OPTIMASI DESAIN *TRASH RACK* DENGAN PARAMETER NILAI *HEAD LOSS* MENGGUNAKAN *FULL FACTORIAL DESIGN*

OPTIMIZING TRASH RACK DESIGN WITH HEAD LOSS VALUE PARAMETER USING FULL FACTORIAL DESIGN

Latip Sutiyana[1], Rino Andias Nugraha[2], Ilma Mufidah[3]

[1,2,3]Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Telkom
[1]latipsutiyana@student.telkomuniversity.ac.id, [2]rinoandias@telkomuniveristy.co.id,
[3]ilmamufidah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Masalah sampah plastik merupakan masaah yang umum dan terjadi di berbagai negara di dunia. Semakin meningkatnya tingkat konsumsi masyarakat yang menghasilkan sampah plastik yang tidak diimbangi pengelolaan sampah yang baik menyebabkan sampah plastik terbawa oleh aliran air melalui saluarn air, sungai hingga berujung di lautan. Salah satu solusi untuk mencegah aliran sampah agar tidak terus mengalir hingga ke lautan yaitu dengan peasangan alat penyaring sampah (*trash rack*) pada saluran air. Namun pemasangan *trash rack* ini menimbulkan masalah baru yaitu banjir yang diakibatkan nilai head loss yang tinggi yang ditimbulkan oleh pemasangan *trash rack* tersebut. Oleh karena itu, diperlukan perubahan desain *trash rack* untuk meminimalkan nilai head loss yang ditimbulkan. Untuk menghasilkan nilai *head loss* yang minimm, diperlukan perubahan pada bentuk bar, sudut kemiringan pemasangan, serta ketebalan bar. Dengan ketiga faktor desain tersebut dengan masing-masing memiliki tiga level, maka dilakukan eksperimen sebanyak 27 kali menggunakan simulasi CFX pada ANSYS untuk mengetahui nilai *head loss* yang ditimbulkan oleh masing-masing desain. Pada tahap pengolahan data digunakan metode *two-way* ANOVA untuk mengetahui tingkat signifikansinya. Dari pengolahan data yang telah dilakukan, dihasilkan parameter optimal yang dihasilkan yaitu bentuk ke-3 untuk bentuk bar, 45º untuk sudut kemiringan pemasangan, dan 8 mm untuk ketebalan bar.

Kata kunci : ***trash rack, head loss,*** ANSYS, ANOVA

Abstract

The problem of plastic waste is the problem that occurs in various countries in the world. The higher level of public consumption that produces plastic waste which is not balanced by good waste management causes plastic waste to be carried by the water flow through the river to the end in the ocean. One solution to prevent the flow of plastic waste so that it does not continue to flow into the ocean is by pairing a trash rack device on the water duct. But the installation of this trash rack raises a new problem, namely flooding caused by the value of the head loss caused by the installation of the trash rack. Therefore, it is necessary to change the design of the trash rack to ask for the resulting head loss value. To produce a minimum head loss value, changes in the shape of the bar, the angle and thickness of the bar are needed. With three design factors each of which has three levels, 27 experiments were carried out using CFX simulations on ANSYS to determine the value of head losses caused by each design. In the process of making data used the two-way ANOVA method to determine the level of significance. From the data processing that has been done, the optimal parameters produced are the third form for the bar shape, 45º for the angle, and 8 mm for the bar thickness.

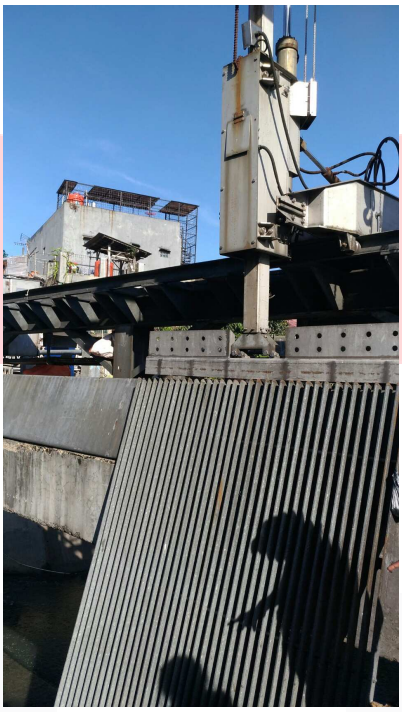
Keywords: trash rack, head loss, ANSYS, ANOVA.

