

Pengaruh Penggunaan Poly Aluminium Chloride (PAC) terhadap Air Limbah Budidaya Ikan Nila

Ima Yudha Perwira ^{a*}, Devi Ulinuha ^a

^a Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Badung, Bali-Indonesia

* Penulis koresponden. Tel.: +62-85338-368208
Alamat e-mail: ima.yudha@unud.ac.id

Diterima (received) 13 Juli 2023; disetujui (accepted) 14 Agustus 2023; tersedia secara online (available online) 14 Agustus 2023

Abstract

Kegiatan budidaya ikan nila berpotensi menghasilkan limbah yang mengandung bahan organik dan kekeruhan yang cukup tinggi, sehingga diperlukan upaya pengolahan air limbahnya untuk mengurangi potensi pencemaran lingkungan perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kandungan bahan organik dan senyawa pencemar lainnya pada air limbah budidaya ikan nila dengan menggunakan *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan 4 perlakuan: PAC 0 mg/L (kontrol), PAC 10 mg/L, PAC 15 mg/L, dan PAC 20 mg/L. Bahan Organik Total (BOT) pada air diukur dengan metode permanganat, kekeruhan air diukur dengan Turbidimeter, Total Suspended Solid (TSS) diukur dengan metode gravimetri, ammonia diukur dengan metode Nessler, nitrit diukur dengan metode NED dihydrochloride- Sulfanilamide, nitrat diukur dengan metode reduksi kadmium, dan fosfat diukur dengan metode asam askorbat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan PAC 15 dan 20 mg/L mampu menurunkan BOT dan kekeruhan pada air secara drastis >30%. Adapun penurunan TSS pada airnya tidak lebih dari 25%. Ammonia, nitrit, nitrat, dan fosfat tidak terpengaruh oleh perlakuan dengan menggunakan PAC.

Keywords: *Poly Aluminium Chloride (PAC); air limbah; pengolahan, Ikan Nila*

Abstrak

Nila *Teilapia* culture is potential to provide waste containing high organic matter and turbidity. Therefore, it is important to perform waste water treatment on this culture to reduce the environmental pollution risk caused by this activity. This study aimed to reduce the organic material amount and other substances in the waste water of Nile *Tilapia* culture by using *Poly Aluminium Chloride* (PAC). The study was performed experimentally by using 4 treatments: PAC 0 mg/L (control), PAC 10 mg/L, PAC 15 mg/L, and PAC 20 mg/L. Total organic matter (BOT) was measured using permanganate method, water turbidity was measured using Turbidimeter, total suspended solids (TSS) was measured using Gravimetric method, ammonia was measured using Nessler method, nitrite was measured using NED dihydrochloride-Sulfanilamide method, nitrate was measured using cadmium-reduction method, and phosphate was measured using Ascorbic acid method. The study showed that PAC 15 and 20 mg/L drastically reduced the BOT and turbidity (>30%), while the reduction of TSS was not more than 25%. Ammonia, nitrite, nitrate, and phosphate were not influenced by the application of PAC.

Kata Kunci: *Poly Aluminium Chloride (PAC); waste water; treatment, Nile Tilapia*

1. Pendahuluan

Kegiatan budidaya ikan nila merupakan salah satu jenis kegiatan budidaya ikan yang cukup populer dilakukan oleh para pembudidaya ikan konsumsi air tawar (Hasan *et al.*, (2020); Sukardi *et al.*, (2018)). Kegiatan budidaya pada ikan nila banyak

dilakukan karena sifat ikan nila yang memiliki tingkat pertumbuhan yang relatif cepat, sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama untuk melakukan kegiatan pemanenan (Ariantini *et al.*, 2015). Selain itu, ikan nila memiliki toleransi yang cukup tinggi terhadap kondisi lingkungan sehingga cukup mudah untuk dibudidayakan.

