

**Pengolahan Air Limbah Kolam Ikan Menggunakan Penyaringan Pasir Lambat
(Studi Kasus: Desa Petungsewu, Kecamatan Dau)****Fishery Wastewater Treatment using Slow Sand Filtration
(Case Study: Petungsewu Village, Kecamatan Dau)****Ridwan Muhammad Rifai¹, Jenvia Rista Pratiwi²**^{1,2}Departemen Teknik Sipil dan Perencanaane-mail: ¹ridwan.muhamadrifai.ft@um.ac.id, ²jenvia.rista.ft@um.ac.id

Abstrak: Desa Petungsewu, sebuah desa di Kabupaten Malang dengan jumlah penduduk 3.336 jiwa memiliki perencanaan untuk membangun kolam ikan. Hal ini tentu saja akan menimbulkan dampak lingkungan berupa air limbah yang akan mencemari lingkungan apabila tidak diolah terlebih dahulu. Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk merancang sebuah sistem pengolahan air limbah budidaya perikanan dengan konsep penyaringan pasir lambat guna diimplementasikan di desa tersebut ke depannya. Sistem didesain menggunakan material pasir silika dan kerikil dengan waktu retensi hidraulik, $\theta = 2$ hari. Air limbah sebelum dan sesudah diolah diukur dan dievaluasi berdasarkan parameter dan baku mutu yang tercantum dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 5 Tahun 2014. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem mampu menurunkan kadar polutan yaitu pH sebesar 11,74%, NH_4 sebesar 51,88%, COD sebesar 28,24%, BOD sebesar 51,34%, TSS sebesar 86,08%, dan koliform total sebesar 99,85%, meskipun parameter BOD dan koliform total belum dapat menaati baku mutu. Dengan demikian, terdapat potensi untuk mengimplementasikan sistem pengolahan air limbah ini di Desa Petungsewu setelah dilakukan tahapan optimasi proses.

Kata Kunci: air limbah, perikanan, penyaringan pasir lambat

Abstract: Petungsewu Village, a village in Malang Regency with a population of 3,336, is planning to build a fish pond. This will certainly cause environmental impacts in the form of wastewater that will pollute the environment if not treated first. Therefore, research was conducted to design an aquaculture wastewater treatment system with the concept of slow sand filtration to be implemented in the village in the future. The system was designed using silica sand and gravel materials with a hydraulic retention time, $\theta = 2$ days. Wastewater before and after treatment was measured and evaluated based on the parameters and quality standards listed in the Minister of Environment and Forestry Regulation No. 5 of 2014. The analysis results showed that the system was able to reduce the levels of pollutants, namely pH by 11.74%, NH_4 by 51.88%, COD by 28.24%, BOD by 51.34%, TSS by 86.08%, and total coliforms by 99.85%, although the parameters BOD and total coliforms could not comply with the quality standards. Thus, there is potential to implement this wastewater treatment system in Petungsewu Village after the process optimisation stage.

Keywords: wastewater, fishery, slow sand filtration

A. Pendahuluan

Desa Petungsewu merupakan salah satu desa di Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. Dimana desa ini memiliki luas lahan sekitar 329.000 Ha yang didominasi oleh lahan perkebunan. Jumlah penduduk Desa Petungsewu adalah 3.336 jiwa dengan 1667 laki-laki dan 1666 perempuan serta 1200 kepala keluarga. Jumlah penduduk desa petungsewu mengalami peningkatan dikarenakan tingkat kelahiran lebih besar daripada kematian penduduk. Desa Petungsewu sebagai salah satu desa mitra kampus Universitas Negeri Malang dan tergolong dalam mitra masyarakat non produktif secara ekonomi. Desa Petungsewu memiliki potensi sumber daya alam yang cukup melimpah yang dapat diketahui melalui informasi profil desa di website Desa Petungsewu (Wicaksono et al., 2019).