1. Pendahuluan

Masalah sampah merupakan masalah yang umum dan telah menjadi fenomena universal di berbagai negara di dunia dengan titik perbedaannya terletak pada seberapa banyak sampah yang dihasilkan. Berdasarkan data dari [1], setiap tahun terdapat 280 juta ton plastik yang diproduksi secara global. Hanya sebagian kecil didaur ulang. Ironisnya, sebagian lagi berakhir di lautan dan memicu kerusakan lingkungan ekosistem laut. Sekitar 4,8 hingga 12,7 juta metrik ton sampah plastik telah memasuki lautan. Setelah dilakukan penelusuran lebih lanjut terkait asal mula sampah-sampah plastik yang berada di lautan tersebut yang mencakup 192 negara di pesisir lautan dunia, Indonesia menduduki negara nomor dua terbesar penghasil dan penyumbang sampah plastik yang bermuara di lautan. Total sumbangan sampah plastik dari negara Indonesia mencapai 1,29 juta metrik ton per tahun [2].

Sebagian besar sampah plastik yang berada di laut bersumber dari daratan yaitu sebesar 80%, sedangkan hanya sebagian kecil sisanya (20%) bersumber dari lautan itu sendiri [3]. Sekitar 1,15 hingga 2,41 juta ton plastik mengalir dari sistem sungai global ke lautan setiap tahun. 20 sungai pencemar terbesar sebagian besar berada di Asia dan menyumbang lebih dari dua pertiga (67%) dari input tahunan global [4].

Sungai Citarum merupakan sungai terpanjang dan terbesar di wilayah Jawa Barat. Menurut *Word Bank*, sejak tahun 2007 sungai ini menjadi salah satu sungai dengan tingkat ketercemaran tertinggi di dunia. Sebanyak 20.462 ton sampah rumah tangga yang dihasilkan oleh masyarakat di daerah aliran sungai dengan 71% di antaranya terabaikan karena tidak terangkut sampai ke tempat pembuangan sampah akhir (TPA) dan berakhir di aliran Sungai Citarum. Berbagai upaya telah dilakukan pemerintah untuk menanggulangi sampah plastik di Sungai Citarum. Salah satu upaya tersebut dengan memasang mesin penyaring dan pengangkut sampah otomatis.



Gambar 1. Mesin penyaring dan pengangkut sampah otomatis

(Sumber : Dokumentasi penulis)

Dalam penerapannya, mesin yang direncanakan dapat membersihkan aliran sungai dari tumpukan sampah tersebut tidak dapat berjalan dengan semestinya dikarenakan nilai *head loss* yang ditimbulkan dari pemasangan alat tersebut yang tinggi. Penyumbatan dan *head loss* adalah bahaya terbesar yang terkait dengan komponen penyaring sampah[5]. Penyumbatan layar dapat terjadi dengan cepat, dan sulit untuk memprediksi kapan itu akan terjadi. Dengan kata lain, itu berdampak buruk pada *head loss*, menaikkan permukaan air hulu, meningkatkan potensi banjir sebagai hasilnya. *Head loss* adalah salah satu aspek paling kritis dari kinerja layar. Ini dianggap sebagai faktor penting dalam desain layar sampah[6]. Faktor yang mempengaruhi tingkat keoptimalan dari fungsi komponen penyaring tersebut adalah ke sudut pemasangan, ketebalan dan bentuk bar [7]. Tidak tepatnya pemilihan sudut pemasangan, ketebalan dan bentuk bar mengakibatkan sampah yang tersaring dapat menyumbat seluruh permukaan penyaringan dan menghambat aliran air sehingga air akan meluap ke lingkungan di daerah sekitar aliran sungai. Oleh sebab itu, diperlukan pemilihan konsep desain alat penyaring sampah dengan nilai *head loss* yang lebih kecil dari desain sebelumnya. Dalam penelitian ini akan dikaji faktor apa saja dari desain trash rack yang berpengaruh terhadap nilai head loss yang ditimbulkan serta di level berapa di tiap-tiap faktor desain tersebut menghasilkan nilai head loss yang minimal. Dengan menggunakan simulasi menggunakan software ANSYS serta penelitian di lapangan secara langsung data akan dikumpulkan dan dilakukan analisa menggunakan uji ANOVA.

2. Dasar Teori

2.1 Alat Penyaring Sampah

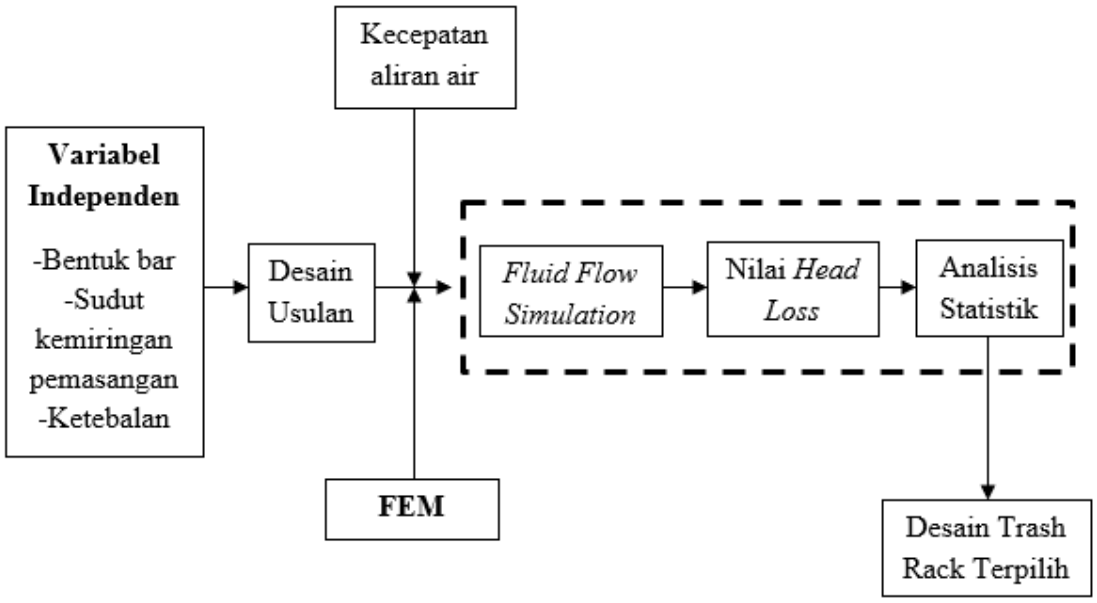
Alat penyaring sampah (*trash rack*) adalah saringan yang terbuat dari plat besi yang berfungsi untuk menjaga kebersihan saluran air dengan cara menyaring sampah-sampah atau puing-puing agar tidak terus ikut bersama aliran air ke saluran berikutnya. Dalam membuat desain *trash rack* harus memperhitungkan beberapa faktor penting yang meliputi: tekanan statis pada *trash rack*, karakteristik sampah, *head loss*, getaran, kemiringan muka *trash rack*, dan pendekatan kecepatan aliran [8]. [9] mempelajari perbedaan nilai *head loss* melalui model rak sampah terendam dengan bentuk batang yang berbeda. Hasil menunjukkan bahwa nilai *head loss* berkurang untuk bentuk batang selain penampang persegi panjang. [10] menyoroti efek sudut kemiringan yang berbeda pada nilai *head loss trash rack*.

2.2 *Head Loss*

Menurut Victor L. Streeter[11], adanya kekentalan pada fluida akan menyebabkan terjadinya tegangan geser pada waktu bergerak. Tegangan geser ini akan merubah sebagian energi aliran menjadi bentuk energi lain seperti panas, suara dan sebagainya. Pengubahan bentuk energi tersebut menyebabkan terjadinya kehilangan energi. Secara umum *head loss* dibagi menjadi dua macam, yaitu : *Head loss* mayor , terjadi akibat adanya ke kentalan zat cair dan turbulensi karena adanya kekasaran dinding batas dan akan menimbulkan gaya gesek yang akan menyebabkan kehilangan energi di sepanjang aliran. *Head loss* minor, kehilangan energi akibat perubahan penampang dan aksesoris lainnya. Misalnya terjadi pada perubahan arah seperti pembelokan (*elbow*), bengkokan (*bends*), pembesaran tampang (*expansion*), serta pengecilan penampang (*contraction*). Kehilangan energi sekunder atau *head loss* minor ini akan mengakibatkan adanya tumbukan antara partikel zat cair dan meningkatnya gesekan karena turbulensi serta tidak seragamnya distribusi kecepatan pada suatu penampang pipa. Adanya lapisan batas terpisah dari dinding pipa maka akan terjadi olakan atau pusaran air. Adanya olakan ini akan mengganggu pola aliran laminer sehingga akan menaikkan tingkat turbulensi.

