

**KAJIAN EFEKTIFITAS KAYU APU (*Pistia stratiotes* L.) DALAM  
MEREDUKSI N-TOTAL SEBAGAI UPAYA PERBAIKAN  
KUALITAS LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU**

**Irma Yuni, Wahyu Lestari, Yelmida**

**Mahasiswa Program S1 Biologi  
Bidang Botani Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia  
*uunipeh@yahoo.com***

**ABSTRACT**

One of wastes that has high N-total is tofu liquid waste. Biologically waste disposal can be done by phytoremediation using *Pistia stratiotes* L. The purposes of this research were to test the growth ability of *P. stratiotes* in tofu liquid waste and to test its ability in accumulating N-total. The research used Random Device Complete with variation of tofu liquid waste concentrations i.e 20, 40, 60, 80, 100 %, and 0 % for control. The observed parameters consisted of fresh weight and the growth progress of *P. stratiotes*, and the analysis of N-total. The data was analyzed using ANOVA and followed by the DNMRT test at the level of 5 % . The result showed the decrease of fresh weight and growth rate significantly, in the concentration of 20 % ( 20,90 g and 7,07 g/ day). The analysis of N-total in final waste was significantly different in each treatment, while the content of N-total in plant was not different in each treatment, but only different with control. The decrease of plant growth and the increase of N-total content in final waste indicated that *P. stratiotes* was not effective to overcome the environmental contamination caused by industrial tofu liquid waste.

Keywords: N-total, *Pistia stratiotes* L., Tofu liquid waste

**ABSTRAK**

Salah satu limbah yang mengandung N-total tinggi adalah limbah cair tahu. Penanganan limbah secara biologi dapat dilakukan secara fitoremediasi menggunakan *Pistia stratiotes* L. Tujuan penelitian adalah menguji kemampuan pertumbuhan *P. stratiotes* dalam limbah cair tahu dan kemampuannya dalam mengakumulasi N-total. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan konsentrasi limbah cair tahu 20, 40, 60, 80, 100 % dan (0 %) sebagai kontrol. Parameter yang diamati meliputi berat segar dan kecepatan pertumbuhan *P. stratiotes*, serta analisis kandungan N-total. Data dianalisis menggunakan ANOVA dan uji lanjut DNMRT taraf 5 %. Hasil penelitian menunjukkan

terjadi penurunan berat segar dan kecepatan pertumbuhan yang sangat signifikan pada konsentrasi 20 % (20,90 g dan 7,07 g/hari). Analisis kandungan N-total limbah akhir berbeda nyata antar perlakuan sedangkan kandungan N-total di tanaman pada perlakuan limbah tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata terhadap kontrol. Penurunan pertumbuhan tanaman dan peningkatan kandungan N-total limbah akhir menunjukkan bahwa *P. stratiotes* tidak efektif digunakan untuk mengatasi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah cair industri tahu.

Kata kunci: Limbah cair tahu, N-total, *Pistia stratiotes* L.

## PENDAHULUAN

Tahu adalah produk non fermentasi berasal dari olahan biji kedelai yang umumnya diproduksi dalam skala kecil industri rumah tangga. Industri tahu rumah tangga dalam proses produksinya ternyata kurang dalam penanganan limbah, terutama limbah cairnya. Menurut Suprihatin dan Romli (2009), pengolahan satu kilogram kedelai menjadi tahu dapat menghasilkan limbah cair rata-rata 17-20 l. Sumber bahan pencemar dalam limbah cair tahu ada dalam bentuk organik dan anorganik misalnya nitrogen (N) total, amonia ( $\text{NH}_3$ ), nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Menurut Artiyani (2011) kandungan N-total dalam limbah cair tahu cukup tinggi bahkan mencapai 93,700 mg/l

N-total adalah gambaran N dalam bentuk organik dan anorganik pada air limbah (Davis dan Cornwell, 1991). Baku mutu limbah cair industri tahu untuk kadar N-total adalah 20 mg/l, bila kandungannya berada di atas baku mutu maka limbah dikategorikan tercemar N (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2001). Tingginya N di dalam badan perairan akan menyebabkan pengaruh negatif yaitu menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air dan terjadinya polusi udara karena

menimbulkan bau yang busuk oleh hasil proses amonifikasi N menjadi  $\text{NH}_3$ .

