



## **Slug Waternet: Inovasi Filtrasi Air Sungai Berbasis Internet Of Things Berdasarkan Biomimikri Nudibranchia Menuju Green Economy 2045**

### ***Slug Waternet: Internet Of Things-Based River Water Filtration Innovation Based On Nudibranch Biomimicry Toward Green Economy 2045***

**Syukriyya Zuhrotul Endang Purwaningsih**

Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret

Email: [syukriyyazuhrotul@student.uns.ac.id](mailto:syukriyyazuhrotul@student.uns.ac.id)

---

Article history :

Received : 08-12-2024

Revised : 10-12-2024

Accepted : 12-12-2024

Published: 14-12-2024

**Abstract**

*The problem of water pollution in Indonesia is still high, especially from household waste. This research aims to design an innovative river water purification tool using Internet of Things (IoT) technology based on biomimicry of the digestive mechanism of Nudibranchia. This research uses the Research and Development (R & D) method to produce Slug Waternet products and experimental methods for modeling. Data collection techniques are based on library research. The approach used is an engineering design process through the stages of problem and need identification, data and information collection, conceptual design and prototype development. The research results show that this innovation is relevant to green economic principles that support public health to achieve the Golden Generation 2045. The implementation of this tool is expected to overcome limited clean water, improve community welfare, and maintain river ecosystems.*

**Keywords :** *Green economy, Internet of Things, Slug Waternet*

---

### **Abstrak**

Masalah pencemaran air di Indonesia masih tinggi, terutama dari limbah rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk merancang inovasi alat penjernih air sungai teknologi *Internet of Things* (IoT) berdasarkan biomimikri mekanisme pencernaan *Nudibranchia*. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R & D) untuk menghasilkan produk *Slug Waternet* dan metode eksperimental untuk pembuatan modeling. Teknik pengumpulan data didasarkan pada studi kepustakaan atau *library research*. Pendekatan yang digunakan adalah *engineering design process* melalui tahapan identifikasi masalah dan kebutuhan, pengumpulan data dan informasi, desain konseptual dan pengembangan prototipe. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inovasi ini relevan dengan prinsip ekonomi hijau yang mendukung kesehatan masyarakat untuk mencapai *Golden Generation* 2045. Implementasi alat ini diharapkan dapat mengatasi keterbatasan air bersih, meningkatkan kesejahteraan masyarakat, dan memelihara ekosistem sungai.

**Kata Kunci :** *Ekonomi hijau; Internet of Things; Slug Waternet.*

### **PENDAHULUAN**

Air merupakan sumber daya non hayati yang melimpah, dapat diperbarui, dan berperan penting bagi kehidupan makhluk hidup, terutama manusia (Sallata, 2015). Namun, Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki kasus pencemaran air yang tinggi. Padahal, hampir 70% bagian bumi berupa perairan, namun hanya kurang dari 1% yang dapat digunakan karena masih minimnya usaha manusia dalam mengelola air (Riduan dkk., 2019). Penyebab utama kasus pencemaran air berasal dari limbah rumah tangga. baik jenis organik maupun anorganik. Limbah



organik biasanya berasal dari sisa-sisa makanan dan limbah anorganik dihasilkan dari bahan kimia penggunaan deterjen dan sampah plastik yang menyumbang pencemaran dengan potensi buruk yang besar karena sulit terurai. Apalagi, Indonesia menduduki peringkat kedua dunia penghasil sampah plastik yang mencapai sebesar 187,2 juta ton dengan kebiasaan masyarakat yang membuang sampah di sungai (Setianingrum, 2018). Alhasil, kondisi sungai menjadi rentan terhadap polusi sehingga merusak ekosistem dan menurunkan kualitas air (Syarifuddin, 2020 dalam Indriyani dkk., 2024).

Kebutuhan air bersih harus dipertimbangkan berdasarkan kuantitas, kualitas, dan kontinuitasnya (Ari dkk., 2018). Informasi tersebut penting diperhatikan demi mendukung kesehatan dan kesejahteraan manusia melalui berbagai aktivitas sehari-hari seperti memasak, minum, mencuci, dan mandi. Kurangnya kesadaran masyarakat akan air bersih berdampak pada kesehatan manusia seperti penyakit diare dan kolera yang mengakibatkan 1,8 juta kematian di dunia setiap tahunnya (Tursinawati et al., 2017); (Sari & Nurdiana, 2017). Masyarakat yang mengalami gangguan kesehatan dapat berdampak buruk pada kemampuan dan produktivitas kerja (Lumenta dkk., 2021). Fakta tersebut mengakibatkan timbulnya masalah sosial yang semakin marak terjadi di Indonesia, yaitu kemiskinan. Adanya kemiskinan akan menghambat tercapainya *Golden Generation 2045* yang mengakibatkan kegagalan pertumbuhan dan kemajuan ekonomi untuk pembangunan nasional.

