

EnviroPureTech: Sistem Terpadu Inovatif untuk Pengelolaan Air Limbah Berkelanjutan menggunakan Teknologi Plasma, Reverse Osmosis, dan Turbin Listrik Berbasis IoT

Janu Andrean, Sa Bashkaran Adi Warman, dan Ridho Firmansyah

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Brawijaya

Email Korespondensi: janu_a@student.ub.ac.id

ABSTRAK

Kata Kunci:

Air Bersih, Energy Terbarukan, Internet of Things, Kelangkaan Sumber Daya, Pengelolaan limbah air, Reverse Osmosis, Teknologi Plasma, Turbin Listrik.

Indonesia memiliki sumber daya energi yang kaya, termasuk energi listrik. Namun, penggunaan pembangkit listrik konvensional berdampak buruk, seperti peningkatan polusi dan berkurangnya sumber bahan bakar fosil. Oleh karena itu, solusi alternatif seperti energi dari sumber daya perairan menjadi penting. Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan listrik dan pasokan air bersih. Sayangnya, sekitar 80% air limbah yang dihasilkan di Indonesia tidak diolah dengan baik dan dibuang langsung ke perairan. Hal ini menuntut pengelolaan air limbah yang berkelanjutan. Penggunaan teknologi plasma, reverse osmosis, dan turbin energi listrik berbasis IoT menjadi solusi untuk meningkatkan pengelolaan air limbah ini. *EnviroPureTech* adalah inovasi yang menggabungkan teknologi plasma untuk menghilangkan senyawa berbahaya dalam air limbah, reverse osmosis untuk memisahkan senyawa terlarut, dan turbin energi listrik berbasis IoT untuk menghasilkan energi tambahan dari air limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan *EnviroPureTech* dalam pengelolaan air limbah berkelanjutan di Indonesia. Metode penelitian melibatkan studi literatur untuk pengumpulan data dan desain alat yang diperlukan. Keberhasilan pembuatan alat ini penting agar pengujian berjalan lancar. Harapannya, hasil penelitian ini akan berkontribusi pada pengembangan sistem pengelolaan air limbah yang berkelanjutan, menciptakan lingkungan yang bersih, dan mendukung penggunaan sumber energi terbarukan.

Keyword:

: Clean Water, Renewable Energy, Internet of Things, Scarcity of Resources, Wastewater Management, Reverse Osmosis, Plasma Technology, Electric Turbines.

ABSTRACT

Indonesia has rich energy resources, including electrical energy. However, the use of conventional power plants has negative impacts, such as increasing pollution and reducing fossil fuel sources. Therefore, alternative solutions such as energy from aquatic resources are important. As an archipelagic country, Indonesia has great potential to develop electricity and clean water supplies. Unfortunately, around 80% of waste water produced in Indonesia is not treated properly and is discharged directly into the waters. This demands sustainable wastewater management. The use of plasma technology, reverse osmosis and IoT-based electrical energy turbines is a solution to improve wastewater management. *EnviroPureTech* is an innovation that combines plasma technology to remove harmful compounds in wastewater, reverse osmosis to separate dissolved compounds, and IoT-based electrical energy turbines to produce additional energy from wastewater. This research aims to integrate *EnviroPureTech* in sustainable wastewater management in Indonesia. The research method involves literature study for data collection and design of the necessary tools. The success of creating this tool is important so that testing runs smoothly. It is hoped that the results of this research will contribute to the development of a sustainable wastewater management system, create a clean environment, and support the use of renewable energy sources.

1. PENDAHULUAN

Pada zaman modern ini, kebutuhan energi di dunia akan terus mengalami peningkatan. Menurut proyeksi *Internasional Energy Agency* (IEA), kebutuhan energi di dunia meningkat

sebesar 45% dengan peningkatan sebesar 1,6 % pertahun hingga tahun 2030 (KESDM, 2008). Peningkatan kebutuhan energi di dunia ini dipicu adanya peningkatan tingkat kesejahteraan penduduk pada setiap negara, perubahan gaya hidup penduduk dunia, dan meningkatnya konsumsi

masyarakat terhadap energi yang lebih efisien. Mayoritas kebutuhan energi di dunia dipasok oleh bahan bakar fosil, di mana minyak bumi, batu bara, dan gas alam menyumbang 80% dari konsumsi energi dunia. Padahal, penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama memiliki dampak serius terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Penggunaan bahan bakar fosil memicu terjadinya polusi udara karena pembakaran dari bahan bakar fosil melepaskan polutan yang menimbulkan masalah kesehatan. Penggunaan lahan yang berlebihan untuk penambangan batu bara dan pengeboran minyak dan gas juga akan menyebabkan kerusakan ekosistem dan habitat satwa liar. Meskipun penggunaan bahan bakar fosil sebagai energi utama ini adalah sumber energi yang paling efisien, tetapi penting untuk beralih ke sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan (EBTKE, 2020).

