

PENURUNAN TINGKAT KEMATIAN IKAN GURAMI MELALUI PENURUNAN KEKERUHAN AIR KOLAM DENGAN PROSES ELEKTROKOAGULASI

Danang Widjajanto^{1*}, Endang Saepudin²

¹Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri

²Program Studi Elektronika Industri
Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kampus Universitas Indonesia, Depok 16425, Indonesia

Korespondensi: : danang.widjajanto@elektro.pnj.ac.id

Artikel history :	Received	: 13 Agustus 2025	DOI : https://doi.org/10.29303/pepadu.v6i3.7928
	Revised	: 09 September 2025	
	Published	: 30 September 2025	

ABSTRAK

Air yang digunakan untuk budidaya ikan gurami oleh kelompok Tani Ikan Mina Lestari kondisinya sangat keruh mencapai 68 NTU, sehingga oksigen terlarut dalam air hanya mencapai 2,5 mg/L. Persyaratan kekeruhan air tertinggi untuk ikan konsumsi adalah 50 NTU dan kadar oksigen terlarut lebih dari 5 mg/L. Dengan demikian banyak ikan mengalami kematian. Metode untuk menurunkan kekeruhan air dilakukan dengan mengolah air secara elektrokoagulasi. Tujuan dari pengabdian kepada masyarakat ini adalah menerapkan proses elektrokoagulasi untuk menurunkan kekeruhan air, sehingga oksigen yang terlarut dalam air semakin meningkat dan menurunkan jumlah kematian ikan gurami di RW 05, Duren Mekar, Depok. Metode yang digunakan adalah survei lokasi, identifikasi masalah, koordinasi mitra, sosialisasi program, pembuatan bak proses elektrokoagulasi, pembuatan pembangkit koagulan, proses elektrokoagulasi, serta evaluasi. Bak proses elektrokoagulasi dibuat dari beton berukuran panjang 3 m, lebar 1,5 m dan tinggi 1,2 m yang dilengkapi satu pipa pralon 4 in untuk saluran air masuk dan tiga pralon 3 in untuk saluran air keluar. Pipa pengeluaran dilengkapi kran pengatur debit air untuk dibagikan ke 15 kolam. Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan mengalirkan cairan koagulan 5 liter per menit dari bak pembangkit koagulan menuju bak proses elektrokoagulasi yang dialiri air. Proses elektrokoagulasi mampu menurunkan kekeruhan air dari 68 NTU menjadi 43 NTU dan meningkatkan oksigen terlarut dari 2,5 mg/L menjadi 5,6 mg/L serta menurunkan jumlah kematian ikan gurami dari 20 ekor menjadi 5 ekor dari budidaya 100 ekor ikan selama 5 bulan. Kesimpulan proses elektrokoagulasi air kolam mampu menghasilkan air dengan kekeruhan yang memenuhi syarat untuk budidaya ikan gurami.

Kata Kunci: Ikan Gurami, Kekeruhan Air, Kelarutan Oksigen Dalam Air, Proses Elektrokoagulasi

ABSTRACT

The turbidity of the water used for cultivating gourami fish by the Mina Lestari Fish Farmers group reaches 68 NTU and oxygen solubility is about 2.5 mg/L, while the maximum turbidity permitted for fish farming is 50 NTU and oxygen solubility more than 5 mg/L. Insufficient oxygen can cause the death of fish. To reduce water turbidity can be treating water using electrocoagulation. This community service activity aims to implement electrocoagulation process to reduce water turbidity, thereby increasing dissolved oxygen levels and reducing gourami mortality in RW 05, Duren Mekar, Depok. The methods used include site surveys, problem identification, partner coordination, program outreach, water reservoir for electrocoagulation process construction, coagulant producer construction, electrocoagulation processing and evaluation. The electrocoagulation water reservoir for electrocoagulation process is made from concrete with 3m long, 1.5 m wide, and 1.2 m high. It is

equipped with one 4-inch PVC pipe for the inlet and three 3-inch PVC pipes for the outlet. The electrocoagulation process is carried out by flowing 5 liters per minute of coagulant from coagulant storage to the water in reservoir. The electrocoagulation process was able to reduce water turbidity from 68 NTU to 43 NTU and increase dissolved oxygen from 2.5 mg/L to 5.6 mg/L as well as reduce the gourami fish deaths from 20 to 5 from a cultivation of 100 fish for 5 months. The conclusion is that the electrocoagulation process of pond water is able to produce water with turbidity that meets the requirements for cultivating gourami fish.