Desa Petungsewu memiliki perencanaan untuk membangun kolam ikan dan kolam renang untuk melengkapi fasilitas rest area yang sudah berdiri sebelumnya. Pembangunan kolam ikan tentunya akan memiliki dampak adanya air limbah kolam ikan. Apabila tidak dilakukan pengolahan air limbah, maka akan menimbulkan dampak pencemaran terhadap lingkungan sekitar. Dimana terdapat banyak kebun pertanian jeruk di sekeliling rest area tersebut.

Air limbah kolam ikan mengandung zat organik, seperti protein, lemak, karbohidrat dan senyawa organik lainnya. Zat organik ini berasal dari sisa pakan, feses, dan ekskresi ikan lainnya. Zat organik dapat menyebabkan eutrofikasi, yaitu pertumbuhan alga yang berlebihan di perairan. Selain itu terdapat nutrisi, seperti nitrogen dan fosfor. Nutrisi ini juga berdasar dari sisa pakan, feses, dan ekskresi ikan lainnya. Nutrisi dapat menyebabkan pertumbuhan alga yang berlebih dan dapat menyebabkan pencemaran air tanah dan air permukaan. Selanjutnya ada bakteri, seperti bakteri pathogen yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan. Bakteri pathogen ini dapat berasal dari feses ikan dan manusia yang bekerja di kolam ikan. Kandungan lainnya adalah logam berat, seperti merkuri, timbal, dan kadmium. Logam berat dapat menyebabkan keracunan pada manusia dan hewan (Febrianto et al., 2016; Hamidah et al., 2022).

Metode slow sand filtration merupakan metode pengolahan air limbah yang menggunakan lapisan pasir sebagai media filter. Metode ini memiliki keunggulan antara lain: efektif dalam menghilangkan berbagai polutan (bakteri, virus dan zat organik), biaya operasional yang relative rendah dan mudah untuk diterapkan. Secara keseluruhan, metode slow sand filtration merupakan metode yang efektif, efisien, dan mudah untuk diterapkan dalam pengolahan air limbah kolam ikan. Metode ini dapat menjadi solusi bagi permasalahan air limbah kolam ikan, terutama daerah-daerah yang memiliki keterbatasan anggaran dan sumber daya (Clark et al., 2012; Nafisah et al., 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan desain dan prototipe pengolahan air limbah kolam ikan dengan menggunakan metode penyaringan pasir lambat yang efektif dan efisien, dengan mempertimbangkan kondisi geografis dan tantangan yang dihadapi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi bagi permasalahan pencemaran air limbah kolam ikan di Desa Petungsewu, Kecamatan Dau. Selain itu, penelitian ini memberikan hasil penelitian yang dapat digunakan sebagai dasar untuk penelitian

selanjutnya, seperti penelitian tentang efektivitas dan efisiensi pengolahan air limbah kolam ikan menggunakan metode penyaringan pasir lambat di lokasi lain.