Pengolahan air limbah menjadi air bersih berkaitan erat dengan prinsip ekonomi hijau atau *Green Economy 2045* pada efisiensi sumber daya yang berkelanjutan. Air yang dikelola dengan optimal dapat memaksimalkan penggunaan sumber daya air bersih yang ketersediaannya terbatas. Oleh karena itu, pengolahan air sungai dengan inovasi alat penjernih diperlukan untuk menghasilkan air yang bersih dari partikel-partikel pencemar sehingga dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari (Nur et al., 2020).

Kecanggihan teknologi hingga belakangan ini telah meringankan pekerjaan manusia, seperti *Internet of Things* dalam memonitoring beberapa parameter kualitas air (Mario dkk., 2020). Penelitian sebelumnya dilakukan oleh (Yaqin dkk., 2020) dalam skala laboratorium menggunakan pompa dan beberapa bahan atau media penjernih. Peneliti lain (Zaenurrohman dkk., 2023) mampu merancang alat penjernih air otomatis dengan filtrasi berulang berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dihubungkan dengan aplikasi *Blynk*. Bentuk prototipe didesain secara vertikal dan balok. Lain dengan hal tersebut, peneliti akan merancang alat penjernih air dengan desain bentuk yang berkelok-kelok dari hasil analogi suatu spesies tertentu, yakni *Nudibranchia* (Lewis & Michèle, 2017). Rancangan ini bertujuan untuk menciptakan alat filtrasi air dengan kinerja yang lebih efisien, inovatif, dan modern menyesuaikan era digitalisasi melalui pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi *Internet of Things* (IoT).

Internet didefinisikan sebagai sebuah jaringan komputer yang menggunakan peraturan internet (TCP/IP) untuk berkomunikasi dan menyebarkan informasi dalam lingkup tertentu (Muzaidi dkk., 2021). Sementara "*Things*" merupakan pengambilan objek-objek dari dunia melalui sensor-sensor yang akan dikirim melalui Internet. Namun, hasil objeknya masih memerlukan penyajian ulang agar lebih mudah dimengerti oleh *stakeholder*. *Internet of Things* (IoT) telah menarik perhatian penelitian yang signifikan. IoT mengacu pada jaringan objek fisik yang terhubung dan saling berkomunikasi melalui internet (Abid et al., 2022). IoT dianggap sebagai bagian dari internet masa depan dan akan terdiri dari milyaran 'benda atau things' komunikasi



cerdas. Konsep ini melibatkan penggunaan sensor, perangkat elektronik, dan perangkat lunak untuk mengumpulkan data, bertukar informasi, dan mengendalikan objek-objek fisik secara otomatis.

Komponen-komponen dalam IoT meliputi sensor, perangkat terhubung, jaringan, *cloud computing*, dan aplikasi dan analitik (Kristyawan et al., 2020). Sensor berperan dalam mengumpulkan data dari lingkungan fisik, seperti suhu, kelembaban, tekanan, dan gerakan. Perangkat terhubung adalah objek fisik yang dapat terhubung ke jaringan internet, seperti perangkat elektronik, kendaraan, atau peralatan rumah tangga. Jaringan merupakan infrastruktur komunikasi yang memungkinkan perangkat terhubung untuk berkomunikasi dan bertukar data, baik melalui jaringan nirkabel maupun jaringan seluler (Mishra & Tyagi, 2022). *Cloud computing* menyediakan kapasitas komputasi dan penyimpanan yang diperlukan untuk mengelola dan menganalisis data dari perangkat IoT. Terakhir, aplikasi dan analitik memproses dan menganalisa data yang dikumpulkan oleh perangkat IoT untuk memberi informasi berharga dan menghasilkan tindakan yang relevan.

Filtrasi atau penyaringan merupakan salah satu metode pemisahan partikel zat padat dari fluida melalui suatu medium penyaring atau septum, dimana zat padat tersebut akan tertahan (Yaqin dkk., 2020). Tujuannya untuk memenuhi air baku sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 20 Tahun 1990 tentang Pengelompokan Kualitas Air. Adapun persyaratan air baku yang bersih dan layak terdiri dari tiga macam, yaitu: persyaratan fisika (jernih), persyaratan kimia (pH air netral), dan persyaratan biologi (bebas organisme patogen) (Ilyas dkk., 2021).

Ekonomi hijau atau disebut dengan *green economy* adalah sistem kegiatan ekonomi yang dimulai dari produksi, distribusi hingga konsumsi yang berkelanjutan (Dagaru, 2021). Prinsip *Green Economy* (Anwar, 2022) yaitu: (1) menciptakan kesejahteraan seluruh masyarakat; (2) kesetaraan bagi berbagai periode generasi; (3) mampu memelihara, memulihkan, dan berinvestasi dalam berbagai kegiatan yang berbasis sumber daya alam; (4) mendukung konsumsi dan produksi yang berkelanjutan; dan (5) menerapkan sistem yang kuat, terintegrasi, dan akuntabel. Kelima prinsip tersebut diimplementasikan sesuai kebijakan yang dilakukan dengan pertumbuhan industri ramah lingkungan yang seimbang (Loiseau et al., 2016).