Kata kunci: Gourami Fish, Water Turbidity, Oxygen Solubility In Water, Electrocoagulation Process

PENDAHULUAN

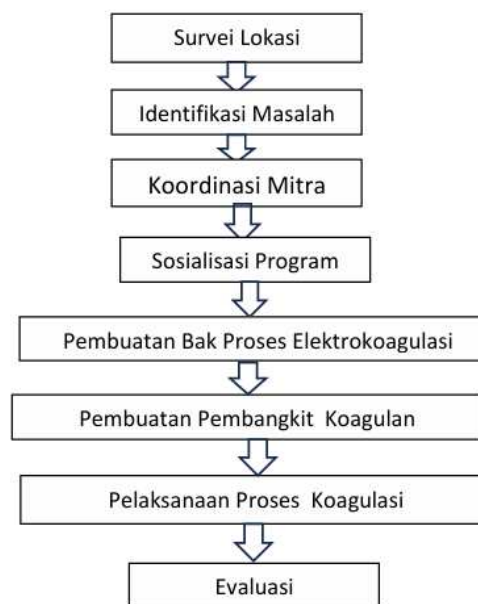
Usaha budidaya ikan konsumsi sudah dimulai sejak tahun 2017 oleh kelompok tani Mina Lestari dengan jumlah anggota 22 orang dan jumlah kolam sebanyak 18 buah. Lokasi usaha berada di wilayah RW 05, Kelurahan Duren Mekar, Bojongsari, Depok. Jenis ikan yang dipelihara antara lain lele, nila, bawal, mas, nilam, gurami dan mujair. Akan tetapi ada permasalahan yang dihadapi para petani ikan gurami terkait dengan kualitas air yang berasal dari kali. Di sepanjang aliran kali banyak berdiri usaha ternak ayam, kambing, rumah makan dan industri rumah tangga lainnya. Ketika debit air kali menyusut dan banyak air limbah yang dibuang ke kali, maka tingkat kekeruhan dapat meningkat sampai mencapai 68 NTU dan kelarutan oksigen dalam air menurun sampai 2,5 mg/L. Sedangkan persyaratan kekeruhan air tertinggi untuk ikan konsumsi adalah 50 NTU dan kadar oksigen terlarut lebih dari 5 mg/L (Liliyanti & Sari, 2023). Dengan demikian banyak ikan gurami yang mati, akibat kekurangan oksigen yang dibutuhkan untuk pernapasan. Air yang memiliki kualitas tidak stabil dapat menyebabkan ikan menjadi stres, pertumbuhan lambat atau sulit berkembang bahkan mengalami kematian (Augusta, 2016). Kualitas air ditentukan oleh suhu (Handajani dan Sutarjo, 2022), total padatan terlarut atau kekeruhan (Agustina & Widodo, 2023), pH (Munaeni et al., 2022), kandungan amonia (Wahyuningsih dan Gitarama, 2020)

Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk menurunkan kekeruhan air adalah melakukan pengolahan air secara elektrokoagulasi (Trisnaawati & Purnama, 2021). Prinsip kerja dari proses elektrokoagulasi adalah penyerapan polutan dan kotoran yang terkandung dalam air kolam oleh senyawa koagulan (Sutanto & Widjajanto, 2021). Dalam hal ini senyawa koagulan dihasilkan dari proses elektrokoagulasi adalah $Al(OH)_3$ yang semakin lama semakin banyak dan membentuk gumpalan yang sangat mudah diendapkan ke dasar kolam. Sehingga semakin lama proses dijalankan, maka kekeruhan air semakin berkurang dan berakibat pada peningkatan oksigen yang terlarut dalam air (Sa'adah et al., 2023). Dengan demikian oksigen yang dibutuhkan oleh ikan dapat tercukupi secara sempurna, sehingga kesehatan dan pertumbuhan ikan dapat terjamin dengan baik serta tingkat kematian menjadi semakin rendah.