Dari sisi lainnya, ikan nila memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi sehingga budidaya ikan nila dianggap dapat meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan pembudidaya ikan. Produksi budidaya ikan nila di Provinsi Bali diketahui mencapai 6.262 ton pada akhir tahun 2022 (BPS, 2022), meningkat lima persen dari tahun 2021 yang hasil produksinya sebesar 5.995 ton. Hasil ini diketahui meningkat hampir sepuluh persen dibandingkan dengan hasil produksi ikan nila pada tahun 2020 sebesar 5.707 ton. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan budidaya ikan nila mengalami tren kenaikan seiring dengan peningkatan upaya ketahanan pangan melalui penyediaan kebutuhan protein dari ikan ini.

Peningkatan produksi budidaya ikan nila ini tentunya menjadi hal yang penting untuk diperhatikan. Kegiatan budidaya ikan, termasuk diantaranya budidaya ikan nila, diketahui menggunakan pakan buatan untuk memacu pertumbuhannya. Seiring dengan peningkatan skala budidaya (dari semi intensif menjadi intensif), maka jumlah pakan yang diberikan pun akan semakin meningkat. Pakan tambahan yang diberikan pada kegiatan budidaya ikan sangat identik dengan besaran jumlah protein yang terkandung di dalam pakan buatan tersebut (Ariantini *et al.*, 2015). Kandungan protein pada pakan ikan yang ada di pasaran saat ini berkisar antara 20-35%. Semakin tinggi kandungan protein yang terkandung dalam pakan tambahan yang diberikan, maka semakin besar pula potensi kandungan bahan organik yang akan terakumulasi dalam air media pemeliharannya. Hal ini tentunya berpotensi untuk mencemari lingkungan, sebab pada umumnya kegiatan budidaya ikan membuang air limbah media pemeliharannya secara langsung ke lingkungan tanpa dilakukan pengolahan Kembali secara khusus.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka diperlukan alternatif solusi untuk menurunkan kandungan pencemar bahan organik dalam air limbah media pemeliharaan tersebut. Walaupun belum ada metode yang secara spesifik dapat digunakan untuk menurunkan kandungan bahan organik dan kekeruhan pada air limbah budidaya ikan nila, tetapi beberapa bahan kimia diketahui dapat digunakan untuk menurunkan kekeruhan dan bahan organik pada air limbah tersebut. Salah satu bahan kimia yang dapat digunakan adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC) yang memiliki fungsi sebagai koagulan pada sebuah larutan.

Dengan adanya senyawa koagulan, maka partikel-partikel tersuspensi yang umumnya berupa bahan organik tersebut dapat dipisahkan setelah melalui proses pengendapan. Penggunaan PAC ini umum ditemukan pada proses pengolahan air limbah industri tekstil untuk menurunkan kandungan padatan tersuspensi (Shiddiqi *et al.*, 2022; Andriani *et al.*, 2017), tetapi belum ditemukan hasil kajian secara spesifik mengenai pengaruh penggunaan PAC untuk menurunkan bahan pencemar yang terakumulasi dalam air limbah budidaya ikan nila. Hasil uji penggunaan PAC pada proses pengolahan air limbah budidaya ikan nila akan memberikan informasi mengenai efektifitas penggunaan PAC dalam menurunkan senyawa pencemar pada air limbah tersebut. Oleh karena itu, perlu suatu penelitian untuk mengkaji hal tersebut.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Kolam Percobaan Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana. Proses pelaksanaan penelitian dilakukan selama bulan Agustus 2022.

2.2. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan 5 perlakuan, yaitu: 0, 5, 10, 15, dan 20 mg/L PAC. Penentuan konsentrasi ini didasarkan pada konsentrasi PAC untuk pengolahan air baku (Sisnayati *et al.*, 2021) dengan sedikit modifikasi.

2.3. Persiapan dan Pengambilan Sampel Air Limbah

Sampel air limbah yang digunakan adalah air media pemeliharaan ikan nila yang telah dibudidayakan selama 3 bulan. Data hasil pengukuran sebelum perlakuan diukur pada sampel air limbah sebelum diberi perlakuan penambahan PAC. Sedangkan data hasil pengukuran setelah perlakuan diukur pada sampel air limbah bagian atas setelah dilakukan proses pengendapan. Sampel air setelah perlakuan diambil dan dipisahkan dari endapannya dengan menggunakan pipet volume yang dilengkapi dengan bola hisap.

