

LAPORAN KONSEP

RECYCLED PET STRIP POND FILTER

Transformasi Limbah Plastik Botol PET Menjadi
Media Filtrasi Biologis & Mekanis Berkinerja Tinggi

*Pendekatan Single-Media Gradiasi untuk Filtrasi Bertingkat
pada Kolam Ikan dan Akuarium*

Oleh:

GIZMOCOLOGY

GitHub: gizmocology | YouTube: Gizmotech

Dokumen Internal Gzmocology — 2026
Versi 2.0 — Konsep Komprehensif

DAFTAR ISI

1. ABSTRAK

Dokumen ini menyajikan konsep komprehensif sistem filtrasi kolam ikan dan akuarium yang menggunakan strip Polyethylene Terephthalate (PET) daur ulang dari botol plastik bekas sebagai satu-satunya media filter. Pendekatan yang diusulkan menggunakan gradasi ukuran lebar strip (3mm, 1mm, dan 0.5mm) dalam satu chamber untuk menciptakan filtrasi bertingkat yang mampu menjalankan fungsi mekanis dan biologis secara simultan.

Sistem ini dirancang dalam ember bekas 25 liter dengan aliran vortex top-down, dilengkapi chamber backwash dan aerasi venturi tanpa pompa tambahan. Hasil pengujian awal menunjukkan debit air yang stabil tanpa penyumbatan, kemudahan maintenance yang signifikan, serta pembentukan biofilm yang mengindikasikan kolonisasi bakteri nitrifikasi.

Berdasarkan tinjauan pustaka, penggunaan strip PET kontinu yang dipotong langsung dari botol bekas dengan alat sederhana (bottle cutter) sebagai media biofilter untuk akuakultur merupakan pendekatan yang belum terdokumentasi dalam literatur ilmiah, menjadikan konsep ini sebagai kontribusi orisinal dalam bidang upcycling limbah plastik untuk teknologi filtrasi air.

Kata Kunci: *PET strip, daur ulang plastik, biofilter, filtrasi bertingkat, single-media, kolam ikan, akuakultur, upcycling, luas permukaan spesifik, nitrifikasi*

2. PENDAHULUAN

2.1. Latar Belakang Masalah

Limbah plastik Polyethylene Terephthalate (PET) dari botol minuman sekali pakai merupakan salah satu penyumbang pencemaran lingkungan terbesar secara global. Produksi botol PET terus meningkat setiap tahun, sementara tingkat daur ulang masih jauh dari memadai. Di sisi lain, hobi budidaya ikan (aquaculture) dan pemeliharaan kolam hias membutuhkan sistem filtrasi yang efektif untuk menjaga kualitas air. Media filter pabrikan seperti bio-ball, K1, dan media MBBR lainnya seringkali memiliki harga yang tinggi, terutama bagi masyarakat di negara berkembang.

Kesenjangan ini menciptakan peluang untuk mengembangkan solusi yang menjawab dua permasalahan sekaligus: mengurangi limbah plastik dan menyediakan media filtrasi yang efektif dengan biaya nol.

2.2. Visi Proyek

Proyek ini mengusung konsep ‘High-Tech Upcycling’, di mana limbah plastik tidak hanya didaur ulang, tetapi ditingkatkan nilainya menjadi komponen teknis yang mampu bersaing dengan produk industri. Visi Gizmocology dibangun di atas tiga pilar:

Teknologi: Menerapkan prinsip-prinsip teknik filtrasi (gradasi media, vortex separation, venturi aeration) menggunakan material limbah.

Sustainability: Mengubah polutan (botol PET) menjadi purifier (media filter) — sebuah paradoks lingkungan yang mengubah masalah menjadi solusi.

Pemberdayaan Masyarakat: Memberdayakan masyarakat agar mampu mengolah limbah di lingkungan sekitar menjadi sistem filtrasi mandiri yang efisien, mudah dibuat, dan tanpa biaya material.