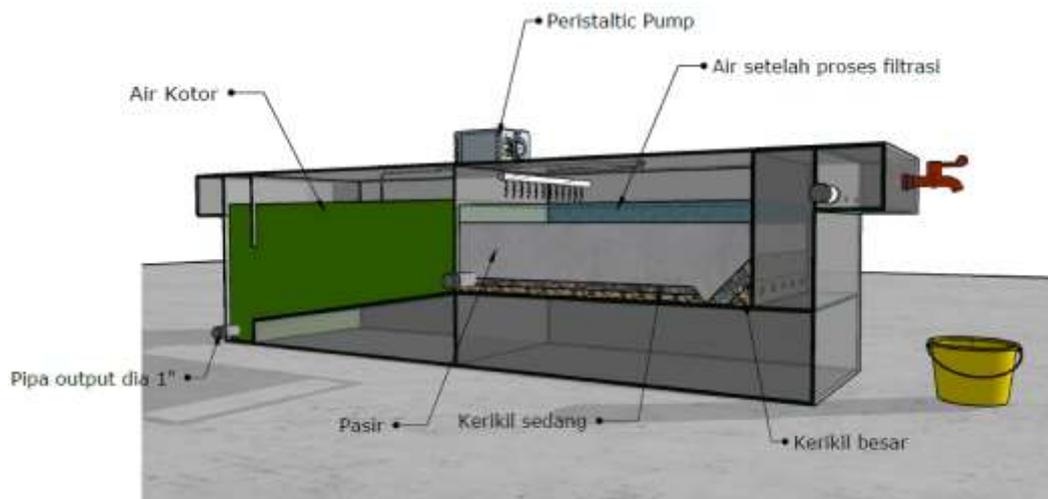
B. Metode

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan untuk memecahkan masalah yang terdapat di Desa Petungsewu, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. Tempat akan dipasangnya kolam ikan beserta instalasi pengolahan air limbahnya (Koordinat $7^{\circ}56'57,36''$ LS - $112^{\circ}33'42,94''$ BT). Pembuatan prototipe dan pengoperasian sistem pengolahan air limbah dilakukan di Laboratorium Lingkungan, Departemen Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Malang. Penelitian ini dilakukan pada rentang waktu April - September 2023.

Desain Sistem Pengolahan

Untuk mengolah air limbah budidaya perikanan tersebut dilakukan metode saringan pasir lambat. Pada sistem ini, air limbah dimasukkan ke dalam sistem melalui inlet kemudian masuk ke dalam bak pengendapan, setelah itu dipompa ke dalam bak pengolahan. Bak pengolahan dalam sistem prototipe ini memiliki kapasitas 21,42 L dengan ukuran $9 \times 34 \times 70$ cm. Pada bak tersebut, ditambahkan pasir dengan ukuran mesh 6-8 (diameter 0,2 - 0,45 mm) dan kerikil di bagian dasar. Komposisi sistem penyaring lambat ini dari dasar hingga ke atas adalah 11 % kerikil, 42 % pasir, 36 % ruang air, dan 11 % ruang bebas (Agrawal et al., 2021). Sistem pengolahan dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Gambaran sistem pengolah air limbah penyaringan pasir lambat.

Karakterisasi Air Limbah dan Operasional Pengolahan

Air limbah dari kolam budidaya ikan di Kota Malang digunakan sebagai inlet dari sistem ini sebagai representasi dari air limbah budidaya perikanan di lapangan. Air yang masuk ke dalam sistem ini diatur debitnya sehingga proses penyaringan berlangsung secara laminar mengacu pada waktu retensi hidrolis, θ , sebesar 48 jam. Dengan demikian, debit aliran masuk ke dalam sistem mencapai 8 mL/min. Komposisi dan perhitungan debit ini dapat diekspansikan pada skala lapangan dengan rasio yang sesuai. Parameter air limbah domestik yang relevan diukur sesuai metode standar untuk menilai kualitas air yaitu pH, NH₄, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Coliform*, dan *Total Suspended Solid* (TSS) (American Public Health Association et al., 2017).

Analisis Data

Hasil pengukuran kualitas air limbah sebelum dan setelah terolah dibandingkan dengan baku mutu air limbah sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 5 Tahun 2014 Lampiran XLVII Golongan I. Analisis statistika deskriptif dan inferensial digunakan untuk menilai kemampuan sistem pasir lambat dalam menurunkan kadar polutan pada air limbah.

C. Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi air limbah budidaya perikanan sebagai inlet memberikan kualitas air limbah yang tidak memenuhi baku mutu untuk parameter yaitu untuk pH, BOD, dan koliform total. Nilai pH diketahui melebihi baku mutu yaitu 9 sedangkan konsentrasi BOD melebihi 50 mg/L. Di lain pihak, kelimpahan koliform total jauh melebihi baku mutu air limbah sebesar 10.000 cfu/100 mL. Secara detail, nilai masing-masing parameter untuk air limbah sebelum dan sesudah terolah dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

