



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 4 No. 3 (2025) pp: 4216-4220

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Evaluasi Kualitas Air Dampak Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Padang Guci Kabupaten Kaur

Sep Friantoni¹, Meilani Belladona², Edito Dwiantoro³

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH Bengkulu

sepfriantoni@gmail.com¹, meilanibelladona@gmail.com², editodwiantoro@gmail.com³

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas air Sungai Padang Guci sebagai dampak dari pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Kabupaten Kaur. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan teknik pengumpulan data melalui pengambilan sampel air di tiga titik lokasi (hulu, tengah, hilir) dan pengujian di laboratorium untuk menganalisis parameter fisika dan kimia. Hasil uji parameter fisika menunjukkan bahwa suhu, warna, bau, rasa, dan TDS masih berada dalam kategori baik dan memenuhi baku mutu air kelas II menurut PP No. 22 Tahun 2021. Pada parameter kimia, pH dan kadar nitrit serta mangan terlarut masih dalam batas aman. Namun, ditemukan peningkatan kadar nitrat pada titik tengah serta kandungan besi (Fe) yang melebihi ambang batas di titik tengah dan hilir, mengindikasikan potensi pencemaran akibat aktivitas konstruksi. Untuk mendukung pengawasan dan pengendalian kualitas air secara berkelanjutan, penelitian ini merekomendasikan penggunaan alat Aqua-Monitor berbasis IoT dan sistem Integrated Sediment and Metal Trap (ISMT) sebagai solusi teknis preventif. Temuan ini menegaskan pentingnya integrasi prinsip teknik sipil berkelanjutan dalam pembangunan PLTMH agar tidak mengganggu keseimbangan ekosistem perairan.

Kata Kunci : Kualitas Air, PLTMH, Sungai Padang Guci, Evaluasi Lingkungan

1. Latar Belakang

Banyak daerah di Indonesia yang dekat dengan aliran sungai yang memadai untuk pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Diharapkan dengan memanfaatkan potensi yang ada tersebut dapat memenuhi kebutuhan energinya sendiri dalam mengantisipasi kenaikan biaya energi atau kesulitan jaringan listrik nasional untuk menjangkaunya. Sejalan dengan perkembangan sosial, budaya dan ekonomi serta informasi, maka listrik telah menjadi salah satu kebutuhan pokok bagi masyarakat, bahkan untuk masyarakat terpencil dan masyarakat perdesaan. Pemanfaatan Energi (DJIPE) pencapaian rasio elektrifikasi baru mencapai 64% dan rasio desa berlistrik mencapai 88% dari total sekitar 66.000 desa pada tahun 2024 (Nurhidayah dkk., 2022).

Wilayah Sungai Nasal Padang Guci yang selanjutnya disingkat WS NPG mempunyai 19 (sembilan belas) Daerah Aliran Sungai dengan beberapa Daerah Aliran Sungai yang dominan antara lain DAS Air Luas, Daerah Aliran Sungai Padang Guci dan Nasal. Luas Wilayah Daerah Aliran Sungai adalah 486.243,77 Ha atau 4862,44 Km². Wilayah ini didominasi oleh wilayah administrasi Provinsi Bengkulu seluas 381.768,81 Ha (78,51%) dan di bagian hulu sebagian merupakan wilayah administrasi Provinsi Sumatera Selatan seluas 98.546,89 Ha (20,27%) serta wilayah Provinsi Lampung seluas 5.928,08 Ha (1,22%). Pemanfaatan sumber daya air di Wilayah Sungai Nasal Padang Guci untuk berbagai keperluan terus meningkat sebagai dampak pertumbuhan penduduk khususnya di ibukota Kabupaten. Peningkatan pemanfaatan air terutama untuk keperluan penduduk untuk listrik dan keperluan lainnya, pertanian dan perikanan sedangkan perkebunan masih menjadi unggulan bagi wilayah ini. Kebutuhan akan energi terbarukan berupa energi listrik tenaga air telah dilakukan di beberapa lokasi. Melihat dari sumber daya air yang diperlukan dan pemanfaatan air di sekitar sungai Nasal Padang Guci maka pembangunan PLTMH sangat tepat untuk pemanfaatan sumber daya air yang melimpah tersebut.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) padang guci memanfaatkan air sungai padang guci sebagai sumber energi listrik. Daerah sungai padang guci medianya berbukit dan memiliki kapasitas aliran yang mencukupi untuk menghidupkan turbin secara maksimal. Berdasarkan debit andalan atau ketersediaan debit pada