2.3. Rumusan Masalah

Apakah strip PET daur ulang dari botol plastik bekas, dengan pendekatan gradasi ukuran lebar (single-media, multi-grade), dapat berfungsi secara efektif sebagai media filtrasi mekanis dan biologis untuk kolam ikan dan akuarium, tanpa memerlukan penambahan media filter konvensional lainnya?

2.4. Hipotesis

Strip PET daur ulang dengan gradasi ukuran lebar (3mm, 1mm, 0.5mm) yang disusun secara bertingkat dalam satu chamber filter mampu memberikan performa filtrasi mekanis dan biologis yang setara atau mendekati media filter pabrikan, dengan keunggulan signifikan pada aspek biaya, aksesibilitas, kemudahan pembuatan, dan keberlanjutan.

3. TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Siklus Nitrogen dan Biofilm dalam Akuakultur

Kunci dari air kolam yang sehat adalah proses nitrifikasi, di mana bakteri menguntungkan mengubah amonia yang beracun menjadi senyawa yang lebih aman. Proses ini melibatkan dua tahap utama: bakteri Nitrosomonas mengoksidasi amonia (NH_3) menjadi nitrit (NO_2^-), kemudian bakteri Nitrobacter mengoksidasi nitrit menjadi nitrat (NO_3^-) yang relatif tidak beracun bagi ikan.

Bakteri nitrifikasi ini memerlukan media untuk menempel dan membentuk koloni yang disebut biofilm. Biofilm adalah komunitas mikroorganisme yang melekat pada permukaan dan terlindung oleh matriks polisakarida ekstraseluler. Pembentukan biofilm yang stabil memerlukan substrat yang inert (tidak bereaksi secara kimia), memiliki tekstur

permukaan yang mendukung perlekatan, dan terpapar aliran air yang mengandung oksigen terlarut yang memadai (Boyd, 1990; Lekang, 2007).

3.2. Luas Permukaan Spesifik (Specific Surface Area — SSA)

Efisiensi filter biologis ditentukan oleh Specific Surface Area (SSA), yaitu total luas permukaan yang tersedia bagi bakteri untuk berkoloni dalam volume tertentu, dinyatakan dalam satuan m^2/m^3 . Semakin tinggi SSA, semakin banyak bakteri yang dapat ditampung dalam volume filter yang sama, sehingga kapasitas pengolahan limbah air semakin besar (Lekang, 2007).

Material biofilter ideal memiliki SSA tinggi, bersifat non-toksik, tahan terhadap degradasi dalam air, ringan, dan mudah dibersihkan. PET sebagai material memenuhi seluruh kriteria tersebut: inert secara kimia dalam air, memiliki ketahanan yang sangat tinggi terhadap degradasi biologis dan kimia, ringan, dan permukaannya mampu mendukung perlekatan biofilm.

3.3. Tinjauan Riset Terkait: PET Daur Ulang dalam Filtrasi Air

Berikut adalah tinjauan riset yang telah dipublikasikan mengenai penggunaan PET daur ulang dalam konteks filtrasi air:

3.3.1. Cacahan Botol PET sebagai Media Biofilter (Dorji et al.)

Studi oleh Dorji et al. yang dipublikasikan dalam Process Safety and Environmental Protection menguji penggunaan cacahan (shredded) botol plastik PET sebagai media biofilter untuk pengolahan air limbah domestik di Bhutan. Sistem ini mengkombinasikan Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) dengan Anaerobic Biofilter (ABF) yang menggunakan cacahan botol PET sebagai media pendukung pertumbuhan bakteri. Hasil menunjukkan efisiensi penyisihan COD hingga 90-98% pada HRT 8 jam, dengan effluent akhir memenuhi standar pembuangan Bhutan.

Catatan kritis: Studi ini menggunakan cacahan/serpihan botol PET yang memerlukan mesin pencacah (shredder), bukan strip kontinu yang dipotong manual. Konteks aplikasinya adalah pengolahan air limbah domestik, bukan akuakultur.