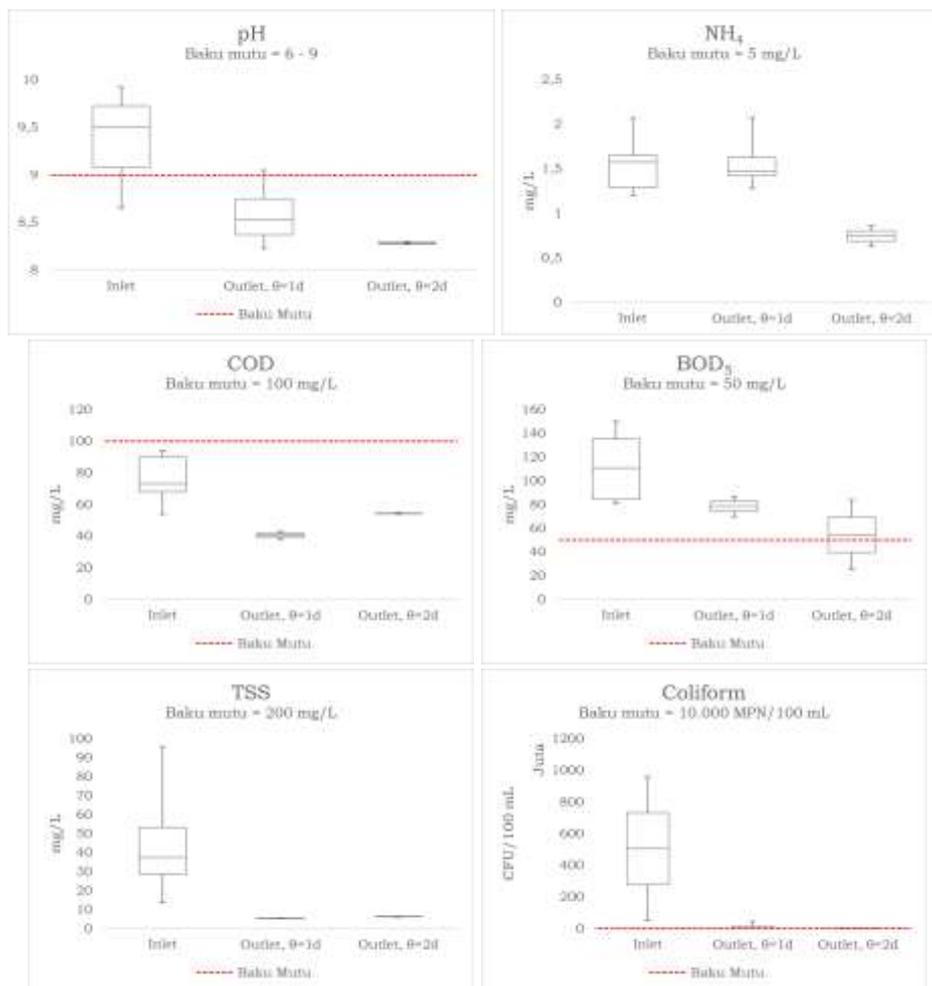
Tabel 1. Hasil karakterisasi air limbah sebelum dan sesudah diolah

Parameter	Unit	Baku Mutu	Inlet		Outlet $\theta = 2$ hari	
			Mean	SD	Mean	SD
pH	-	6 - 9	9,39	0,49	8,29	0,02
NH ₄	mg/L	5	1,55	0,32	0,75	0,16
COD	mg/L	100	75,87	16,42	54,45	0,63
BOD	mg/L	50	112,00	30,19	54,50	41,72
TSS	mg/L	200	44,88	28,92	6,25	0,35
Koliform	cfu/100mL	10.000	$5,05 \times 10^8$	$6,43 \times 10^8$	$7,50 \times 10^5$	$1,06 \times 10^6$

Hasil yang ditunjukkan pada tabel diatas, diakibatkan pada proses akuakultur dilakukan proses *liming* (penambahan batu kapur, CaCO₃) pada kolam budidaya ikan. Hal ini lumrah dilakukan karena proses *liming* diketahui memberikan hasil budidaya yang lebih tinggi. Di lain pihak proses ini akan meningkatkan pH air secara signifikan (Apoliano et al., 2023). Nilai BOD dan koliform total yang tinggi sangat berkaitan dengan proses budidaya ikan berupa akuakultur yaitu pembudidayaan ikan di dalam kolam tanpa

atau dengan sedikit sekali pergantian air. Sementara ikan mengeluarkan kotoran setiap hari, maka kotoran ini akan terakumulasi di dalam air mengakibatkan tingginya kadar BOD dan koliform total (Wisnu et al., 2019).

