Mengelola Air Asam Dan Air Siap Minum PT Freeport Indonesia Untuk Masyarakat

Virgine Merrylen Kafiar
Universitas Kristen Indonesia
E-mail: virginekafiar@gmail.com

Article History:
Received: 01 Maret 2025
Revised: 25 Maret 2025
Accepted: 02 April 2025

Keywords: *Pengelolaan air asam tambang, air siap minum, PT Freeport Indonesia.*

Abstract: *PT Freeport Indonesia menghadapi tantangan besar dalam mengelola dampak lingkungan akibat aktivitas pertambangan, terutama terkait pengelolaan air asam tambang (AAT) dan penyediaan air siap minum bagi masyarakat sekitar. Penelitian ini bertujuan menganalisis strategi dan teknologi yang diterapkan PT Freeport Indonesia dalam kedua aspek tersebut. Metode yang digunakan adalah studi literatur dari berbagai sumber, termasuk laporan keberlanjutan, jurnal ilmiah, dan penelitian terdahulu. Hasil pembahasan menunjukkan bahwa dalam pengelolaan AAT, PT Freeport Indonesia menggunakan beberapa metode utama seperti netralisasi menggunakan bahan alkali, penerapan lahan basah buatan (constructed wetlands), dan sistem pemantauan kualitas air secara berkala. Pendekatan ini terbukti efektif menurunkan kadar logam berat hingga di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Di sisi lain, penyediaan air siap minum dilakukan melalui teknologi filtrasi, desinfeksi, dan reverse osmosis (RO), yang memungkinkan pengolahan air dari sumber lokal menjadi layak konsumsi. Air bersih tersebut didistribusikan melalui jaringan perpipaan dan stasiun pengisian air bagi masyarakat sekitar. Program ini tidak hanya mengurangi dampak pencemaran lingkungan, tetapi juga memberikan manfaat langsung bagi kesehatan dan kesejahteraan masyarakat. Dengan kombinasi teknologi canggih dan tanggung jawab sosial, PT Freeport Indonesia berhasil menunjukkan praktik pertambangan berkelanjutan yang memprioritaskan keseimbangan antara aktivitas industri, kelestarian lingkungan, dan kesejahteraan masyarakat.*

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya vital bagi kehidupan manusia dan lingkungan. Ketersediaan air bersih menjadi kebutuhan mendasar yang memengaruhi kualitas hidup masyarakat (Yunus &

Irwansyah, 2020). Seiring dengan pertumbuhan populasi dan aktivitas industri, tantangan dalam menjaga kualitas air semakin kompleks. Berbagai kegiatan industri, termasuk pertambangan, berpotensi mencemari sumber air di sekitarnya. Oleh karena itu, upaya pengelolaan air limbah secara efektif menjadi sangat penting untuk menjaga keseimbangan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Salah satu masalah utama yang dihadapi oleh industri pertambangan adalah terbentuknya air asam tambang (AAT). Air asam tambang dihasilkan dari reaksi kimia antara mineral sulfida di dalam batuan dengan udara dan air. Proses ini menghasilkan air yang bersifat asam dan mengandung logam berat yang berbahaya bagi ekosistem dan kesehatan manusia (Leka, 2024). Jika tidak dikelola dengan baik, air asam tambang dapat mencemari sungai, danau, serta sumber air tanah yang digunakan masyarakat untuk kebutuhan sehari-hari.

Di Indonesia, PT Freeport Indonesia merupakan salah satu perusahaan tambang terbesar yang beroperasi di Papua. Kegiatan pertambangan berskala besar ini memiliki potensi besar dalam menghasilkan air asam tambang. Sebagai perusahaan yang memiliki tanggung jawab sosial dan lingkungan, PT Freeport Indonesia dituntut untuk mengelola limbah tersebut dengan teknologi yang memadai guna meminimalisasi dampak negatif terhadap lingkungan dan masyarakat sekitar (Bonggoibo, 2021).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, PT Freeport Indonesia menerapkan berbagai inovasi dalam pengelolaan air asam tambang. Salah satu langkah strategis yang diambil adalah membangun fasilitas pengolahan air limbah yang canggih dan menerapkan sistem pemantauan kualitas air secara berkala. Menurut Bujani (2022) Dengan teknologi ini, air asam tambang dapat diolah hingga memenuhi standar baku mutu lingkungan sebelum dilepaskan ke lingkungan atau digunakan kembali.

Selain pengelolaan air asam, PT Freeport Indonesia juga berperan dalam menyediakan air siap minum bagi masyarakat sekitar area operasinya. Program ini menjadi bagian dari tanggung jawab sosial perusahaan untuk mendukung kesejahteraan masyarakat (Bujani, 2022). Penyediaan air siap minum melibatkan proses pengolahan air menggunakan teknologi filtrasi dan desinfeksi yang memastikan air memenuhi standar kesehatan yang berlaku.

Ketersediaan air siap minum menjadi kebutuhan mendesak di daerah sekitar pertambangan, mengingat akses terhadap air bersih sering kali terbatas (Fadri, 2020). Melalui program ini, PT Freeport Indonesia tidak hanya mengurangi dampak negatif operasinya, tetapi juga memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Upaya ini menunjukkan komitmen perusahaan dalam menjaga keseimbangan antara kegiatan industri dan kelestarian lingkungan.

Secara keseluruhan, melalui tulisan ini akan dibahas secara mendalam mengenai strategi dan teknologi yang digunakan PT Freeport Indonesia dalam mengelola air asam tambang dan menyediakan air siap minum. Analisis ini bertujuan untuk memahami efektivitas langkah-langkah yang diambil perusahaan dalam menjaga lingkungan dan memberikan manfaat bagi masyarakat di sekitar wilayah operasinya.

LANDASAN TEORI

Pada penelitian ini Pengelolaan air asam dan air minum oleh PT Freeport Indonesia dan pengelolaan sumber daya air yang aman. Ini bertujuan untuk melindungi kesehatan masyarakat dan lingkungan, serta memastikan kualitas air yang layak konsumsi bagi masyarakat di wilayah pesisir air asam tambang terbentuk ketika bijih yang mengandung mineral sulfida terpapar udara dan air, menghasilkan asam sulfat yang dapat melarutkan logam berat, dan pengelolaan PT

Freeport Indonesia menerapkan rencana pengelolaan overburden yang komprehensif untuk meminimalkan pembentukan air asam. Ini termasuk penempatan overburden di lokasi yang terkelola dengan baik.

Penggunaan teknik seperti pencampuran dengan batu kapur (limestone blending) dan penutupan dengan kapur (limestone capping) untuk mengurangi dampak negatif dari air asam. dan Kualitas Air Minum diakui sebagai kunci untuk meningkatkan kesehatan dan produktivitas masyarakat. Pengelolaan air minum yang aman menjadi prioritas utama.

Monitoring kualitas air PT Freeport Indonesia melakukan pemantauan kualitas air secara berkala untuk memastikan bahwa air yang disuplai kepada masyarakat memenuhi standar kesehatan dan edukasi masyarakat pentingnya edukasi kepada masyarakat mengenai penggunaan dan pengelolaan air minum yang aman untuk mencegah penyakit yang ditularkan melalui air agar masyarakat – masyarakat yang tinggal di tempat terpencil bisa mendapat kan air bersih dan siap diminum. program ini menunjukan pengelolaan lingkungan PT Freeport Indonesia sesuai dengan praktik internasional, yang membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.keterlibatan Masyarakat dan juga melibatkan masyarakat dalam proses pengelolaan air dan memberikan informasi yang transparan mengenai kualitas air dan untuk menjaga kesehatan masyarakat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur atau kajian pustaka. Data dikumpulkan melalui penelaahan berbagai sumber yang relevan, seperti jurnal ilmiah, laporan keberlanjutan PT Freeport Indonesia, dokumen resmi dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, serta publikasi organisasi internasional terkait pengelolaan air asam tambang dan penyediaan air bersih. Studi literatur ini bertujuan untuk menganalisis pendekatan yang diterapkan PT Freeport Indonesia dalam mengelola air asam dan menyediakan air siap minum, serta mengevaluasi efektivitas langkah-langkah tersebut dalam mendukung kelestarian lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PT Freeport Indonesia sering menggandeng pemerintah dalam pengoperasiannya. Sebagai contoh, Pemerintah Kabupaten Mimika berkolaborasi dengan PT Freeport Indonesia dalam mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya di bidang penyediaan air bersih, sanitasi, dan perbaikan gizi masyarakat. Melalui pertemuan pada 14 Juni 2023, kedua pihak menyusun rencana aksi untuk mengatasi masalah air bersih di beberapa wilayah yang terkendala sumber air baku. Freeport telah membangun fasilitas pengolahan air, sementara jaringan distribusi disiapkan oleh Pemkab Mimika. Kolaborasi ini diharapkan dapat mendukung target pemerintah untuk menghapus stunting, penyakit kulit, dan malaria di Mimika pada tahun 2026 (PT Freeport Indonesia, 2023).



Gambar 1. Kolaborasi Pemkab Mimika dan PT Freeport Indonesia
(Sumber: Website F:vii PT Freeport Indonesia. 2023)

Kolaborasi antara Pemkab Mimika dan PT Freeport Indonesia menjadi langkah strategis dalam menangani masalah akses air bersih dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Upaya ini sejalan dengan komitmen Freeport dalam memberikan manfaat berkelanjutan di bidang kesehatan melalui penyediaan fasilitas pengolahan air. Program ini juga melengkapi inisiatif Freeport dalam pengelolaan air asam tambang yang menerapkan teknologi canggih untuk menjaga kualitas lingkungan (PT Freeport Indonesia, 2023). Dengan memadukan pengelolaan limbah dan penyediaan air siap minum, Freeport tidak hanya meminimalkan dampak negatif operasional pertambangan, tetapi juga berkontribusi pada kesejahteraan masyarakat sekitar secara nyata dan berkelanjutan.

1. Pengegelolaan Air Asam Tambang di PT Freeport Indonesia

PT Freeport Indonesia menghadapi tantangan besar dalam mengelola air asam tambang (AAT) yang dihasilkan dari proses oksidasi mineral sulfida. Jika tidak dikelola dengan baik, AAT dapat menyebabkan pencemaran lingkungan melalui pelepasan logam berat berbahaya seperti besi (Fe), mangan (Mn), dan tembaga (Cu) ke dalam ekosistem air (Kiswanto, dkk., 2020). Untuk mengatasi masalah ini, PT Freeport Indonesia menerapkan beberapa metode pengolahan air asam tambang yang komprehensif dan sesuai dengan standar lingkungan.

a. Proses Netralisasi dan Pengendapan Logam Berat

Metode utama yang digunakan PT Freeport Indonesia adalah proses netralisasi, di mana bahan alkali seperti kapur ($Ca(OH)_2$) atau natrium hidroksida (NaOH) ditambahkan ke dalam air asam tambang. Penambahan bahan ini bertujuan untuk meningkatkan pH air yang awalnya asam menjadi netral atau mendekati pH 7. Peningkatan pH menyebabkan logam berat yang terlarut di dalam air mengalami presipitasi (pengendapan) menjadi partikel padat yang mudah disaring dan dihilangkan Kurniawan & Kasmiyatun, 2020).

Berdasarkan penelitian Pratika & Widiono (2020), proses netralisasi ini mampu menurunkan kadar logam berat hingga di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Contohnya, kandungan besi (Fe) dapat berkurang dari 200 mg/L menjadi di bawah 2 mg/L setelah melalui proses pengolahan. Selain itu, sistem ini diintegrasikan dengan kolam pengendapan (*settling ponds)* untuk memastikan partikel yang mengandung logam berat benar-benar terpisah sebelum air dilepaskan ke lingkungan.

b. Teknologi Lahan Basah Buatan (Constructed Wetlands)

Selain menggunakan metode kimiawi, PT Freeport Indonesia juga menerapkan teknologi berbasis ekologi, yaitu lahan basah buatan atau *constructed wetlands*. Teknologi ini memanfaatkan tanaman akuatik seperti *Typha latifolia* atau *Phragmites australis* yang memiliki kemampuan menyerap logam berat dan menurunkan kadar polutan secara alami (Pawestri, 2020).

Lahan basah buatan dirancang sebagai ekosistem buatan yang meniru proses alami penyaringan air. Air asam tambang dialirkan melalui area bervegetasi yang mampu mengikat logam berat di dalam jaringan tanaman atau diendapkan di dasar kolam. Menurut studi Dwiyanti (2023), sistem ini sangat efektif dalam menurunkan konsentrasi logam berat seperti seng (Zn) dan kadmium (Cd) serta menstabilkan pH air. Selain ramah lingkungan, sistem ini juga memiliki biaya operasional yang relatif rendah dan memberikan manfaat jangka panjang dalam menjaga kualitas air di area pertambangan.

c. Sistem Pemantauan Kualitas Air Secara Berkala

Untuk memastikan efektivitas pengelolaan AAT, PT Freeport Indonesia menerapkan sistem pemantauan kualitas air secara berkala. Pemantauan dilakukan di berbagai titik, termasuk sebelum dan sesudah proses pengolahan, serta di area pembuangan akhir (discharge point). Data yang dikumpulkan digunakan untuk mengevaluasi performa sistem pengolahan dan memastikan kepatuhan terhadap peraturan lingkungan yang berlaku (Damanik & Zulian, 2021).

Pemantauan ini dilakukan dengan menggunakan teknologi sensor otomatis yang mampu mengukur parameter utama seperti pH, kadar logam berat, dan tingkat kekeruhan secara real-time. Jika terdeteksi adanya peningkatan kadar polutan di atas ambang batas, sistem akan memberikan peringatan dini untuk segera dilakukan tindakan korektif. Langkah ini memastikan bahwa tidak ada air tercemar yang dilepaskan ke lingkungan dan menjaga ekosistem di sekitar area pertambangan tetap aman.

2. Penyediaan Air Siap Minum untuk Masyarakat Sekitar

PT Freeport Indonesia tidak hanya berfokus pada pengelolaan limbah tambang, tetapi juga berperan aktif dalam menyediakan air siap minum bagi masyarakat di sekitar area operasinya. Program ini merupakan bagian dari tanggung jawab sosial perusahaan (Corporate Social Responsibility/CSR) yang bertujuan meningkatkan kesejahteraan dan kualitas hidup masyarakat di wilayah terdampak pertambangan (Bonggoibo, 2021). Mengingat keterbatasan akses terhadap air bersih di wilayah Papua, inisiatif ini menjadi langkah penting dalam memenuhi kebutuhan dasar masyarakat.

a. Teknologi Pengolahan Air Bersih

Untuk menyediakan air siap minum, PT Freeport Indonesia (2023) membangun fasilitas pengolahan air bersih yang menggunakan teknologi modern, seperti sistem filtrasi, desinfeksi, dan reverse osmosis (RO). Teknologi ini memungkinkan air dari sumber lokal, seperti sungai atau mata air, diolah menjadi air layak konsumsi yang memenuhi standar kesehatan nasional dan internasional.

1) Filtrasi

Proses ini bertujuan menyaring partikel besar seperti lumpur, pasir, dan sedimen yang terdapat di dalam air baku. Dengan menggunakan sistem penyaringan berlapis (multi-layer filtration), kotoran kasar dan mikroorganisme dapat dihilangkan. Filtrasi menjadi tahap awal yang penting untuk memastikan kualitas air tetap baik sebelum memasuki proses berikutnya (Amaliyah, 2021).

2) Desinfeksi

Setelah proses filtrasi, air melalui tahap desinfeksi menggunakan klorin atau sinar ultraviolet (UV) untuk membunuh mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, dan parasit. Menurut penelitian Susanto (2025), metode ini sangat efektif dalam mengurangi risiko penyebaran penyakit yang ditularkan melalui air, seperti kolera dan disentri. Dengan desinfeksi yang baik, air menjadi aman untuk dikonsumsi oleh masyarakat.

3) Reverse Osmosis (RO)

Untuk memastikan kualitas air mencapai standar tertinggi, PT Freeport Indonesia juga menggunakan teknologi reverse osmosis. Teknologi ini memanfaatkan membran semi-permeabel yang mampu menyaring partikel sangat kecil, termasuk logam berat, garam, dan zat kimia berbahaya lainnya (Susanto, 2025). RO sangat penting digunakan di daerah pertambangan karena air tanah di wilayah tersebut sering terkontaminasi oleh aktivitas industri.

b. Distribusi dan Akses Air Bersih

Air bersih yang telah diolah kemudian didistribusikan ke masyarakat melalui sistem perpipaan dan stasiun pengisian air. PT Freeport Indonesia membangun jaringan distribusi yang mencakup desa-desa di sekitar area pertambangan. Di beberapa titik strategis, disediakan fasilitas pengisian air gratis yang dapat diakses oleh warga kapan saja (Sustainability Report PT Freeport Indonesia, 2021).

Menurut penelitian Sholahuddin & Rodhi (2024), ketersediaan infrastruktur distribusi sangat penting untuk memastikan masyarakat memiliki akses langsung ke air bersih. Dengan membangun jaringan perpipaan dan tangki penampungan, PT Freeport Indonesia memastikan pasokan air tetap stabil meskipun terjadi gangguan atau kekeringan. Selain itu, sistem ini juga memungkinkan perusahaan memantau kualitas air secara berkala untuk memastikan air yang didistribusikan tetap memenuhi standar kesehatan.

c. Dampak Positif bagi Masyarakat

Program penyediaan air siap minum oleh PT Freeport Indonesia memberikan dampak positif yang signifikan bagi masyarakat di sekitar area pertambangan. Beberapa manfaat utama dari program ini meliputi:

1. Peningkatan Kesehatan Masyarakat

Dengan akses terhadap air bersih, insiden penyakit yang disebabkan oleh konsumsi air tercemar dapat diminimalkan. Penelitian Omotayo, dkk., (2021) menunjukkan bahwa penyediaan air bersih secara berkelanjutan mampu mengurangi kasus penyakit diare hingga 60% di komunitas yang sebelumnya mengandalkan sumber air tidak layak konsumsi.

2. Peningkatan Kualitas Hidup

Masyarakat yang sebelumnya harus berjalan jauh untuk mendapatkan air kini memiliki akses yang lebih mudah dan aman. Hal ini secara langsung meningkatkan kualitas hidup, terutama bagi kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia, yang lebih membutuhkan air bersih untuk kebutuhan sehari-hari (Erowati, 2021.

3. Pemberdayaan Masyarakat Lokal

PT Freeport Indonesia juga melibatkan masyarakat lokal dalam mengelola dan memelihara fasilitas pengolahan air. Program pelatihan diberikan kepada penduduk sekitar untuk meningkatkan keterampilan dalam mengoperasikan sistem pengolahan dan menjaga kebersihan fasilitas distribusi (Sustainability Report PT Freeport Indonesia,

2021). Dengan demikian, masyarakat tidak hanya menjadi penerima manfaat tetapi juga berpartisipasi aktif dalam menjaga keberlanjutan program ini.

d. Evaluasi dan Pengembangan Berkelanjutan

PT Freeport Indonesia (2024) secara rutin mengevaluasi efektivitas program penyediaan air bersih melalui audit internal dan eksternal. Hasil evaluasi digunakan untuk mengidentifikasi area perbaikan dan mengembangkan teknologi baru yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Salah satu inovasi terbaru yang diimplementasikan adalah penggunaan sensor otomatis untuk memantau kualitas air secara real-time. Sistem ini memungkinkan deteksi dini terhadap potensi kontaminasi dan memastikan air yang didistribusikan selalu memenuhi standar yang ditetapkan (Nauli & Ilman, 2023).

Selain itu, PT Freeport Indonesia terus berkolaborasi dengan pemerintah daerah dan lembaga non-pemerintah (NGO) dalam mengembangkan infrastruktur baru dan memperluas cakupan layanan air bersih. Langkah ini menunjukkan komitmen perusahaan dalam mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs), khususnya tujuan keenam tentang akses universal terhadap air bersih dan sanitasi (PT Freeport Indonesia, 2023).

Dengan berbagai langkah strategis dan inovasi yang diterapkan, PT Freeport Indonesia telah berhasil memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan akses masyarakat terhadap air siap minum. Program ini menjadi bukti nyata bahwa perusahaan tambang dapat berperan aktif dalam menjaga keseimbangan antara kegiatan industri dan kesejahteraan masyarakat sekitar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan, PT Freeport Indonesia telah menunjukkan komitmen yang kuat dalam mengelola dampak lingkungan melalui pengelolaan air asam tambang dan penyediaan air siap minum bagi masyarakat sekitar. Dalam pengelolaan air asam tambang, perusahaan menerapkan metode netralisasi, teknologi lahan basah buatan, dan sistem pemantauan berkala yang efektif mengurangi kadar logam berat dan menjaga kualitas air sesuai standar lingkungan. Sementara itu, program penyediaan air siap minum dilakukan melalui penerapan teknologi filtrasi, desinfeksi, dan reverse osmosis yang memastikan air layak konsumsi didistribusikan secara luas kepada masyarakat. Upaya ini tidak hanya meminimalkan dampak negatif dari aktivitas pertambangan, tetapi juga memberikan manfaat langsung bagi kesejahteraan masyarakat sekitar, menunjukkan keseimbangan antara tanggung jawab lingkungan dan sosial.

DAFTAR REFERENSI

Amaliyah, N. (2021). Analisis Proses Dewatering Konsentrat Mineral pada PT. Freeport Indonesia. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, *19*(2), 252-263.