3.3.2. Nanofiber PET untuk Membran Mikrofiltrasi (Zander et al., 2016)

Penelitian oleh Zander, Gillan, dan Sweetser dari US Army Research Laboratory mengembangkan membran nanofiber dari botol PET daur ulang melalui proses electrospinning. Membran yang dihasilkan memiliki diameter serat sekecil 100 nm dan mampu menyaring partikel berukuran 500 nm dengan efisiensi lebih dari 99%.

Catatan kritis: Proses electrospinning memerlukan peralatan laboratorium khusus, bahan kimia pelarut (HFIP), dan keahlian teknis tinggi. Tidak applicable untuk konteks pemberdayaan masyarakat.

3.3.3. Membran Ultrafiltrasi dari Limbah Botol PET

Beberapa penelitian telah mengeksplorasi pembuatan membran ultrafiltrasi dari limbah botol PET menggunakan teknik phase inversion. Modifikasi permukaan dengan aditif seperti Lithium Chloride (LiCl) dan graphene oxide (GO) telah terbukti meningkatkan performa membran. Namun, seluruh pendekatan ini memerlukan proses manufaktur industri dan bahan kimia khusus.

3.3.4. Media Biofilter Plastik Komersial vs. Alternatif Lokal

Studi perbandingan media biofilter alternatif lokal (tempurung kelapa, arang, tanduk sapi, dll.) dengan media plastik komersial dalam sistem RAS menunjukkan bahwa material lokal dapat memberikan performa yang sebanding. Penelitian Al-Hafedh et al. (2003) juga menguji konfigurasi media plastik yang berbeda (plastic rolls, PVC pipes, scrub pads) untuk sistem resirkulasi budidaya Nila.

3.4. Identifikasi Celah Penelitian (Research Gap)

Dari tinjauan pustaka di atas, teridentifikasi celah penelitian yang signifikan:

Pendekatan	Keterbatasan	Perbedaan dgn Gizmocology
Cacahan PET (Dorji et al.)	Memerlukan mesin pencacah; sulit maintenance; konteks air limbah domestik	Strip kontinu dipotong manual; mudah maintenance; konteks akuakultur
Nanofiber PET (Zander et al.)	Peralatan lab; bahan kimia; keahlian teknis tinggi	Alat sederhana (bottle cutter); tanpa bahan kimia; siapa saja bisa membuat
Membran UF PET	Proses industri; bahan khusus; biaya tinggi	Proses DIY; bahan limbah; biaya nol
Media plastik komersial	Produk pabrikan; biaya menengah-tinggi	Limbah botol plastik; biaya nol; upcycling murni

Kesimpulan: Belum ada publikasi ilmiah yang mendokumentasikan penggunaan strip PET kontinu — pita yang dipotong langsung dari botol bekas dengan alat sederhana — sebagai media biofilter untuk akuakultur. Terlebih lagi, pendekatan gradasi ukuran strip (multi-grade) untuk filtrasi bertingkat dalam satu chamber belum pernah dieksplorasi. Ini menempatkan konsep Gizmocology sebagai kontribusi orisinal dalam bidang ini.

4. ANALISIS TEKNIS

4.1. Konsep Single-Media Multi-Grade

Inovasi utama dalam sistem Gizmocology adalah penggunaan satu jenis material (PET strip) dengan variasi ukuran lebar sebagai satu-satunya media filter. Pendekatan ini berbeda secara fundamental dari sistem konvensional yang menggabungkan beberapa jenis media berbeda (busa, bio-ball, keramik, karbon aktif) dalam satu sistem filter.