daerah pengaliran sungai lokasi bendungan PLTMH padang guci maka akan didapatkan tinggi jatuh energi yang mencukupi. Maka dari itu PLTMH Padang Guci dipilih sebagai salah satu energi alternatif.

Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas air didaerah sekitarnya, perubahan aliran sungai, penurunan debit air yang dapat mempengaruhi irigasi dan ekosistem, serta potensi pencemaran akibat penggunaan dan tumpahan oli. Pembangunan PLTMH Padang Guci mempengaruhi kualitas dan pH air baik secara Biologis maupun Biokimia dan kimia untuk melihat kualitas air disekitaran PLTMH yang dibangun tersebut perlu adanya penelitian. Berdasarkan uraian diatas peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai kualitas air akibat pembangunan LTMH Padang Guci Kabupaten Kaur.

2. Metode Penelitian

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di PLTMH Desa Bungin Tambun, Kecamatan Padang Guci Hulu, Kabupaten Kaur, Bengkulu selama April–Juni 2025.

2.2 Bagan Alur Penelitian

Tahapan penelitian meliputi:

1. Studi pustaka dan observasi lapangan.
2. Pengumpulan data (primer: sampel air dan uji laboratorium; sekunder: data tangkapan air dan klimatologi).
3. Pengolahan data sesuai Permenkes No. 492/2010 dan PP No. 82/2001.
4. Analisis hasil dan penarikan kesimpulan.

2.3 Jenis Penelitian

Jenis penelitian adalah deskriptif kuantitatif untuk mengevaluasi kualitas air di sekitar PLTMH.

3.4 Sumber Data

- Primer: sampel air dan hasil uji laboratorium.
- Sekunder: data daerah tangkapan air dan klimatologi dari instansi terkait.

3.5 Fokus Penelitian

Fokus penelitian yaitu evaluasi kualitas air di sekitar PLTMH Padang Guci.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, pengambilan sampel air, uji laboratorium, serta dokumentasi (foto dan catatan lapangan).

3.7 Teknik Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan hasil uji laboratorium terhadap baku mutu air menurut peraturan yang berlaku.

3. Hasil dan Diskusi

Hasil analisis kualitas air Sungai Padang Guci menunjukkan bahwa parameter fisika masih berada dalam kondisi baik dan stabil. Suhu air diukur pada tiga titik lokasi, yaitu hulu, tengah, dan hilir dengan kisaran 22,0–23,0°C, di mana perbedaan antar titik hanya $\pm 1^\circ\text{C}$. Kondisi ini menunjukkan suhu perairan masih alami, stabil, dan berada dalam kisaran ideal (20–30°C) untuk mendukung kelarutan oksigen serta metabolisme biota akuatik, sehingga pembangunan PLTMH tidak menimbulkan dampak termal yang signifikan. Parameter fisika lainnya, yaitu Total Dissolved Solids (TDS), juga tergolong rendah dengan nilai 35,0 mg/L di hulu, menurun menjadi 31,75 mg/L di tengah, dan sedikit meningkat di hilir sebesar 34,5 mg/L. Seluruh nilai tersebut masih jauh di bawah ambang batas 1.000 mg/L sesuai PP No. 22 Tahun 2021, meskipun pola kenaikan ke arah hilir dapat menjadi indikasi awal adanya pengaruh pembangunan terhadap komposisi zat terlarut. Sementara itu, hasil uji laboratorium pada

parameter organoleptik (warna, bau, dan rasa) menunjukkan bahwa air di seluruh titik pengambilan sampel tetap tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Kondisi ini menandakan bahwa kualitas visual maupun organoleptik Sungai Padang Guci masih terjaga dan tidak terpengaruh oleh aktivitas PLTMH.

