pada kelompok perlakuan dengan kerapatan 35 mg/cm² dari hari ke-0 sampai hari ke-5.

Gambar 1. Kadar BOD₅ limbah cair industri tahu sesudah perlakuan

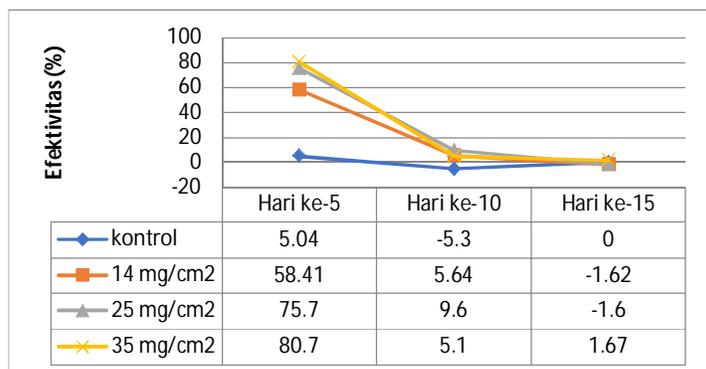
Kadar COD Limbah Cair Industri Tahu Sesudah Perlakuan



Hasil penurunan kadar COD limbah cair industri tahu di Desa Domas, Kabupaten Gresik sesudah perlakuan menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dapat diketahui pada Gambar 2. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar COD pada kelompok perlakuan kerapatan 14 mg/cm², 25 mg/cm² dan 35 mg/cm² selama 15 hari proses fitoremediasi. Konsentrasi awal COD 483,05 mg/l. Pada perlakuan kontrol terjadi penurunan kadar COD sebesar 423,32 mg/l, perlakuan 14 mg/cm² sebesar 211,17 mg/l, perlakuan 25 mg/cm² sebesar 102,05 mg/cm² dan perlakuan 35 mg/cm² sebesar 91,74 mg/l. Dari ke empat perlakuan tersebut dapat dilihat kadar COD yang paling banyak mengalami penurunan terjadi pada kelompok perlakuan dengan kerapatan 35 mg/cm² dari hari ke-0 sampai hari ke-5.

Gambar 2. Kadar COD limbah cair industri tahu sesudah perlakuan

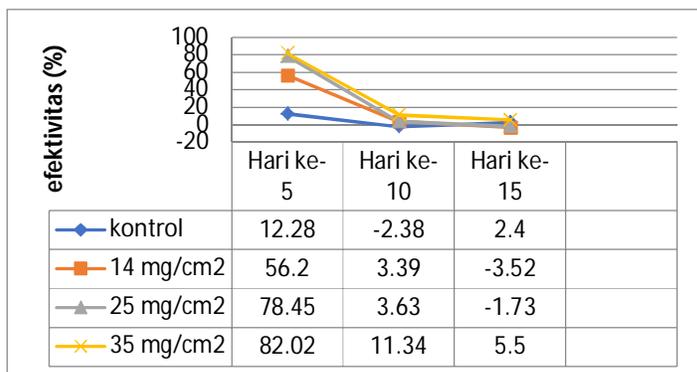
Efektivitas Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam Menurunkan Kadar BOD₅



Efektivitas tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam menurunkan kadar BOD₅ dapat diketahui pada Gambar 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam menurunkan kadar BOD₅ pada kelompok perlakuan dengan kerapatan 0 mg/cm², 14 mg/cm², 25 mg/cm² dan 35 mg/cm² tertinggi terjadi pada kelompok perlakuan kerapatan 35 mg/cm² hari ke-0 sampai hari ke-5 yaitu sebesar 80,7%.

Gambar 3. Efektivitas kayu apu dalam menurunkan kadar BOD₅

Efektivitas Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam Menurunkan Kadar BOD₅



Efektivitas tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam menurunkan kadar COD dapat diketahui pada Gambar 4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam menurunkan kadar COD pada kelompok perlakuan dengan kerapatan 14 mg/cm², 25 mg/cm² dan 35 mg/cm² tertinggi terjadi pada kelompok perlakuan kerapatan 35 mg/cm² hari ke-0 sampai hari ke-5 yaitu sebesar 82,02%.

