

Implementation of the Masaco Filter Innovation (Water Hyacinth Cellulose Membrane) as a Solution for Wastewater Management at Pertamina FT Cikampek and Clean Water Availability in Walahar Village

Taufik Ismail¹, Khakam Ma'ruf², Rizal Justian S.³, Arizky Sudewo R.¹, M. Zakky Al Ghifari¹, Cita Insaniah¹ & M. Jauhari Ali¹

Article Info

*Correspondence Author

¹ PT Pertamina Patra Niaga

² Department of Industrial Engineering, Universitas Gadjah Mada

³ Department of Industrial Engineering and Management, Collage of Engineering Yuan Ze University of China

How to Cite:

Ismail, T., Ma'ruf, K., Justian, R., Sudewo, A.R., Al Ghifari, M.Z., Insaniah, C.M., Ali, J. (2024). *Implementation of the Masaco Filter Innovation (Water Hyacinth Cellulose Membrane) as a Solution for Wastewater Management at Pertamina FT Cikampek and Clean Water Availability in Walahar Village.* *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat* Vol. 3 No. 3, 38-51, 2024

Article History

Submitted: 8 October 2024

Received: 8 October 2024

Accepted: 10 October 2024

Correspondence E-Mail:

Id.taufikismail@gmail.com

Abstract

Innovation to improve environmental impact was conducted by PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek in accordance with the Life Cycle Assessment (LCA) analysis. One of them is related to reducing the load of water pollution by creating the Masaco Filter innovation (Water Hyacinth Cellulose Membrane). The innovation was created in line with the linkage of LCA and social innovation to answer a hotspot related to the impact of eutrophication. The Masaco filter applied to the Clean Water Management Installation or "Instalasi Pengelolaan Air Bersih" (IPAB) in the implementation of the Ngabedabkeun Walahar Program resulted in a reduction in *Escherichia Coli* levels from 100 CFU/100ml to 0 CFU/100ml and Total Coliform from 7 CFU/100ml to 0 CFU/100ml, Total Dissolve Solid which was previously 450 mg/L to 218 mg/LP, and dissolved manganese which was previously 30 mg/L to 0.01 mg/L so as to produce clean water hygiene and sanitation following the Minister of Health Regulation No. 2 of 2023 concerning Environmental Health Quality Standards.

Keywords: Clean Water; Corporate Social Responsibility; Water Conservation.

Implementasi Inovasi Filter Masaco (Membran Selulosa Eceng Gondok) Sebagai Solusi Pengelolaan Air Limbah di Pertamina FT Cikampek dan Ketersediaan Air Bersih di Desa Walahar

Taufik Ismail¹, Khakam Ma'ruf², Rizal Justian S.³, Arizky Sudewo R.¹, M. Zakky Al Ghifari¹, Cita Insaniah¹ & M. Jauhari Ali¹

Info Artikel

*Korespondensi Penulis

¹ PT Pertamina Patra Niaga

² Department of Industrial Engineering, Universitas Gadjah Mada

³ Department of Industrial Engineering and Management, Collage of Engineering Yuan Ze University of China

Surel Korespondensi:
Id.taufikismail@gmail.com

Abstrak

Inovasi untuk meningkatkan perbaikan dampak lingkungan dilakukan PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek sesuai dengan analisis *Life Cycle Assessment* (LCA). Salah satu di antaranya yaitu terkait dengan penurunan beban pencemaran air dengan menciptakan inovasi Filter Masaco (Membran Selulosa Eceng Gondok). Inovasi tersebut diciptakan sejalan dengan keterkaitan LCA dan inovasi sosial untuk menjawab *hotspot* terkait dengan dampak eutrofikasi. Filter Masaco yang diterapkan pada Instalasi Pengelolaan Air Bersih (IPAB) pada pelaksanaan Program *Ngabedahkenn Walahar* (dapat menurunkan kadar *Escherichia coli* yang sebelumnya 100 CFU/100 ml menjadi 0 CFU/100ml dan Total Coliform yang sebelumnya 7 CFU/100 ml menjadi 0 CFU/100 ml, Total Dissolve Solid yang sebelumnya 450 mg/L menjadi 218 mg/LP, dan mangan terlarut yang sebelumnya 30 mg/L menjadi 0,01 mg/L sehingga menghasilkan air bersih higienis dan sanitasi sesuai dengan Peraturan Menteri kesehatan No. 2 Tahun 2023 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan.

Kata Kunci: Air Bersih; Konservasi Air; Program Tanggung Jawab Sosial dan Lingkungan

Pendahuluan

PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek menjalankan operasionalnya dengan memperhatikan dan menerapkan prinsip keberlanjutan lingkungan melalui penerapan kerja yang di antaranya efisiensi energi, pengurangan emisi, efisiensi air dan penurunan beban air, penanganan limbah B3, pengurangan dan pemanfaatan limbah non B3, perlindungan keanekaragaman hayati, serta pemberdayaan masyarakat. PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek terus berinovasi dengan mengembangkan mekanisme kerja yang ramah lingkungan, menggunakan teknologi hijau dan material berkelanjutan, serta menerapkan solusi inovatif untuk mengurangi jejak karbon, mendukung ekonomi sirkular, dan berkontribusi positif terhadap keberlanjutan lingkungan.

PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek pada tahun 2024 berupaya meningkatkan perbaikan dampak lingkungan khususnya pada aspek beban pencemaran air yang berpotensi menimbulkan eutrofikasi. Dampak *eutrophication* (eutrofikasi) dalam kajian *life cycle assessment* (LCA) ini diperoleh data hasil analisis bahwa PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek, dampak *eutrophication* (eutrofikasi) terjadi pada proses *gate* berasal dari proses mobil tangki (*filling shed*) serta fasilitas penunjang (genset, perkantoran, dan IPAL domestik). Upaya meningkatkan perbaikan dampak lingkungan oleh PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek dalam mengurangi dampak eutrofikasi dengan menciptakan inovasi Filter Masaco atau Membran Selulosa Eceng Gondok yang diterapkan sebagai upaya untuk mengurangi dampak eutrofikasi yang bersumber dari air limbah domestik. Selain itu Filter Masaco diciptakan atas latar belakang untuk mengurangi limbah eceng gondok yang berada di Danau Cinta yang merupakan bagian dari aliran Sungai Citarum yang lokasinya dijadikan sebagai pelaksanaan program tanggung jawab sosial dan lingkungan (TJSL) dengan nama Program Ngabedahkeun Walahar (Ngalindungi Baberengan Danau Cinta Kanggo Ekosistem Keberlanjutan) sehingga dilaksanakan penelitian untuk memanfaatkan eceng gondok sebagai material filter air dengan diproduksi menjadi Membran Selulosa Eceng Gondok.

Penciptaan Inovasi Filter Masaco merupakan bagian dari komitmen dan langkah nyata PT Pertamina (Persero) untuk melindungi sumber air bersih dan mendukung *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya tujuan nomor 6, Air Bersih dan Sanitasi. Menurut Suripno (nasional.kompas.com, 2024) selaku Vice President (VP) Sustainability Strategy PT Pertamina (Persero) pada agenda World Water Forum 2024 menjelaskan bahwa perusahaan memiliki komitmen dan langkah nyata dalam pengelolaan keberlangsungan air melalui upaya internal, yakni aspek perilaku dan teknologi. Kedua, upaya eksternal melalui kolaborasi dengan komunitas, maupun program tanggung jawab sosial dan lingkungan (TJSL) atau *corporate social responsibility* (CSR). “Kami juga menyadari penggunaan air di seluruh rantai nilai bisnis Pertamina, sehingga kami menerapkan sistem dan program pengelolaan air yang memberi dampak Net Positif Water Impact (NPWI). PT Pertamina (Persero) mengelola penggunaan air secara ketat. Program pengelolaan air berkelanjutan (*Sustainable Water Management*) dimulai dari mengidentifikasi rantai nilai konsumsi air, penetapan target, hingga implementasi program. Selain itu, metode Pertamina Water Tools yang dapat melakukan penilaian cepat terhadap penerapan sistem pengelolaan air di seluruh unit bisnis”.

Kegiatan industri migas menghasilkan dampak berupa pencemaran udara, air, dan tanah (Sulistiyono, 2015). *Life cycle assessment* (LCA) adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menghitung dampak dalam proses distribusi dan fasilitas pendukungnya berdasarkan jumlah energi yang digunakan, penggunaan sumber daya alam, emisi ke lingkungan, serta mengevaluasi dan menerapkan perbaikan yang berlaku tergantung pada kondisi (Hendrickson *et al.*, 2010). Astuti (2019) menyatakan bahwa setelah mengetahui isu penting dari siklus hidup produk, dapat direkomendasikan alternatif perbaikan yang dapat

dilakukan perusahaan untuk mengurangi dampak lingkungan. Potensi eutrofikasi merupakan satu diantara dampak yang dihasilkan dari aktivitas usaha yang dijalankan PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek. Eyre dan Lester (2002) menjelaskan bahwa eutrofikasi merupakan proses pengayaan (*enrichment*) nutrisi perairan yang dapat memicu peningkatan produktivitas perairan sehingga terjadi ketidakseimbangan ekosistem yang mengarah ke penurunan tingkat kualitas perairan. Lebih lanjut Verma & Sivappa (2017) menjelaskan bahwa pencemaran perairan terutama oleh material organik nitrogen (N) dan phosphor (P) akan memicu laju eutrofikasi yang menutrisi eceng gondok bertumbuh semakin pesat. PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek sebagai perusahaan yang bergerak industri minyak dan gas, pengelolaan air limbah domestik merupakan salah satu tantangan yang signifikan bagi banyak fasilitas di perusahaan. Potensi timbulnya kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam air limbah domestik menyebabkan pencemaran yang merugikan lingkungan. Bakkara dan Purnomo (2022) menyatakan air limbah tersebut harus diolah sebelum dibuang ke badan air agar memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016.

PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek pada penerapan sebelumnya telah melakukan pengelolaan limbah air domestik dengan sistem instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan capaian air limbah domestik yang dihasilkan telah memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Pemantauan tersebut setiap bulannya dilaksanakan dengan melakukan pengujian laboratorium sesuai dengan peraturan menteri tersebut. Upaya untuk menurunkan kadar ataupun meningkatkan baku mutu kualitas air limbah domestik pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL) diterapkan *hydropure* dengan inovasi Filter Masaco yang terpasang pada pipa *outlet* sehingga kualitas air limbah domestik menjadi lebih baik untuk mengurangi dampaknya bagi lingkungan yang spesifiknya terkait dengan eutrofikasi.

Sejalan dengan keterkaitan *life cycle assessment* (LCA) dan inovasi sosial untuk menjawab *hotspot* terkait dengan dampak eutrofikasi. Pelaksanaan program tanggung jawab sosial dan lingkungan (TJSL) melalui Program Ngabedahkeun Walahar (Ngalindungi Baberengan Danau Cinta Kanggo Ekosistem Keberlanjutan) menyelaraskannya berdasarkan dokumen *Social Mapping* Desa Walahar pada tahun 2021 hingga 2024 terkait dengan penanganan permasalahan limbah eceng gondok yang sering kali memenuhi perairan Danau Cinta yang merupakan anak aliran Sungai Citarum serta penanganan kebutuhan air bersih di Desa Walahar, Kecamatan Klari, Kabupaten Karawang, terutama dalam pemenuhan air bersih bagi operasional UMKM yang berada di wilayah Danau Cinta.