2.4. Proses Pengolahan Air Limbah

Proses pengolahan air limbah budidaya ikan nilai dilakukan dengan menggunakan prinsip koagulasi dan flokulasi. Proses ini dilakukan dengan menggunakan metode *Jar Test*. Satu liter sampel air limbah budidaya ikan nila ditempatkan dalam sebuah beakerglass, setelah itu ditambahkan serbuk PAC sesuai dengan konsentrasi yang digunakan (5, 10, 15, dan 20 mg/L). Perlakuan tanpa penambahan PAC (0 mg/L) kemudian digunakan sebagai kontrol dalam penelitian ini. Setelah dilakukan pencampuran antara air limbah dan PAC, kemudian dilakukan pengadukan cepat (100 rpm) selama 3 menit, dan dilanjutkan dengan pengadukan lambat (40 rpm) selama 20 menit. Proses pengendapan flok dilakukan selama 30 menit dengan tujuan untuk mengendapkan material tersuspensi yang telah berikatan dengan PAC.

2.5 Pengukuran Bahan Organik Total (BOT) pada Air Limbah

Kandungan Bahan Organik Total (BOT) pada air selama penelitian diukur dengan menggunakan metode titrimetri permanganat (SNI 06-6989.22-2004). Sampel air limbah (50 mL) dimasukkan ke dalam sebuah labu erlenmeyer, kemudian ditambahkan dengan larutan H_2SO_4 8N dan $KMnO_4$ 0,01 N masing-masing sebanyak 5 mL. Larutan kemudian dipanaskan pada suhu $105^\circ C$ selama 20 menit. Setelah itu, ditambahkan dengan 5 mL larutan $Na_2C_2O_4$ 0,01 N. Tahapan akhir dari proses ini adalah proses titrasi dengan menggunakan larutan $KMnO_4$ 0,01 N hingga terjadi perubahan warna pada larutan menjadi merah muda. Volume titrasi tersebut kemudian digunakan dalam perhitungan rumus akhir penentuan nilai BOT pada air limbah.

2.6 Pengukuran Nilai Kekeruhan

Tingkat kekeruhan air limbah selama penelitian diukur dengan menggunakan alat Turbidimeter (Lutron TU2016). Alat Turbidimeter dinyalakan terlebih dahulu. Sampel air limbah kemudian dimasukkan ke dalam kuvet hingga tanda batas dalam kuvet tersebut. Setelah itu, kuvet dimasukkan ke dalam alat dan nilai kekeruhan secara otomatis akan muncul pada layar Turbidimeter tersebut yang dinyatakan dalam satuan NTU.

2.7 Pengukuran Jumlah Padatan Tersuspensi Total (TSS)

Jumlah padatan tersuspensi total (TSS) pada samper air limbah selama penelitian ini diukur dengan menggunakan metode Gravimetri (SNI 06-6989.3-2004). Prinsip dari metode ini adalah penyaringan air limbah untuk memisahkan padatan tersuspensi dari media pelarutnya dengan menggunakan kertas saring ($0,45 \mu m$). Kertas saring dipanaskan terlebih dahulu dengan menggunakan oven pada suhu $105^\circ C$ selama 60 menit. Berat kertas saring ditimbang terlebih dahulu untuk mendapatkan berat awalnya. Setelah itu sampel air limbah (100 mL) disaring dengan menggunakan kertas saring tersebut. Kertas saring tersebut kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu $105^\circ C$ selama 60 menit. Kertas saring yang digunakan setelah penyaringan itu kemudian ditimbang kembali untuk mendapatkan berat kertas saring pasca penyaringan. Selisih antara berat kertas saring sesudah dan sebelum penyaringan tersebut kemudian merepresentasikan jumlah padatan tersuspensi dalam satuan mg/L.