Energi terbarukan merupakan energi yang memanfaatkan sumber energi yang berasal dari proses alam. Pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber energi ini juga cenderung meningkat. Penggunaan energi terbarukan memiliki banyak manfaat antara lain lebih ramah lingkungan, gratis, mandiri energi, dan mendorong pertumbuhan ekonomi secara signifikan. Potensi energi terbarukan di Indonesia cukup besar, sesuai dengan data dari Indonesia Energy Outlook 2019, Tenaga air sebesar 94,3 GW, Panas bumi 28,5 GW, Bioenergi 32,6 GW, dan energi angin 60,6 GW dan energi laut 17,9 GW (Ditjen EBTKE, 2018). Apabila dikaitkan dengan letak geografis, Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki potensi besar untuk pengembangan kebutuhan energi listrik dan air bersih karena Indonesia memiliki sumber daya alam perairan yang sangat luas.

Namun permasalahan penurunan kualitas lingkungan di Indonesia semakin meningkat, salah satunya pengolahan limbah yang kurang baik. Sekitar 1,45 juta orang meninggal setiap tahun akibat diare saja. Setidaknya 50% dari kasus-kasus ini disebabkan oleh pengolahan air limbah yang buruk (Bio-sol, 2023). Hal ini terjadi karena banyak limbah cair yang mengandung bahan pencemar tidak diatasi dengan baik. Ketersediaan air bersih merupakan tantangan yang dihadapi oleh setiap negara, termasuk dari pengelolaan air limbah yang baik. Pengelolaan air limbah ini merupakan isu yang sangat krusial bagi seluruh negara, termasuk negara kepulauan yang terdiri dari banyak pulau seperti Indonesia. Faktanya, bahwa sekitar 80% dari total volume air limbah yang dihasilkan oleh penduduk Indonesia dibuang ke perairan tanpa proses pengolahan yang baik. Meskipun pemerintah Indonesia sudah menyadari pentingnya pengelolaan air limbah dan telah memberlakukan peraturan dan kebijakan, tetapi penegakan dan kepatuhan terhadap peraturan masih menjadi tantangan yang terus berlanjut. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi dari pengelolaan air limbah untuk mencegah adanya pencemaran, melestarikan sumber daya air, melindungi ekosistem pesisir dan laut.

Hampir setengah dari populasi dunia belum memiliki cara yang tepat untuk membuang air limbah. Untuk mendapatkan solusi dari pengelolaan limbah yang kurang baik, dilakukan inovasi dengan memanfaatkan pendekatan teknologi yang dapat mengurangi pencemaran. *EnviroPureTech* merupakan alat dengan Pemanfaatan teknologi plasma, *reverse osmosis*, dan Turbin Listrik berbasis *Internet of Things* dalam pengolahan air limbah yang dapat memberikan solusi dari

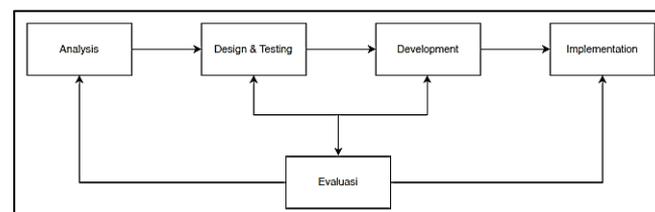
pengolahan air limbah yang lebih efektif dan berkelanjutan. Penelitian ini dilakukan guna menciptakan lingkungan yang bersih serta menghasilkan energi terbarukan yang ada serta dapat dikembangkan lebih optimal di Indonesia untuk menekan peningkatan pengelolaan air limbah di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah dengan melakukan studi pustaka kajian dari berbagai referensi dan penelitian terdahulu yang bertujuan untuk mengumpulkan data dan menyimpulkan solusi yang ditawarkan dalam memecahkan masalah dan mewujudkannya, maka melakukan proses perancangan alat. Pembuatan alat merupakan faktor penting dalam hal ini penelitian agar selama proses pengujian alat tidak mengalami hal yang signifikan masalah. tujuan penelitian.