Melalui kegiatan ini, diharapkan terjadi peningkatan produksi ikan gurami, karena tingkat kematian ikan yang dibudidayakan oleh para Petani Ikan Mina Lestari di RW 05, Kelurahan Duren Mekar, Depok semakin menurun. Selain dari pada itu para petani ikan juga menjadi lebih terbuka wawasannya dan semakin banyak tambahan pengalaman yang berkaitan dengan tata cara penanggulangan air kolam yang mengalami penurunan kualitas.

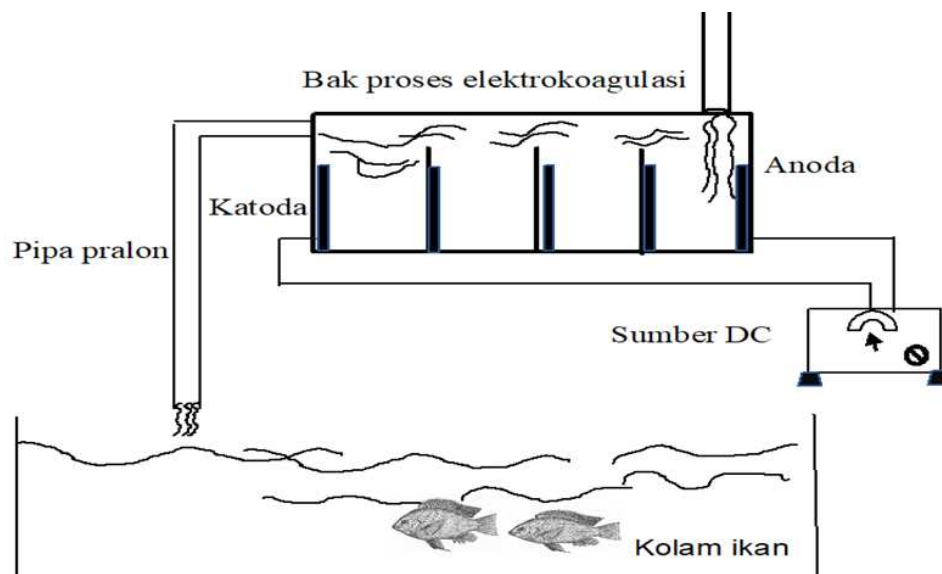
METODE KEGIATAN

Kegiatan pengabdian berlangsung selama 5 bulan (April s.d Agustus 2025) yang berlokasi di RW 05, Kelurahan Duren Mekar, Bojongsari, Depok. Rangkaian kegiatan terdiri atas survei lokasi, identifikasi masalah, koordinasi mitra, sosialisasi program, pembuatan bak proses elektrokoagulasi, pembuatan pembangkit koagulan, pelaksanaan proses elektrokoagulasi serta evaluasi. Secara sederhana langkah pelaksanaan kegiatan pengabdian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah pelaksanaan kegiatan pengabdian

Ilustrasi proses pengolahan air kolam ikan secara elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 2. Dari Gambar 2 dapat dijelaskan secara sederhana bahwa air dari sumber aliran (air kali) dilewatkan pipa PVC masuk ke dalam bak proses elektrokoagulasi, selanjutnya air dari bak proses elektrokoagulasi dialirkan masuk ke dalam kolam ikan. Selama dalam kolam terjadi penyerapan polutan dan kotoran yang berada dalam air oleh koagulan dan membentuk gumpalan atau flok yang sangat mudah terendapkan didasar kolam. Sehingga semakin lama terjadi penurunan kekeruhan dan air nampak menjadi lebih jernih dan lebih aman untuk budidaya ikan.



Gambar 2. Ilustrasi Proses Pengolahan Air Kolam Ikan Secara Elektrokoagulasi

Dalam pelaksanaan di lokasi pengabdian, untuk memproses atau mengolah air kolam secara elektrokoagulasi dibutuhkan bak atau bejana proses dan pembangkit larutan koagulan