Penanggulangan pencemaran dari limbah cair industri tahu sudah sering dilakukan. Salah satunya adalah secara biologi dengan pemanfaatan tumbuhan air yang memiliki toleransi yang tinggi terhadap bahan pencemar dalam limbah cair. Sari (1999) menggunakan tanaman *P. stratiotes* pada limbah cair tahu, ternyata *P. stratiotes* mampu menurunkan kadar COD sebesar 64,7 %, N-total 72,3 % dan P-total sebesar 64,7 %, Arikunto (2003) juga menggunakan *P. stratiotes* pada limbah cair tahu selama 20 hari, hasilnya menunjukkan bahwa terjadi penurunan P-total sebesar 69,3 % dan N-total sebesar 72,3 %.

Keefektifan *P. stratiotes* untuk penanganan limbah cair telah banyak dilakukan, diharapkan *P. stratiotes* juga efektif dalam menurunkan kandungan bahan pencemar khususnya N-total yang terkandung dalam limbah cair tahu. Penurunan kandungan bahan pencemar (N) merupakan salah satu upaya perbaikan kualitas limbah, sehingga limbah tidak berbahaya dan aman dibuang ke lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah Menguji kemampuan pertumbuhan *P. stratiotes* dalam limbah cair tahu serta menguji kemampuan *P. stratiotes* dalam

mengakumulasi N-total dari limbah cair tahu.

## METODE PENELITIAN

### a. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah limbah cair tahu yang di ambil dari industri tahu rumah tangga di Kecamatan Bengkalis Kabupaten Bengkalis, tanaman air *P. stratiotes*, aquades dan bahan untuk analisis N-total (campuran selen, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, serbuk batu didih, aquades, indikator Conway NaOH 40 %).

Alat-alat yang digunakan adalah kertas label, timbangan digital, bak perlakuan, pH meter, gelas ukur, kamera digital dan peralatan untuk analisis N-total (tabung *digestion*, tabung erlenmeyer, tabung destilasi) .

### Berat Segar (g)

Penimbangan berat segar dilakukan setelah tanaman berumur 14 hari. Tanaman ditimbang menggunakan timbangan digital. Hasil penimbangan dinyatakan sebagai berat segar (BS).

### Kecepatan Pertumbuhan (g/hari)

Kecepatan pertumbuhan dihitung untuk mengetahui seberapa banyak tumbuhan mengalami penambahan pertumbuhan setiap harinya. Kecepatan pertumbuhan dihitung dengan rumus menurut Juswardi dkk. (2010) sebagai berikut:

$$\text{Kecepatan pertumbuhan} = \frac{BS_2 - BS_1}{t_2 - t_1}$$

Keterangan: BS<sub>1</sub> = berat segar tanaman awal

BS<sub>2</sub> = berat segar tanaman akhir

t<sub>1</sub> = waktu pengamatan awal

t<sub>2</sub> = waktu pengamatan akhir

### Analisis Kandungan Nitrogen

Kandungan N-total yang dianalisis meliputi N-total limbah awal, N-total limbah setelah pengenceran dan N-total limbah dan tanaman yang dilakukan setelah akhir pengamatan. Analisis kandungan N pada limbah dan tanaman dilakukan di Unit Pelaksanaan Teknis Pengujian (UPT.P) Dinas Pekerjaan Umum Pekanbaru dengan metode Kjeldahl yang berlangsung dalam tiga tahap yaitu proses destruksi, destilasi dan titrasi .