2.8 Pengukuran Kandungan Amonia pada Air Limbah

Kandungan ammonia pada air limbah diukur dengan menggunakan metode Nessler seperti pada penelitian yang telah dilakukan oleh Zilfa dkk. (2012) untuk mengukur ammonia pada air. Sampel air limbah (50 mL) dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer, kemudian dicampurkan dengan larutan Nessler sebanyak 2 mL. Setelah didiamkan selama 10 menit, larutan tersebut kemudian diukur nilai absorbansinya dengan menggunakan alat Spektrofotometer pada Panjang gelombang 405 nm. Nilai absorbansi tersebut kemudian disejajarkan dengan nilai absorbansi pada kurva standar hingga didapatkan nilai akhir dari ammonia yang dinyatakan dalam satuan mg/L.

2.9 Pengukuran Kandungan Nitrit pada Air Limbah

Nilai nitrit pada air diukur secara spektrofotometri dengan menggunakan campuran larutan NED dihydrochloride dan Sulfanilamide (SNI 06-6989.9-2004). Lima puluh mililiter sampel air limbah dicampurkan dengan 1 mL larutan sulfanilamida dan 1 mL larutan NED dihydrochlorida dalam sebuah labu Erlenmeyer. Larutan kemudian dikocok dan didiamkan selama 10 menit.

Absorbansi larutan kemudian diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada Panjang gelombang 543 nm.

2.10 Pengukuran Kandungan Nitrat pada Air Limbah

Pengukuran kandungan nitrat pada air limbah dilakukan dengan menggunakan metode Reduksi Kadmium secara spektrofotometri (SNI 6989.79:2011). Sampel air limbah (25 ml) dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer. Setelah itu ditambahkan dengan larutan $\text{NH}_4\text{Cl-EDTA}$ sebanyak 75 ml. Tersebut kemudian dialirkan pada kolom reduksi, dan 25 ml larutan awalnya dibuang. Sisa dari larutan tersebut (50 mL) diambil dan dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer, dan ditambahkan dengan 2 ml larutan pewarna. Setelah didiamkan selama 15 menit, absorbansi larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada Panjang gelombang 543 nm. Nilai nitrat didapatkan setelah mensejajarkan nilai absorbansi larutan dengan nilai absorbansi dari larutan standar yang digunakan, dan dinyatakan dalam satuan mg/L.

2.10 Pengukuran Kandungan Fosfat pada Air Limbah

Kandungan fosfat pada air limbah selama penelitian diukur dengan menggunakan metode Asam Askorbat. Proses pengukurannya dilakukan dengan menggunakan alat Hanna HI-713. Sampel air limbah (10 mL) dimasukkan ke dalam kuvet, kemudian ditambahkan dengan reagen asam askorbat sebanyak 0,18 g. Setelah itu kuvet dimasukkan ke dalam alat photometer, kemudian nilai fosfat akan muncul pada layar alat tersebut yang dinyatakan dalam satuan mg/L.

2.4 Analisis Data

Seluruh data pada penelitian ditampilkan dalam bentuk Tabel yang kemudian dianalisa secara deskriptif kuantitatif.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Nilai Bahan Organik Total (BOT), Kekeruhan, dan Total Suspended Solid (TSS) pada Air

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai Bahan Organik Total (BOT) sebelum perlakuan berkisar antara 68,8 mg/L hingga 69,9 mg/L. Tidak tampak adanya penurunan nilai BOT pada perlakuan tanpa menggunakan PAC. Perlakuan dengan

menggunakan PAC 10, 15, dan 20 mg/L masing-masing menghasilkan penurunan BOT sebesar 21, 39, dan 40%. Tidak ada perbedaan yang mencolok antara persentase penurunan dengan menggunakan perlakuan PAC 15 mg/L dan PAC 20 mg/L. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua perlakuan memberikan hasil yang tidak jauh berbeda.

Nilai kekeruhan air di awal penelitian berkisar antara 15,4-15,6 NTU. Seiring dengan dilakukannya penambahan perlakuan PAC, terjadi penurunan nilai kekeruhan pada perlakuan dengan menggunakan PAC 10, 15, dan 20 mg/L. Perlakuan PAC 10 mg/L mampu menurunkan kekeruhan 15%, sedangkan perlakuan PAC 15 dan 20 mg/L menurunkan kekeruhan air masing-masing sebesar 34 dan 37%.

Jumlah padatan tersuspensi (TSS) pada air yang diukur pada awal penelitian menunjukkan kisaran antara 188-189 mg/L. Setelah dilakukan proses pengolahan dengan menggunakan beberapa perlakuan PAC dengan konsentrasi yang berbeda, nilai TSS di akhir penelitian sangat bervariasi. Perlakuan tanpa menggunakan PAC diketahui tidak menurunkan nilai TSS. Perlakuan dengan menggunakan PAC 10 mg/L hanya mampu menurunkan TSS dari 189 mg/L menjadi 176 mg/L (7%). Perlakuan 15 mg/L menurunkan TSS dari 188 mg/L menjadi 153 mg/L (18%), sedangkan perlakuan 20 mg/L mampu menurunkan TSS dari 189 mg/L menjadi 149 mg/L (21%). Hal ini mengindikasikan efektifitas PAC dalam menurunkan TSS pada air.

PAC telah lama diketahui memiliki kandungan senyawa Al_2O_3 sehingga memiliki kemampuan untuk bereaksi dengan cepat Ketika berada di dalam air (Nur *et al.*, 2016). Ketika mekanisme tersebut ditambahkan dengan proses pemusingan dengan menggunakan kecepatan tertentu, maka reaksi akan meningkat sehingga terjadi proses koagulasi dan flokulasi. Pada awal proses tersebut, akan terjadi mekanisme destabilisasi koloid sehingga akan terurai menjadi partikel-partikel dengan muatan yang bervariasi (bermuatan positif dan negatif). Proses ini sering disebut sebagai proses koagulasi. Selanjutnya, partikel yang terurai tersebut kemudian akan membentuk gumpalan flok berukuran lebih besar, yang sering disebut sebagai proses flokulasi (Wiguna *et al.*, 2020). Pada proses ini, flok-flok yang terbentuk dari proses flokulasi tersebut berpotensi untuk

dapat diendapkan sehingga terbentuk larutan yang lebih jernih di bagian atasnya.

Runtutan mekanisme yang terjadi melalui proses koagulasi dan flokulasi ini diduga menjadi penyebab turunnya kandungan bahan organik, kekeruhan, dan padatan tersuspensi (TSS) pada air limbah budidaya ikan nila yang diolah dalam penelitian ini. Limbah budidaya ikan sangat identic dengan penggunaan bahan organik dalam jumlah tinggi. Kandungan protein yang tinggi pada pakan pelet dalam budidaya ikan nila tentunya terakumulasi secara periodik, sehingga bahan organik meningkat. Bahan organik total yang diukur dalam penelitian ini merupakan sebuah gambaran jumlah total senyawa organik baik dalam bentuk yang terlarut maupun tersuspensi di dalam air (Sari *et al.*, 2014).

Elakiadra *et al.* (2021) secara terpisah menjelaskan bahwa PAC mampu menggumpalkan berbagai partikel tersuspensi yang ada di dalam air sebagai akibat dari penurunan gaya tolak kantar partikel tersuspensi tersebut. Dengan demikian, akhirnya akan terbentuk gumpalan flok dalam ukuran yang relatif besar dengan massa yang lebih berat dibandingkan partikel tersuspensi sumber pembentuknya. Penurunan jumlah bahan organik pada penelitian ini diduga berasal dari bahan organik tersuspensi yang mengalami penggumpalan tersebut. Adapun bahan organik dalam bentuk terlarut diduga tidak terpengaruh oleh reaksi dari PAC ini.