Gambar 4. Efektivitas kayu apu dalam menurunkan kadar COD

Hasil Uji Statistik

Penurunan kadar BOD₅ dan COD menggunakan prinsip fitoremediasi terhadap variabel kerapatan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) ditunjang dengan uji statistik menggunakan SPSS. Hasil uji anova kadar BOD₅ dan COD dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji anova BOD₅ dan COD

Variabel	Sig.
BOD ₅	0,000
COD	0,000

Hasil uji Anova menyatakan bahwa $p < \alpha$ (0,05) sehingga hipotesis diterima maka dapat diketahui bahwa ada perbedaan penurunan kadar BOD₅ dan kadar COD pada limbah cair industri tahu menggunakan tanama kayu apu (*Pistia stratiotes L.*).

PEMBAHASAN

Proses aklimatisasi pertumbuhan tanaman dari hari pertama sampai dengan hari ke tujuh tidak mengalami perubahan yang signifikan, dalam kondisi fisik daun dan akar. Pertumbuhan tanaman uji kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dipengaruhi oleh beberapa hal seperti suhu, intensitas pH air dan ruang tumbuh tanaman. Jika makin sempit ruang tumbuhnya maka tanaman juga akan makin lambat pertumbuhannya begitu sebaliknya.⁽⁵⁾

Terjadinya penurunan konsentrasi BOD, dikarenakan adanya tanaman air yang menyebabkan meningkatnya konsentrasi oksigen terlarut dalam air limbah, oksigen ini didapatkan dari hasil fotosintesis tanaman dan penambahan aerasi pada reaktor.⁽⁶⁾

Oksigen terlarut yang ada dalam reaktor semakin tinggi. Apabila oksigen terlarut tercukupi maka mikroorganisme yang bersimbiosis dalam akar tanaman dapat menguraikan kontaminan organik lebih banyak.⁽⁶⁾

Penurunan kadar BOD juga dapat disebabkan oleh proses fitodegradasi. Kontaminan organik yang terserap melalui akar dan mengalami penguraian melalui proses metabolisme dalam tumbuhan.⁽¹⁰⁾ Penurunan zat pencemar dapat diakibatkan oleh proses fitovolatilisasi yang merupakan penyerapan polutan oleh tanaman setelah proses diatas dan dikeluarkan dalam bentuk uap air ke atmosfer. Proses ini tepat digunakan oleh kontaminan zat-zat organik.⁽⁷⁾

Penyisihan BOD paling banyak terjadi pada hari ke-0 sampai ke-5 Hal ini dapat dimungkinkan bakteri pada fase eksponensial, pertumbuhan mikroorganisme dapat meremoval zat organik secara optimal. Namun pada hari ke-15 penurunan BOD hanya sedikit. Hal ini dapat disebabkan pada fase stasioner nutrient untuk mikroorganisme telah habis. Sehingga mikroorganisme yang tumbuh sangat sedikit dan mengakibatkan BOD yang dapat diremoval juga sedikit.⁽⁵⁾

Penurunan COD dapat disebabkan tanaman sebelumnya telah diaklimatisasi terlebih dahulu sehingga akar tanaman mampu menyerap ion secara maksimal. Pada perlakuan kontrol terjadi penurunan COD terbanyak pada hari ke-15 sebesar 59,275 mg/l. Penurunan ini dikarenakan alam mempunyai kemampuan *self purification* yaitu untuk membersihkan pencemaran yang berlangsung secara alamiah. *Self purification* secara biologi adalah proses dimana air limbah organik dihancurkan oleh mikroorganisme dari proses respirasi dan diperoleh produk

akhir yang stabil seperti karbon dioksida, air, fosfat dan nitrat. Dalam proses ini sangat berhubungan erat dengan kandungan oksigen terlarut. Apabila kandungan DO nya tinggi maka, mikroorganisme dapat meremoval zat pencemar dalam air limbah semakin banyak.⁽¹¹⁾