Dari sisi parameter kimia, nilai pH air di seluruh titik sama, yaitu 7,0, yang menunjukkan kondisi netral dan berada dalam rentang baku mutu 6,9–9,0 sesuai PP No. 22 Tahun 2021. Hal ini menegaskan bahwa air sungai tidak mengalami pencemaran asam maupun basa dan masih memiliki kemampuan buffer yang baik. Kandungan nitrat menunjukkan fluktuasi, dengan nilai 9,71 mg/L di hulu, meningkat di tengah menjadi 12,4 mg/L, lalu turun drastis di hilir menjadi 3,79 mg/L. Meskipun terdapat kenaikan di titik tengah, seluruh nilai tersebut masih jauh di bawah ambang batas 50 mg/L sehingga tergolong aman. Nitrit tercatat sangat rendah, yakni 0,030 mg/L di hulu, 0,060 mg/L di tengah, dan 0,050 mg/L di hilir, seluruhnya masih di bawah batas maksimum 0,06 mg/L. Berbeda dengan nitrat dan nitrit, kadar Besi (Fe) terlarut menunjukkan peningkatan signifikan, yaitu 0,040 mg/L di hulu, naik menjadi 0,520 mg/L di tengah, dan 0,700 mg/L di hilir. Dua titik terakhir bahkan melebihi ambang batas 0,300 mg/L, sehingga dapat disimpulkan bahwa pembangunan PLTMH telah memberikan dampak nyata terhadap peningkatan kandungan logam besi di sungai. Sementara itu, konsentrasi Mangan (Mn) relatif rendah, dengan nilai 0,010 mg/L di hulu, 0,040 mg/L di tengah, dan 0,020 mg/L di hilir, seluruhnya masih di bawah ambang batas 0,10 mg/L. Meski demikian, adanya peningkatan kadar Mn di titik tengah tetap menunjukkan potensi pengaruh aktivitas konstruksi terhadap kualitas kimia perairan.

Hasil analisis kualitas air Sungai Padang Guci menunjukkan bahwa kondisi parameter fisika dan kimia secara umum masih memenuhi baku mutu, meskipun terdapat indikasi awal pengaruh pembangunan PLTMH pada beberapa aspek. Suhu air di tiga titik pengambilan sampel, yaitu hulu, tengah, dan hilir, berkisar antara 22,0–23,0°C dengan selisih hanya $\pm 1^\circ\text{C}$, sehingga tetap berada dalam kisaran ideal (20–30°C) untuk mendukung kelarutan oksigen serta aktivitas biota akuatik. Total Dissolved Solids (TDS) juga tergolong rendah dengan nilai 35,0 mg/L di hulu, 31,75 mg/L di tengah, dan 34,5 mg/L di hilir, jauh di bawah ambang batas 1.000 mg/L sesuai PP No. 22 Tahun 2021, meskipun terdapat kecenderungan peningkatan ke arah hilir yang dapat mencerminkan adanya pengaruh zat terlarut dari aktivitas konstruksi. Uji organoleptik (warna, bau, dan rasa) menunjukkan air tetap tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa, sehingga kualitas visual masih terjaga. Dari sisi kimia, nilai pH di seluruh titik sama, yaitu 7,0, menandakan kondisi netral dan sesuai baku mutu 6,9–9,0. Kandungan nitrat menunjukkan variasi dengan 9,71 mg/L di hulu, meningkat menjadi 12,4 mg/L di tengah, dan menurun drastis menjadi 3,79 mg/L di hilir, seluruhnya masih jauh di bawah ambang batas 50 mg/L. Nitrit juga berada pada level sangat rendah, yakni 0,030 mg/L di hulu, 0,060 mg/L di tengah, dan 0,050 mg/L di hilir, yang masih sesuai standar 0,06 mg/L. Namun, kadar Besi (Fe) memperlihatkan kenaikan signifikan, dari 0,040 mg/L di hulu, meningkat menjadi 0,520 mg/L di tengah, dan mencapai 0,700 mg/L di hilir, dengan dua titik terakhir melampaui ambang batas 0,300 mg/L, sehingga mengindikasikan adanya dampak nyata pembangunan PLTMH terhadap kualitas air. Sementara itu, konsentrasi Mangan (Mn) relatif rendah dengan nilai 0,010 mg/L di hulu, 0,040 mg/L di tengah, dan 0,020 mg/L di hilir, masih di bawah ambang batas 0,10 mg/L meskipun terdapat peningkatan di titik tengah. Secara keseluruhan, kualitas air Sungai Padang Guci masih tergolong baik, tetapi peningkatan kadar Fe perlu mendapatkan perhatian sebagai potensi pencemar utama akibat aktivitas pembangunan.

Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Sungai Padang Guci merupakan salah satu upaya pemanfaatan sumber daya alam untuk mendukung kebutuhan energi berkelanjutan. Namun, intervensi terhadap ekosistem sungai perlu dievaluasi secara menyeluruh agar potensi dampak negatif terhadap lingkungan tidak melebihi manfaat yang dihasilkan. Proyek PLTMH pada dasarnya termasuk infrastruktur teknik sipil yang memanfaatkan energi terbarukan dari aliran air. Dalam praktiknya, proses konstruksi melibatkan berbagai aktivitas seperti penggalian tanah, pengerukan dasar sungai, pemotongan lereng, pembangunan bendung, hingga penggunaan alat berat. Aktivitas-aktivitas ini berpotensi menimbulkan perubahan terhadap kondisi fisik maupun kimia air sungai.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kegiatan konstruksi PLTMH berdampak pada meningkatnya kandungan logam terlarut, khususnya Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Berdasarkan data laboratorium, kadar Fe di titik tengah dan hilir Sungai Padang Guci tercatat masing-masing sebesar 0,520 mg/L dan 0,700 mg/L, melebihi baku mutu air permukaan kelas II menurut PP No. 22 Tahun 2021, yaitu 0,3 mg/L. Kondisi ini menandakan adanya gangguan kualitas air akibat terbukanya lapisan tanah dan batuan yang kaya mineral selama proses konstruksi, sehingga logam terlarut terbawa ke aliran sungai melalui limpasan permukaan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pembangunan PLTMH memiliki kontribusi terhadap peningkatan beban pencemar logam berat di perairan.

Sementara itu, kadar Mangan (Mn) juga memperlihatkan fluktuasi dengan nilai tertinggi di titik tengah sebesar 0,040 mg/L. Meskipun angka ini masih berada di bawah ambang batas 0,1 mg/L, peningkatan tersebut tetap menjadi sinyal awal potensi pencemaran jika konstruksi berlangsung tanpa upaya pengendalian yang baik. Dari

sudut pandang teknik sipil, hal ini menunjukkan kurang optimalnya sistem pengendalian erosi dan sedimentasi serta keterbatasan infrastruktur drainase lingkungan yang mampu menahan limpasan dari area konstruksi sebelum masuk ke sungai.

Temuan tersebut menggarisbawahi pentingnya penerapan prinsip pembangunan berkelanjutan dalam proyek PLTMH. Infrastruktur energi terbarukan seharusnya tidak hanya mengejar aspek teknis, tetapi juga mengintegrasikan mitigasi lingkungan. Beberapa strategi yang dapat diterapkan antara lain pembangunan kolam endapan (settling pond), pemasangan saluran drainase tertutup, penanaman buffer zone vegetatif, serta pemantauan kualitas air secara berkala. Hal ini sejalan dengan penelitian Marselina (2014) yang menyatakan bahwa proyek konstruksi tanpa sistem pengendalian limpasan akan meningkatkan logam berat dan kekeruhan air, serta diperkuat oleh Santosa (2020) yang menegaskan bahwa meskipun PLTMH berskala kecil, kebutuhan mitigasi pencemaran tetap mendesak untuk menjaga kualitas air.