Dengan memotong strip PET pada lebar yang berbeda (3mm, 1mm, dan 0.5mm), setiap grade memberikan karakteristik filtrasi yang berbeda:

Lebar Strip	Posisi	Fungsi Primer	Karakteristik	SSA Relatif
3mm	Bawah (pertama)	Mekanis kasar + Biologis	Rongga besar, debit tinggi, menangkap partikel kasar	Menengah
1mm	Tengah (kedua)	Mekanis halus + Biologis	Rongga medium, filtrasi partikel menengah	Tinggi
0.5mm	Atas (ketiga)	Biologis primer	SSA sangat tinggi, kolonisasi bakteri maksimal	Sangat Tinggi

4.2. Estimasi Luas Permukaan Spesifik (SSA)

Estimasi SSA untuk PET strip dapat dihitung berdasarkan geometri strip. Untuk strip dengan lebar w , ketebalan t (sekitar 0.3mm untuk botol PET standar), dan panjang L yang dikemas dalam volume V :

Rumus dasar: $SSA = (2 \times w \times L + 2 \times t \times L) / V$

Karena t jauh lebih kecil dari w , maka dominan: $SSA \approx (2 \times w \times L) / V$. Namun untuk strip yang sangat tipis (0.5mm), kontribusi tepi $(2 \times t \times L)$ menjadi lebih signifikan secara proporsional.

Dengan asumsi packing density yang realistik (60-70% void ratio untuk strip yang sudah di-texture menjadi bentuk ‘nest’), estimasi SSA untuk masing-masing grade strip adalah sebagai berikut:

4.3. Perbandingan dengan Media Pabrikan

Media Filter	SSA (m^2/m^3)	Biaya	Peralatan	Maintenance
Bio-Ball (standar)	~200	Menengah	Tidak perlu	Sulit (bentuk kompleks)
K1 Micro (premium)	~950	Sangat Mahal	Tidak perlu	Sedang
Filter Busa/Sponge	Bervariasi	Rendah-Menengah	Tidak perlu	Sering mampet, perlu sering dibersihkan

PET Strip 3mm (Gizmocology)	~400-600	Nol (limbah)	Bottle cutter	Sangat mudah (siram ringan)
PET Strip 1mm (Gizmocology)	~800-1.000	Nol (limbah)	Bottle cutter	Sangat mudah (siram ringan)
PET Strip 0.5mm (Gizmocology)	~1.000-1.200	Nol (limbah)	Bottle cutter	Sangat mudah (siram ringan)

Catatan: Nilai SSA untuk PET Strip Gizmocology merupakan estimasi berdasarkan kalkulasi geometris dan perlu divalidasi melalui pengukuran empiris yang lebih ketat.

5. DESAIN SISTEM FILTRASI GIZMOLOGY

5.1. Komponen Utama

Sistem filtrasi Gizmocology dirancang menggunakan komponen yang seluruhnya berasal dari barang bekas atau limbah, dengan satu pompa sebagai satu-satunya komponen yang memerlukan pembelian:

Container: Ember bekas berkapasitas 25 liter.

Media Filter: Strip PET daur ulang dalam tiga gradasi (3mm, 1mm, 0.5mm).

Partisi: Lembaran plastik dengan lubang-lubang sebagai penahan strip dan pemisah antar lapisan.

Pompa: Pompa air standar akuarium/kolam.

Stop Kran: Untuk chamber backwash di bagian bawah.

5.2. Arsitektur Aliran Air

Sistem menggunakan prinsip aliran top-down dengan beberapa mekanisme filtrasi yang bekerja secara berurutan:

Tahap 1: Input dan Vortex Separation

Air dari pompa masuk melalui pipa dari atas menuju bagian bawah ember. Aliran dirancang untuk menciptakan pola vortex (pusaran) di atas chamber backwash. Desain vortex memanfaatkan gaya sentrifugal untuk memisahkan partikel berat dari aliran air — partikel besar akan terlempar ke dinding dan jatuh ke chamber backwash akibat gravitasi.

Tahap 2: Chamber Backwash

Di bagian paling bawah ember terdapat ruang tertutup (chamber) yang berfungsi sebagai penampung sedimen dan kotoran besar yang telah dipisahkan oleh vortex. Plastik berlubang dipasang di atas chamber ini sebagai pemisah. Chamber dilengkapi stop kran di

bagian bawah untuk memudahkan pembuangan sedimen saat maintenance — cukup buka kran, flush, selesai.