Dalam penelitian ini, penulis mengangkat isu-isu terkini mengenai kurangnya pengelolaan air limbah di Indonesia. Oleh karena itu, penulis mencoba menyajikan solusi dalam bentuk dari desain teknologi *EnviroPureTech* Berkelanjutan dengan berbagai fungsi. Pertama, sebagai sistem terintegrasi untuk pengelolaan air limbah berkelanjutan, di mana plasma dan teknologi *reverse osmosis* digunakan untuk mengolah limbah secara efektif dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Sedangkan turbin listrik dan panel surya digunakan untuk menghasilkan listrik secara berkelanjutan dan ramah lingkungan. Dengan demikian, *EnviroPureTech* bertujuan untuk menghadirkan inovasi dan solusi berkelanjutan dalam pengelolaan air limbah, sekaligus mendukung kebutuhan pemasok energi listrik.

2.1 Teknik Pengumpulan Data



Gambar 1. Kerangka Implementasi *EnviroPureTech*

Teknik pengumpulan data dalam penulisan karya ilmiah ini adalah dengan menggunakan dokumenter teknik belajar yang dibantu oleh studi literatur. Data digunakan untuk mendukung referensi perpustakaan dan berbagai penunjang teori diperoleh dari berbagai sumber pustaka yang terdiri dari buku, majalah, media elektronik, dan jurnal ilmiah.

2.2 Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan teknik model korelasi deskriptif analitik. Data yang telah diperoleh dari berbagai sumber referensi diuraikan dalam bagian tinjauan pustaka. Data disajikan secara konseptual dan teoritis kemudian dianalisis dengan membandingkan informasi yang berkaitan dengan masalah yang telah terjadi dan terkait dengan konsep dan teori sebelumnya yang akan menghasilkan benang merah dari masalah yang dibahas. Ide-ide baru yang dihasilkan akan dijelaskan dengan jelas dan dijelaskan secara rinci sesuai

dengan kebutuhan dan permasalahan yang telah diuraikan. Ide-ide baru yang akan diuraikan dapat dijadikan sebagai bahan referensi secara nyata aplikasi untuk semua pembaca.

2.3 Metode Implementasi

Metode implementasi ideal yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis, desain, pengembangan, implementasi, evaluasi. Namun karena penelitian ini masih dalam bentuk studi literatur, tahap implementasi belum dapat dilakukan. Oleh karena itu, penulis menguji prototipe sebelum mengembangkan dan mengimplementasikannya. Hasil pengujian prototype dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi karena penulis dapat melihat cara kerja dan prinsip *EnviroPureTech* dan mengetahuinya komponen yang digunakan, pembuatan prototipe dan untuk pengujian prototipe yang dilakukan, yaitu membuat video simulasi untuk melihat keefektifannya Alat *EnviroPureTech* dalam menghasilkan energi bersih untuk air bersih dan kebutuhan listrik. Sehingga penelitian akan terpelihara dengan baik karena perkembangannya terstruktur dan diawasi.

2.3.1 Tahap Analisa

Tahap pertama yaitu analisa ini berkaitan dengan sumber dan data yang diperlukan sebagai referensi penelitian sehingga dapat dilakukan mengoptimalkan penelitian yang dilakukan keluar. Tahap ini juga terkait dengan persiapan desain dan desain serta perencanaan pengembangan perangkat lunak dan perangkat keras dari Inovasi *EnviroPureTech*.

2.3.2 Tahap Desain

Tahap desain merupakan tindak lanjut dari tahap analisis. Setelah proses analisis selesai, tahap desain dimulai dengan desain perangkat lunak dan perangkat keras, alur kerja desain, desain basis data, desain antarmuka pengguna pada perangkat lunak, logo dan prototipe desain.



Gambar 2. Desain *EnviroPureTech*

Rancangan alat terdiri dari beberapa bagian yaitu bagian awal filter karbon (*Pre Carbon*) yang terdiri dari 3 segmen dengan menggunakan teknologi Plasma memecah senyawa organik dan bahan kimia berbahaya dalam air limbah proses pengobatan. Kemudian membran *reverse osmosis* (*RO Membrane*), lalu filter karbon akhir (*Post Carbon*) diakhiri oleh turbin sebelum air yang diklarifikasi memasuki tangki penyimpanan. Semua instalasi miring dan vertikal untuk memanfaatkan energi potensial yang disebabkan oleh gravitasi sehingga ketika air memasuki turbin, turbin dapat mengubah energinya menjadi listrik energi. Di setiap segmen juga terdapat beberapa sensor untuk mendapatkan data yang diinginkan dikirim ke perangkat berbasis IOT.

(1) Teknologi Plasma. Reaktor plasma digunakan dalam teknologi plasma dalam pengolahan air limbah. Dalam reaktor ini, gas reaktan seperti nitrogen, argon, atau oksigen dipompa dengan tekanan tertentu, dan kemudian diionisasi dengan elektroda, yang menghasilkan busur listrik atau medan elektromagnetik. Proses ini menciptakan lingkungan dengan suhu dan energi tinggi yang diperlukan untuk menguraikan kontaminan dan senyawa organik dalam air limbah menjadi bentuk yang lebih sederhana dan aman. Pengendali dan sensor memantau dan mengontrol parameter reaktor seperti suhu, tekanan, dan aliran gas untuk memastikan reaktor tetap stabil dan efisien. Teknologi plasma ini dapat mengolah air limbah secara efisien dan menghilangkan kontaminan, menghasilkan air yang lebih bersih dan aman untuk lingkungan dan kesehatan manusia.

(2) Saringan Karbon Aktif. Saringan karbon aktif berfungsi untuk menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik, deterjen, bau, senyawa phenol serta untuk menyerap logam berat dan lain- lain. Apabila seluruh permukaan karbon aktif sudah jenuh, maka proses penyerapan akan berhenti, dan pada saat ini karbon aktif harus diganti dengan karbon aktif yang baru.

(3) Membran Osmosis Terbalik. Pada prinsipnya apabila dua buah larutan dengan konsentrasi encer dan pekat dipisahkan oleh membran *semi permeabel*, maka larutan dengan konsentrasi yang encer akan terdifusi melalui membran semi permeabel tersebut dan masuk ke dalam larutan yang pekat sampai terjadi kesetimbangan konsentrasi. Dalam pengolahan air asin, air tawar sebagai larutan dengan konsentrasi encer dan air asin disebut dengan larutan dengan konsentrasi pekat dipisahkan dengan membran semi permeabel, maka air tawar akan terdifusi ke dalam air asin melalui membran semi permeabel tersebut, sehingga terjadi kesetimbangan. Apabila diberikan tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosisnya, maka aliran air tawar akan berbalik yakni dari air asin ke air tawar melalui membran semi permeabel, sedangkan garamnya tertahan di dalam larutan garamnya sehingga menjadi lebih pekat.

(4) Turbin. Turbin yang digunakan adalah turbin air Francis. Turbin Francis adalah jenis turbin reaksi kedalam, kategori turbin dimana fluida kerja masuk ke turbin di bawah tekanan besar dan energinya diekstraksi oleh bilah turbin dari fluida kerja. Pipa dibuat mengecil sebelum masuk ke turbin menyebabkan kecepatan air meningkat sehingga menaikkan putaran poros turbin. Poros turbin di sambungkan ke dinamo agar menghasilkan energi listrik lalu di salurkan ke baterai.

(5) sensor yang Digunakan

a. Sensor PH. Sensor ini menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat. Sensor ini dapat dimanfaatkan untuk indikasi apakah air yang diolah layak dikonsumsi apa tidak. Sensor ini diletakkan di tanki akhir air.

b. Sensor Oksigen. Sensor ini bekerja dengan prinsip elektrokimia atau optik untuk mengukur konsentrasi oksigen yang terlarut dalam air. Sama seperti sensor PH, sensor ini dapat dimanfaatkan untuk indikasi apakah air yang diolah layak dikonsumsi apa tidak. Sensor ini diletakkan di tanki akhir air.

c. Sensor arus listrik (multimeter). Sensor ini berfungsi untuk mengetahui jumlah listrik yang masuk kedalam baterai. Ketika arus mengalir melintasi kumparan, jam bergerak menuju skala tertentu dan mengirimkan sinyal berupa

tegangannya agar dapat diterjemahkan oleh *device*. Sensor ini diletakkan di baterai.

2.3 Tahap Evaluasi

Tahap evaluasi adalah tahap untuk meninjau kembali hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh, baik data, desain, metode kerja maupun metode. Evaluasi bisa dilakukan pada setiap tahapan sehingga dapat meningkatkan akurasi dan pemantauan pada masing-masing tahapan penelitian.

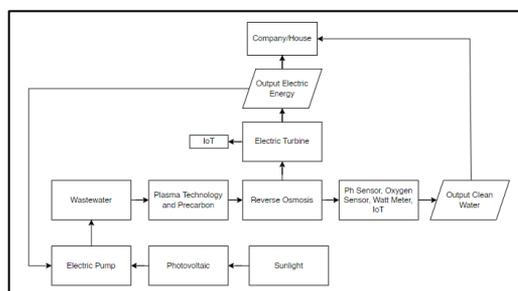
3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3. Konsep EnviroPureTech

Perancangan dalam penelitian ini difokuskan pada sisi teknis dan implementasinya desain inovasi yang dikembangkan. Desain ini termasuk desain perangkat keras (*prototype*), blok sistem, desain sistem dan *flowchart* serta *use case diagram* dari *EnviroPureTech*. Inovasi ini merupakan kombinasi *Wastewater Treatment* dengan hybrid teknologi sebagai alat yang mampu memberikan 2 keluaran sekaligus yaitu air bersih dan energi listrik dari air limbah yang digunakan sebagai masukan. Sehingga listrik energi dan air bersih dapat dihasilkan secara optimal dan dapat dipantau hasilnya secara real time karena dibantu oleh *Internet of Things*. *EnviroPureTech* dilengkapi dengan Teknologi Plasma, *Reverse Osmosis*, *Electric Pump*, *Electric Turbine*, *solar tracker*, *dual axis rotation* yang didesain dengan LDR (*Light Dependent Resistant*) sensor, sensor RTC (*Real Time Clock*) dan kualitas air sensor yaitu sensor pH dan sensor oksigen. Teknologi ini dilengkapi dengan Komponen perangkat keras *EnviroPureTech* yang terintegrasi dengan antarmuka pH sensor, Sensor Oksigen, *Watt Meter* dan sensor lainnya yang terhubung ke aplikasi.

3.1 Cara Kerja EnviroPureTech



Gambar 4. Diagram Blok *EnviroPureTech*

Diagram blok di atas merupakan gambaran bagaimana alur kerja sistem akan bekerja pada inovasi *EnviroPureTech*. Secara garis besar, diagram blok adalah dibagi menjadi

beberapa bagian yaitu input, proses, output dan sistem IoT. Ini blok sistem akan bekerja secara real time sehingga dapat menyediakan data secara berkala. Pelacak surya dan fitur rotasi sumbu ganda memungkinkan panel surya untuk mengikuti arah sinar matahari sehingga mendapatkan masukan sinar matahari yang maksimal. Ini teknologi dirancang dengan sensor LDR untuk bergerak sesuai dengan arah matahari secara otomatis, teknologi ini juga ditambahkan agar alat tersebut dapat mengikuti matahari secara manual menggunakan sensor RTC dan juga dapat membersihkan solar *EnviroPureTech* menggunakan nozzle.

Sistem selanjutnya adalah bagian proses, bagian ini memiliki peran yang sangat vital karena nantinya indikator output yang akan dihasilkan. Energi matahari yang telah ditangkap oleh fotovoltaik digunakan sebagai input listrik untuk menggerakkan pompa sehingga air limbah dapat mengalir tersedot ke dalam sistem proses pengolahan air limbah. Kemudian prosesnya dimulai dengan Penyaringan 3-segmen dan pemecah senyawa dibuat lebih sederhana dengan teknologi plasma. Selanjutnya, air limbah yang telah melalui proses plasma dapat lebih lanjut diproses menggunakan sistem *reverse osmosis* untuk menghilangkan sisa yang terlarut senyawa. Pada proses saat ini terdapat beberapa sensor yang berguna untuk pengecekan bagaimana kualitas air bersih dengan beberapa indikator yang diperolehnya meliputi kadar oksigen yang diperoleh dari sensor oksigen, keasaman air yang diperoleh dari sensor pH dan *water rate* yang digunakan untuk memantau kecepatan air tadi memasuki proses turbin listrik. Terakhir, pada tahap pemrosesan akhir, sebagian air murni akan dikumpulkan sebagai hasil air bersih dan sebagian dapat mengalir melalui turbin energi listrik berbasis IoT untuk menghasilkan energi listrik yang dapat dipantau berapa besar listrik yang diperoleh dan hasilnya akan digunakan oleh pabrik atau disalurkan ke jaringan listrik umum.

Output adalah bagian dari tanggapan terhadap masukan melalui bagian proses. Hasil dihasilkan berupa listrik DC atau AC, karena menurut Hasil *EnviroPureTech* ada arus DC, listrik yang sudah ada dihasilkan diteruskan ke bagian DC to AC *Inverter* yang berfungsi untuk mengkonversi satu bentuk sumber tenaga ke beberapa bentuk tegangan dan arus yang dibutuhkan oleh satu atau lebih banyak beban listrik. Salah satu komponen utama dari daya mode *switching* sistem suplai adalah perangkat konverter yang dapat mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC).

3.2 Pemanfaatan Air Limbah Sebagai Energi Bersih Dan Listrik

Sebagai sumber energi bersih, air limbah memiliki potensi besar untuk menghasilkan sumber energi terbarukan yang berkelanjutan. Teknologi plasma telah terbukti efektif dalam pengolahan air limbah karena dapat menghilangkan sekitar 90% bahan organik dan bahan kimia berbahaya dari air limbah. Hasil studi literatur menunjukkan bahwa teknologi plasma dapat mengurangi kebutuhan oksigen biokimia pada air limbah dari 200 mg/L menjadi hanya 20 mg/L, menunjukkan bahwa teknologi ini sangat efektif dalam mengurangi bahan organik terlarut. Selain itu, metode *reverse osmosis* juga menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam menghilangkan senyawa terlarut dari air limbah. Analisis menunjukkan bahwa metode ini dapat mengurangi permintaan

oksigen kimiawi (COD) air limbah sebesar 70–80%. Ini berarti bahwa jumlah zat kimia berbahaya yang ada dalam air limbah akan menjadi lebih rendah. Selain itu, penggunaan turbin energi listrik yang bergantung pada *Internet of Things* menghasilkan hasil yang mengesankan. Dengan kecepatan aliran 2 m/s, turbin energi listrik dapat menghasilkan 100 kW energi listrik dari air limbah. Ini menunjukkan bahwa air limbah memiliki kapasitas yang luar biasa untuk menghasilkan energi listrik, yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi dalam pengolahan air limbah atau dialirkan ke jaringan listrik utama. Oleh karena itu, ini adalah solusi yang menarik untuk mendukung pembangunan berkelanjutan dan keberlanjutan lingkungan. Namun, perlu diingat bahwa penelitian dan pengembangan harus terus dilakukan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi teknologi ini agar semaksimal mungkin bermanfaat bagi lingkungan dan masyarakat.

3.3 Efektivitas Teknologi Plasma Dalam Pemurnian Air Limbah

Dalam Pemurnian Air Limbah, Teknologi Plasma Menunjukkan Potensi Yang Menjanjikan Menghilangkan Kontaminan Dan Zat Berbahaya Dari Air Limbah. Hasil Dari Analisis Menunjukkan Bahwa Teknologi Plasma Dapat Mengurangi Sekitar 90% Bahan Organik Dan Bahan Kimia Berbahaya Yang Ada Dalam Air Limbah, Yang Menghasilkan Lebih Bersih Dan Lebih Aman Air Untuk Lingkungan. Fase Gas Terionisasi Dengan Positif Dan Negatif Partikel Bermuatan Dihasilkan Dari Reaksi Kimia Dan Fisik Plasma. Ini Membantu Memecah Kontaminan Dan Senyawa Organik Menjadi Lebih Sederhana, Lebih Sedikit Bentuk Yang Berbahaya. Oleh Karena Itu, Tingkat Bod (*Biochemical Oxygen Demand*) Di Air Limbah Dapat Berkurang Secara Signifikan. Hal Ini Menunjukkan Bahwa Sangat Efektif Dalam Mengurangi Bahan Organik Terlarut. Teknik Plasma Juga Bisa Menghilangkan Yang Berbahaya Zat Seperti Pestisida Dan Bahan Kimia Beracun Lainnya Dari Air Limbah, Mengurangi Risiko Pencemaran Lingkungan Dan Kesehatan Manusia.