Pertumbuhan eceng gondok tak terkendali mengindikasikan telah terjadi eutrofikasi karena pengayaan unsur hara pada danau (Chander *et al.*, 2018). Eceng gondok di berbagai belahan dunia telah menimbulkan berbagai permasalahan terhadap lingkungan, pembangunan sosial, kesehatan manusia, perekonomian dan akses pada air bersih (Dersseh *et al.*, 2019; Sharma *et al.*, 2016). Semakin luas tutupan eceng gondok pada permukaan air akan semakin menurunkan kadar oksigen terlarut yang berakibat pada hilangnya beragam spesies sehingga memberikan ancaman besar bagi keanekaragaman hayati (Plaza *et al.*, 2010). Metode paling umum digunakan untuk pengendalian eceng gondok, yaitu pengendalian secara fisik, kimiawi dan biologi (Su *et al.*, 2018). Inovasi Filter Masaco dalam tujuannya selain untuk sebagai material filter, ditujukan juga sebagai upaya untuk pengendalian eceng gondok secara fisik dengan mengolahnya untuk menjadi membran selulosa eceng gondok dan secara biologi untuk menurunkan potensi eutrofikasi dari proses filtrasi pada penerapan Inovasi Filter

Masaco pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Filter Masaco diterapkan sebagai komponen filtrasi pada Instalasi Pengelolaan Air Bersih (IPAB)/*Hydropure* untuk mengolah air danau menjadi air layak untuk pemenuhan keperluan *hygiene* dan sanitasi yang kadarnya sesuai dengan parameter baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan.

Tepsie (2014) menjelaskan bahwa inovasi sosial meliputi aspek bentuk dan karakter. Bentuk inovasi sosial terdiri dari 5 (lima) bagian. Pertama, bentuk kebaruan dari program berupa hal apa yang baru dan berbeda dengan tempat lain. Kebaruan yang dimaksud di sini adalah tidak sepenuhnya baru tetapi aktivitas program yang baru dilakukan oleh penerima manfaat. Bentuk yang kedua adalah memenuhi kebutuhan sosial yang dasar. Program disusun untuk menjawab kebutuhan dasar dengan mempertimbangkan kebudayaan lokal. Bentuk ketiga adalah program sudah terimplementasikan di tengah masyarakat. Program yang terimplementasikan menjadi indikator bahwa inovasi sosial bukan hanya sekedar konsep. Bentuk keempat program harus melibatkan penerima manfaat dengan meningkatkan kapasitas. Program harus melibatkan multi *stakeholder* dalam proses pengasahan pengetahuan dan keterampilan. Bentuk kelima berupa transformasi hubungan sosial yang berkeadilan dalam proses distribusi kewenangan. Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan kegiatan ini adalah untuk mengetahui efektivitas penerapan inovasi Filter Masaco terhadap upaya peningkatan perbaikan lingkungan pada aspek eutrofikasi dengan peningkatan perbaikan parameter baku mutu air limbah domestik yang dihasilkan dari Instalasi Pengolahan Air Limbah PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek dan mengukur kelayakan penerapan inovasi Filter Masaco untuk menghasilkan air bersih pada instalasi pengelolaan air bersih (IPAB) untuk pemenuhan air bersih masyarakat Desa Walahar.

Metode

Kegiatan dilaksanakan di PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek dan Danau Cinta (lokasi program TJSJ) dengan metode:

- a. Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dilakukan pengujian sampel dengan membandingkan data hasil laboratorium antara sebelum diterapkannya inovasi Filter Masaco dengan setelah diterapkannya Filter Masaco. Sampel untuk pengujian data hasil laboratorium sebelum diterapkannya inovasi Filter Masaco bersumber dari data laboratorium pada periode Januari 2023 hingga Januari 2024. Sedangkan untuk data hasil laboratorium setelah diterapkannya inovasi Filter Masaco bersumber dari data laboratorium pada periode Februari hingga Juni 2024. Sampel diambil dari air hasil filtrasi pada *outlet* IPAL domestik. Pengujian dilaksanakan oleh Laboratorium Lingkungan Hidup dan Kalibrasi Adhikari Lab (tersertifikasi Komite Akreditasi Nasional (KAN) No. LP-720-IDN dan Unilab Perdana yang telah tersertifikasi Komite Akreditasi Nasional (KAN) No. LP-195-IDN. Selanjutnya hasil pengujian tersebut dilaksanakan analisis dengan membandingkan hasil pengujian sebelum dan sesudah penerapan *Hydropure* dengan Filter Masaco yang selanjutnya diukur kesesuaiannya berdasarkan ketentuan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- b. Pada Instalasi Pengelolaan Air Bersih (IPAB) yang telah terpasang *Hydropure* dengan Filter Masaco dilaksanakan pengujian dengan sampel yang bersumber dari air Danau Cinta dengan membandingkan hasil pengujian sebelum dan sesudah penerapan *Hydropure* dengan Filter Masaco. Pengujian laboratorium dengan parameter air layak

untuk pemenuhan keperluan hygiene dan sanitasi yang mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan. Pengujian dilaksanakan oleh Laboratorium Lingkungan Hidup dan Kalibrasi (Unilab Perdana) yang telah tersertifikasi Komite Akreditasi Nasional (KAN).