Dalam kaitannya dengan penelitian ini, dibutuhkan alat pemantauan kualitas air yang mampu membaca parameter secara real-time di lapangan. Oleh karena itu, dirancang sistem **Aqua-Monitor**, yaitu alat pemantauan kualitas air berbasis sensor multi-parameter yang terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT). Alat ini mampu memantau parameter penting seperti suhu, pH, TDS, warna, bau, nitrat, nitrit, serta logam terlarut seperti Fe dan Mn. Komponen utamanya terdiri dari sensor pH, sensor suhu, sensor TDS, colorimeter, gas sensor, serta ion selective electrode, sedangkan untuk logam digunakan spektrofotometer portabel. Seluruh sensor terhubung dengan mikrokontroler, yang kemudian mengirimkan data secara otomatis melalui modul GSM atau Wi-Fi ke platform pemantauan daring.

Aqua-Monitor dilengkapi panel surya sebagai sumber energi sehingga dapat beroperasi di daerah terpencil. Alat ini dirancang tahan air dan cuaca dengan standar IP67, dan dapat dipasang di tiga titik strategis sungai, yaitu hulu, tengah, dan hilir. Data yang dihasilkan akan terkirim secara berkala, sehingga perubahan kualitas air akibat aktivitas konstruksi dapat dideteksi secara dini. Dari perspektif teknik sipil, sistem ini tidak hanya mendukung pengawasan teknis, tetapi juga merupakan bentuk tanggung jawab ekologis, karena datanya dapat digunakan untuk memperbaiki desain drainase, pengelolaan sedimen, dan zona penyangga vegetatif di sekitar proyek PLTMH.

Selain pemantauan, diperlukan juga sistem pengendalian pencemaran. Untuk itu dirancang **Integrated Sediment and Metal Trap (ISMT)**, yakni kombinasi kolam endapan bertingkat dengan biofilter vegetatif. Kolam endapan berfungsi menahan material tersuspensi, sementara biofilter dengan media zeolit, pasir silika, arang aktif, dan tanaman air fitoremediasi seperti eceng gondok, kiambang, dan kangkung air berperan menyerap logam terlarut. Sistem ini bersifat pasif, ramah lingkungan, tidak memerlukan energi listrik, dan dapat dibangun menggunakan material lokal. Penelitian Wijaya et al. (2018) menunjukkan bahwa biofilter tanaman mampu menurunkan kadar Fe hingga 70% dan Mn hingga 55%, sedangkan Suratno dan Nursanti (2017) membuktikan bahwa kolam endapan sederhana mampu menurunkan TSS serta logam berat bila memiliki waktu retensi yang memadai.

Untuk mendukung validitas penelitian, dirancang pula **kolam filterasi bertingkat** sebagai sistem penyaringan alami sebelum sampel air diambil. Kolam ini terdiri dari empat tahap, yakni kolam pengendapan awal, filter kasar, filter halus, dan kolam kontrol akhir. Setiap tahap berfungsi mengurangi partikel padat, lumpur, dan zat pencemar secara bertahap. Sistem gravitasi digunakan untuk aliran antar kolam, dengan perawatan rutin seperti pembersihan lumpur, penggantian arang aktif, dan peremajaan tanaman filter. Desain ini tidak hanya membantu menjaga kualitas sampel, tetapi juga berfungsi sebagai kontrol lingkungan untuk mengurangi dampak PLTMH terhadap sungai.