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development (R & D)* untuk menghasilkan produk tertentu (Sugiyono, 2020). Teknik pengumpulan data didasarkan pada studi kepustakaan atau *library research* terhadap berbagai buku, literatur, maupun sumber-sumber terpercaya yang berkaitan dengan penelitian (Nazir, 2003). Studi literatur yang dipilih berdasarkan jurnal akan dianalisis secara kritis sebagai acuan perancangan inovasi alat penjernih air. Pendekatan penelitian ini adalah *engineering design process* yang mencakup beberapa tahapan: (1) Identifikasi Masalah dan Kebutuhan; (2) Pengumpulan Data dan Informasi; (3) Desain Konseptual; dan (4) Pengembangan Prototipe (Okpatrioka, 2023).

Tahapan perancangan inovasi *Snug Waternet* diawali dengan identifikasi masalah terhadap literatur tentang kondisi air sungai. Tahap kedua mengumpulkan data dan informasi dari berbagai literatur. Kemudian, mendesain konseptual berdasarkan prinsip biomimikri dari *Nudibranchia* yang mencakup pembuatan tabel spesifikasi alat dan mekanisme kerjanya. Desain kemudian diimplementasikan dengan membuat modeling alat sebagai gambaran cara kerjanya untuk dapat dilakukan eksperimen di penelitian selanjutnya apabila sudah diberikan umpan balik dari ahli dan dievaluasi lebih lanjut.



Metode penelitian juga menggunakan eksperimental untuk membuat modeling alat dengan beberapa tahapan: (1) mendesain inovasi *Snug Waternet* yang akan digunakan; (2) penyiapan alat dan bahan; dan (3) mengevaluasi kinerja alat penjernih air dengan percobaan media air kotor yang mewakili air sungai dan plastik yang mewakili sampah plastik. Alat dan bahan pembuatan modeling ini meliputi pipa mainan, bak, air kotor, teh, wadah kecil, selotip, lem tembak, paku, dan korek api. Langkah kerjanya: (1) merangkai pipa mainan sesuai dengan bentuk desain yang telah dibuat; (2) melubangi pipa mainan yang masih tersumbat dengan paku yang dipanaskan; (3) memasukkan teh di beberapa titik dalam pipa; (4) memasang selotip agar pipa mainan tidak mudah lepas; (5) mengujicobakan modeling di dalam bak air yang telah diisi penuh oleh air kotor dan plastik.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter air yang bersih dan baik dikonsumsi adalah air yang tidak berbau tidak berwarna, tawar, dan tidak mengandung logam berat (Febrina & Ayuna, 2015); (Y. K. Taru & A. Karwankar, 2018). Berdasarkan hasil penelitian (Rassoulinejad et al., 2020), sistem filtrasi merupakan cara yang efektif untuk memisahkan air dengan kotorannya. Maka dari itu, perancangan alat filtrasi air sungai merupakan inovasi yang cukup krusial diperlukan dalam kehidupan manusia dan lingkungan. Alat filtrasi ini bernama *Slug Waternet* yang mencerminkan prinsip biomimikri pada fisiologi alat pencernaan spesies *Nudibranchia*. Alat ini memiliki filter untuk menyaring mikroplastik, logam berat, dan pestisida dari air sungai.

Saluran masuk air terletak di bagian bawah alat, tepatnya di dasar sungai jaring penyaring sampah berukuran besar yang menutupi saluran masuk air. Adanya jaring-jaring yang dipasang pada permukaan corong mengadaptasi dari struktur insang pada morfologi siput laut. Corong berperan sebagai penangkap sampah anorganik terutama plastik agar tersangkut di jaring-jaring dengan bahan berduri atau sejenis kawat sehingga mampu menyangkut sampah plastik dengan maksimal dan air sungai akan tetap dapat melewati tahap berikutnya yaitu pipa filtrasi.

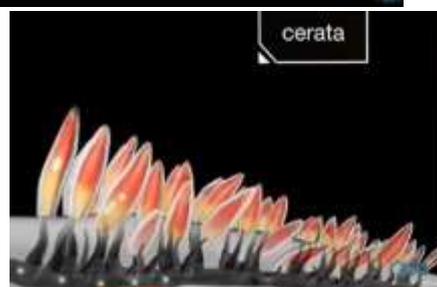
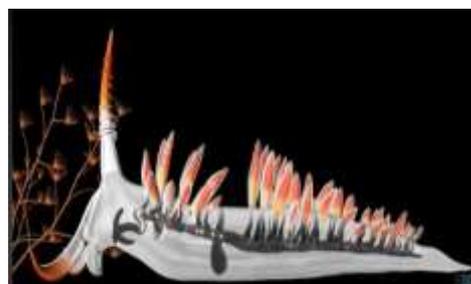
Struktur lengkungan naik turun pada pipa mengadaptasi mekanisme fisiologi pada pencernaan spesies *nudibranchia* atau siput laut. Saat *nematocyst* bergerak melalui saluran pencernaan menuju *cerata*, mereka melewati usus yang berkelok-kelok (Greenwood, 2009 dalam Lewis & Michèle, 2017). Gerakan ini sama halnya dengan lengkungan naik turun seperti yang terlihat dalam model pipa. Lipatan dan silia dalam sistem pencernaan siput berfungsi dengan mekanisme sederhana namun efektif. Desain pipa yang tidak kompleks tetapi fleksibel pada alat *Slug Waternet* meniru prinsip ini, sehingga memungkinkan penggunaan bahan yang efisien dan meminimalisir waktu yang diperlukan untuk proses filtrasi.