### b. Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis menggunakan sidik ragam (ANOVA). Jika terdapat perbedaan nyata dilakukan uji lanjut menggunakan *Duncan New Multiple Range Test* (DNMRT) taraf 5 %.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Berat Segar dan Kecepatan pertumbuhan *Pistia stratiotes* L.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan berat segar dan kecepatan pertumbuhan. Rerata berat segar dan kecepatan pertumbuhan *P. stratiotes* disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan analisis sidik ragam pada berat segar dan kecepatan pertumbuhan

menunjukkan bahwa, perlakuan limbah memberikan pengaruh terhadap berat segar akhir dan kecepatan pertumbuhan *P. stratiotes*.

permukaan limbah cair tertutupi oleh lemak. Hal ini menyebabkan terjadinya perubahan ciri fisik tanaman yaitu menjadi layu pada semua perlakuan

Tabel 1. Rerata berat segar dan kecepatan pertumbuhan *P. stratiotes*

Konsentrasi (%)	Berat segar (g)		Kecepatan pertumbuhan (g/hr)
	Awal	Akhir	
0	120	177,96 <sup>a</sup>	4,14 <sup>a</sup>
20	120	20,90 <sup>c</sup>	7,07 <sup>c</sup>
40	120	40,95 <sup>bc</sup>	5,64 <sup>bc</sup>
60	120	60,73 <sup>b</sup>	4,23 <sup>b</sup>
80	120	56,41 <sup>b</sup>	4,54 <sup>b</sup>
100	120	56,04 <sup>b</sup>	4,56 <sup>b</sup>

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DNMRT taraf 5%.

Berdasarkan uji DNMRT taraf 5 %, perlakuan pengenceran limbah 20 % berbeda nyata dengan pengenceran 60, 80, 100% dan kontrol. Penurunan berat segar berbanding lurus terhadap penurunan kecepatan pertumbuhan tanaman. Peningkatan terjadi pada perlakuan tanpa limbah, karena hanya pada perlakuan ini tanaman mengalami pertumbuhan selama 14 hari perlakuan. Persentase penurunan berat segar dan kecepatan pertumbuhan tertinggi terjadi pada konsentrasi 20 % (82,58 %).

Limbah cair tahu yang digunakan sebagai media pertumbuhan *P. stratiotes* selain mengandung N-total tinggi (42 ppm) juga memiliki kadar lemak yang tinggi yakni 146 mg/l berdasarkan analisis awal. Nilai ini berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tahun 2001 yaitu N-total sebesar 20 mg/l dan Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2006 yaitu lemak sebesar 18,3 mg/l. Tingginya kandungan lemak menyebabkan

limbah. Sedangkan tanaman di media kontrol tetap segar karena *P. stratiotes* dalam media kontrol dapat melakukan proses fotosintesis dengan maksimal hingga 14 hari perlakuan. Tingginya kandungan bahan organik di dalam limbah terutama kandungan lemak berpengaruh terhadap fotosintesis di daun sehingga berdampak pada pertumbuhan tanaman selanjutnya.

Lapisan lemak di permukaan limbah akan menghalangi pertukaran panas antara atmosfer dengan permukaan air. Terhalangnya pertukaran panas di permukaan limbah menyebabkan peningkatan suhu permukaan. Kondisi ini menunjukkan bahwa *P. stratiotes* tidak efektif digunakan, karena tanaman tidak mampu menurunkan suhu akhir pada limbah cair tahu. Tingginya suhu menyebabkan terganggunya proses metabolisme tanaman *P. stratiotes*, dimana tanaman akan layu dan mengalami klorosis. Klorosis pada tanaman terjadi karena pembentukan klorofil terhambat. Klorofil banyak

terdapat di daun dengan karakteristik berwarna hijau dan berperan dalam proses fotosintesis tanaman. Fungsi utama klorofil adalah sebagai pigmen penyerap energi cahaya. Semakin banyak kandungan klorofil maka kemungkinan terjadinya proses fotosintesis akan berjalan lebih cepat sehingga fotosintat yang dihasilkan menjadi lebih tinggi.