Dengan menggabungkan **Aqua-Monitor** sebagai sistem pemantauan dan **ISMT serta kolam filterasi** sebagai sistem pengendalian, evaluasi dampak pembangunan PLTMH terhadap kualitas air tidak hanya berhenti pada pengumpulan data, tetapi juga menghasilkan solusi preventif dan korektif. Model ini sejalan dengan prinsip **green construction** dalam teknik sipil modern, yaitu pembangunan yang efisien, berwawasan lingkungan, dan menjaga keberlanjutan ekosistem.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai kualitas air Sungai Padang Guci di Kabupaten Kaur sebagai dampak dari pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), dapat disimpulkan bahwa kualitas air akibat pembangunan PLTMH Padang Guci sebagai berikut : 1). Dalam parameter fisika Secara fisika terhadap air sungai Padang Guci 1 PLMH masih berada dalam kategori baik, dengan suhu stabil (22,°C–230°C), dengan TDS sebesar 35,0 (titik hulu) 2,35 (titik tengah) serta 34,5 (titik hilir), kemudian memiliki warna yang jernih, tidak berbau dan tidak berasa, 2). Berdasarkan hasil pengujian parameter kimia air Sungai Padang Guci 1 PLTMH menunjukkan bahwa pH air relatif stabil pada angka 7,0. Kandungan Nitrat menunjukkan nilai tertinggi

di titik tengah (12,4 mg/L) dan mengalami penurunan signifikan di hilir (3,79 mg/L). Konsentrasi Nitrit berada dalam kisaran rendah dan tidak melampaui ambang batas. Namun, kandungan logam Besi (Fe) terlarut meningkat drastis pada titik tengah (0,520 mg/L) dan hilir (0,700 mg/L), melebihi ambang batas baku mutu 0,3 mg/L, yang menunjukkan adanya potensi pencemaran akibat kegiatan konstruksi. Meskipun kadar Mangan (Mn) terlarut masih berada dalam batas aman, peningkatannya di titik tengah (0,040 mg/L) perlu diwaspadai, 3). Evaluasi yang dapat dilakukan yaitu menggabungkan *Aqua Monitor* sebagai alat pemantauan real-time dan ISMT sebagai alat pengendali pencemaran, maka proses evaluasi dampak pembangunan PLTMH terhadap kualitas air tidak hanya sebatas pada pengumpulan data, tetapi juga memberikan solusi nyata dan preventif untuk menjaga kualitas sungai tetap dalam kondisi baik. Kombinasi alat ini juga mendukung prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan dalam teknik sipil, di mana efisiensi konstruksi harus berjalan selaras dengan pelestarian lingkungan.