3. Model Konseptual

Penelitian ini diawali dengan melakukan Analisa terhadap parameter yang digunakan untuk membuat alternative desain penyaring sampah dan untuk mensimulasikannya menggunakan *software* ANSYS. Setelah melakukan Analisa parameter, akan dilakukan perancangan *orthogonal array* untuk menentukan jumlah eksperimen yang akan dilakukan berdasarkan jumlah faktor dan *level*. Setelah *orthogonal array* dibuat akan dilakukan dilakukan pelaksanaan eksperimen menggunakan *software* ANSYS. Eksperimen yang dilakukan akan menghasilkan *output* berupa nilai head loss yang akan digunakan pada proses perhitungan analisis ANOVA.



Gambar 2. Model Konseptual

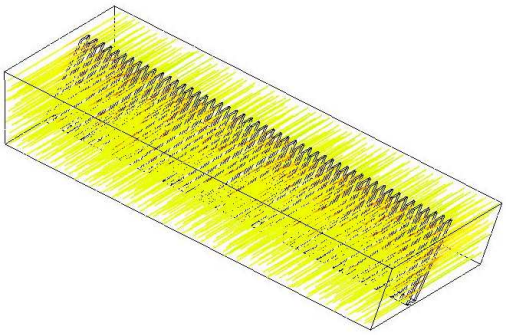
4. Perancangan Eksperimen

Dalam implementasi percobaan, berikut adalah tiga faktor dan variasi *level* yang dipilih:

Tabel 1. Faktor dan *Level*

Faktor	Deskripsi	*Level*		
		1	2	3
A	Bentuk bar			
B	Sudut kemiringan pemasangan (derajat)	45	60	75
C	Ketebalan bar (mm)	8	10	12

Untuk menyelidiki pengaruh interaksi antara faktor-faktor, sebuah *orthogonnal array* $L_{27}(3^3)$ dipilih sebagain desain eksperimen. Sebanyak 27 kombinasi dianalisis secara individual dengan mensimulasikan melalui *Fluid Flow Simulation* untuk melihat nilai *head loss* pada ANSYS. Desain *trash rack* dimodelkan menggunakan *software* Solidworks.



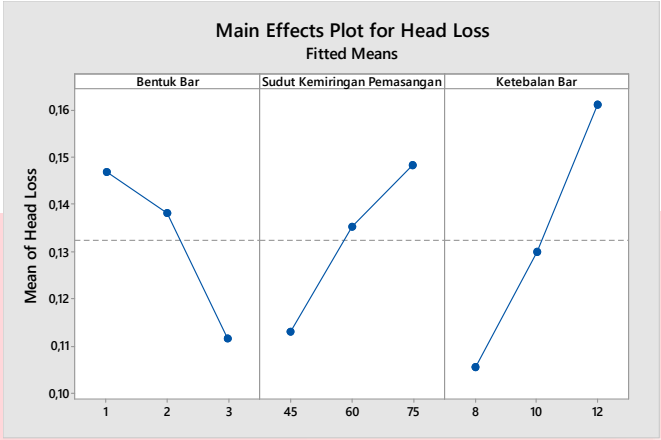
Gambar 3. Pemodelan Simulasi ANSYS

5. Hasil dan Pembahasan

Tabel 2. *Orthogonnal Array* L_{27}

Eksperimen	Faktor			Respon	Eksperimen	Faktor			Respon
	A	B	C	Head Loss(m)		A	B	C	Head Loss(m)
1	1	45	8	0,093113	15	2	60	12	0,154013
2	1	45	10	0,122226	16	2	75	8	0,121656
3	1	45	12	0,159828	17	2	75	10	0,16225
4	1	60	8	0,102694	18	2	75	12	0,181555
5	1	60	10	0,147612	19	3	45	8	0,083005
6	1	60	12	0,200997	20	3	45	10	0,096594
7	1	75	8	0,112649	21	3	45	12	0,113431
8	1	75	10	0,157669	22	3	60	8	0,091705
9	1	75	12	0,22535	23	3	60	10	0,11066
10	2	45	8	0,112613	24	3	60	12	0,134782
11	2	45	10	0,108703	25	3	75	8	0,100083
12	2	45	12	0,128184	26	3	75	10	0,122709
13	2	60	8	0,134364	27	3	75	12	0,152613
14	2	60	10	0,141286					

