

Pendekatan Teoritis terhadap Alat-alat Inovatif Penangkap Mikroplastik di Lingkungan Perairan

Sarah Mariska^{1*}, Lin-Han Chiang Hsieh¹, Jheng-Jie Jiang¹

¹Departemen Teknik Lingkungan, Chung Yuan Christian University, Toyuan, Taiwan
sarahmariska1309@gmail.com

Abstrak—Untuk memfasilitasi peneliti guna melakukan pembelajaran lebih dalam terkait mikroplastik, terdapat beberapa alat baru yang didesain secara khusus untuk menangkap sampel mikroplastik di lingkungan perairan. Sebuah pendekatan dilakukan guna memahami pengaruh desain alat terhadap kapasitas laju aliran air dan penumpukan partikel di dalam alat-alat tersebut.

Terdapat tiga desain yang akan diperbandingkan, ketiga desain tersebut memiliki perbedaan struktur serta ukuran pori-pori membran. Dengan menggunakan hukum permeabilitas Darcy, kapasitas arus aliran air pada masing-masing desain dapat diperbandingkan cara memposisikan faktor-faktor pada rumus Darcy ke dalam bagian-bagian alat penangkap mikroplastik tersebut.

Setiap desain memiliki keistimewaan tersendiri, yang penggunaannya dapat disesuaikan pada kondisi pengambilan sampel.

Keywords—mikroplastik; alat pengambilan sampel; deposisi partikel

I. PENDAHULUAN

Mikroplastik mampu mengkonsentrasikan polutan yang ada di dalam air, seperti absorben yang menyerab polutan termasuk yang bersifat karsinogenik. Peneliti saat ini menemukan bahwa level polutan yang terasosiasi dengan mikroplastik menjadi lebih tinggi, sehingga mikroplastik itu sendiri diangkat menjadi polutan yang baru. Para peneliti dan akademisi masih mencoba untuk memahami dampak yang lebih mendalam tentang keberadaan mikroplastik serta kemungkinan-kemungkinan solusinya.

Pengambilan sampel mikroplastik secara umum dapat dibagi berdasarkan lokasi, yakni; lingkungan perairan, pantai, dan sedimen. Untuk saat ini jumlah penelitian tentang mikroplastik yang dilakukan di wilayah air tawar dapat dikatakan lebih sedikit dibandingkan pada wilayah air asin. Pengambilan sampel mikroplastik di lingkungan perairan dapat dilakukan dengan cara memanfaatkan bongo net. Awal mulanya, bongo net merupakan alat untuk menangkap plankton atau sampel hewan laut lainnya. Alat ini tidak didesain secara khusus untuk menangkap mikroplastik. Sehingga, alat ini memiliki kekurangan dalam menghadapi ukuran mikroplastik yang bervariasi. Situasi ini mendorong peneliti untuk memperbarui alat sampling mikroplastik di lingkungan perairan. Sehingga

muncul inovasi-inovasi rancangan alat penangkap mikroplastik yang baru. Namun desain mana yang terbaik, belum dapat diketahui.

Untuk memecahkan permasalahan desain tersebut, dilakukanlah sebuah pendekatan teoritis. Yakni menerapkan hukum Darcy pada masing-masing alat.

Keluaran dari penelitian ini, adalah pemahaman fenomena hidraulik yang ada di dalam tubuh alat saat-alat tersebut. Yang nantinya dapat dijadikan sebagai pedoman agar peneliti selanjutnya dapat mendesain alat penangkap mikroplastik yang lebih optimal serta tepat guna. Penelitian ini merupakan langkah awal dalam melakukan pendekatan untuk memahami desain alat penangkap mikroplastik dari segi teoritis dan morfologis.

II. METODOLOGI

A. *Selecting a Template (Heading 2)*

Untuk memahami efisiensi alat-alat tersebut, dilakukan pendekatan teoritis pada tiga alat dengan desain yang berbeda. Tiga desain tersebut diberi nama desain A,B & C. Desain A merupakan bongo net biasa, desain B merupakan bongo net yang telah dimodifikasi dengan tambahan membran, desain C merupakan bongo net yang modifikasinya terdapat pada bagian ekor serta menggunakan membran dengan ukuran pori terkecil.

Pendekatan teoritis ditinjau dari segi morfologis, dengan memposisikan faktor-faktor pada rumus Darcy pada perwujudan alat penangkap mikroplastik tersebut. Hal ini ditujukan untuk mendapatkan penggambaran proses hidrolis yang terjadi di dalam alat-alat tersebut ketika digunakan.

Pada hukum Darcy, laju air (Q) dihitung dengan mengalikan luas area bukaan (α) dengan viskositas (ν). Kecepatan (ν) dapat digantikan permeabilitas (J), disebabkan oleh kesamaan penyebut. Sehingga didapat, $Q = \alpha J$. Sementara itu, permeabilitas (J) adalah hasil dari pengaruh viskositas dinamis (μ_w). (G.Gesan-Guiziu, R.J. Wakeman., G.Daouf, 2002).

$$J = \frac{\Delta P}{\mu_w R_m} \quad 1$$

keterangan :

J: laju perembesan (ms^{-1} atau $\text{lh}^{-1} \text{m}^{-2}$)



μ_w : viskositas dinamis (Pa s) yang mana, $\mu_w 1,2,3$ adalah konstan.

P : tekanan (Pa atau bar)

R_m : resistansi hidraulik ketika membran dalam keadaan bersih (m^{-1}).

Pada hukum permeabilitas Darcy, disini, kami menggunakan tekanan (P) dari pada ΔP karena mengukur laju arus per detik

III. HASIL DAN DISKUSI

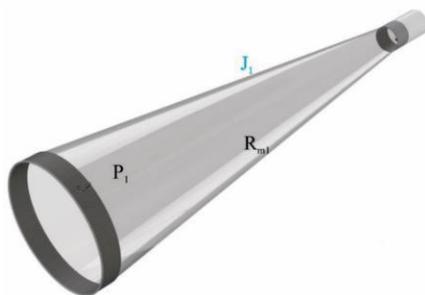
A. Model teoritis dan rumus

Lama penggunaan alat bergantung pada pengendapan partikel. Sebagaimana diketahui bahwa sungai terdiri dari berbagai jenis partikel, termasuk partikel biologis, mineral, dan mikroplastik. Kecenderungan jenis partikel yang diperoleh bergantung pada lingkungan perairan tempat dimana alat tersebut digunakan. Sebagai contoh, pada arus besar, kita akan mendapatkan lebih banyak mineral dari pada partikel biologis. Sedangkan, apabila alat tersebut diletakkan pada area tikungan sungai, maka kita akan mendapatkan lebih banyak pasir kasar dari pada pasir halus.

Sebagai gambaran durasi pengoperasian bongo net, berdasarkan riset yang dilakukan oleh Driss, dkk, pada sebuah sungai di Paris tahun 2018, ini dibutuhkan sekitar 1 menit paparan dengan kecepatan arus sungai $144 m^{-3}.s^{-1}$ dan 3 menit pada arus yang lebih rendah sekitar $24 m^{-3}.s^{-1}$ sebelum penyumbatan terjadi. Hal tersebut tentu juga dipengaruhi oleh ukuran pori membran dan konsentrasi partikel pada badan air.

Jika tanpa mempertimbangkan deposisi partikel, maka Semakin besar pori-pori membran berarti semakin tinggi permeabilitas yang menghasilkan laju arus yang lebih tinggi pula.

- Desain A, merupakan desain bongo net yang biasa digunakan. Bongo net ini memiliki satu lapis membran dengan ukuran pori $80\mu m$. Seluruh partikel, dengan rentang distribusi ukuran $>80\mu m$, akan terkumpul pada satu lapisan jaring ini.



Gambar 1. Desain A, bongo net.

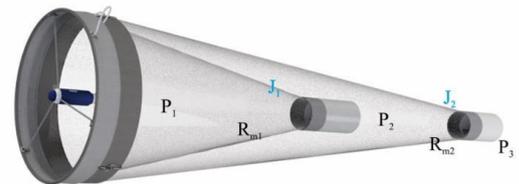
$$J_1 = \frac{P_1}{\mu_w R_{m1}} \quad 2$$

- Desain B memiliki dua lapis jaring dengan ukuran pori-pori membran yang berbeda, yakni $330\mu m$ dan $10\mu m$. Alat ini didesain agar mampu menangkap mikroplastik lebih kecil dari $330\mu m$ sampai ukuran $10\mu m$.

$$J_1 = \frac{P_1}{\mu_w R_{m1}} \quad 3$$

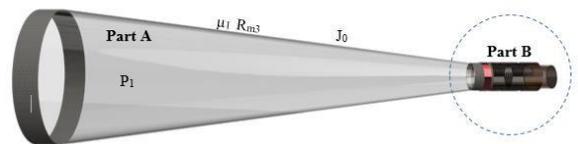
$$J_2 = \frac{P_2}{\mu_w R_{m2}} \quad 4$$

With $J_1 > J_2 \& R_2 > R_1$



Gambar 2. Desain B, penangkap mikroplastik dengan dua lapis membrane, ukuran $333\mu m$ dan $10\mu m$.

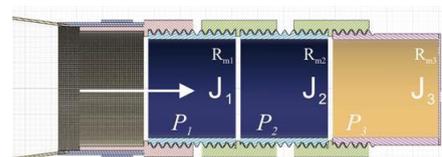
- Desain C terdiri dari satu lapis jaring dengan ukuran pori-pori membran $10\mu m$. Modifikasi terdapat pada ekor bongo net yang memiliki 3 lapis ruang, setiap ruang disekat dengan membran berukuran pori $330\mu m > 80\mu m > 10\mu m$.



Gambar 3. Desain C, penangkap mikroplastik dengan satu lapis membrane $10\mu m$, modifikasi terletak pada ekor yang memiliki 3 ruang.

$$J_0 = \frac{P_1}{\mu_w R_{m3}} \quad 5$$

Permeabilitas dari J_0 pada bagian A ditujukan pada air yang merembes melalui dinding membran kerucut. P_1 mendapatkan tekanan air dari aliran sungai, kemudian tenanan tersebut mendorong air untuk menembus R_{m3} , $10\mu m$.



Gambar 4. Ekor pada desain C yang memiliki 3 ruang, disekat oleh membran berukuran $333\mu m > 80\mu m > 10\mu m$.

$$J_1 = \frac{P_1}{\mu_w R_{m1}} \quad 6$$



$$J_2 = \frac{P_2}{\mu_w R_{m3}} \quad 7$$

$$J_3 = \frac{P_3}{\mu_w R_{m3}} \quad 8$$

Dimana $J_1 > J_2 > J_3$

Permeabilitas J_1 di bagian B, air merembes R_{m1} (333 μm), berbagi tekanan dengan bagian A. Setelah melewati membran R_{m1} , tekanan P_1 akan berkurang, menghasilkan P_2 . Sehingga, permeabilitas J_2 dipengaruhi oleh pengurangan tekanan dan menghadapi peningkatan resistansi membran R_2 (80 μm). Deposisi partikel yang memiliki ukuran partikel identik membentuk pengendapan yang lebih resistan (Shankararaman Chellam, Mark R. Wiesner, 1997). Sementara itu untuk menghitung pengendapan partikel dapat dihitung dengan :

$$J = \frac{P}{\mu_w (R_m + R_{dep})} \quad 9$$

Resistansi partikel yang terendap di atas permukaan area membran (R_{dep}) sama dengan nilai resistansi :

$$J = \frac{P}{\mu_w (R_m + R_c)} \quad 10$$

Dimana ,

Resistansi endapan :

$$R_c = \frac{a \cdot M}{A_m} \quad 11$$

massa yang terdeposisi (M):

$$M = \left(\frac{r}{\mu \cdot V} \cdot R_m \right) \frac{A_m}{a} \quad 12$$

area membran (A_m) :

$$A_m = (\pi \cdot r \cdot s) \times i \quad 13$$

Area membran yang dimaksudkan adalah bagian membran kerucut yang tenggelam di dalam air (\bar{J}). Morfologi bongo net berbentuk kerucut sehingga rumus geometris yang telah tertulis pada rumus no.13 untuk menemukan luas area selimut kerucut.