Pembahasan

Filter Masaco (Membran Selulosa Eceng Gondok)

Membran selulosa eceng gondok atau disebut dengan Filter Masaco merupakan suatu produk inovasi yang dihasilkan dari pengolahan tanaman eceng gondok yang tumbuh pada perairan Danau Cinta dan Sungai Citarum yang sekitar operasional PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek. Eceng gondok diolah dengan diproses menjadi membran selulosa yang berbentuk lembaran. Salah satu upaya yang cukup prospektif untuk menanggulangi gulma eceng gondok di kawasan perairan adalah dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok sebagai bahan baku pembuatan membran selulosa asetat (Damayanti dan Daia 2017). Eceng gondok memiliki potensi sebagai tumbuhan air yang dapat menanggulangi pencemaran air dengan nilai bioakumulasi yang tinggi, eceng gondok mempunyai potensi sebagai pembersih perairan dari limbah logam dan menurunkan tingkat toksisitas bahan pencemar yang terdapat dalam perairan yang tercemar oleh limbah (Suwondo, 2005). Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) mengandung sejumlah senyawa aktif saponin, flavonoid, polyphenol, dan alkaloid yang dapat dimanfaatkan sebagai senyawa antibakteri (Dalimartha, 2009). Serat eceng gondok mampu menyerap logam berat sehingga sering digunakan dalam kolam pemurnian air dari kandungan logam berat (Wolok *et al.*, 2018). Eceng gondok termasuk salah satu tumbuhan yang mempunyai kadar selulosa tinggi yakni mencapai 72,63% (Lowel, 1991) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyerap. Selulosa sendiri merupakan polimer sederhana, membentuk ikatan kimia yang memiliki permukaan rantai selulosa seragam, dan membentuk lapisan berpori. Material padatan berpori inilah yang menyerap bahan-bahan di sekelilingnya.

Efektifitas Filter Masaco untuk Peningkatan Kualitas Parameter Baku Mutu Air Limbah Domestik

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, baku mutu yang ditetapkan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Standart Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimun
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak dan lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/100mL	3.000
Debit	L/Orang/Hari	100

Sumber: Lampiran 1 P.68/Menlhk-Setjen/2016

Dari data Tabel 1, hasil data uji Laboratorium Lingkungan Hidup dan Kalibrasi pada air limbah domestik sebelum diterapkannya inovasi Filter Masaco didapatkan hasil yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Laboratorium Air Limbah Domestik Sebelum Penerapan Inovasi Filter Masaco

Parameter	Satuan	Bulan (2023)				
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei
pH	-	7,71	7,62	7,41	7,5	7,32
BOD	mg/L	11,78	13,63	15,11	18,2	12,1
COD	mg/L	44,28	42,37	36,2	40,09	38,15
TSS	mg/L	13	11	12	14	16
Minyak dan lemak	mg/L	2	2	2	2	2
Amoniak	mg/L	0,49	0,46	0,52	0,69	1,04
Total Coliform	Jumlah/100mL	490	2480	447	2460	552

Lanjutan Tabel 2

Bulan (2023)							Bulan (2024)
Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Jan
7,47	7,3	7,46	7,52	7,12	7,25	7,52	7,84
17,8	18,6	16,1	18,2	19,1	20,1	19	5
48,22	52,19	49,6	53,62	47,41	44,59	47,42	26
18	22	18	20	18	20	20	2
2	3	2	2	3	2	3	1,6
1,69	2,24	1,82	2,03	1,98	1,25	2,19	0,2
2620	880	750	2860	920	740	910	2400

Sumber: Hasil Olah Data, 2024

Berdasarkan hasil data uji Laboratorium Lingkungan Hidup dan Kalibrasi pada air limbah domestik setelah diterapkannya inovasi Filter Masaco didapatkan hasil yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Laboratorium Air Limbah Domestik Setelah Penerapan Inovasi

Parameter	Satuan	Bulan (2024)				
		Feb	Maret	Apr	Mei	Jun
pH	-	7,84	7,84	7,8	7	7,67
BOD	mg/L	5	8	4	5	7
COD	mg/L	26	23	20	27	37
TSS	mg/L	2	3	2	<2	4
Minyak dan lemak	mg/L	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6
Amoniak	mg/L	0,2	0,2	0,2	1	8
Total Coliform	Jumlah/100mL	2400	2300	2700	430	240

Sumber: Hasil Olah Data, 2024

Data hasil data uji yang tersaji pada Tabel 2 dan Tabel 3 dihitung *average*-nya untuk dikualifikasikan sesuai ketentuan baku mutu pada Tabel 1, dapat disajikan pada Tabel 4

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Average* dan Kesesuaian Dengan Baku Mutu Permenlhk 68

Parameter	Satuan	Baku Mutu Tabel 1 (Permen Lhk 68)	Average Hasil Uji Laboratorium		Kesesuaian dengan Permen Lhk 68	Penurunan Kadar
			Sebelum Inovasi (Tabel 2)	Setelah Inovasi (Tabel 3)		
pH	-	6-9	7,46	7,62	Sesuai (kisaran normal)	
BOD	mg/L	30	15,75	6,8	Sesuai	56,83%
COD	mg/L	100	43,86	31,2	Sesuai	28,86%
TSS	mg/L	30	15,69	3,2	Sesuai	79,60%
Minyak dan lemak	mg/L	5	2,2	1,6	Sesuai	27,27%
Amoniak	mg/L	10	1,28	3,84	Sesuai (kisaran normal)	
Total Coliform	Jumlah/100mL	3.000	1423,77	1374	Sesuai	3,50%

Sumber: Hasil Olah Data, 2024

Dapat dilihat pada Tabel 4, dapat dijelaskan bahwa penerapan Inovasi Filter Masaco pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek mampu menurunkan kadar atau meningkatkan kualitas baku mutu air limbah domestik pada parameter BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, serta total coliform jika dibandingkan dengan sebelum diterapkan inovasi. Pada parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) peningkatan kualitas baku mutu sebesar 56,83%, COD (*Chemical Oxygen Demand*) peningkatan kualitas baku mutu sebesar 28,86%, TSS (*Total Suspended Solids*) peningkatan kualitas baku mutu sebesar 79,60%. Minyak dan lemak peningkatan kualitas baku mutu sebesar 27,27%, dan total coliform peningkatan kualitas baku mutu sebesar 3,50%.

BOD atau *Biological Oxygen Demand* adalah kebutuhan oksigen biologis yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk memecah bahan organik secara aerobik (Santoso, 2018). Kebutuhan oksigen biologis (*Biological Oxygen Demand*) merupakan parameter kimia yang berfungsi untuk mengetahui kualitas perairan. Daroini dan Arisandi (2020) menjelaskan bahwa kandungan BOD yang tinggi menandakan minimnya oksigen terlarut yang terdapat di dalam perairan. Menurut (Salmin, 2005), kondisi tersebut akan berdampak terhadap kematian organisme perairan seperti ikan akibat kekurangan oksigen terlarut (anoxia). Analisis BOD perairan dapat meminimalisir jumlah toksik jika nilainya telah diketahui dan dilakukan pengolahan secara biologis.

Hasil penerapan Filter Masaco pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek menunjukkan bahwa baku mutu pada parameter BOD mengalami penurunan kadar dengan peningkatan kualitas sebesar 56,83% yang sebelumnya 15,75 mg/L menjadi 6,8 mg/L sehingga berpotensi berdampak positif terhadap perbaikan lingkungan dengan peningkatan oksigen biologis yang diperlukan oleh mikroorganisme pada perairan. Kadar COD dalam air sangat berpengaruh terhadap lingkungan. Ekosistem perairan sangat dipengaruhi oleh nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) dimana kadar dari COD menunjukkan tinggi rendahnya toksisitas dalam perairan dan sangat mempengaruhi bagi kelangsungan makhluk hidup di dalamnya (Setyaningrum *et al.*, 2022). Parameter COD adalah banyaknya oksigen yang yang dikonsumsi mikroorganisme selama

oksidasi bahan organik yang dapat teroksidasi dengan bantuan zat pengoksidasi kuat (Sara *et al.*, 2018). Nilai hasil pengukuran COD menentukan jumlah bahan organik yang ditemukan dalam air (Aulia *et al.*, 2017). Penerapan Filter Masaco pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek menunjukkan bahwa baku mutu pada parameter COD mengalami penurunan kadar dengan peningkatan kualitas sebesar 28,86% yang sebelumnya 43,86 mg/L menjadi 31,2 mg/L sehingga berpotensi pada peningkatan keanekaragaman hayati dan kualitas air pada wilayah perairan.

TSS (*Total Suspended Solids*) adalah kandungan partikel padat yang terlarut dalam air atau cairan. TSS dapat mencakup bahan organik, mineral, limbah industri, atau partikel lainnya. Dampak dari TSS yang tinggi termasuk penurunan kualitas air dengan air menjadi keruh, penyumbatan saluran air, gangguan pada ekosistem perairan, serta potensi risiko kesehatan bagi manusia jika terpapar atau terkonsumsi (Sutrisno *et al.*, 2023). Rifardi (2008) menyatakan masuknya padatan tersuspensi kedalam perairan dapat menimbulkan kekeruhan air hal ini menyebabkan menurunnya laju fotosintesis fitoplankton sehingga produktifitas primer perairan menurun yang pada gilirannya menyebabkan tergantungnya keseluruhan rantai makanan.

Hasil penerapan Filter Masaco pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek menunjukkan bahwa baku mutu pada parameter TSS mengalami penurunan kadar dengan peningkatan kualitas sebesar 79,60% yang sebelumnya 15,69 mg/L menjadi 3,2 mg/L. Hasil tersebut berpotensi mengurangi tingkat kekeruhan air dan perbaikan kualitas air sungai. Minyak lemak merupakan senyawa organik yang tidak mudah terurai, sehingga dapat mempengaruhi ketersediaan oksigen yang ada pada badan air atau berpengaruh pada oksigen terlarut dalam air menyebabkan DO dalam air turun (Sahubawa, 2011). Tinggi rendahnya minyak lemak yang terdapat pada air limbah tergantung dari karakteristik limbah yang masuk kedalam IPAL. Kadar minyak dan lemak yang tinggi mengakibatkan kekeruhan apabila masuk ke badan air.

Data hasil penerapan Filter Masaco pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek menunjukkan bahwa baku mutu pada parameter minyak dan lemak mengalami penurunan kadar dengan peningkatan kualitas sebesar 27,27% yang sebelumnya 2,2 mg/L menjadi 1,6 mg/L sehingga berpotensi berpengaruh terhadap peningkatan kadar oksigen terlarut yang berdampak pada peningkatan aktivitas mikroorganisme baik dalam perairan. Total coliform adalah sekelompok bakteri yang digunakan sebagai penanda kondisi sanitasi (Fradila *et al.*, 2023). Pada dasarnya pengelolaan dan pemeliharaan IPAL sangat mempengaruhi kemampuannya dalam mengurangi kandungan total coliform. Tingginya total coliform pada efluen dapat disebabkan pengendapan lumpur tinja di bak *outlet* yang tidak pernah dilakukan pengurasan. Tingginya total coliform yang dibuang ke lingkungan dapat menimbulkan masalah bagi kesehatan masyarakat. Salah satu jenis bakteri coliform seperti *Escherichia coli* dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti tifus, kolera, hepatitis, dan diare apabila masuk ke dalam sistem pencernaan melalui minuman atau makanan (Susanthi *et al.*, 2018).

Hasil penerapan Filter Masaco pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek menunjukkan bahwa baku mutu pada parameter total coliform mengalami penurunan kadar dengan peningkatan kualitas sebesar 3,50% yang sebelumnya 1.424,77 jumlah/100 ml menjadi 1.374 Jumlah/100 ml sehingga berpotensi meningkatkan kualitas air dan tingkat kesehatan masyarakat yang menggunakan sumber air dari aliran sungai.

Efektifitas Filter Masaco untuk Peningkatan Kualitas Parameter Baku Mutu Air Bersih *Hygiene* dan Sanitasi

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan, baku mutu yang ditetapkan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter air untuk keperluan hygiene dan sanitasi

Parameter	Satuan	Kadar Maksimun
Mikrobiologi		
<i>Escherichia Coli</i>	CFU/100ml	0
Total Coliform	CFU/100ml	0
Fisik		
Suhu	0C	Suhu udara+3
Total Dissolve Solid	mg/L	<300
Kekeruhan	NTU	<3
Warna	TCU	10
Bau	-	Tidak berbau
Kimia		
Ph	-	6,5-8,5
Nitrat	mg/L	20
Nitrit	mg/L	3
Kromium	mg/L	0,01
Besi terlarut	mg/L	0,2
Mangan terlarut	mg/L	0,1

Sumber: Bab II.A.2 Permenkes No 2 Tahun 2023

Data hasil data uji Laboratorium Lingkungan Hidup dan Kalibrasi pada sumber Air Danau Cinta tanpa filtrasi dan Air Danau Cinta yang dilakukan filtrasi dengan Instalasi Pengelolaan Air Bersih (IPAB) dengan Filter Masaco didapatkan hasil yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Hasil Uji Laboratorium Air Danau Cinta Tanpa Filtrasi Dengan Difiltrasi Fiter Masaco

Parameter	Satuan	Kadar Air Danau Cinta	
		Tanpa Filtrasi	Difiltrasi Filter Masaco
Mikrobiologi			
<i>Escherichia Coli</i>	CFU/100ml	100	0
Total Coliform	CFU/100ml	7	0
Fisik			
Suhu	0C	21	21
TDS	mg/L	450	218
Kekeruhan	NTU	1	0,4
Warna	TCU	<1	<1
Bau	-	Tidak berbau	Tidak Berbau
Kimia			
Ph	-	8	8
Nitrat	mg/L	6	3

Nitrit	mg/L	<0,002	<0,002
Kromium	mg/L	<0,004	<0,004
Besi terlarut	mg/L	<0,008	<0,008
Mangan terlarut	mg/L	30	0,01

Sumber: Hasil Olah Data, 2024

Dapat dilihat pada Tabel 6, dijelaskan bahwa penerapan Inovasi Filter Masaco pada Instalasi Pengelolaan Air Bersih (IPAB) di area Program Tanggung Jawab Sosial dan Lingkungan PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek di Desa Walahar dengan Program Ngabdahkuen Walahar dapat meningkatkan kualitas air bersih yang sesuai dengan kadar baku mutu parameter air untuk keperluan hygiene dan sanitasi yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023. Tanpa dilakukan filtrasi dengan Filter Masaco, Air Danau Cinta pada parameter mikrobiologi yang meliputi *Escherichia coli* dan Total Coliform, parameter fisik berupa TDS (*Total Dissolve Solid*), serta pada parameter kimia berupa mangan terlarut menunjukkan hasil bahwa kadarnya melebihi baku mutu sehingga dinyatakan tidak layak sebagai air bersih yang diperuntukan sebagai air untuk keperluan *hygiene* dan sanitasi. Sedangkan hasil pengujian pada air yang telah di filtrasi pada Instalasi Pengelolaan Air Bersih (IPAB) dengan Filter Masaco menunjukkan bahwa seluruh parameter sesuai dengan kadar baku mutu yang ditetapkan sebagai peruntukan air untuk keperluan *hygiene* dan sanitasi.

Parameter mikrobiologi menunjukkan bahwa Filter Masaco dapat menurunkan kadar *Escherichia coli* yang sebelumnya 100 CFU/100 ml menjadi 0 CFU/100 ml dan Total Coliform yang sebelumnya 7 CFU/100 ml menjadi 0 CFU/100 ml sehingga telah sesuai dengan kadar maksimum dari parameter baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023. Kurniawan *et al.* (2022) menjelaskan bahwa bakteri *E. coli* dan Kelompok bakteri coliform yang ditemukan pada air umumnya dijadikan sebagai indikator kualitas cemaran air sehingga diperlukan pengolahan untuk memastikan kualitas air kembali terjamin untuk kebutuhan masyarakat. Idealnya sumber mata air harus bebas dari bakteri *E. coli* dan kelompok bakteri coliform. Idealnya air yang digunakan sehari-hari oleh masyarakat harus nol atau bebas bakteri *E. coli*. Jamilatun dan Aminah (2016), bakteri *E. coli* merupakan bakteri patogen yang seringkali menyebabkan penyakit akut yang umumnya menyerang saluran pencernaan. Bakteri *E. coli* secara dapat menginfeksi saluran kemih, sepsis/meningitis.

Parameter fisik menunjukkan bahwa Filter Masaco dapat menurunkan kadar Total Dissolve Solid yang sebelumnya 450 mg/L menjadi 218 mg/LP sehingga telah sesuai dengan kadar maksimum dari parameter baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023. Sulaeman *et al.* (2022) menjelaskan bahwa TDS adalah parameter fisik air dan ukuran zat terlarut baik zat organik maupun anorganik yang terdapat pada suatu larutan. TDS dapat mencakup jumlah material dalam air yang berupa karbonat, bikarbonat, sulfat, fosfat, nitrat, kalsium, magnesium, natrium, dan ion-ion organik. Kandungan TDS di dalam air dapat memberikan rasa pada air yaitu air menjadi garam sehingga air yang mengandung TDS terminum akan mengakibatkan akumulasi garam didalam ginjal manusia sehingga akan mempengaruhi fungsi fisiologis ginjal.

Parameter kimia menunjukkan bahwa Filter Masaco dapat menurunkan kadar mangan terlarut yang sebelumnya 30 mg/L menjadi 0,01 mg/L sehingga telah sesuai dengan kadar maksimum dari parameter baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023. Menurut Slamet, 2007 (dalam Febrina, 2015) menjelaskan bahwa mangan (Mn)

adalah metal berwarna kelabu-kemerahan, di alam mangan (Mn) umumnya ditemui dalam bentuk senyawa dengan berbagai macam valensi. Fauziah (2010) menyatakan air yang mengandung mangan (Mn) berlebih menimbulkan rasa, warna (coklat/ungu/hitam), dan kekeruhan. Achmad (2004) menyatakan apabila kandungan mangan yang diizinkan dalam air yang digunakan untuk keperluan domestik, yaitu di bawah 0,05 mg/l. Lebih lanjut menurut Slamet, 2007 (dalam Febrina, 2015) menjelaskan dalam jumlah yang besar (>0,5 mg/l), mangan (Mn) dalam air bersifat neurotoksik. Gejala yang timbul berupa gejala susunan syaraf, insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot muka sehingga ekspresimuka menjadi beku dan muka tampak seperti topeng/*mask*.

Kesimpulan

Filter Masaco (Membran Selulosa Eceng Gondok) efektif untuk menurunkan kadar atau meningkatkan kualitas air limbah domestik dalam filtrasi pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik di PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Cikampek sebesar BOD 56,83%, COD 28,86%, TSS 79.60%, minyak dan lemak 27,27%, serta total coliform 3,50% sesuai ketentuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Filter Masaco yang diterapkan pada Instalasi Pengelolaan Air Bersih (IPAB) pada pelaksanaan Program Ngabedahkeun Walahar (Ngalindungi Baberengan Danau Cinta Kanggo Ekosistem Keberlanjutan) dapat menurunkan kadar *Escherichia coli* yang sebelumnya 100 CFU/100 ml menjadi 0 CFU/100 ml dan Total Coliform yang sebelumnya 7 CFU/100 ml menjadi 0 CFU/100 ml, Total Dissolve Solid yang sebelumnya 450 mg/L menjadi 218 mg/LP, dan mangan terlarut yang sebelumnya 30 mg/L menjadi 0,01 mg/L sehingga menghasilkan air bersih hygiene dan sanitasi sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan.

Daftar Pustaka

- Achmad, R. 2004. Kimia Lingkungan. Edisi 1. Yogyakarta. Andi Offset. hlm. 15-16.
- Aulia, H., Lisa, R., & Atni, A. (2017). Penentuan Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Air Sungai Martapura Akibat Limbah Industri (COD) In Martapura River Due To The Sasirangan. Seminar Nasional Dan Presentasi Ilmiah Perkembangan Terapi Obat Herbal Pada Penyakit Degeneratif, 1.
- Astuti, A. D., 2019. Analisis potensi dampak lingkungan dari budidaya tebu menggunakan pendekatan life cycle assessment (LCA). Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan dan IPTEK, 15(1), pp. 51-64
- Bakkara, Cathrine Gabriela dan Purnomo, Alfian. 2022. Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat di Indonesia. Jurnal Teknik ITS. Vol 11. No 3, 75-81.
- Chander, S., Pompapathi, V., Gujrati, A., Singh, R. P., Chaplot, N., & Patel, U. D. 2018. Growth of invasive aquatic macrophytes over Tapi river. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, 42(5), 829–833. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-5-829-2018>
- Dalimartha, Setiawan. 2009. Atlas Tumbuhan Obat Jilid 6. Jakarta: PT Pustaka Bunda.
- Damayanti dan Daia. 2017. Pemanfaatan Selulosa Aseta Eceng Gindok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Membran Untuk Desalinasi. Jurnal ITS. Teknik Lingkungan. Surabaya/
- Daroini, Tamamu Azizid dan Arisandi, Apri. 2020. Analisa BOD (Biological Oxygen Demand) Di Perairan Desa Prancak Kecamatan Seplu, Bankalan. Journal Trunojoyo. Volume 1, No 4, 558-566.

- Dersseh, M. G., Melesse, A. M., Tilahun, S. A., Abate, M., & Dagnew, D. C. 2019. Water hyacinth: Review of its impacts on hydrology and ecosystem services-Lessons for management of Lake Tana. In: *Extreme Hydrology and Climate Variability: Monitoring, Modelling, Adaptation and Mitigation* (hlm. 237–251). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815998-9.00019-1>
- Eyre, B.D., & Lester, J.M., 2002. Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Budgets for a Shallow Subtropical Coastal Embayment (Moreton Bay, Australia), *Lymnology, oceanography*, 47(4): 1043-1055.
- Fauziah, Adelina. 2010. Efektivitas Saringan Pasir Cepat Dalam Menurunkan Kadar Mangan (Mn) Pada Air Sumur Dengan Penambahan Kalium Permanganat (KMnO₄) 1%. Skripsi FKM USU: Medan.
- Febrina, L., & Ayuna, A. (2015). Studi penurunan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air tanah menggunakan saringan keramik. *Jurnal Teknologi*, 7(1), 35-44.
- Fradila, Rafida., Huboyo, Haryono Setyo., dan Syakur, Abdul. 2023. Rekayasa Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Metode Kombinasi Filtrasi Untuk Menurunkan Tingkat Polutan Air. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 22 (3), 2023, 342 – 350.
- Hendrickson, C. T., Matthews, H. S., and Matthews, D. H. 2010. *Life Cycle Assessment: Quantitative Approaches for Decisions That Matter*. USA: Resources for The Future.
- Jamilatun, M. and Aminah, A. (2016) 'Isolasi Dan Identifikasi Escherichia Coli Pada Air Wudhu Di Masjid Yang Berada Di Kota Tangerang', *Jurnal Medikes (Media Informasi Kesehatan)*, 3(1)
- Kurniawan, Fajar Bakti., Imbiri, Meidy Johana., Asrori., Alfreda, Yulianus Wisma Krisna., Asrianto, Sahli, Indra Taufik., dan Hartati, Risda. Kualitas Bakteriologi Escherichia Coli dan Coliform Pada Air di Distrik Demta Kabupaten Jayapura Tahun 2022. *Journal Sari Mutiara*. Vol.7 (No.2) Desember 2022, 66-71.
- Lowel, 1991, *Powder Surface and porosity*. 3rd, London
- <https://nasional.kompas.com/read/2024/05/22/21061021/wwf-2024-jadi-komitmen-dan-aksi-nyata-pertamina-kelola-keberlangsungan-air>
- Plaza, M. G., Pevida, C., Martín, C. F., Feroso, J., Pis, J. J., & Rubiera, F. 2010. Developing almond shell-derived activated carbons as CO₂ adsorbents. *Separation and Purification Technology*, 71(1), 102–106. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sep.pur.2009.11.008>
- Rifardi, 2008. Distribution of Sediment, Benthic Foraminifera and Mercury in the South Yatsushiro Sea, Kyushu, Japan. *Journal of Coastal Development*. Research Institute Diponegoro University. 11 (3) 104-112 hal.
- Sahubawa, Latif. 2011. Analisis dan Prediksi Bban Pencemaran Limbah Cair Pabrik Pengalengan Ikan. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, Vol. 18, No 1. 9-18.
- Salmin, O. T. (2005). Dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*, 30(3), 21-26.
- Santoso, A. D. (2018). Keragaan Nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batubara Studi Kasus pada Danau Sangatta North PT. KPC di Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 89-96.
- Sara, P. S., Astono, W., & Hendrawan, D. I. (2018). Kajian Kualitas Air Di Sungai Ciliwung Dengan Parameter BOD. *Seminar Nasional Cendekiawan Ke 4*, 591–597.
- Setyaningrum, Dyah., Anisa, Zuffa., dan Rasydta, Hani Prima. 2022. Pengujian Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Air Limbah Tinggi Kalsium Klorida Menggunakan Metode Refluks Terbuka. *Formosa Journal of Science and Technology*. Vol. 1, No. 4, 2022: 353-362.

- Sharma, A., Aggarwal, N. K., Saini, A., & Yadav, A. 2016. Beyond biocontrol: Water hyacinth-Opportunities and challenges. *Journal of Environmental Science and Technology*, 9(1), 26–48. <https://doi.org/10.3923/jest.2016.26.48>
- Su, W., Sun, Q., Xia, M., Wen, Z., & Yao, Z. 2018. The resource utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms) and its challenges. *Dalam Resources* (Vol. 7, Nomor 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/resources7030046>
- Sulaeman, U., Baharuddin, A., & Puspitasari, A. (2022). Analisis Spasial Kualitas Air oleh Logam Berat Timbal (Pb) di Kanal Hertasning Kota Makassar Tahun 2022. *Window of Public Health Journal*, 3(3), 471-480.
- Sulistiyono, S. (2015). Kegiatan Usaha Industri Migas Hubungannya dengan Dampak dan Tanggung Jawab Kelestarian Lingkungan Hidup. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 5(2).
- Susanthi, Dhama, Yanuar, Moh J., Purwanto., Suprihatin. Evaluasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan IPAL Komunal di Kota Bogor. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Volume 19, No 2, Juli 2018.
- Sutrisno, Widarto., Sulistyorini, Dewi., Anwar, Aristu., Sardono, Dimas Ari., Angraini, Rizki Budi. 2023. Pengaruh Limbah Industri Tahu Terhadap Kualitas Air Sungai Berdasarkan Parameter Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, Total Suspended Solid (Studi Kasus Industri Tahu di Dusun Janten, Ngestiharjo, Kasihan, Bantul). *Proceedings Series on Social Sciences & Humanities*, Volume 6 Prosiding Seminar Nasional Teknik (SENATEK).
- Suwondo, 2005, Akumulasi Logam Cuprum (Cu) Dan Zincum (Zn) Di Perairan Sungai Siak Dengan Menggunakan Bioakumulator Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*), Universitas Riau, Pekanbaru
- Tepsie. (2014). *Social Innovation Theory and Research A Guide for Researchers*. Uni Eropa: Seven Framework Programe.
- Verma, R., & Sivappa. 2017. Calculating growth rate of water hyacinth pollution. *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR)*, 7(7), 85–90.
- Wolok, Eduart., Lahay, Idham Halid., Machmoed, Buyung Rachmad., Pakaya, Fahriadi. 2018. Pengaruh Reaksi Alkalisasi Oksidasi Terhadap Porositas dan Kandungan Seluloosa Serat Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (sentra)*. Teknik Industri. Universitas Negeri Gorontalo