Secara umum, polutan-polutan air limbah yang terlihat dari konsentrasi parameter air limbah domestik mengalami penurunan setelah melalui proses pengolahan. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat proses penyaringan pasir lambat memiliki kemampuan dalam mengolah air limbah budidaya perikanan. Gambar 2 di bawah ini menjelaskan perbandingan nilai parameter untuk air limbah sebelum dan sesudah terolah.



Gambar 2. Grafik perbandingan parameter air limbah sebelum dan sesudah terolah

Dari Gambar 2 di atas, pH sebagai parameter yang melebihi baku mutu telah turun signifikan ($t(5) = 5,49$; $p\text{-val} = 0,001$) dan memenuhi baku mutu setelah melalui proses pengolahan. Sementara meskipun BOD telah turun secara signifikan ($t(6) = 2,17$; $p\text{-val} = 0,036$) dari konsentrasi awalnya, namun konsentrasi air limbah terolah masih di atas baku mutu. Selain itu, dengan waktu detensi, $\theta = 2$ hari, didapatkan penurunan koliform total

sebesar 2,828 log reduksi dari 5,05 cfu/100 mL menjadi 7,5 cfu/100 mL. Namun demikian, penurunan kelimpahan koliform ini belum cukup optimum dikarenakan setidaknya diperlukan penurunan sebesar 4,703 log reduksi hingga kelimpahan koliform total mencapai baku mutunya.

Parameter-parameter lain yang sebelum terolah telah memenuhi baku mutu pun mengalami penurunan yang signifikan. Konsentrasi NH_4 dalam air limbah telah terolah turun secara signifikan dibandingkan dengan air limbah sebelum terolah ($t(6) = 3,24$; $p\text{-val} = 0,009$). Hal yang sama terjadi pada COD ($t(4) = 2,91$; $p\text{-val} = 0,022$) dan TSS ($t(5) = 3,27$; $p\text{-val} = 0,011$). Namun demikian, tetap dapat disimpulkan bahwa pengolahan air limbah dengan pasir lambat ini dapat menurunkan konsentrasi polutan air limbah budidaya perikanan.

Hasil analisis di atas sesuai dengan penelitian sebelumnya mengenai pengolahan air limbah dengan sistem pasir lambat. Sistem ini diketahui dapat menurunkan berbagai macam polutan air limbah budidaya perikanan melalui berbagai mekanisme. Penyaringan pasir lambat menghilangkan partikel terutama di lapisan kotoran "*schmutzdecke*". Mikroba non-patogen yang terdeposisi di area ini akan memeabolisme material organik dari air limbah yang masuk. Di lain pihak, mikroba baik ini akan memakan virus dan bakteri lain sehingga meningkatkan kualitas air limbah (Abdiyev et al., 2023). Dengan demikian, performa pengolahan air limbah dapat ditingkatkan apabila desain dari waktu retensi hidraulik diperlama untuk lapisan *schmutzdecke* (Langenbach et al., 2010).

Selain dari pendekatan terkait *schmutzdecke* di atas, beberapa pendekatan dapat dilakukan berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya. Peningkatan laju pengisian hidraulik sebesar 10 kali lipat dapat meningkatkan efisiensi penurunan koliform total dari 98,98% menjadi 99,96% (Maiyo et al., 2023). Penggunaan penyaringan pasir lambat bersamaan dengan proses pengolahan lainnya secara seri pun diketahui dapat meningkatkan efisiensi penurunan konsentrasi polutan. Pemasangan UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*) diketahui dapat menurunkan 85% BOD dan 99,95% koliform total (Tyagi et al., 2009).