$\text{Al}(\text{OH})_3$. Proses elektrokoagulasi dilakukan secara kontinu dengan mengalirkan larutan koagulan yang dihasilkan dari pembangkit koagulan dengan kecepatan 5 liter per menit menuju aliran air yang berada dalam bak atau bejana proses elektrokoagulasi dengan debit 20 liter per menit. Air kolam sebelum diproses diukur terlebih dahulu kekeruhannya dengan turbidimeter dan oksigen terlarut dalam air dengan DO meter. Selanjutnya air hasil proses elektrokoagulasi dialirkan menuju kolam ikan. S

ebagian air hasil proses diambil untuk diukur kekeruhannya dengan turbidimeter dan jumlah oksigen yang dapat larut dalam air dengan DO meter yang diikuti dengan pengamatan akumulasi kematian dari ikan gurami. Pengukuran kekeruhan air dan oksigen terlarut dalam air serta akumulasi kematian ikan gurami dilakukan setiap satu bulan sekali selama waktu 5 bulan. Ukuran bak proses elektrokoagulasi adalah panjang 3 m, lebar 1,5 m dan tinggi 1,2 m. Sedangkan pembangkit larutan koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ adalah berbentuk kotak persegi yang tersusun atas 4 sel dengan ukuran setiap sel adalah panjang 20 cm, lebar 5 cm dan tinggi 20 cm.

Setiap sel pada pembangkit larutan koagulan dipasang anoda dan katoda dari bahan aluminium dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 15 cm dan ketebalan 1 mm. Anoda dihubungkan dengan kutub positif dan katoda dengan kutub negatif sumber listrik arus searah (DC).

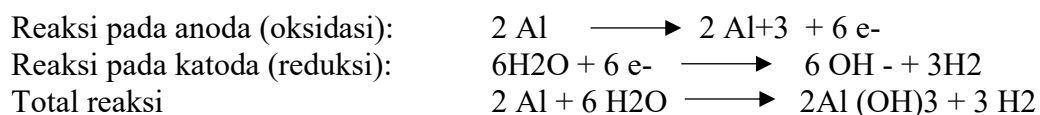
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kegiatan dari Pengabdian kepada Masyarakat yang utama adalah menurunkan kekeruhan air kolam ikan dengan proses elektrokoagulasi, sehingga diperoleh air yang memenuhi standar untuk budidaya ikan konsumsi terutama ikan gurami. Untuk melakukan proses elektrokoagulasi dibutuhkan bak pembangkit koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan bak proses elektrokoagulasi.

Bak pembangkit koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$

Bak pembangkit koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dibutuhkan sebagai tempat pembuatan koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang dibutuhkan untuk menyerap dan menggumpalkan kotoran atau polutan yang terbawa dalam air kolam, sehingga gumpalan-gumpalan tersebut dapat diendapkan ke dasar kolam dengan bantuan gravitasi bumi (Sukarno, 2024). Bak dibuat dari bahan baja tahan karat yang dibagi dalam empat sel dengan ukuran setiap sel masing-masing adalah panjang 20 cm, lebar 20 cm dan lebar 5 cm. Setiap sel dipasang anoda dan katoda dari bahan aluminium (Al) dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 15 cm dan ketebalan 1 mm. Anoda dipilih dari bahan aluminium supaya dapat dihasilkan senyawa koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$. Kelengkapan lain yang dibutuhkan adalah sumber listrik arus searah (DC) dengan tegangan antara 0 s.d 24 Volt dengan kisaran arus listrik antara 0 s.d 5 Amper. Pada awal proses pembangkitan koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dilakukan selama 20 menit dengan arus listrik antara 0,4 s.d 1 A dan volume air kolam 2 liter. Larutan koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang terbentuk siap untuk dikirimkan ke bak proses elektrokoagulasi. Pada saat produk koagulan dikirimkan ke bak proses elektrokoagulasi, dilakukan juga pengisian air ke dalam pembangkit koagulan secara kontinu dengan debit 2 liter per menit. Hasil rancang bangun pembangkit senyawa koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dapat dilihat pada Gambar 3.

Prinsip kerja dari pembangkit atau pembentukan senyawa koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ ditunjukkan seperti pada reaksi berikut (Kowalski, et al., 2019):



Pada total reaksi terbentuk senyawa koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang berbentuk gumpalan atau flock, yang dialirkan menuju bak proses elektrokoagulasi, sehingga dapat memudahkan polutan dalam air kolam terperangkap atau terserap dan terendapkan ke dasar kolam (Sutanto et al., 2024).