Setelah menghitung nilai permeabilitas membrane, dengan dan tanpa partikel, nilai laju arus dapat diketahui menggunakan rumus no.14.

$$Q = a \cdot J_n \quad 14$$

Area (a) merupakan luas area bukaan, berbentuk lingkaran, yang dapat digantikan dengan rumus no.15.

$$Q = \frac{\pi}{4} (d)^2 \cdot J_n \quad 15$$

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan model teoritis, dapat disimpulkan situasi di dalam alat-alat tersebut sebagaimana berikut:

1. Desain A: dibandingkan pada desain B & C, desain A memiliki laju arus yang lebih tinggi karena nilai tekanan lebih besar dan membrane resistansi yang lebih rendah dibandingkan kedua desain lainnya.
2. Desain B, pada desain ini, faktor paling berpengaruh adalah resistansi, karena alat ini menggunakan dua membran. Pengurangan tekanan yang disebabkan oleh membran berukuran 333 μm tidak cukup signifikan, resistansi terbesar disebabkan oleh membran dengan ukuran pori terkecil yakni ukuran 10 μm . Keberadaan perbedaan tekanan yang disebabkan oleh multi layer ini dapat dipertimbangkan untuk pemilihan ukuran pori membran yang akan digabungkan.
3. Desain C, dipengaruhi oleh tekanan asli air sungai, memiliki kemungkinan untuk menghasilkan laju arus (Q) yang lebih tinggi dibandingkan dengan desain B. Namun, deposisi partikel akan menambah resistansi membran. Partikel-partikel tersebut akan terendapkan di atas satu lapis jaring kerucut. Sampai kemudian terdorong memasuki ekor, dimana partikel tersebut akan disaring dan ditempatkan berdasarkan ukuran pori pori membran didalam wadah.

Sehingga efisiensi alat bukan hanya tergantung pada nilai J, tetapi juga bergantung pada P dan R_{dep} , kedua faktor tersebut merupakan faktor lingkungan dimana alat tersebut digunakan. Sebaiknya, dalam mendesain alat penangkap mikroplastik selanjutnya juga mempertimbangkan situasi dimana alat tersebut akan digunakan.

ACKNOWLEDGMENT

Terimakasih kepada pembimbing yang telah memberikan arahan dan pembiayaan terhadap penelitian ini, Ast.Prof. Chiang Hsieh Lin-Han dan Ast. Prof. Jhiang Jheng-Jie dari Chung Yuan Christian University, Taiwan.

REFERENSI

- [1] Agung Dhamar Syakti, et al., 2018. Simultaneous grading of microplastic size sampling in the Small Islands of Bintan water, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin* 137 (2018) 593–600
- [2] Andrady, A. L., 2017. The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 119, pp. 12-22.
- [3] Carson, H. S., 2011. Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 62, pp. 1708-1713.
- [4] Dafne Eerkes-Medrano, Richard C. Thompson, David C. Aldridge, 2015. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats,



- identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Research*, Volume 75, pp. 63-82
- [5] G.Gesan-Guiziou, R.J. Wakeman. G.Daufin, 2002. Stability of latex crossflow filtration : cake properties and critical condition of deposition.. *Chemical Engineering Journal*, Volume 85, pp. 27-34.
- [6] Khurmi, R., 2003. A text book of hydraulics, fluid mechanics and hydraulic machines. 1st ed. New Delhi: S. Chand & Company Ltd.
- [7] Rachid Dris, Johnny Gasperi, Vincent Rocher, Bruno Tassin, et.al.,2018. Synthetic and non-synthetic anthropogenic fibers in a river under the impact of Paris Megacity: Sampling methodological aspects and flux estimations. *Science of The Total Environment*, volume 618, pp. 157-164.
- [8] Shankaraman Chellam, Mark R. Wiesner, 1997. Particle back-transport and permeate flux behaviour in crossflow membrane filter. *Environmental science technology*, Volume 37, pp. 819-824.