Partikel tersuspensi yang umumnya berbentuk senyawa organik ini dapat diturunkan karena terjadinya pengikatan muatan yang berbeda dalam proses pengolahan air limbah pada penelitian ini. Partikel tersuspensi yang pada umumnya mengandung muatan negatif akan dinetralkan oleh PAC yang mengandung banyak muatan positif. Berkaitan dengan hal tersebut, agregat partikel dalam air akan bertambah dalam ukuran karena mekanisme pengikatan tersebut (Riskawanti *et al.*, 2016; Adnyana, 2020).

3.3. Nilai Ammonia, Nitrit, Nitrat, dan Fosfat pada Air

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ammonia berkisar antara 3,4-3,6 mg/L, nilai nitrit kosntan pada nilai 0,02 mg/L, nilai nitrat berkisar antara 0,19-0,22 mg/L, dan nilai fosfat berkisar antara 1,25-1,27 mg/L. Berdasarkan pengamatan selama penelitian, tidak terjadi penurunan yang mencolok pada parameter ammonia, nitrit, nitrat,

Tabel 1

Hasil Pengukuran Parameter Penelitian

Parameter	Konsentrasi PAC	Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan	%
BOT (mg/L)	0 mg/L	68,9	68,9	0
	10 mg/L	69,9	55,2	21
	15 mg/L	68,9	42,1	39
	20 mg/L	68,8	41,2	40
Kekeruhan (NTU)	0 mg/L	15,5	15,4	1
	10 mg/L	15,5	13,2	15
	15 mg/L	15,4	10,2	34
	20 mg/L	15,6	9,8	37
TSS (mg/L)	0 mg/L	189	188	1
	10 mg/L	189	176	7
	15 mg/L	188	153	19
	20 mg/L	189	149	21
Ammonia (mg/L)	0 mg/L	3,6	3,6	0
	10 mg/L	3,6	3,5	11
	15 mg/L	3,5	3,4	23
	20 mg/L	3,6	3,4	31
Nitrit (mg/L)	0 mg/L	0,02	0,02	0
	10 mg/L	0,02	0,02	50
	15 mg/L	0,02	0,02	50
	20 mg/L	0,02	0,02	50
Nitrat (mg/L)	0 mg/L	0,22	0,22	0
	10 mg/L	0,22	0,19	14
	15 mg/L	0,22	0,21	45
	20 mg/L	0,22	0,21	50
Fosfat (mg/L)	0 mg/L	1,27	1,27	0
	10 mg/L	1,27	1,27	4
	15 mg/L	1,27	1,26	9
	20 mg/L	1,27	1,25	10

dan fosfat. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan PAC tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap penurunan ammonia, nitrit, nitrat, dan fosfat.

Berdasarkan hasil tersebut di atas, maka dapat disimpulkan bahwa PAC tidak begitu efektif untuk menurunkan amonia, nitrit, nitrat, dan fosfat pada air limbah budidaya ikan nila. Hal ini terkait dengan sifat dari keempat senyawa tersebut yang larut dalam air, sehingga tidak bereaksi dengan PAC untuk membentuk agregat dan flok dalam air. Hal ini selaras dengan pernyataan dari Kartika dan Wahyuningsih, (2019) bahwa PAC tidak mampu menjerap dan mengikat senyawa yang terlarut di dalam air seperti ammonia.

Adapun nitrit, nitrat dan fosfat memiliki karakteristik yang sama dengan ammonia, sehingga tidak terjadi pengurangan jumlah dari senyawa tersebut di dalam air selama penelitian (Prasetya dan Saptomo, 2018; Lindu *et al.*, 2015).