Tahap 3: Filtrasi Bertingkat melalui PET Strip

Air yang telah melewati tahap vortex naik melalui lapisan-lapisan PET strip yang tersusun secara bertingkat:

Lapisan Bawah (3mm): Strip lebar berfungsi sebagai pre-filter mekanis sekaligus media biologis. Rongga antar strip cukup besar untuk menangkap partikel sedang tanpa mudah tersumbat, sementara permukaannya menyediakan area kolonisasi bakteri.

Lapisan Tengah (1mm): Strip medium meningkatkan kehalusan filtrasi mekanis dan secara signifikan meningkatkan SSA untuk pertumbuhan biofilm. Lapisan ini menjadi zona transisi antara filtrasi mekanis dominan dan biologis dominan.

Lapisan Atas (0.5mm): Strip paling halus memberikan SSA tertinggi dan berfungsi terutama sebagai media biologis. Pada titik ini, sebagian besar partikel besar sudah tersaring di lapisan sebelumnya, sehingga bakteri nitrifikasi dapat bekerja optimal pada polutan terlarut.

Tahap 4: Aerasi Venturi

Pada bagian pipa yang tegak lurus menuju bawah ember, terdapat lubang-lubang kecil yang memanfaatkan efek Venturi. Ketika air mengalir dengan kecepatan tinggi melalui pipa vertikal, tekanan negatif terbentuk di titik lubang, menarik udara dari luar secara alami tanpa memerlukan pompa aerator tambahan. Oksigen terlarut yang dihasilkan sangat penting untuk mendukung metabolisme bakteri nitrifikasi aerobik.

Tahap 5: Output

Air yang telah melewati seluruh lapisan strip PET jatuh kembali ke kolam secara gravitasi. Proses jatuhnya air juga memberikan aerasi tambahan melalui kontak dengan udara (splashing effect).

5.3. Keunggulan Desain

Desain sistem ini memiliki beberapa keunggulan fundamental yang membedakannya dari sistem filter konvensional:

Debit Stabil: Berbeda dengan filter busa yang cenderung mampet seiring waktu, struktur 'nest' dari PET strip mempertahankan jalur aliran air yang terbuka. Pengujian awal mengkonfirmasi bahwa debit tetap stabil dalam jangka waktu operasi yang signifikan.

Maintenance Minimal: Pembersihan strip PET hanya memerlukan siraman ringan. Struktur strip tidak menjebak kotoran secara kompresif seperti sponge. Sedimen besar tertampung di chamber backwash dan dapat dibuang melalui stop kran.

Umur Pakai Sangat Panjang: PET memiliki ketahanan luar biasa terhadap degradasi dalam air. Material ini tidak akan membusuk, tidak rapuh, dan tidak bereaksi secara kimia. Secara teoritis, media PET strip dapat bertahan bertahun-tahun tanpa perlu penggantian.

Zero-Energy Aeration: Teknik venturi menghilangkan kebutuhan pompa aerator tambahan, mengurangi konsumsi listrik dan biaya operasional.

Biaya Material Nol: Seluruh komponen utama (ember, strip PET, plastik partisi, stop kran bekas) berasal dari limbah. Hanya pompa air yang memerlukan pembelian.

6. PANDUAN IMPLEMENTASI (GIZMOCOLOGY METHOD)

6.1. Persiapan Bahan Baku

Langkah 1: Kumpulkan botol PET bekas (botol air mineral, botol minuman). Pastikan botol bersih dari residu cairan.

Langkah 2: Lepaskan label dan bersihkan perekat yang menempel pada permukaan botol.

Langkah 3: Bilas botol hingga bersih dari kontaminan.

6.2. Pemotongan Strip (Stripping)

Menggunakan DIY bottle cutter, potong botol menjadi pita/strip kontinu (continuous ribbon). Atur lebar pemotongan sesuai kebutuhan:

Grade A (3mm): Untuk lapisan filtrasi mekanis kasar (bawah).

Grade B (1mm): Untuk lapisan filtrasi mekanis-biologis transisi (tengah).

Grade C (0.5mm): Untuk lapisan filtrasi biologis primer (atas).