Referensi

1. Asdak, C. 2020. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajahmada University Press. Yogyakarta.
2. Agustiniingsih, Dyah. 2022. Kajian Kualitas Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air Sungai. Universitas Diponegoro. Semarang M.A. Campo, Chahor, Y., Gastesi, R., Lopez J. 2020. *Sediment production and water quality of watersheds with contrasting land use in Navarre(Spain)*. *Agricultural Water Management* 97:1683–1694
3. Ani, N., & Harahap, A. (2022). Kajian Kualitas Air Sungai. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 5(1), 8.
4. Atima, W. (2015). BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah. *Biosel Biology Science and Education*, 4(1), 83–93.
5. Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air: Bagi pengelolaan sumber daya dan perairan*. PT Kanisius.
6. Erlangga, W. E., NISUMANTI, S. N., & Baniva, R. B. (2024). *Analisis Potensi Ketersediaan Debit Air Bendung Padang Guci Terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Desa Bungin Tambun Kabupaten Kaur Provinsi Bengkulu* [PhD Thesis, Universitas Indo Global Mandiri Palembang]. <http://repository.uigm.ac.id/id/eprint/1993/>
7. Hertika, A. M. S., Putra, R. B. D. S., & Arsad, S. (2022). *Kualitas air dan pengelolaannya*. Universitas Brawijaya Press.
8. Iswari, R. S., Arini, F. A., Sandra, L., Purwaningsih, D., & Yuniastuti, A. (2022). Biokimia Gizi. *Jakarta: GalionoDigdaya Kawthar. Punjungsari, TN (2023)*. *SNP (Single Nucleotide Polymorphism) at Adiponectin Gene in Type, 2*.
9. Marselina. (2014). Analisis pengaruh kegiatan konstruksi terhadap kualitas air sungai pada proyek infrastruktur skala mikro. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 11(2), 101–110.
10. Marlina. (2019). Analisis kualitas air sungai akibat aktivitas domestik dan industri. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 45–52.
11. Masyhadiah, M. (2019). Strategi Komunikasi Dinas Pariwisata Dan Kebudayaan Dalam Pengembangan Pariwisata Di Kabupaten Mamuju. *MITZAL (Demokrasi, Komunikasi dan*
12. Nugroho, A. (2019). Pemanfaatan teknologi IoT untuk pemantauan kualitas air sungai pada proyek infrastruktur. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 15(2), 112–123.
13. Nurhidayah, C., Saputra, A., Hafid, A., & Faharuddin, A. (2022). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Air Terjun Gollae Kabupaten Pangkep. *VERTEX ELEKTRO*, 14(2), 52–59. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (2021).
14. *Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara.
15. Prasetya, D. D. (2018). *8 Keunggulan Wisata Indonesia yang Wajib Diketahui*. TempatWisataUnik.com.
16. Pratiwi, R. (2017). Pengaruh pembangunan infrastruktur terhadap kualitas air permukaan. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 6(2), 78–85.
17. Rijal, M., Mulyawati, N. Y., Hiarije, A., & Leasa, M. (2025). *Air, Kualitas Dan Pengujiannya*. Uwais Inspirasi Indonesia.
18. Rizal, M., Hamdani, F., & Yuliana, R. (2021). Analisis kualitas air sungai akibat pembangunan PLTMH di daerah aliran sungai. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 27(1), 15–24.
19. Santosa, B. (2020). Mitigasi dampak lingkungan pada pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 27(1), 45–58.
20. Setiawan, D., & Hidayati, R. (2019). Kajian kualitas air sungai berdasarkan parameter fisika, kimia, dan biologi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 13(1), 33–41.
21. Setiawan, S. (2022). *Pengertian Promosi – Tujuan, Fungsi, Komponen, Bentuk, Para Ahli*. Gurupendidikan.com.
22. Sofyan, A., & Latifah, M. (2019). Dampak aktivitas manusia terhadap kualitas air sungai. *Jurnal Ekologi dan Lingkungan*, 10(2), 90–99.
23. Sri Wahyuni. (2020). Pengaruh aktivitas pembangunan terhadap kualitas air permukaan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Lingkungan*, 16(1), 55–63.
24. Sukmana, D. (2021). Evaluasi kualitas air pada wilayah hilir sungai yang terdampak kegiatan konstruksi. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan*, 8(3), 120–129.
25. Suratno, & Nursanti, E. (2017). Efektivitas kolam endapan bertingkat dalam menurunkan kadar logam berat di air limbah konstruksi. *Jurnal Sumber Daya Air*, 13(1), 45–53.
26. Suryaningsih, I. A. A., Par, S., & Par, M. (2023). Pengembangan Sdm Pariwisata. *Perencanaan Dan Pengembangan Pariwisata*, 139.
27. Veni Fitra Meilisa (2020). Kepribadian pada Dewasa Awal yang Mengalami Perceraian Orangtua. *Gresik*. 1:97.
28. Wahyuni, S., & Andriani, T. (2021). Penerapan teknologi ramah lingkungan untuk menjaga kualitas air sungai. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Lingkungan*, 9(2), 88–97.
29. Wijaya, R., Pratama, D., & Lestari, S. (2018). Penggunaan biofilter tanaman untuk reduksi logam berat dalam air limbah sungai. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 14(2), 98–107.
30. Yetti, E., Soedharma, D. Haryadi, S. 2022. Evaluasi Kualitas Air Sungai-Sungai di Kawasan DAS Brantas Hulu Malang dalam Kaitannya Dengan Tata Guna Lahan dan Aktivitas Masyarakat di Sekitarnya. *Jurnal PSL*. 1 (1) : 8-13
31. Yuliasuti, Etik. 2021. Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang