

Teknologi Pengolahan Air Rawa Berbasis Solar Sistem Terintegrasi *Internet of Things* untuk Masyarakat Daerah Terdepan, Tertinggal, dan Terpencil

Pratama Setiawan^{1*}, Wahyu Dwi Wibowo¹, Dwi Rachma Cahyati¹, Dwi Septia Ningsih¹

¹Universitas Srinivajaya, Indonesia

ABSTRACT

Indonesia's frontier, underdeveloped, and remote (3T) regions often face challenges in accessing clean water suitable for consumption. Swamp water, a potential but underutilized source, could address this issue. This research aims to manage swamp water using a solar power system integrated with the Internet of Things (IoT) to increase clean water availability for 3T communities. The proposed system consists of three components: a water treatment unit, a solar power system, and an IoT-based monitoring system. The water treatment unit combines coagulation and filtration technologies to remove physical, chemical, and biological contaminants from swamp water. The solar power system, comprising solar panels, inverters, and storage batteries, provides energy to operate the water treatment unit independently. The IoT-based monitoring system, using arduino uno, allows remote monitoring of water quality and treatment efficiency. Testing this system in a 3T area showed significant improvement in community access to clean water. Water quality analysis confirmed that the treated water meets the drinking water standards set by PERMENKES Number 492 of 2010. Laboratory tests indicated that pH levels improved from 2.5 to 6.7, iron (Fe) content decreased from 1.66 mg/l to 0.3 mg/l, and lead (Pb) content was reduced to 0.026 mg/l. After treatment, dirty, smelly, and murky water became clean, clear, and odorless. Using solar energy can reduce operational costs by up to 70% compared to fossil fuel-based systems. Integrating IoT enables early detection of operational problems and optimization of system performance, ensuring a reliable supply of clean water to remote communities.

ABSTRAK

Daerah terdepan, tertinggal, dan terpencil (3T) di Indonesia seringkali menghadapi tantangan dalam memperoleh akses air bersih layak konsumsi. Sumber air yang berpotensi tetapi belum dimanfaatkan secara optimal di wilayah 3T adalah air rawa. Penelitian ini bertujuan untuk mengelola air rawa berbasis sistem tenaga surya yang terintegrasi *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan ketersediaan air bersih bagi masyarakat 3T. Sistem yang diusulkan terdiri dari tiga komponen: unit pengolahan air, sistem tenaga surya, dan sistem pemantauan berbasis IoT. Unit pengolahan air menggunakan kombinasi koagulasi dan teknologi filtrasi untuk menghilangkan kontaminan fisik, kimia, dan biologis air rawa. Sistem tenaga surya yang meliputi panel surya, inverter, dan baterai penyimpanan sebagai sumber energi untuk mengoperasikan unit pengolahan air secara mandiri. Sistem pemantauan berbasis IoT memungkinkan pemantauan jarak jauh terhadap kualitas dan efisiensi pengolahan air dengan *arduino uno*. Hasil implementasi sistem ini di uji coba di salah satu daerah 3T yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam akses masyarakat terhadap air bersih. Analisis kualitas air menunjukkan bahwa air hasil olahan memenuhi standar air minum yang ditetapkan oleh PERMENKES Nomor 492 Tahun 2010. Berdasarkan uji coba didapatkan hasil uji laboratorium kandungan pH dari 2,5 menjadi 6,7, kandungan Fe dari 1,66 mg/l menjadi 0,3 mg/l, dan kandungan Pb 0,026 mg/l. Kondisi air yang kotor, berbau dan keruh menjadi kondisi yang bersih, jernih dan tidak berbau setelah digunakan teknologi ini. Penggunaan energi surya mampu menghemat biaya operasional hingga 70% dibandingkan sistem berbasis bahan bakar fosil. Integrasi IoT (*Internet of Things*) memungkinkan deteksi dini terhadap masalah operasional dan optimalisasi kinerja sistem..

KONTAK

Prtma2003@gmail.com

KATA KUNCI

Pengolahan, Air, Rawa

PENDAHULUAN

Air merupakan molekul kimia yang meliputi dari campuran antara satu atom oksigen dan dua atom hidrogen yang membentuk suatu ikatan kovalen. Air bersih merupakan salah satu dari kebutuhan yang tidak bisa dipisahkan dengan makhluk hidup (Revansyah *et al.*, 2023). Air bersih digunakan manusia untuk kehidupan sehari-hari.

Misalkan mandi, minum, memasak, mencuci dan lain sebagainya. Hal ini disebabkan oleh distribusi air di bumi yang tidak merata, serta perbedaan kondisi dan variasi ketersediaan air di suatu wilayah yang dipengaruhi oleh waktu, baik dari segi jumlah maupun kualitasnya (Zulhilmi *et al.*, 2019).

Salah satu sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan mandi, cuci, kakus (MCK), serta sebagian digunakan sebagai air minum adalah sungai. Sungai adalah tempat yang menjadi sumber air tawar alami yang mengalir dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah, dan umumnya bermuara di laut, danau, atau sungai yang lebih besar (Zuliyanti *et al.*, 2022). Sebagai negara maritim, Indonesia memiliki ribuan perairan, termasuk lebih dari 500 sungai dengan ukuran yang bervariasi (Badan Statistik Nasional). Sungai-sungai terbesar di Indonesia tersebar di pulau-pulau besar seperti Kalimantan, Sumatra, Jawa, dan Papua. Beberapa sungai besar di antaranya adalah Sungai Kapuas, Sungai Mahakam, Bengawan Solo, Sungai Musi, dan masih banyak lagi.

Sungai-sungai di Indonesia dimanfaatkan oleh masyarakat untuk berbagai kebutuhan, seperti MCK, irigasi, sarana transportasi, dan bahkan menjadi destinasi wisata. Selain itu, sungai menjadi salah satu sumber daya alam yang digunakan untuk segala aktivitas manusia, aktivitas dari manusia mengakibatkan adanya sungai yang tercemar dan berdampak terhadap penurunan kualitas air. Aktivitas manusia yang sering menggunakan sungai diantaranya keperluan pertanian, perikanan, peternakan, industri, aktivitas rumah tangga, dan lain sebagainya (Triarjunet *et al.*, 2020). Salah satu sungai besar di Indonesia adalah Sungai Musi. Sungai ini memiliki panjang 750 km, menjadikannya sungai terpanjang di Pulau Sumatra. Sumber air Sungai Musi berasal dari kawasan Kepahiang di Bengkulu dan bermuara di Selat Bangka. Salah satu anak Sungai Musi, yang menjadi tempat bermuaranya, terletak di antara Kabupaten Banyuasin dan Kabupaten Ogan Komering Ilir (OKI), dengan salah satu kecamatannya yang dialiri adalah Kecamatan Muara Sugihan.

Letak Kecamatan Muara Sugihan sendiri berada di timur laut kota Palembang yang berjarak dari kota 96 km tepatnya di Kabupaten Banyuasin yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Ogan Komering Ilir (OKI) yang dibelah oleh muara dari anak sungai Musi. Kecamatan ini hanya berjarak ± 13 km dari Selat Bangka. Air tanah disana memiliki karakteristik air asam dan keruh yang diakibatkan dari banyaknya tanah gambut yang ada di pesisir sungai Muara sugihan tersebut.

Tanah Gambut yang ada disana mengakibatkan karakteristik air tersebut menjadi asam. Bahkan untuk mandi saja terasa lengket, apalagi untuk dikonsumsi. Mungkin bisa saja air tersebut dikonsumsi, tetapi perlu pengolahan air yang benar. Dan saat ini di kecamatan Muara Sugihan belum terdapat pengolahan tersebut. Selama ini masyarakat setempat pada musim hujan hanya menggunakan air hujan sedangkan, saat musim kemarau tiba masyarakat kesulitan untuk mendapat air bersih dan hanya menggunakan air asam tersebut atau membeli air bersih yang harganya mahal untuk kebutuhan sehari-hari. Melihat hal tersebut dibuatlah sebuah penelitian guna membantu pengelolaan masalah air payau yang tidak layak pakai menjadi air bersih dan layak untuk diminum.