Gambar 3. Pembangkit senyawa koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$



Gambar 4. Bak proses elektrokoagulasi

Bak proses elektrokoagulasi

Bak proses elektrokoagulasi dibuat dari bahan beton semen dengan ukuran panjang 3 m, lebar 1,5 m dan tinggi 1,2 m. Pada bak proses elektrokoagulasi terjadi proses penurunan kekeruhan air kolam. Proses dijalankan secara kontinu dengan mengalirkan senyawa koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dengan debit 2 liter per menit dari pembangkit koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ menuju aliran air yang berada dalam bak proses elektrokoagulasi dengan debit 5 liter per menit. Hasil rancang bangun bak proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 4.

Penataan pembangkit senyawa koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ pada bak proses elektrokoagulasi

Tata letak pembangkit senyawa koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ pada bak proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 5. Dalam hal ini wujud dari senyawa koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ adalah berupa larutan, sehingga mudah dialirkan untuk dipindahkan ke tempat lain.



Gambar 5. Tata letak pembangkit senyawa koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ pada bak proses elektrokoagulasi



Gambar 6. Pembekalan cara pengohanan air kolam secara umum



Gambar 7. Cara pengukuran kualitas air kolam

Pembekalan materi pengolahan air kolam dan penggunaan alat proses elektrokoagulasi

Sebelum para petani ikan melakukan praktek cara mengoperasikan alat pengolah air secara elektrokoagulasi dengan tujuan untuk menurunkan kekeruhan air, maka terlebih dahulu para peserta diberikan pembekalan materi oleh para dosen yang dibantu mahasiswa tentang pengolahan air kolam secara umum (Mulqan et al., 2017). Isi materi dari pembekalan antara lain terkait pengetahuan tentang kualitas air untuk budidaya ikan konsumsi, pengenalan alat-alat ukur kualitas air, cara mengukur kualitas air, teknik penanggulangan air yang berkualitas buruk, jenis-jenis alat pengolah air, pengenalan secara umum alat proses elektrokoagulasi, pengenalan bagian-bagian dan fungsi pada alat proses elektrokoagulasi, memberikan pengetahuan tentang cara merawat alat proses elektrokoagulasi dan prosedur pengoperasian alat proses elektrokoagulasi. Gambar 6 adalah suasana pembekalan umum cara pengohanan air kolam. Gambar 7 adalah pengukuran kualitas air kolam dan Gambar 8 adalah pengenalan alat proses elektrokoagulasi.



Gambar 8. Pengenalan alat proses elektrokoagulasi



Gambar 9. Praktek pengoperasian alat elektrokoagulasi

Praktek pengolahan air kolam secara elektrokoagulasi

Para petani Mina Lestari melakukan praktek cara mengoperasikan alat elektrokoagulasi untuk mengolah air kolam dengan bimbingan para dosen (Aras et al., 2025). Sebelum praktek dimulai para petani diperkenalkan cara mengukur dan praktek mengukur kekeruhan dengan

turbidimeter dan pengukuran oksigen terlarut dalam air dengan OD meter. Selanjutnya para dosen memberikan pengarahan dan membimbing praktek cara penggunaan alat elektrokoagulasi untuk menurunkan kekeruhan air kolam. Dosen memberikan contoh cara mengoperasikan alat yang diawali dengan mengisi 4 sel pada pembangkit larutan koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dengan air kolam yang telah diukur kekeruhan dan oksigen terlarut dalam air. Kemudian menghidupkan sumber listrik arus searah (DC) pada tegangan 20 Volt dan arus sekitar 0,45 A selama 20 menit. Selanjutnya larutan koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang terbentuk dialirkan secara kontinu menuju bak proses elektrokoagulasi yang telah berisi air kolam (Fauzia dan suseno,2020). Air dari bak proses elektrokoagulasi diukur kembali tingkat kekeruhan dan oksigen yang terlarut dalam air. Bila kekeruhan kurang dari 50 NTU dan oksigen yang terlarut lebih dari 5 mg/L, maka air hasil proses dapat dialirkan menuju kolam ikan. Gambar 9 menunjukkan praktek pengoperasian alat elektrokoagulasi untuk menurunkan kekeruhan air kolam.