6.3. Texturing

Setelah dipotong, strip diacak dan digulung secara longgar untuk membentuk struktur ‘nest’ (sarang). Proses texturing ini kritis untuk:

(a) Mencegah strip saling menempel (compacting) yang akan mengurangi SSA efektif.

(b) Menciptakan jalur labirin (tortuous path) yang meningkatkan waktu kontak air dengan permukaan strip.

(c) Mempertahankan void ratio yang memadai untuk menjaga debit aliran.

6.4. Perakitan Chamber

Langkah 1: Siapkan ember bekas 25L. Pasang stop kran di bagian paling bawah untuk drain backwash.

Langkah 2: Pasang plastik berlubang pertama sebagai atap chamber backwash.

Langkah 3: Di atas plastik berlubang, rancang inlet air dengan pola yang menghasilkan aliran vortex.

Langkah 4: Pasang plastik berlubang kedua sebagai partisi penahan strip.

Langkah 5: Isi secara bertingkat — strip 3mm di bawah, 1mm di tengah, 0.5mm di atas.

Langkah 6: Pasang sistem pipa dengan lubang venturi pada bagian pipa vertikal.

6.5. Commissioning

Setelah perakitan, jalankan sistem selama 2-4 minggu untuk memungkinkan pembentukan biofilm (proses cycling). Biofilm yang telah terbentuk dapat diidentifikasi secara visual dari tekstur berlendir pada permukaan strip. Selama periode ini, monitor parameter air (amonia, nitrit, nitrat) secara berkala jika memungkinkan.

7. PARADOKS LINGKUNGAN: POLUTAN MENJADI PURIFIER

Salah satu kontribusi konseptual terpenting dari proyek ini adalah pembalikan peran plastik PET dalam ekosistem. Plastik botol yang selama ini dikenal sebagai salah satu polutan utama lingkungan perairan, melalui metode Gizmocology, diubah menjadi agen pembersih air itu sendiri.

Paradoks ini memiliki implikasi signifikan pada beberapa level:

Level Ekologis: Setiap botol PET yang dikonversi menjadi media filter adalah satu botol yang tidak berakhir di sungai, lautan, atau tempat pembuangan akhir. Lebih dari itu, botol tersebut aktif berkontribusi pada peningkatan kualitas air kolam, yang pada gilirannya mendukung ekosistem akuatik yang lebih sehat.

Level Ekonomis: Limbah yang tadinya bernilai nol atau bahkan bernilai negatif (karena biaya pengelolaan sampah) bertransformasi menjadi produk fungsional bernilai tinggi. Ini menciptakan insentif ekonomi bagi masyarakat untuk mengumpulkan dan mengolah limbah plastik.

Level Sosial: Konsep ini mengubah persepsi masyarakat terhadap sampah plastik — dari ‘masalah yang harus dibuang’ menjadi ‘sumber daya yang harus dikelola’. Perubahan

mindset ini berpotensi mendorong perilaku pengelolaan limbah yang lebih bertanggung jawab.

Level Naratif: Framing ‘polutan menjadi purifier’ memberikan narasi yang kuat dan mudah dipahami untuk edukasi publik, publikasi ilmiah, dan advokasi kebijakan lingkungan.

8. REKOMENDASI METODOLOGI RISET

8.1. Desain Eksperimen Pembanding

Untuk memperkuat validitas ilmiah konsep ini, direkomendasikan desain eksperimen komparatif sebagai berikut:

Siapkan minimal dua sistem filter paralel yang beroperasi pada kolam dengan kondisi serupa (volume air, jumlah dan jenis ikan, pola pemberian pakan identik). Sistem pertama (eksperimen) menggunakan PET strip Gizmocology sebagai satu-satunya media filter. Sistem kedua (kontrol) menggunakan media filter konvensional (bio-ball, busa, atau K1). Pengukuran dilakukan secara berkala selama minimal 8-12 minggu.