Daftar Pustaka

- Adnyana, I. G. M. S., Sali, I. W., & Yulianti, A. E. (2022). Perbedaan Penurunan Kadar *Total Suspended Solid* dengan Metode Sedimentasi dan Koagulan pada Limbah Cair Peternakan Babi Tahun 2021. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, **12**(1), 26-34.
- Andriani, F., Darundiati, Y. H., & Dangiran H. L. (2017). Efektivitas PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dalam Menurunkan Kadar Fosfat pada Limbah Cair Rumah Sakit Jiwa Prof. Dr. Soerojo Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, **5**(5), 659-665.
- Ariantini, F., Rosmawati., & Kurniasih, T. (2015). Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) yang Diberi Pakan Mengandung Ikan Asin Bawah Standar (IABS) dengan Kesegaran Berbeda. *Jurnal Mina Sains*, **1**(2), 80-86.
- Elakiadra, E., Budijono, & Harahap, S. (2021). Pengujian Formulasi Kapur, Tawas dan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) untuk Meningkatkan Kualitas Air Gambut Kabupaten Bengkalis, Siak dan Kampar. *Jurnal Sumberdaya dan Lingkungan Akuatik*, **2**(1), 192-203.
- Hasan., Afifa, N., Maulana, I., Elihami., & Aminullah. (2020). Budidaya Ikan Nila pada Kolam Tanah. *Maspul Journal of Community Empowerment*, **2**(2), 24-33
- Kartika, D. & Wahyuningsih, P. (2019). Analisis Kandungan Amoniak dalam Limbah Outlet KPPL PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, **1**(2), 6-11.
- Lindu, M., Iswanto, B., & Senduk, N. (2015). Penentuan Koagulan untuk Mengolah Air Lindi Bantar Gebang Menggunakan Koagulan *Poly Aluminium Chloride*, Tawas dan *Polydiallyl Dimethyl Ammonium Chloride*. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **17**(1), 34-40.
- Nur, A., Anugrah, R., & Farnas, Z. (2016). Efektivitas dan Efisiensi Koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) Terhadap Performance IPA KTK PDAM Solok. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan II. Padang, 19 Oktober 2016 (pp. 128-131)
- Prasetya, P.E. & Saptomo, S.K. (2018). Perbandingan Kebutuhan Koagulan $Al_2(SO_4)_3$ dan PAC untuk Pengolahan Air Bersih di WTP Sungai Ciapus Kampus IPB Dramaga. *Jurnal Bumi Lestari*, **18**(2), 75-87.
- Riskawanti, Honesty, L.B., Irawan, C., & Taruna, A. (2016). Pengolahan Limbah Perendaman Karet Rakyat dengan Metode Koagulasi dan Flokulasi menggunakan $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, dan PAC. *Bioproporal Industri*, **7**(1), 17-25.
- Sari, T. A., Atmodjo, W., & Zuraida, R. (2014). Studi Bahan Organik Total (BOT) Sedimen Dasar Laut di Perairan Nabire, Teluk Cendrawasih, Papua. *Jurnal Oseanografi*, **3**(1), 81-86.
- Shiddiqi, Q. Y. A., Prabowo, B. H., Putri, R. P., Larasati, A. S., & Karisma, A. D. (2022). Studi Penurunan Level COD dan Kadar Logam Berat pada Limbah Cair Industri Tekstil dengan Perlakuan Koagulasi dan Elektrokoagulasi. *Jurnal Integrasi Proses*, **11**(1), 6-10.
- Sisnayati, Winoto, E., Yhopie., & Aprilyanti, S. (2021). Perbandingan Penggunaan Tawas dan PAC terhadap Kekeruhan dan pH Air Baku Pdam Tirta Musi Palembang. *Jurnal Redoks*, **6**(2), 107-116.
- Sukardi, P., Soedibya, P.H.T., Pramono, T.B. (2018). Produksi Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) Sistem Bioflok dengan Sumber Karbohidrat Berbeda. *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, **3**(2), 198-203.
- Wiguna, I. M. C., Yuningrat, N. W., & Gunamantha, I. M. (2020). Penurunan Kekeruhan, Kadar Las dan Fosfat Limbah Cucian Rumah Tangga dengan Metode Kombinasi Pengolahan Koagulasi dan Proses Oksidasi Lanjut Sistem UV/H₂O₂. *International Journal of Applied Chemistry Research (IJACR)*, **2**(2), 46-56.