D. Simpulan

Prototipe pengolah air limbah berbasis penyaringan pasir lambat diketahui dapat meningkatkan kualitas air limbah budidaya perikanan. Hal tersebut dilihat dari kapabilitas prototipe ini dalam menurunkan polutan. Prototipe pengolahan air limbah berbasis pasir lambat dapat menurunkan pH sebesar 11,74%, NH_4 sebesar 51,88%, COD sebesar 28,24%, BOD sebesar 51,34%, TSS sebesar 86,08%, dan koliform total sebesar 99,85%. Namun demikian mengingat konsentrasi polutan yang relatif besar pada air limbah budidaya perikanan, parameter BOD dan koliform total masih belum dapat diturunkan hingga mencapai baku mutu. Hal ini mengindikasikan perlunya pengendalian lebih lanjut seperti pengolahan bersama dengan teknologi lain atau pengaturan desain proses guna meningkatkan efisiensi pengolahan sebelum dapat diimplementasikan di lapangan.

Daftar Rujukan

- Abdiyev, K., Azat, S., Kuldeyev, E., Ybyraiymkul, D., Kabdrakhmanova, S., Berndtsson, R., Khalkhabai, B., Kabdrakhmanova, A., & Sultakhan, S. (2023). Review of Slow Sand Filtration for Raw Water Treatment with Potential Application in Less-Developed Countries. *Water*, 15(11), 2007. <https://doi.org/10.3390/w15112007>
- Agrawal, A., Sharma, N., & Sharma, P. (2021). Designing an economical slow sand filter for households to improve water quality parameters. *Materials Today: Proceedings*, 43, 1582–1586. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.450>
- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (R. B. Baird, A. D. Eaton, & E. W. Rice, Eds.; 23rd ed.). American Public Health Association. <https://doi.org/https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.216>
- Apoliano, M. L. da S., Lima, F. R. dos S., Cavalcante, D. de H., & Sá, M. V. do C. e. (2023). Application of limestone-molasses blends in Nile tilapia rearing tanks. *Bioscience Journal*, 39, e39065. <https://doi.org/10.14393/BJ-v39n0a2023-63393>
- Clark, P. A., Pinedo, C. A., Fadus, M., & Capuzzi, S. (2012). Slow-sand water filter: Design, implementation, accessibility and sustainability in developing countries. *Medical Science Monitor*, 18(7), RA105–RA117. <https://doi.org/10.12659/MSM.883200>
- Febrianto, J., Purwanto, M. Y. J., & Waspodo, R. S. B. (2016). Pengolahan Air Limbah Budidaya Perikanan Melalui Proses Anaerob Menggunakan Bantuan Material Bambu. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(2), 83–90.
- Hamidah, L. N., Sari, U. E. K., & Oktavia, L. (2022). Pengolahan air sungai menggunakan slow sand filter sistem downflow dalam menurunkan COD dan BOD. *Journal of Research and Technology*, 8(1), 133–140.
- Langenbach, K., Kusch, P., Horn, H., & Kästner, M. (2010). Modeling of slow sand filtration for disinfection of secondary clarifier effluent. *Water Research*, 44(1), 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.09.019>
- Maiyo, J. K., Dasika, S., & Jafvert, C. T. (2023). Slow Sand Filters for the 21st Century: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 1019. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021019>
- Nafisah, Fitrawati, N., Ridwan, R., Jannah, F., Rahimah, P. J., & Irawati, U. (2021). Slow Sand Filter Untuk Pengolahan Air di Desa Pekauman Ulu, Kalimantan Selatan. *Jurnal Pengabdian Inovasi Lahan Basah Unggul*, 1(2), 73–80.
- Tyagi, V. K., Khan, A. A., Kazmi, A. A., Mehrotra, I., & Chopra, A. K. (2009). Slow sand filtration of UASB reactor effluent: A promising post treatment technique. *Desalination*, 249(2), 571–576. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.12.049>
- Wicaksono, S. R., Broto, F. S. W. W., & Irawan, P. L. T. (2019). Implementasi Sebaran Informasi Profil Desa Petungsewu. *Jurnal Terapan Abdimas*, 4(2), 138–141.

(Ridwan Muhammad Rifai, Jenvia Rista Pratiwi)

Wisnu, R. P., Karuniasa, M., & Moersidik, S. S. (2019). The effect of fish aquaculture on water quality in Lake Cilala, Bogor Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 399(1), 012111. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/399/1/012111>