Mikroorganisme membutuhkan banyak O<sub>2</sub> untuk mendegradasi bahan organik. O<sub>2</sub> terlarut yang digunakan oleh mikroorganisme ini berasal karena adanya difusi O<sub>2</sub> dari atmosfer saat terjadinya pengadukan selama proses pengenceran limbah. Menurut Fauzi (2008) apabila O<sub>2</sub> dari difusi tidak mencukupi, mikroorganisme dapat

Tabel 2. Hasil pengukuran Suhu dan pH limbah cair tahu

Parameter	Konsentrasi (%)	Awal	Setelah Pengenceran	Akhir
Suhu (°C)	0	30		32
	20		30	32
	40		30	32
	60		30	32
	80		30	32
	100	30		32
pH	0	6,50		7,536 <sup>a</sup>
	20		3,78	8,814 <sup>b</sup>
	40		3,59	8,821 <sup>b</sup>
	60		3,59	8,839 <sup>b</sup>
	80		3,58	8,866 <sup>b</sup>
	100	3,56		8,801 <sup>b</sup>

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DNMRT taraf 5%.

Besarnya kandungan bahan organik (lemak) di dalam limbah selain meningkatkan suhu juga bisa menurunkan O<sub>2</sub> terlarut. Lapisan lemak yang menutupi permukaan akan menghalangi aerasi dan difusi O<sub>2</sub> dari atmosfer. O<sub>2</sub> digunakan oleh bakteri aerob untuk mendegradasi bahan organik. Menurut Rahayu dan Terengna (1989), tanpa aerasi kadar O<sub>2</sub> terlarut di dalam air akan terus menurun mencapai 2,3 mg/l, sedangkan pada kondisi dengan aerasi kadar O<sub>2</sub> terlarut dapat dipertahankan hingga 6-7 mg/l.

mengambil O<sub>2</sub> dari senyawa NO<sub>3</sub><sup>-</sup> yang terdapat di dalam limbah.

Limbah cair tahu yang mengandung bahan organik tinggi akan diuraikan oleh mikroorganisme yang terdapat di dalam limbah. Proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme akan meningkatkan pH limbah. Peningkatan pH disebabkan oleh meningkatnya kandungan NH<sub>3</sub> di dalam limbah. Meningkatnya kandungan NH<sub>3</sub> menunjukkan besarnya kandungan bahan organik yang terurai karena sebagian besar keberadaan NH<sub>3</sub> dihasilkan dari proses pembusukan bahan organik oleh

mikroorganisme. Kisaran pH limbah setelah pengenceran (Tabel 2.) adalah 3,58-3,78. Nilai tersebut mengalami peningkatan dibandingkan pH awal yaitu sebesar 3,56. Setelah 14 hari perlakuan pH juga mengalami peningkatan dibandingkan dengan pH awal maupun pH setelah pengenceran. pH pada perlakuan pengenceran 20, 40, 60 dan 80% serta limbah tanpa pengenceran (100%) tidak berbeda nyata namun semua perlakuan limbah berbeda nyata terhadap kontrol.

Kenaikan pH diakhir perlakuan juga disebabkan oleh reaksi denitrifikasi. Denitrifikasi merupakan proses penguraian  $\text{NO}_3^-$  menjadi gas  $\text{N}_2$  atau  $\text{NO}_2^-$ . Beberapa mikroorganisme tetap aktif dalam proses ini, karena menurut Fauzi (2008) di dalam kondisi anaerob ada sekelompok golongan bakteri fakultatif anaerob menggunakan  $\text{NO}_2^-$  dan  $\text{NO}_3^-$  sebagai terminal penerima elektron dan  $\text{NO}_3^-$  diubah menjadi gas N dalam kondisi tidak ada  $\text{O}_2$  di dalam air (proses denitrifikasi anoksik). Haridjaja (2010) juga menyatakan bahwa perubahan  $\text{NO}_3^-$  dalam air limbah menjadi gas dilakukan dengan memanfaatkan kemampuan  $\text{NO}_3^-$  sebagai penerima elektron dengan membiarkan ion  $\text{NO}_3^-$  mengoksidasi metanol melalui bakteri di bawah keadaan kekurangan  $\text{O}_2$ .

pH setelah 14 hari perlakuan sudah memenuhi baku mutu limbah cair tahu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tahun 2001 yaitu 6-9. Jadi dilihat dari faktor kimia air terutama pH, limbah sudah bisa dibuang ke badan perairan.