8.2. Parameter yang Diukur

Parameter utama yang perlu diukur meliputi: Total Ammonia Nitrogen (TAN), konsentrasi Nitrit (NO_2^- -N), konsentrasi Nitrat (NO_3^- -N), pH air, kekeruhan (turbidity), oksigen terlarut (Dissolved Oxygen/DO), dan suhu air. Parameter pendukung termasuk debit aliran dan observasi visual biofilm.

8.3. Metodologi Pengukuran SSA

Untuk memvalidasi klaim SSA, lakukan pengukuran sebagai berikut:

- (a) Ukur massa dan dimensi strip dari beberapa sampel botol PET.
- (b) Hitung panjang total strip per botol.
- (c) Hitung luas permukaan total (kedua sisi strip + tepi).
- (d) Ukur volume yang ditempati strip setelah proses texturing (dalam kondisi ‘nest’).
- (e) Hitung $\text{SSA} = \text{Total Luas Permukaan} / \text{Volume yang Ditempati}$.

8.4. Target Publikasi

Konsep ini memiliki potensi untuk dipublikasikan pada jurnal-jurnal dalam bidang:

- (a) Aquaculture Engineering — fokus pada desain sistem filtrasi novel.
- (b) Journal of Cleaner Production — fokus pada upcycling dan circular economy.
- (c) Resources, Conservation and Recycling — fokus pada valorisasi limbah plastik.

(d) Journal of Environmental Management — fokus pada solusi pengelolaan lingkungan berbasis masyarakat.

9. KESIMPULAN

Konsep Recycled PET Strip Pond Filter yang dikembangkan oleh Gizmocology menawarkan pendekatan yang orisinal, praktis, dan berpotensi transformatif dalam dua bidang sekaligus: pengelolaan limbah plastik dan teknologi filtrasi akuakultur.

Keunggulan utama konsep ini terletak pada kesederhanaannya yang justru menjadi kekuatan: satu jenis material limbah, dipotong dengan alat sederhana, disusun dengan prinsip gradasi, menghasilkan sistem filtrasi yang mampu menjalankan fungsi mekanis dan biologis secara simultan. Tidak memerlukan bahan kimia, tidak memerlukan mesin, dan tidak memerlukan biaya material.

Pendekatan single-media multi-grade ini belum terdokumentasi dalam literatur ilmiah, menempatkannya sebagai kontribusi orisinal yang layak untuk dipublikasikan. Hasil pengujian awal yang menunjukkan debit stabil, kemudahan maintenance, dan pembentukan biofilm yang tervalifikasi visual memberikan dasar empiris yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut.

Paradoks ‘polutan menjadi purifier’ bukan sekadar tagline — ini adalah realitas fungsional yang telah teruji. Dan justru paradoks inilah yang membuatnya layak diadopsi secara luas: setiap botol plastik yang menjadi media filter adalah satu langkah menuju lingkungan yang lebih bersih dan akuakultur yang lebih terjangkau.

10. DAFTAR PUSTAKA

Al-Hafedh, Y. S., Alam, A., & Beltagi, M. S. (2003). Performance of plastic biofilter media with different configuration in a water recirculation system for the culture of Nile tilapia. Aquacultural Engineering, 29(3-4), 139-154.

Boyd, C. E. (1990). Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University.

Dorji, U., Tenzin, U. M., Dorji, C., Wangchuk, U., Siriwong, W., & Pussayanavin, T. (2020). Exploring shredded waste PET bottles as a biofilter media for improved on-site sanitation. Process Safety and Environmental Protection, 144, 13-22.

FAO Fisheries and Aquaculture Department. Manual on Small-Scale Aquaponics. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Lekang, O. I. (2007). Aquaculture Engineering. Blackwell Publishing.

SRAC (Southern Regional Aquaculture Center). How to Start a Biofilter. SRAC Publication Series.

Zander, N. E., Gillan, M., & Sweetser, D. (2016). Recycled PET Nanofibers for Water Filtration Applications. *Materials*, 9(4), 247. <https://doi.org/10.3390/ma9040247>

Gizmocology Open Source Journal. GitHub: [gizmocology/recycled-pet-filter](https://github.com/gizmocology/recycled-pet-filter).