Adanya tanaman pada kelompok perlakuan dapat menurunkan COD dikarenakan dalam air limbah terdapat adanya bahan organik yang akan dirombak oleh mikroorganisme. Bahan organik tersebut akan diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana dan akan dimanfaatkan sebagai nutrient oleh tanaman. Mikroorganisme yang berperan yaitu bakteri aerobik.⁽⁸⁾

Konsentrasi COD turun juga disebabkan adanya proses fitovolatilisasi, yaitu proses pelepasan kontaminan ke udara setelah terserap oleh tumbuhan kayu apu. Setiap tanaman mempunyai tekanan uap dengan tingkat yang berbeda – beda, hal ini yang menentukan banyak sedikitnya tingkat fitovolatilisasi. Faktor lingkungan juga mempengaruhi konsentrasi COD bahwa sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH 7- 8,5.⁽¹⁰⁾

KESIMPULAN

Limbah cair industri tahu tidak memenuhi syarat baku mutu limbah cair sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah industri tahu yaitu Kadar BOD₅ sebesar 228,10 mg/l dan kadar COD sebesar 483,05 mg/l.

Efektivitas tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam menurunkan kadar BOD₅ dan COD tertinggi terdapat pada perlakuan 35 mg/cm² pada hari ke-5 dengan nilai efektivitas BOD₅ sebesar 80,7 % dan COD sebesar 82,02 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. US EPA. Condition of the Mid-Atlantic Estuaries. Washington, DC; 1998. 1-61 p.
2. Raissa DG, Tangahu BV. Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu apu (*Pistia stratiotes*). Jurnal Teknik Lingkungan. 2017;6(2):7–11.
3. Ibrahim PS. Efektivitas dan Efisiensi Penyerapan Orthofosfat pada Limbah Detergen Menggunakan Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*). Jurnal Teknologi Hasil Pertanian. 2019;1(2):29–37.
4. Mamonto H. Uji Potensi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam Penurunan Kadar Sianida (CN) pada Limbah Cair Penambangan Emas. Jurnal Kesehatan Masyarakat. 2013;36.
5. Yuliani E. Fitoremediasi Limbah Pelumas Bekas Menggunakan Tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan Variasi Penambahan Pupuk. Jurnal Teknik Lingkungan. 2019;1–81.
6. Ramadhan AF, Sutrisno E, Sumiyati S. Efisiensi Penyisihan BOD dan Phospat pada Air Limbah Pencucian Pakaian (Laundry) dengan Menggunakan Fitoremediasi Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*). Jurnal Teknik Lingkungan. 2017;6(3):1–11.
7. Nurhidayah, Sofarini D, Yunandar. Fitoremediasi Tumbuhan Air Kiambang (*Salvina molesta*) Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dan Perupuk (*Phragmites karka*) sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Karet. Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan. 2014;10:18–26.
8. Hapsari S, Zaman B, Andarini P. Kemampuan Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam Menyisihkan Kromium Total (Cr-T) dan COD Limbah Elektroplating. Jurnal Teknik Lingkungan. 2016;5(4):1–9.
9. Badan Pusat Statistik. Rata-Rata Konsumsi per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan Penting Tahun 2007 - 2018. Statistik Indonesia. 2019 [cited 2019 Sept 20] Available from: <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/950/rata-rata-konsumsi-per-kapita-seminggu-beberapa-macam-bahan-makanan-penting-2007-2018.html>
10. Mangkoedihardjo S, Ganjar S. Fitoteknologi Terapan. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2010.
11. Mcgowan G. Self Purification. 2014. [cited 2019 Sept 20] Available from: <https://www.scribd.com/doc/239164129/BAB-I-Self-Purification>
12. Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52. Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya Tahun 2014