**Tabel 1.** Relevansi Model Alat *Slug Waternet* terhadap Fisiologi Pencernaan *Nudibranchia* (Sumber: Penulis)

Mekanisme Nematosit pada Pencernaan <i>Nudibranchia</i>	Relevansi pada Alat Penjernih
Nematosit memasuki mulut nudibranch	Corong beserta pipa input mewakili mulut tempat masuknya air sungai
Usus pada <i>Nudibranchia</i> memiliki bentuk yang berkelok-kelok untuk transportasi material dengan efisien di dalam tubuh mereka yang kompak.	Pipa yang berliku naik-turun diadaptasi dari jalur berkelok-kelok dalam usus siput laut, di mana nematosit diangkut dan dilindungi oleh lapisan epitel.
Setelah tiba di <i>cerata</i> , nematosit mengalami perubahan pH guna pematangan, yang mirip dengan perjalanan melalui berbagai tahap dalam jalur berliku-liku sebelumnya.	Ujung pipa <i>output</i> dianggap sebagai <i>cerata</i> .

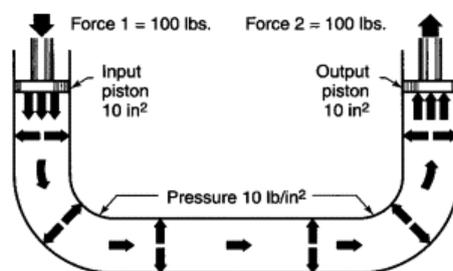


Nematosit disimpan dan digunakan untuk pertahanan. Air keluar melewati pompa air I, sensor penjernih, dan pipa penghubung lalu hasilnya disimpan di bak penampung untuk melewati proses filtrasi berikutnya.



Gambar 1. *Modeling Slug Waternet* (Sumber: Penulis); Gambar 2, 3, dan 4. Ilustrasi Perjalanan dari Mekanisme Pencernaan Siput Laut (Deep Look, 2018).

Berdasarkan model alat, air yang telah disaring oleh jaring akan dipompa naik ke filter-filter tersebut. Setelah melewati filter-filter, air akan turun dan masuk ke filter kedua dan proses penyaringan yang sama akan terulang hingga air mencapai filter terakhir. Oleh karena itu, diperlukan pompa air bertenaga surya untuk optimalisasi kerja dan penghematan energi terbarukan. Menurut peneliti (Pramudita dkk., 2021) dan (Amrullah, 2021), energi surya dapat dikonversi menjadi listrik menggunakan panel surya sebagai bentuk alternatif energi terbarukan. Listrik yang dihasilkan tersebut digunakan untuk mengaktifkan sistem *Internet of Things* sebagai pengendali otomatis seluruh komponen *Slug Waternet* yang saling terintegrasi.



Gambar 2. Ilustrasi Prinsip Hukum Pascal (Keith, 2001)

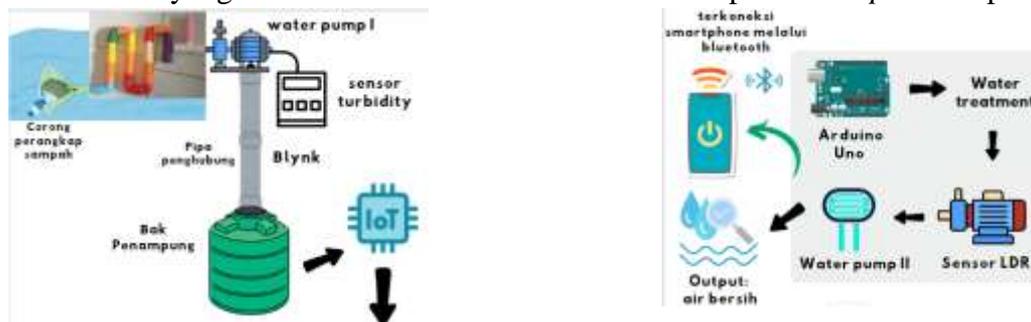
Pompa air atau *water pump* I dalam rancangan alat ini memungkinkan air sungai melewati pipa yang naik-turun (Septiyan dkk., 2018). Pernyataan tersebut relevan dengan penerapan prinsip Hukum Pascal yang menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada setiap titik dalam cairan tak termampatkan yang terkandung, diteruskan sama besar ke semua arah ke seluruh cairan yang tertutup