Tabel 1. Penelitian Terkait Pemanfaatan Teknologi Plasma

Judul	Penulis	Tipe Jurnal	Tujuan
Penggunaan Teknologi Plasma Untuk Mengurangi Bod Isi Dan Warna Dalam Minuman Ringan Industri Air Limbah	Ade Ryane Wiharyanto Oktiawan Abdul Syakur (2014)	Jurnal Teknik Lingkungan	Mengetahui Keefektifan Dari Plasma Teknologi Dalam Mengurangi Bod Konten Dan Efek Perubahan Warna

Diketahui bahwa dalam studi literatur dilakukan penggunaan teknologi plasma di pengolahan air limbah merupakan cara yang tepat karena hasil yang diperoleh sesuai dengan jurnal diatas menjelaskan bahwa teknologi plasma berpengaruh terhadap perubahan warna konsentrasi. Hasil analisis secara kuantitatif dengan menggunakan SPSS 16 menunjukkan bahwa tegangan dan sirkulasi yang merupakan variabel bebas

dalam penelitian ini memberikan pengaruh bahwa signifikan terhadap penurunan konsentrasi warna pada limbah cair tersebut industri minuman ringan. Dalam menentukan konsentrasi (*Biochemical Oxygen Demand*) BOD, penurunan konsentrasi tidak menunjukkan nilai yang stabil. untuk itu pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan parameter yang lebih stabil seperti (*Chemical Oxygen Demand*) COD.

3.4 Penggunaan Reverse Osmosis Dalam Pengolahan Air Limbah

Reverse osmosis adalah teknik pemurnian air yang menggunakan tekanan untuk memisahkan kontaminan dan senyawa terlarut dari air limbah. Proses ini membutuhkan membran semipermeabel, yang memungkinkan molekul air melewatinya sementara mencegah kontaminan lain masuk. Data kuantitatif berikut ini menunjukkan penggunaan *reverse osmosis* dalam pengolahan air limbah

Tabel 2. Data Studi Literatur Penggunaan Reverse Osmosis pada Air Limbah Perlakuan

Pengurangan Total Padatan Tersuspensi Pengurangan		<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)		Pengurangan Berat Logam		Pengurangan Pestisida	
Bef mg/L	Aft mg/L	Bef mg/L	Aft mg/L	Bef mg/L	Aft mg/L	Bef mg/L	Aft mg/L
400	10	300	30	0,2	0,01	0,005	0,001

Sumber : Pengukuran Parameter Bahan Organik (Erick Samuel Frederico Hasibuan *et al.*, 2021)

Data kuantitatif di atas menunjukkan bagaimana reverse osmosis mengurangi konsentrasi TSS, COD, logam berat, dan pestisida dalam air limbah. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *reverse osmosis* secara signifikan mengurangi jumlah kontaminan dan berbahaya zat dalam air limbah, yang berarti bahwa air limbah menjadi lebih bersih dan lebih aman untuk dibuang atau digunakan kembali.

3.5 Pemanfaatan Turbin Energi Listrik Berbasis IoT

Berdasarkan studi literatur, menunjukkan bahwa *Internet of Things* (IoT) berbasis listrik turbin energi memiliki kemampuan yang signifikan untuk mengubah aliran air limbah menjadi sumber energi terbarukan yang signifikan. Data kuantitatif menunjukkan bahwa turbin IoT bisa menghasilkan sekitar 500 kilowatt jam energilistrik dari aliran air limbah menggunakan metode yang dikenal sebagai turbin berbasis *Internet of Things* (IoT) menghasilkan listrik yang dapat digunakan secara lokal dan memberikan manfaat besar dalam air limbah yang berkelanjutan terutama di daerah yang tidak memiliki akses ke jaringan listrik utama. Selain itu, turbin ini memungkinkan untuk memanfaatkan kelebihan energi untuk disalurkan kembali ke jaringan listrik umum, sehingga meningkatkan pasokan listrik. Hasil ini dapat diasumsikan jika debit air limbah memiliki kecepatan rata-rata 2 m/s dengan debit air limbah kurang lebih 500 liter/detik. Hasil ini dapat diasumsikan jika debit air limbah memiliki kecepatan rata-rata 2 m/s dengan debit air limbah sekitar 500 liter/detik maka dapat dihitung sebagai berikut:

(1) Menghitung laju aliran air limbah dalam volume per detik: Volume aliran = 500 liter/detik = 0,5 m³/detik

(2) Menghitung massa air per detik (dengan asumsi massa jenis sekitar 1000 kg/m³):

Massa aliran = Volume aliran x Kepadatan air

Massa aliran = 0,5 m³/detik x 1000 kg/m³ = 500 kg/detik

(3) Menghitung energi kinetik air limbah per detik:

Energi Kinetik = 0,5 x Massa x Kecepatan²

Energi kinetik = 0,5 x 500 kg/detik x (2 m/detik)² = 1000 Joule/detik

(4) Menghitung energi listrik yang dihasilkan oleh turbin (dengan asumsi efisiensi 50%):

Energi listrik = Energi kinetik x Efisiensi turbin

Energi listrik = 1000 Joule/sekon x 0,5 = 500 Joule/sekon

Ubah energi listrik menjadi kilowatt (1 kW = 1000 Joule/detik):

Energi listrik = 500 Joule/detik / 1000 = 0,5 kW

Oleh karena itu, berdasarkan perkiraan tersebut, turbin energi listrik berbasis Internet of Things yang bekerja dengan aliran air limbah dengan kecepatan sekitar 2 m/s dan debit 500 liter/detik dapat menghasilkan energi listrik sekitar 0,5 kilowatt jam.

4. KESIMPULAN

Inovasi *EnviroPureTech*, yang menggabungkan teknologi plasma, terbalik osmosis, turbin energi listrik berbasis IoT, dan panel surya, menawarkan hal yang menjanjikan solusi dalam pengelolaan air limbah berkelanjutan. Penggunaan plasma dan terbalik teknologi osmosis terbukti mampu menghilangkan kontaminan dan berbahaya zat-zat dari air limbah, sehingga menghasilkan air yang lebih bersih dan aman bagi lingkungan. Selain itu, turbin listrik berbasis *Internet of Things* sudah bagus potensi untuk menghasilkan energi terbarukan dari aliran air limbah. Energi ini bisa dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam pengolahan air limbah atau disalurkan kembali ke masyarakat jaringan listrik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing kami, Rudianto Raharjo, ST., MT., atas bimbingan dan dukungannya dalam menyelesaikan penelitian ini. Karya ini didukung oleh Environmental Science and Engineering Conference UPN Veteran Jawa Timur atas kesempatan untuk berbagi hasil penelitian kami dalam forum akademik yang prestisius. Dukungan dan kontribusi dari berbagai pihak telah menjadi kunci kesuksesan kami dalam menyelesaikan karya ini. Terima kasih atas semua dukungan yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Basir, dkk. 2017. Analisis Kualitas Air Baku Sistem Reverse Osmosis (Ro) Di Gedung Teknik Kampus Baru Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. Jurnal Venus. Makasar: Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
- Erick Samuel Frederico Hasibuan, dkk. 2021. Pengukuran

Parameter Bahan Organik di Perairan Sungai Silugonggo Kecamatan Juwana Kabupaten Pati. Buletin Oseanografi Marina. Semarang: Universitas Diponegoro.

Moh. Rizky Maulana dan Bowo Djoko Marsono, 2021. Penerapan Teknologi Membran untuk Mengolah Limbah Cair Industri Tahu (Studi Kasus: UKM Sari Bumi, Kabupaten). Jurnal teknik ITS. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).

Vien Inggit Diaratih dan Wahyono Hadi. 2005. Alternatif Pemanfaatan Air Limbah Hasil Reverse Osmosis Dengan Metode Elektrolisis Untuk Menghasilkan Gas Hidrogen Dan Oksigen. Jurnal teknik ITS. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).

Wahyono Hadi and Nissa M. Janani. 2018. Pengolahan Air Limbah Reverse Osmosis Melalui Elektrolisis Menghasilkan Elektrolit Yang Bernilai Ekonomis. Jurnal Pemurnian. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).