METODOLOGI

Penelitian ini mengadopsi metode eksperimen laboratorium dalam perancangan alat inovasi untuk penjernihan air. Teknik pengumpulan data penulis gunakan berupa observasi, kajian pustaka, eksperimen, dan dokumentasi. Observasi dilakukan dengan survey ke lokasi Muara Sugihan untuk pengambilan sampel. Metode observasi dilakukan dengan mengamati perubahan warna dan sifat air sebelum dan sesudah proses penjernihan menggunakan alat yang dikembangkan. Metode kajian pustaka, melakukan kajian pustaka untuk melengkapi dan memperkuat data yang diperlukan dalam penelitian. Metode eksperimen dilakukan dalam laboratorium dengan fokus pada pembuatan dan pengujian alat inovasi penjernihan air Muara Sugihan, pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik hasil pengolahan limbah menggunakan alat yang dikembangkan. Metode dokumentasi dilakukan untuk mencatat perubahan yang terjadi pada air Muara Sugihan dan untuk mengambil gambar selama proses penelitian.

Metode eksperimen laboratorium dilakukan dalam perancangan alat penjernihan dilakukan secara bertahap. Tahap pertama proses pengendapan, proses ini melibatkan koagulasi menggunakan biji asam jawa, ampas tebu, pasir silika, biji buah keranji, tanaman apu-apu, dan penyinaran matahari. Air kemudian melewati filter tambahan yang berisi pasir dan arang sebelum mengalir ke bak penampungan yang dilengkapi dinamo. Tahap kedua penyaringan, penyaringan dilakukan menggunakan batu kuarsa dan kerikil. Tahap ketiga penyaringan tambahan, penyaringan dilakukan dengan menggunakan sabut kelapa, rambut, arang, dan kapas. Tahap keempat penyaringan lanjutan, penyaringan dilanjutkan dengan pasir aktif, batu zeolite, dan pasir silika. Tahap kelima penjernihan, penjernihan dilakukan dengan filter karbon sebanyak dua kali proses penjernihan. Tahap keenam penyelesaian, hasil akhir air yang telah melalui proses penjernihan menjadi air bersih. Pada tahap ini, sensor dipasang untuk mengatur pemanasan air secara otomatis. Air dibagi ke dalam dua percabangan keran: satu untuk kebutuhan sehari-

hari seperti MCK dan satu lagi menuju tempat penampungan yang dilengkapi elemen pemanas. Elemen pemanas berfungsi memanaskan air selama 30 menit menggunakan aliran listrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat inovasi yang dibuat berfungsi untuk mengolah air asam Rawa yang kotor dan tidak layak pakai, menimbulkan gatal-gatal serta berbagai penyakit ketika menggunakannya, menjadi air bersih yang layak pakai dan berpotensi menjadi air minum pada saat terjadikrisis air bersih. Alat ini terdiri dari 5 tahap pengolahan air banjir, yang terdiri dari 4 tahap untuk kegiatan MCK, sedangkan untuk diminum air pada tahap keempat akan masuk tahap terakhir sehingga menjadi 5 tahap, Berikut penjelasan tahapan-tahapan pada alat inovasi ini yaitu:

1. Proses Kerja Alat Penjernihan

Tahap Pertama

Pada tahap pertama air banjir akan dimasukkan ke dalam bak penampung, air banjir akan mengalami proses pengendapan, proses koagulasi yang dibantu dengan biji asam jawa, biji buah keranji, biji alpukat kat, pasir silika, tanaman apu-apu, dan ampas tebu serta penyinaran matahari.

1) Proses Pengendapan Air Rawa

Air asam rawa yang banyak mengandung lumpur akan diendapkan agar air dan partikel-partikel padat di dalamnya terpisah melalui penerapan gaya gravitasi. Proses pengendapan di dasar bak ini terjadi ketika sebuah benda atau padatan memiliki berat jenis lebih besar daripada air. Selain pengendapan dengan cara gravitasi, alat inovasi menggunakan tanaman apu-apu (*pistia stratiotes*) dan menggunakan ampas tebu. Fungsi tanaman apu-apu dalam proses pengendapan ini adalah memiliki kandungan serat kasar yang tinggi sebagai penjernih dan mampu menyerap limbah akibat bahan radioaktif dan logam berat, serta dapat menaikkan pH air. Ampas tebu memiliki manfaat sebagai peningkat pH dalam air. Adanya kandungan selulosa dan lignin dipercaya dapat meningkatkan pH air.

2) Pembentukan koagulasi dengan bantuan biji asam jawa dan biji buah keranji

Koagulasi/flokulasi adalah serangkaian tahap penggumpalan partikel-partikel ukuran mikro yang dapat diendapkan, menjadi partikel yang berukuran lebih besar sehingga dapat mengalami pengendapan secara gravitasi, melalui penambahan koagulan. Adapun koagulan yang umumnya sering dipakai adalah garam-garam aluminium seperti aluminium sulfat dan PAC (*PolyaluminiumChloride*). Dalam beberapa studi menyatakan bahwa dampak dari aluminium, senyawa alum dapat menjadi penyebab penyakit *alzheimer*. Alternatif lain dari pemanfaatan koagulan sintetik yaitu penggunaan biokoagulan yang berasal dari bahan yang tersedia alami dari alam. Penelitian menunjukkan adanya berbagai macam tanaman yang memiliki potensi sebagai biokoagulan yaitu biji asam jawa (*TamarindusindicalL.*). Biji asam jawa memuat senyawa tanin, minyak esensial, serta polimer alami seperti pati, getah, perekat dan lain-lain. Tanin yang terkandung dalam biji asam jawa adalah senyawa yang efektif dalam menghambat adanya pertumbuhan bakteri. Minyak esensial termasuk ke dalam minyak aromatik yang memiliki kemampuan untuk mengurangi adanya bau tidak sedap, sedangkan polimer alami seperti albuminoid, pati, dan getah berperan sebagai koagulan yang berperan penting saat proses penggumpalan partikel-partikel yang ada pada air. Untuk melakukan pembuktian terhadap manfaat biji asam jawa dalam proses koagulasi menggantikan tawas, peneliti melakukan uji coba secara langsung melalui penumbukan terhadap biji asam jawa yang telah tua, kemudian dituangkan ke dalam air, dengan hasilnya adalah sebagai berikut. Berdasarkan hasil eksperimen peneliti, air yang dicampur dengan menggunakan biji asam jawa, pada bagiannya terbentuk banyak endapan dan warnanya lebih putih dibandingkan air sebelumnya. Oleh karena itu peneliti menggunakan biji asam jawa pada tahap pertama untuk alat inovasi penjernihan air.

3) Penyinaran matahari

Pada tahap pertama ini, selain air mengalami proses pengendapan dan koagulasi dengan bantuan asam jawa, air banjir juga akan terpapar sinar matahari yang menjadi sinar UV alami untuk membunuh bakteri dan mikroorganisme di air. Setelah melewati tahap pengendapan dan penjernihan, air akan menuju ke filter tambahan. Air akan dibuka dari keran menuju filter tambahan dengan memanfaatkan gravitasi yang akan menetes menuju bak penampungan yang di dalamnya terdapat dinamometer. Filter tambahan tersebut berisikan arang dan pasir, yang fungsinya untuk menyerap bau dan warna pada air.

Tahap Kedua

Setelah melewati tahap pertama, air dimasukkan pada ember penampungan yang kemudian dialiri menggunakan dinamo menuju filter pertama yang berisi kerikil dan batu kuarsa atau batu kuarsa (SiO_2). Fungsi kerikil dan pasir kuarsa adalah untuk menangkap partikel-partikel padat dalam air dan mengikat partikel lumpur dalam air.

Tahap Ketiga

Setelah melalui filter pertama air akan dipompa melalui filter kedua yang terletak di atas alat penjernihan yang berisikan serat-serat alam antara lain sabut kelapa berfungsi menyaring kotoran yang bersifat mikro, rambut berfungsi sebagai penyaring kedua setelah serabut kelapa, karbon aktif pertama, karbon aktif memiliki fungsi penyerap bau dan menyerap klorin, dan kapas berfungsi sebagai penyerap warna pada air.

Tahap Keempat

Pada tahap selanjutnya setelah filter kedua dilalui, air akan meluncur menuju filter ketiga yang berisikan berbagai batuan antara lain batu zeolite yang berfungsi sebagai penyerap logam berat dan ammonia, pasir silika berfungsi sebagai pengikat partikel lumpur yang masih tersisa, dan pasir aktif yang berperan untuk menghilangkan kandungan Mangan (Mn^{+2}), Besi (Fe), serta Hidrogen sulfida (H_2S).

Tahap Kelima

Tahap selanjutnya penjernihan melalui filter karbon aktif sebanyak dua buah dengan fungsi menghilangkan warna, bau, dan rasa, serta memberi rasa segar pada air.

Tahap Keenam

Setelah melalui penyaringan dengan filter karbon, air akan dipompa menuju percabangan keran, keran awal di gunakan untuk kebutuhan MCK. Selain itu di percabangan keran lainnya akan menuju penampungan air dimana terjadi pemanasan didalamnya. Pada penampungan ini, terdapat elemen pemanas yang terbuat dari, dalam proses pemanasan ini, memerlukan waktu sekitar 40 menit sebanyak 5 liter air.

Tahap Ketujuh

Tahap ini adalah tahap dimana pengoprasian alat di pusatkan, dimana alat ini menggunakan sistem arduino uno sebagai pusat kendali untuk menjalankan perintah yang telah diprogram. Alat ini menggunakan *flowmeter* Sensor yang ditempatkan di sebelum kran penampungan air minum. Sensor ini memberi informasi ke perangkat Arduino untuk mengaktifkan pompa air agar mengalirkan air ke perangkat filter. Dan Arduino akan menonaktifkan pompa air jika flow sensor telah mencapai volume air tertentu dan segera mengaktifkan pemanas air selama 40 menit. Dan akan berulang seterusnya jika keran dibuka.

Tahap Kedelapan

Sistem solar panel pada alat inovasi tersebut berfungsi sebagai sumber energi utama untuk mengoperasikan unit pengolahan air. Solar panel menangkap energi matahari dan mengkonversinya menjadi listrik. Listrik ini kemudian disimpan dalam baterai penyimpanan dan digunakan untuk menggerakkan semua komponen sistem, termasuk unit pengolahan air dan sistem pemantauan IoT. Keunggulan penggunaan solar panel adalah kemampuannya menyediakan energi secara mandiri, terutama di daerah terdepan, tertinggal, dan terpencil (3T) yang mungkin tidak memiliki akses listrik dari jaringan umum. Selain itu, penggunaan energi surya ini juga dapat mengurangi biaya operasional hingga 70% dibandingkan dengan sistem yang menggunakan bahan bakar fosil.

2. Dampak Proses

Tabel 1. Hasil Uji sebelum dan sesudah perlakuan

Parameter	Sebelum Perlakuan dengan alat inovasi	Sesudah Perlakuan alat inovasi
Warna	Kuning kecoklatan	Bening
Partikel tanah/lumpur	Ada	Tidak ada
Bau	Sedikit bau tanah	Tidak

Rasa	Rasa lumpur	Tawar
Ph	2,5	6,6
Fe	1,861 mg/l	<0,3 mg/l
Pb	0,026 mg/l	<0,026 mg/l

Berdasarkan hasil penelitian, air rawa yang sebelum diolah dan setelah terolah dengan baik sehingga menghasilkan air bersih dan layak minum menunjukkan perubahan yang signifikan. Keadaan fisik air yang keruh menandakan adanya pencemaran. Air yang tercemar menunjukkan tanda-tanda fisik yang dapat diamati melalui pengamatan. Beberapa di antaranya yaitu memiliki warna kecoklatan akibat pencemaran dari chromium dan materi organik. Air yang telah tercemar oleh besi akan menunjukkan warna merah kekuningan. Air akan berubah menjadi merah kecoklatan apabila tercemari oleh pengotor berupa lumpur. Sedangkan air akan menjadi keruh ketika tercemar oleh koloid (bio zat yang lekat seperti getah atau lem). Air juga akan menjadi keruh karena terpengaruh oleh tanah liat, lumpur dan mikroorganisme seperti plankton serta partikel lainnya. Air akan memiliki rasa tertentu oleh polutan berupa mineral. Apabila air memiliki rasa pahit, dapat disebabkan oleh besi, aluminium, mangan, sulfat maupun kapur dalam kuantitas yang besar. Air yang memiliki rasa seperti sabun dipengaruhi akibat pencemaran oleh alkali yang berasal dari natrium bikarbonat, maupun bahan pencuci yang lain seperti deterjen. Rasa payau pada air yang selalu ditemui di daerah sekitar Rawa asam Muara Sugihan menunjukkan adanya kandungan asam yang tinggi. Pencemaran juga dapat diidentifikasi melalui bau yang tercium dari air.

KESIMPULAN

Pengolahan air berbasis solar system dengan terintegrasi *Internet of Things* (IoT) sebagai inovasi yang ramah lingkungan terbukti mampu meningkatkan kualitas air rawa sesuai standar yang layak konsumsi dan dipakai oleh manusia. Hasil menunjukkan adanya perubahan kualitas dan warna air yang keruh dapat terolah dengan baik menjadi jernih, dan tidak berbau serta memenuhi standar yang telah ditetapkan. Air rawa yang telah diolah dapat dipakai oleh masyarakat setempat untuk menunjang kehidupan sehari-hari seperti mandi, memasak, mencuci dan minum. Inovasi berbasis solar system dengan terintegrasi *Internet of Things* (IoT) terbukti lebih ramah lingkungan karena memanfaatkan sinar matahari sebagai energi terbarukan, ekonomis dan menjanjikan kemudahan dalam proses peninjauan secara berkala. Dengan demikian, pengolahan air berbasis solar system ini telah teruji dapat digunakan untuk mengelola dan meningkatkan kualitas air rawa sehingga efektif untuk mengatasi permasalahan air bersih.

REFERENSI

- Revansyah, M. A., Men, L. K., Setianto, S., F. F., Safriani, L., & Aprilia, A. (2023). Analisis Tds, Ph, Dan Cod Untuk Mengetahui Kualitas Air Di Desa Cilayung. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 12(02), 43.
- Triarjunet, R., Dewata, I., & Geografi, J. (2020). Analisis Indeks Pencemaran Air Sungai Ombilin Dilihat Dari Kandungan Kimia Anorganik. *Jurnal Kependudukan Dan Pembangunan Lingkungan*, 1(3), 52–58.
- Zulhilmi, Efendy, I., Syamsul, D., & Idawati. (2019). Faktor yang Berhubungan Tingkat Konsumsi Air Bersih pada Rumah Tangga di Kecamatan Peudada Kabupaten Bireun. *Jurnal Biologi Education*, 7(November), 110–126.
- Zuliyanti, Anggela, R., & Cahyaningrum, W. (2022). Analisa Pemanfaatan Air Sungai Bagi Rumah Tangga di Bantaran Sungai Melawi Desa Sungai Ana Kabupaten Sintang. *Jurnal Pendidikan Geografi Dan Pariwisata*, 2(1), 35–51.