tersebut (Ting., 2022). Menurut Hukum Pascal, gaya apa pun yang diberikan fluida pada posisi terkurung akan diteruskan secara merata ke segala arah di seluruh fluida, apapun bentuk wadahnya (Keith, 2001). Ini berarti air yang mengalami tekanan dari arus sungai yang memasuki corong dan pipa masuk (input) dan diberikan gaya tarik dari water pump I di lubang keluar akan terus bergerak merata memenuhi bentuk wadah meskipun mengalami hambatan dari bentuk lengkungan naik-turun pada pipa.

Air yang telah melalui semua filter akan keluar dari alat melalui saluran keluar pipa dan setelah melewati *water pump* I terdapat sensor *turbidity* untuk deteksi awal terhadap tingkat kekeruhan dan partikel tersuspensi dalam air sungai (L. Parra et al., 2018). Terdapat pipa penghubung antara sensor penjernih yang menempel di *water pump* I dan bak penampung air. Pipa penghubung ini diisi dengan bahan-bahan penjernih dari arang aktif, pasir, dan zeolit (Yaqin dkk., 2020). Penggunaan tawas tidak disarankan dalam proses penjernihan air ini karena berbahaya bagi kesehatan apabila dikonsumsi.

Hasil penjernihan akan dideteksi lebih lanjut terkait kelayakannya menggunakan IoT pada sensor LDR yang akan mengirim data ke *Arduino Uno* (Permana dkk., 2021). Apabila air hasil filtrasi dari bak masih kotor, maka *Arduino* akan mengirimkan data ke *relay* untuk mengaktifkan *water pump* II guna mengulangi proses filtrasi hingga air yang terdeteksi oleh sensor LDR bersih (Hartono, 2015). Seluruh proses IoT terkoneksi oleh *Bluetooth* dengan menerima data dari hasil pengolahan *Arduino* yang dimunculkan dalam bentuk notifikasi pada *smartphone* si pengguna.



Gambar 3. Skema Rancangan *Slug Waternet* dan Cara Kerja *Internet of Things* (Sumber: Peneliti)

Cara kerja *Slug Waternet* meniru sistem pencernaan *Nudibranch* dalam menangkap dan menyaring partikel makanan yang mana berbentuk serangkaian lipatan dan *ciliata* untuk membantu menangkap dan memindahkan partikel makanan dari air yang mereka saring sambil membiarkan air tetap mengalir (Lewis & Michèle, 2017). Begitupun struktur *modeling* pipa yang simulasinya dimasukkan dengan bahan penjernihan air yaitu teh, sedangkan realisasi alatnya dapat menggunakan zeolit, pasir silika, dan arang: (1) Mangan Zeolit atau *Manganese-treated greensand* mampu mengoksidasi dan memisahkan kandungan besi dan mangan yang terlarut di dalam air; (2) Arang sebagai karbon aktif berfokus pada penghilangan bau dan warna; dan (3) pasir silika untuk menghilangkan kandungan lumpur dan zat kotoran lain dalam air. Namun, arang dan zeolit memiliki batas pemakaian yang bergantung pada kualitas air sehingga harus diganti. Meskipun demikian, hal tersebut dapat terdeteksi oleh *Blynk* dari IoT untuk memonitoring otomatisasi filter air sungai dengan menampilkan tingkat pH dan tingkat kekeruhan air (Septiyan dkk., 2018).



Tabel 2. Relevansi alat Slug Waternet terhadap prinsip pembangunan berbasis Green Economy.

Prinsip <i>Green Economy</i> (Anwar, 2022)	Relevansi pada <i>Slug Waternet</i>
Menciptakan kesejahteraan seluruh masyarakat	<i>Slug Waternet</i> merupakan inovasi alat untuk mengatasi keterbatasan air bersih sehingga berpengaruh besar terhadap kesejahteraan masyarakat karena konsumsi air yang terjamin kelayakan, keamanan, dan kesehatannya.
Menciptakan kesetaraan untuk berbagai periode generasi.	Inovasi ini ditujukan untuk seluruh lapisan masyarakat di sekitarnya, baik dari kalangan generasi <i>baby boomers</i> , X, Y, Z, maupun Alpha. Kesetaraan antar generasi akan tercapai apabila generasi Milenial dan lainnya bersinergi dengan generasi Zilenial yang pada dasarnya menguasai kemajuan teknologi. Sesungguhnya, kemampuan mengenal dan memahami teknologi tidak terbatas usia atau generasi karena kuncinya terletak pada perkembangan ilmu pengetahuan yang dapat dikenalkan kepada seluruh masyarakat tanpa batasan apapun.
Mampu memelihara, memulihkan, dan berinvestasi dalam berbagai kegiatan yang berbasis sumber daya alam	<i>Slug Waternet</i> merupakan inovasi alat untuk menjernihkan air sungai sehingga mencegah kerusakan ekosistem (ikan, yuyu, dan biota-biota kecil) yang terdapat di sungai supaya tidak terkena kontaminasi.
Mendukung tingkat konsumsi dan produksi yang berkelanjutan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Slug Waternet</i> menjaga ekosistem sungai dengan menyaring mikroplastik, logam berat, dan pestisida sehingga mencegah kerusakan ekosistem air dan tanah yang mendukung keberlanjutan produksi air bersih.</li> <li>2. Efisiensi Ekonomi Jangka Panjang: meskipun memerlukan investasi awal yang tinggi, biaya terkait pengolahan air limbah dalam jangka panjang dapat lebih rendah dibandingkan biaya untuk memperoleh sumber air baru.</li> <li>3. Optimalisasi Sumber Energi Terbarukan dengan penggunaan pompa air bertenaga surya mengurangi ketergantungan energi fosil sekaligus mendukung konsumsi energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.</li> </ol>
Adanya sistem yang kuat, terintegrasi, dan akuntabel.	<i>Slug waternet</i> mengintegrasikan teknologi <i>Internet of Things</i> dengan berbagai sensornya untuk pemantauan dan otomasi dalam pengelolaan air sungai yang modern, efisien, dan responsif. Seluruh rancangan menggunakan alat inovatif yang dikombinasikan dengan sistem canggih untuk mengoptimalkan hasil penjernihan air.



*Slug Waternet* merupakan inovasi alat yang relevan dengan kemajuan teknologi modern di abad-21. Optimalisasi pemanfaatan teknologi untuk merancang alat penjernihan air yang canggih sangat berpengaruh positif terhadap program ekonomi hijau, dimana hal ini bersifat ramah lingkungan dan memberdayakan kesehatan masyarakat. Kesehatan masyarakat yang tercipta dari inovasi *green economy* akan menyeimbangkan kesejahteraan masyarakat dan perekonomian nasional (Anwar, 2022). Keberhasilan *Green economy* juga akan mendukung tercapainya *Gold Generation* di tahun 2045 mendatang yang tentunya memajukan pembangunan nasional.

Keunggulan alat yang sekaligus menjadi keunikannya terletak pada inovasi corong perangkap sampah plastik di dasar sungai yang terhubung langsung dengan pipa input. Inovasi corong yang diberi perangkap khusus akan memaksimalkan pemilahan sampah plastik yang terdapat di sungai dekat pemukiman penduduk, dimana kesehariannya menghasilkan banyak sampah plastik dari aktivitas sehari-hari yang dibuang sembarangan di sungai. Dengan ini, dampak lingkungan dan bencana banjir akan mampu diminimalisir dengan baik. Optimalisasi penerapan *Slug waternet* memerlukan sinergi dari generasi muda untuk memaksimalkan pemanfaatan teknologi, juga dukungan masyarakat setempat untuk mau diberikan wawasan. Hal terpenting adalah dukungan ketersediaan pemerintah terhadap biaya pembuatan yang awalnya akan relatif tinggi karena melibatkan penggunaan teknologi yang canggih.

**Tabel 3.** Analisis SWOT pada Inovasi Alat *Slug Waternet*

Strengths	Weakness
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prinsip keberlanjutan lingkungan dengan membantu menjaga ekosistem air dan tanah dari kontaminasi.</li> <li>2. Memberikan efisiensi ekonomi dan mengurangi biaya operasional jangka panjang</li> <li>3. Mendukung peningkatan kesehatan dan pemberdayaan masyarakat</li> <li>4. Menurunkan angka kemiskinan</li> <li>5. Optimalisasi pemilahan sampah plastik di sungai</li> <li>6. Optimalisasi kemajuan teknologi dan sumber energi surya</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biaya awal relatif tinggi</li> <li>2. Kendala sumber daya manusia yang memiliki keterampilan teknologi yang tinggi di daerah tertinggal yang mengalami keterbatasan air bersih</li> </ol>
Opportunities	Threats
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Meningkatkan peluang tercapainya <i>Golden Generation</i> 2045 dengan terjaminnya akses air bersih untuk kesehatan masyarakat</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kemungkinan biota-biota kecil yang ikut masuk ke dalam pipa</li> </ol>

## KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang inovasi *Slug Waternet* sebagai alat penjernih air sungai yang mengintegrasikan biomimikri dari fisiologi *Nudibranchia* dan teknologi *Internet of Things* (IoT). *Slug Waternet* dirancang untuk menyaring mikroplastik, logam berat, dan zat-zat terkontaminasi pada air sungai dengan memanfaatkan energi surya untuk optimalisasi kinerjanya. Penggunaan sistem IoT memaksimalkan pemantauan kualitas air secara otomatis dan *real-time* untuk efektivitas. Inovasi ini mendukung prinsip ekonomi hijau dengan memelihara ekosistem sungai, meningkatkan pemberdayaan dan kesehatan masyarakat untuk mencapai *Green Economy* 2045. Besar harapan peneliti untuk dapat melakukan penelitian lebih lanjut dan dukungan para ahli mampu badan riset agar dapat membuat prototipe alat yang asli untuk diujicobakan secara nyata di lapangan.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi pada penyusunan artikel ini. Semoga artikel ini dapat memberikan literatur positif bagi pengembangan teknologi sanitasi yang baik untuk masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abid, M. A., Afaqui, N., Khan, M. A., Akhtar, M. W., Malik, A. W., Munir, A. & Shabir, B. (2022). Evolution towards smart and software-defined internet of things. *AI*, 3(1), 100-123.
- Alfian, R., Hamzani, S., & Khair, A. (2017). Pengaruh Tawas dan Waktu Pengadukan Terhadap Kadar Fosfat Pada Limbah Cair Laundry di Martapura Kabupaten Banjar. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 14(1), 431–438.
- Amrullah, S. (2021). Potensi Penerapan Energi Terbarukan sebagai Upaya Mewujudkan Kemandirian Desa: Studi Kasus Desa Lendang Nangka Lombok Timur. *Energi & Kelistrikan*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.33322/energi.v13i1.868>
- Ari Permana L. Sefnath J. Wattimena. L. H. L. (2018). Pengabdian pada Masyarakat Pengolahan Air Tanah di Pondok Pesantren Darunna'im Pontianak. *Jurnal Pengabdian Masyarakat IRON*. (Sipil, Elektro, Mesin), 01(01), 24- 29.
- Dogaru, L. (2021). Green Economy and Green Growth Opportunities for Sustainable Development .Deep Look. (2018, August 28). This Adorable Sea Slug is a Sneaky Little Thief. <https://youtu.be/KLVfWKxtfow?si=62bhfjluSFdEW7C> (Acceded: August, 8, 2024).
- Febrina, L., & Ayuna, A. (2015). Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air Tanah menggunakan Saringan Keramik. *Teknologi*, 7(1), 35–44.
- Greenwood, P. G. (2009). The acquisition and use of nematocysts by aeolid nudibranchs. *Toxicon*, 54(8), 1065-1070. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.02.029>
- Hartono, B., n.d. (2015). Perancangan Pompa Air Tenaga Surya Guna Memindahkan Air Bersih ke Tangki Penampung. 9(1): 6.
- Ilyas, Tan, V., dkk. (2021). Penjernihan Air Metode Filtrasi untuk Meningkatkan Kesehatan Masyarakat RT Pu'uzeze Kelurahan Rukun Lima Nusa Tenggara Timur. *Warta Pengabdian*, 15(1), 46-52.
- Kristyawan, A. P. S. P., Mustarichie, R., & Wardoyo, L. A. 2022. Review Artikel: Pengaplikasian Internet Of Things (IoT) dalam Manufaktur Industri Farmasi Di Era Industri 4.0. *Farmaka*, 20(1), 105-112.
- L. Parra, J. Rocher, J. Escrivá, and J. Lloret. (2018). “Design and development of low cost smart turbidity sensor for water quality monitoring in fish farms,” *Aquac. Eng.*, 81,10–18.
- Lewis J. D., & Michèle R. (2017). Prinsip Kimia dan ekologi kimia nudibranch. *Nat. Prod. Rep. Universitas Waikato Selandia Baru*. 34:, 1359-1390.
- Loiseau, E., Saikku, L., Antikainen, R., Droste, N., Hansjürgens, B., Pitkänen, K., Leskinen, P., Kuikman, P., & Thomsen, M. (2016). Green economy and related concepts: An overview. *Journal of Cleaner Production*, 139, 361–371. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.024>
- Lumenta, K. G., Pio, S. J., & Sambul, R. A. P. (2021). Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja Terhadap Produktivitas. *Productivity*. 2(2). e-ISSN. 2723-0112.
- Mario, O., Yolanda, D., & Kasoep, W. (2020). Sistem Monitoring Dan Penjernihan Air Berdasarkan Derajat Keasaman (Ph) Dan Kekeruhan Pada Bak Penampungan Air Berbasis Internet Of Things. *Chipset*, Vol. 1(01): 17–22. Doi:10.25077/Chipset.1.01.17-22.
- Mishra, S., & Tyagi, A. K. (2022). The role of machine learning techniques in internet of things-based cloud applications. *Artificial intelligence-based internet of things systems*, 105-135.
- Muzaidi dkk. (2021). Sistem Monitoring Perairan untuk Sanitasi Kualitas Air Layak Pakai menggunakan Wireless Sensor Network. *Jurnal Konstruksia*. 13(1).
- Nazir, M. (2003). Metode Penelitian. Jakarta: Ghalia Indonesia.