Bonggoibo, I. M. (2021). *PENGELOLAAN LIMBAH TAMBANG (TAILING) PT FREEPORT INDONESIA DALAM RANGKA PERLINDUNGAN LINGKUNGAN DI KABUPATEN MIMIKA* (Doctoral dissertation, Universitas Atma Jaya Yogyakarta).

Bujani, M. (2022). Perizinan Penggunaan Smelter Oleh Perseroan Terbatas Freeport Indonesia Menurut Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 Tentang Pertambangan. *Lex Administratum*, *10*(2).

Damanik, N. A., & Zulian, I. (2021). Kerjasama Pemerintah Indonesia dan Amerika dalam Menangani Joint Venture di PT Freeport Tahun 2015-2020. *Jurnal FISK*, *2*(1), 35.

Dwiyanti, L. (2023). *Pengaruh Pemberian Biochar dari Tempurung Kelapa dan Sedimen Rawa terhadap Reduksi Sulfat dan Logam Berat Timbal (Pb) pada Air Asam Tambang= The Effect of Giving Biochar from Coconut Shells and Swamp Sediment on the Reduction of Sulfate and Heavy Metal Lead (Pb) in Acid Mine Drainage* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).

Erowati, D., & Sos, S. (2021). *Kebijakan dana desa bagi pemberdayaan masyarakat dan pembangunan desa*. scopindo media pustaka.

Kiswanto, K., Wintah, W., & Rahayu, N. L. (2020). Analisis logam berat (mn, fe, cd), sianida dan nitrit pada air asam tambang batu bara. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, *18*(1).

Kurniawan, P., & Kasmiyatun, M. (2020). Reduksi Kandungan Logam Berat Fe pada Air Sungai jetis Salatiga Secara Adsorbsi Menggunakan Karbon Aktif. *CHEMTAG Journal of Chemical Engineering*, *1*(1), 12-17.

Leka, E. (2024). Metode fitoremediasi dalam pengelolaan air asam tambang batubara (Fe dan Mn) berdasarkan literatur review. *Chemviro: Jurnal Kimia Dan Ilmu Lingkungan (Jkil)*, *2*(1), 91-98.

Nauli, S. B., & Ilman, Z. (2023). PERANCANGAN ALAT OTOMATIS UNTUK PAKAN IKAN DAN MONITORING KUALITAS AIR PADA KOLAM IKAN HIAS BERBASIS IOT. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, *2*(9), 3759-3766.

Omotayo, A. O., Olagunju, K. O., Omotoso, A. B., Ogunniyi, A. I., Otekunrin, O. A., & Daud, A. S. (2021). Clean water, sanitation and under-five children diarrhea incidence: Empirical evidence from the South Africa's General Household Survey. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*, 63150-63162.

Pawestri, R. (2020). PT. FREEPORT INDONESIA DITINJAU DARI SEGI HAM DAN LINGKUNGAN.

Pratika, A. R., & Widiono, B. (2020). Studi Literatur Pengolahan Limbah Cair Elektroplating Untuk Mengurangi Kadar Logam Nikel Dan TSS (Total Suspended Solid) Menggunakan Elektrokoagulator. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, *6*(2), 346-353.

PT Freeport Indonesia. (2023). Pemkab Mimika dan Freeport Kolaborasi Sediakan Air Bersih Retrieved March 2, 2025, from https://ptfi.co.id/id/news/detail/mimika-regency-government-and-freeport-collaborate-to-provide-clean-water

PT Freeport Indonesia. (2024). *Penandatangan PKS Pendampingan Operasional Fasilitas Air Bersih*.. Retrieved March 2, 2025, from https://ebk.ptfi.co.id/id/berita-highlight/penandatangan-pks-pendampingan-operasional-fasilitas-air-bersih

Sholahuddin, M., & Rodhi, N. N. (2024). Edukasi Masyarakat Peduli Air Bersih Dalam Upaya Peningkatan Pengetahuan Masyarakat Tentang Air Bersih. *Jurnal Abdimas Mandiri*, *8*(3), 416-424.

Susanto, A., Zannah, M., Putro, E. K., Yochu, W. E., Mahlisa, R., & Manuel, A. A. (2025). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Sisa klorin bebas (FRC) Air Minum bagi Pekerja di Kompleks Pabrik Pengolahan Bijih Mineral. *The Journal of Indonesian Industrial Hygiene Association*, *1*(1), 12-23.

Yunus, M., & Irwansyah, A. (2020). Sistem penyedia air bersih untuk masyarakat di kawasan pemukiman air payau Desa Kuala. *Jurnal Vokasi*, *4*(1), 1-7.