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa pada awal bulan pengamatan nilai kekeruhan mencapai 68 NTU dan oksigen terlarut hanya 2,5 mg/L, sedangkan jumlah ikan gurami yang mati mencapai 20 ekor. Akan tetapi selama penanganan air secara elektrokoagulasi dalam waktu 5 bulan, dapat ditunjukkan bahwa hasil pengukuran kekeruhan berubah-ubah namun masih dibawah 50 NTU. Artinya kekeruhan air masih aman untuk budidaya ikan, karena nilai kekeruhan tertinggi hanya mencapai 49 NTU dan terendah 43 NTU (Pratama et al.,2021). Sedangkan nilai oksigen terlarut dalam air juga mengikuti perubahan kekeruhan air (Nurhariati et al., 2021). Bila kekeruhan meningkat, maka kelarutan oksigen dalam air menjadi lebih sedikit (Scabra,2022). Nilai oksigen terlarut tertinggi 5,7 mg/L dan terendah adalah 5,2 mg/L. Pada saat oksigen terlarut 5,7 mg/L membawa dampak tidak ada ikan gurami yang mati. Namun bila oksigen yang terlarut menurun sampai 5,2 mg/L, maka kematian ikan meningkat menjadi 3 ekor (Putri et al.,2016). Secara umum jumlah kematian ikan gurami selama 5 bulan hanya mencapai 5 ekor. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan kekeruhan dapat berakibat pada peningkatan oksigen yang terlarut dalam air dan berdampak pada penurunan kematian ikan gurami (Handayani & Sutarjo, 2022).

Tabel 1. Hasil pengukuran kekeruhan, oksigen terlarut dan jumlah kematian ikan gurami selama 5 bulan

Bulan ke	Kekeruhan, NTU	Oksigen terlarut,mg/L	Jumlah ikan mati
0	68	2,5	20
1	49	5,2	3
2	48	5,3	1
3	43	5,7	0
4	44	5,6	0
5	45	5,5	1

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang telah selesai dilakukan selama 5 bulan dapat membantu mengatasi permasalahan kekeruhan air kolam yang digunakan oleh para petani ikan Mina Lestari di RW 05, Duren Mekar, Bojongsari, Depok. Pemecahan masalah kekeruhan air dilakukan dengan mengolah air kolam secara elektrokoagulasi yang dilakukan dalam bak proses dengan ukuran panjang 3 m, lebar 1,5 m dan tinggi 1,2 m yang dilengkapi

alat pembangkit larutan koagulan $Al(OH)_3$ yang digerakkan oleh sumber listrik arus searah pada tegangan 20 Volt. Jumlah kematian ikan gurami dapat diturunkan dari 20 ekor menjadi 5 ekor dari 100 ekor yang dipelihara dan kekeruhan air dapat diturunkan dari 68 NTU menjadi 43 NTU serta peningkatan kelarutan oksigen dalam air dari 2,5 mg/L menjadi 5,6 mg/L.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (UP2M) Politeknik Negeri Jakarta yang telah mendanai kegiatan pengabdian ini dengan nomor perjanjian kerja: 217/PL3.A.10/PT.00.06/2025. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh anggota petani ikan Mina Lestari yang telah mendukung tenaga dan sebagian material dari awal hingga selesainya kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, E., & Widodo, D. A. (2018). Aplikasi kontrol kualitas air dan pakan untuk peningkatan produktivitas budidaya *Betta fish*. *Electrician Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 17(1), 52–61. <https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/2395/483>
- Aras Syazili, A., Ardiansyah, W., Findra, M. N., Ayul, F., & Ade, F. (2025). Pelatihan peningkatan produksi benih ikan nila di Kelurahan Sasa Kota Ternate. *Jurnal Abdi Insani*, 12(7), 2999–3007. <https://abdiinsani.unram.ac.id/index.php/jurnal/article/view/2377/1677>
- Augusta, T. S. (2016). Dinamika perubahan kualitas air terhadap pertumbuhan ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) yang dipelihara di kolam tanah. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika (Journal of Tropical Animal Science)*, 5(1), 41–44. <https://unkripjournal.com/index.php/JIHT/article/view/86>
- Fauzia, S. R., & Suseno, S. H. (2020). Resirkulasi air untuk optimalisasi kualitas air budidaya ikan nila nirwana (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, 2(5), 887–892. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/pim/article/view/31741>
- Handajani, H., & Sutarjo, G. A. (2022). Penerapan manajemen budidaya ikan nila yang baik di kelompok pembudidaya ikan Gemari Jaya Kabupaten Malang. *Jurnal Abdi Insani*, 9(2), 400–409. <https://abdiinsani.unram.ac.id/index.php/jurnal/article/view/534/323>
- Kowalski, M. S., Zhang, E. P. X., Wei, V., & Oleszkiewicz, J. A. (2019). Electrocoagulation of wastewater using aluminum, iron, and magnesium electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, 368, 862–868. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30336967/>
- Liliyanti, M. A., & Sari, E. N. (2023). Penerapan water treatment untuk meningkatkan kualitas air budidaya ikan di lokasi wisata edukasi Desa Tambong Banyuwangi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 7(1), 13–17. <https://www.researchgate.net/publication/371678685>
- Mulqan, M., Rahimi, S. A. E., & Dewiyanti, I. (2017). Pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih ikan nila gesit (*Oreochromis niloticus*) pada sistem akuaponik dengan jenis tanaman yang berbeda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 2(1), 183–193. <https://www.neliti.com/publications/188527>
- Munaeni, W., Aris, M., & Haji, S. A. (2022). Usaha budidaya ikan nila sistem bioflok di Kelurahan Fitu Kecamatan Ternate Selatan Maluku Utara. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara*, 3(2), 660–668. <https://conference.um.ac.id/index.php/hapemas/article/view/3790>
- Nurhariati, Junaidi, M., & Diniarti, N. (2021). Pengaruh komposisi filter terhadap kualitas air dan pertumbuhan ikan bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) dengan sistem resirkulasi. *Jurnal Ruaya*, 9(2), 17–21. <https://eprints.unram.ac.id/28163/1/2969-9370-1-PB.pdf>

- Pratama, M. A., Arthana, I. W., & Kartika, G. R. A. (2021). Fluktuasi kualitas air budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan beberapa variasi sistem resirkulasi. *Current Trends in Aquatic Science*, 4(1), 102–107. <https://www.researchgate.net/publication/356056199>
- Putri, M. R. E., Hartati, S. T., & Satria, F. (2016). Kematian massal ikan dan sebaran parameter kualitas air di Teluk Jakarta. *Bawal*, 8(2), 77–90. <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/bawal/article/view/1381>
- Sa'adah, F., Lisminingsih, R. D., & Latuconsina, H. (2023). Hubungan parameter kualitas air dengan sintasan dan pertumbuhan ikan nilam (*Osteochilus vittatus*). *Jurnal Riset Perikanan dan Kelautan*, 5(1), 22–32. <https://www.researchgate.net/publication/368671144>
- Scabra, A. R., Afriadin, & Marzuki, M. (2022). Efektivitas peningkatan oksigen terlarut menggunakan perangkat microbubble terhadap produktivitas ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan*, 12(1), 13–21. <https://jperairan.unram.ac.id/index.php/JP/article/view/269/175>
- Sukarno, R., Ramadhan, M. F., Andriansyah, F., Yudha Adigutama, Y., Syamsuir, & Sampurno, H. (2024). Sistem resirkulasi air otomatis untuk penghematan air bersih dan energi pada budidaya ikan nila. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 9(1), 43–52. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jkem/article/view/35587>
- Sutanto, & Widjajanto, D. (2021). Alat penurun logam berat dalam air limbah [Paten IDP000078513].
- Sutanto, Supriyanto, T., Kurniawati, N., Prasetya, I., Febryanti, D. I., & Widjajanto, D. (2024). Pengaruh arus listrik terhadap kelarutan oksigen pada perpaduan proses aerasi dan elektrokoagulasi air kolam ikan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 9, 1–5. <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/SNTE/article/view/1856/1275>
- Trisnaawati, & Purnama, H. (2021). Pengaruh waktu dan jarak elektroda pada pengolahan lindi dengan metode elektrokoagulasi-adsorpsi zeolit. *Jurnal Teknik Kimia*, 27(2), 54–60. <https://www.researchgate.net/publication/361777064>
- Wahyuningsih, S., & Gitarama, A. M. (2020). Amonia pada sistem budidaya ikan. *Syntax Literate*, 5(2), 112–125. <https://www.researchgate.net/publication/339817159>
- Wulansari, K., Razak, A., & Vauzia. (2022). Pengaruh suhu terhadap ikan lele sangkuriang dan ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*). *Konservasi Hayati*, 18(1), 31–39. <https://doi.org/10.33369/hayati.v18i1.19503>