- Nur. R., S. Mattiro., A. Rizky., M. A. Saputro dan M. Jannah. (2020). Sosialisasi penjernihan Air dengan Penggunaan Bahan Sederhana di Desa Sungai Kali Kec. Barambai Kab. Barito Kuala Kalimantan Selatan. *Jurnal Pendidikan Sosiologi Antropologi*. 2(2).
- Okpatrioka. (2023). Research And Development (R&D) Penelitian yang Inovatif Dalam Pendidikan. *Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*. 1(1), 86-100. e-ISSN: 2985-962X.
- Permana, D., Sari, M. W., & Hardyanto, R. H. (2021). Sistem `Penjernih` Air dengan Kendali `PID` berbasis Arduino. *Seminar Nasional Dinamika Informatika 2021*. Universitas PGRI Yogyakarta.
- Pramudita, B. A., Aprillia, B. S., & Ramdhani, M. (2021). Analisis Ekonomi on Grid PLTS untuk Rumah 2200 VA. *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan (JuLIET)*. 1(2). <https://doi.org/10.22146/juliet.v1i2.61879>
- Rassoulinejad-Mousavi, S. M., Azamat, J., Khataee, A., & Zhang, Y. (2020). Molecular dynamics simulation of water purification using zeolite MFI nanosheets. *Separation and Purification Technology*, 234(June 2019), 116080. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.116080>
- Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengelompokan Kualitas Air.
- Riduan, A., Rainiyati, R., Heraningsih, S. F., & Ariansyah, D. (2019). Produksi Air Bersih di Ma'had Rizqullah Desa Simpang Sungai Duren Kecamatan Jambi Luar Kota Muara Jambi. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 4(4), 547-554. <https://doi.org/10.30653/002.201944.225>
- R. Keith, M. (2001). 40-Hydraulic Fundamentals. *Plant Engineer's Handbook* (pp. 641-686). *The Plant Performance Group*. <https://doi.org/10.1016/B978-075067328-0/50042-2>
- Sallata, M. K. (2015). Konservasi dan Pengelolaan Sumber Daya Air berdasarkan Keberadaannya sebagai Sumber Daya Alam. *Info Teknis EBONI*. 12(1): 75–86.
- Sari Anita Puspita dan Nurdiana. (2017). Pemantauan pH, Kekeruhan Dan Sisa Chlor Air Produksi Di Laboratorium Mini Ipa Cendana Pdam Tirta Kencana Kota Samarinda Kalimantan Timur. *Teknologi Lingkungan*, 1(1), 4–7.
- Septiyan, M. D., Anshory, I., skk. 2018. Design and Build Integrated Water Filter Automation for Android Smartphones (IoT). *Indonesian Journal of Innovation Studies*. Vol. 14. DOI: 10.21070/ijins.v14i.538.
- Setianingrum, R. (2018). Pengelolaan Sampah Dengan Pola 3R Untuk Memperoleh Manfaat Ekonomi Bagi Masyarakat. *BERDIKARI : Jurnal Inovasi Dan Penerapan Ipteks*, 6(2), 173–183. <https://doi.org/10.18196/bdr.6244>.
- Sisnayati., Winoto, E., dkk. (2021). Perbandingan Penggunaan Tawas dan PAC terhadap Kekeruhan dan pH Air Baku PDAM Tirta Musi Palembang. *Universitas Tamansiswa Palembang*. 6(2): 107-116.
- Sugiyono. 2020. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Ting, D. (Ed.). (2022). Fluid statics. In *Thermofluids* (pp. 135-160). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90626-5.00013-6>
- Tursinawati, Y., Nugraheni, D. M., Nurohman, M. A., Riza, F., Noviasari, O., Nuraini, S. N., & Tanaya, R. Q. (2017). Penyaring Air Sederhana Perbaiki Fisik Warna Air Bersih di Kelurahan Jatibarang. Kota Semarang untuk Pencegahan Kejadian Diare Simple Water Filter Improves Physical Color of Clean Water in Jatibarang District, Semarang City (for Prevention of Diarrhea. 40-45.
- Yaqin, R. I., Bobby Wisely Ziliwu, B. W., & Demeianto, B., dkk. (2020). Rancang Bangun Alat Penjernih Air Portable untuk Persediaan Air di Kota Dumai. *Jurnal Teknologi*. 12(2). e-ISSN : 2460 – 0288.



- Y. K. Taru and A. Karwankar, “Water monitoring system using arduino with labview,” in Proceedings of the International Conference on Computing Methodologies and Communication, ICCMC 2017, Feb. 2018, vol. 2018-January, pp. 416–419.
- Zaenurrohman, Susanti, H., Hazrina, F., & Rahmat, S. (2023). Sistem Penjernih Air Otomatis dengan Filtrasi Berulang dan Monitoring Kekeruhan berbasis IoT. *Jurnal Infotronik*. 8(1). e-ISSN: 2549-7758 .