### **Analisis Kandungan N-Total dalam Limbah cair tahu dan Tanaman *P. stratiotes* L.**

Hasil analisis awal kandungan N-total pada kontrol adalah sebesar 0,5 mg/l, artinya aquades yang digunakan sebagai media pertumbuhan masih mengandung mineral berupa senyawa-senyawa terlarut salah satunya N-total. Kandungan N-total pada kontrol dimanfaatkan secara optimal oleh tanaman untuk memenuhi N-total dalam jaringan selama pertumbuhan.

Daun *P. stratiotes* pada kontrol hingga 14 hari perlakuan masih segar dan berwarna hijau dibandingkan dengan perlakuan pengenceran dan limbah tanpa pengenceran yang sudah mengalami klorosis mulai satu hari setelah perlakuan. Hal ini disebabkan tanaman pada kontrol memiliki kandungan klorofil yang tinggi. Apabila kandungan klorofil tinggi maka proses fotosintesis juga akan semakin meningkat. Hal ini didukung oleh pendapat Sulistyarningsih dkk. (2005) yang menyatakan bahwa warna hijau daun dan luas permukaan daun dapat digunakan untuk mengetahui jumlah klorofil tanaman.

Kandungan N-total awal pada limbah lebih tinggi dibandingkan dengan N-total awal kontrol yaitu sebesar 42 mg/l, dimana sumber utama N-total limbah awal berasal dari kacang kedelai yang merupakan bahan baku pembuatan tahu. Selain bahan baku kedelai, penyebab lain kandungan N-total tinggi juga disebabkan oleh proses pembuatan tahu yaitu pada tahap penggilingan. Penggilingan kedelai yang semakin halus dapat meningkatkan kandungan N-total limbah karena butiran-butiran senyawa protein semakin banyak dan akan

meningkatkan kandungan N-total dalam limbah. Hasil analisis kandungan N-total di limbah dan tanaman *P. stratiotes* disajikan pada Tabel 3.

ada di limbah, sehingga kandungan N-total limbah juga menjadi semakin meningkat.

Tabel 3. Kandungan N-total dalam limbah dan *P. stratiotes*

Konsentrasi (%)	Kandungan N-total limbah (mg/l)			Kandungan N-total pada <i>P. stratiotes</i> (mg/l)
	Awal	Setelah pengenceran	Akhir	
0	0,5		0,56 <sup>a</sup>	10,05 <sup>a</sup>
20		9,80	28,00 <sup>ab</sup>	14,00 <sup>b</sup>
40		22,4	60,20 <sup>b</sup>	13,45 <sup>b</sup>
60		28,0	177,33 <sup>c</sup>	13,80 <sup>b</sup>
80		37,8	247,33 <sup>d</sup>	13,05 <sup>b</sup>
100	42		371 <sup>e</sup>	13,29 <sup>b</sup>

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DNMRT taraf 5%.

Kandungan N-total setelah pengenceran cenderung meningkat seiring peningkatan konsentrasi limbah, sedangkan kandungan N-total akhir menunjukkan bahwa semua perlakuan berbeda nyata. Limbah akhir mengalami peningkatan N-total paling tinggi terdapat pada konsentrasi limbah 100 % dengan persentase peningkatan sebesar 53,30 %. Hal ini membuktikan bahwa tanaman *P. stratiotes* tidak efektif dalam mereduksi N-total yang terdapat di dalam limbah. Peningkatan N-total di limbah terjadi karena besarnya kandungan bahan organik di dalam limbah seiring meningkatnya konsentrasi, sehingga degradasi kandungan bahan organik oleh mikroorganisme di dalam limbah juga semakin meningkat dan berakibat pada peningkatan kandungan N-total limbah. Selain itu tingginya kandungan N-total limbah akhir perlakuan juga disebabkan oleh adanya akumulasi bagian tanaman dari N-organik menjadi N-anorganik dengan bantuan mikroorganisme yang

Peningkatan kandungan N-total tanpa pengenceran juga meningkatkan kandungan N-total tanaman. Kandungan N-total tanaman menunjukkan bahwa antara perlakuan pengenceran (80, 60, 40, dan 20 %) dan limbah tanpa pengenceran (100 %) tidak berbeda nyata, namun semua perlakuan pengenceran berbeda nyata terhadap kontrol. Hal ini disebabkan tingginya kandungan N-total di media tanam perlakuan limbah dibanding kontrol, sehingga serapan N oleh tanaman dalam media limbah lebih banyak daripada tanaman pada kontrol.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian tentang kajian efektifitas *P. stratiotes* dalam mereduksi N-total sebagai upaya perbaikan kualitas limbah cair industri tahu dapat disimpulkan bahwa *P. stratiotes* dalam limbah cair tahu tidak mengalami peningkatan dan kecepatan pertumbuhan, namun pada kontrol terjadi peningkatan

dan kecepatan pertumbuhan. Kandungan N-total akhir dalam limbah mengalami peningkatan dibanding N-total awal atau setelah pengenceran, sehingga *P. stratiotes* tidak efektif dalam mereduksi N-total dari limbah cair tahu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. 2003. *Manajemen Penelitian*. Rineka Cipta. Yogyakarta
- Artiyani, A. 2011. Penurunan Kadar N-Total dan P total pada limbah Cair Tahu dengan Metode Fitoremediasi Aliran Batch dan Kontinyu Menggunakan Tanaman *Hydilla Verticillata*. *Jurnal Spektra*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Nasional Malang. 18.9:9-11.
- Davis, M. L dan Cornwell, D. A. 1991. *Water Resource and Environment Engineering*. McGraw-Hill Newyork.
- Fauzi, A. 2008. Analisa Kadar Unsur Hara Karbon Organik dan Nitrogen di dalam Tanah Perkebunan Kelapa Sawit Bengkalis Riau. *Tugas Akhir*. Program studi diploma 3 kimia analisis [USU] universitas sumatera utara. Medan.
- Haridjaja, S. S. 1993. *Pengantar Agronomi*. Gramedia. Jakarta.
- Juswardi, Effendi P, Sagala, Lilian, F. 2010. Pertumbuhan *Neptunia oleraceae* Lour. pada Limbah Cair Amoniak dari Industri Pupuk Urea Sebagai Upaya Pengembangan Fitoremediasi. *Jurnal penelitian sains*. Sumatera Selatan. 13.1: 17-20.
- Kementrian Lingkungan Hidup Tahun 2006 tentang Persyaratan dan Tata Cara Perizinan Pembuangan Air Limbah Ke Laut.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2001 Tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Seketaris Negara Republik Indonesia. Jakarta.
- Rahayu, S dan Terengna, N. 1989. Peranan Mikroorganisme Aerob pada Penguraian Detergen dalam Air. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Perairan*. 13: 31-35.
- Sari, P. M. 1999. Studi Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) untuk menurunkan COD, N dan P pada Air Limbah Pabrik Tahu. *Tugas Akhir. Teknik Lingkungan-FTSP : [ITS]Institut Teknik Surabaya*. Surabaya.
- Sulistyaningsih, E, Kurniasih, B, Kurniasih E. 2005. Pertumbuhan dan Hasil Caisin pada Berbagai Warna Sungkup Plastik. *Ilmu Pertanian*. 12.1 : 65-76.
- Suprihatin, Romli, M. 2009. Beban Pencemaran Limbah Cair Industri Tahu dan Analisis Alternatif Strategi Pengelolaannya. *Jurnal Purifikasi*, 10:2, 141-15.