Nilai *head loss* terendah dari hasil eksperimen yang telah dilakukan terjadi pada eksperimen ke-19 dengan nilai *head loss* sebesar 0,0830046 m. Sedangkan nilai *head loss* tertinggi terjadi pada hasil eksperimen yang ke-9 dengan nilai *head loss* sebesar 0,22535 m.



Gambar 4. Main Effect Plot for Head Loss

Pada faktor bentuk bar, nilai *head loss* minimal yang ditimbulkan terdapat pada *level* 3 yang merupakan bentuk bar yang paling aerodynamic. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Clark dkk.[9] yang menjelaskan perbedaan nilai *head loss* dari *trash rack* dengan bentuk yang berbeda serta untuk bentuk batang selain persegi panjang menghasilkan nilai *head loss* yang lebih kecil. Penelitian dari Hribernik[12] juga menunjukkan bahwa bentuk bar yang aerodynamic menghasilkan nilai *head loss* yang lebih kecil dari nilai *head loss* yang dihasilkan oleh bentuk bar persegi panjang. Semakin aerodynamic bentuk bar dari *trash rack* semakin kecil pula nilai *head loss* yang ditimbulkan.

Pada faktor sudut kemiringan pemasangan, nilai *head loss* minimal yang ditimbulkan terdapat pada *level* pertama yaitu di sudut 45° yang merupakan *level* terkecil dari faktor ini. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Raynal dkk.[5] yang menyoroti efek sudut kemiringan yang berbeda terhadap nilai yang dihasilkan. Hasil menunjukkan bahwa semakin kecil sudut kemiringan pemasangan dari trsh rack maka hambatan air yang ditimbulkan akan berkurang sehingga nilai *head loss* yang ditimbulkan juga akan semakin kecil.

Pada faktor ketebalan bar, nilai *head loss* minimal yang ditimbulkan terdapat pada *level* pertama yaitu *trash rack* dengan ketebalan bar sebesar 8 mm yang merupakan nilai ketebalan terkecil dalam studi ini. Hal ini dikarenakan semakin tebal bar yang digunakan pada *trash rack* maka semakin besar pula hambatan yang terjadi pada aliran airnya sehingga mengakibatkan nilai *head loss* yang semakin tinggi .

Analisis of varians (ANOVA) digunakan untuk mengetahui faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap nilai *head loss* yang dihasilkan. Sebelum dilakukan perhitungan ANOVA, akan dilakukan uji normalitas terlebih dahulu terhadap nilai *head loss* sebagai respon yang dihasilkan untuk mengetahui tipe uji statistik apa yang akan digunakan dalam proses perhitungan ANOVA. Uji normalitas ini dilakukan menggunakan Uji Anderson-Darling. Dalam pengujian ini digunakan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Data berdistribusi secara normal
H_1 : Data tidak berdistribusi secara normal
Daerah Kritis : H_0 ditolak jika P-*Value* $\leq \alpha$, di mana α yang digunakan adalah 0,05.

Tabel 3. Hasil ANOVA

Faktor	F-*Value*	P-*Value*
Bentuk Bar	12,42	0,000
Sudut Kemiringan Pemasangan	11,85	0,000
Ketebalan Bar	28,54	0,000
Bentuk Bar*Sudut Kemiringan Pemasangan	0,96	0,478
Bentuk Bar*Ketebalan Bar	16,51	0,001
Sudut Kemiringan Pemasangan*Ketebalan Bar	5,55	0,019

Setelah dilakukan pengujian ANOVA menggunakan *software* Minitab 17, diperoleh hasil ANOVA seperti yang digambarkan pada Tabel 3. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa faktor *bar shape*, sudut kemiringan, dan ketebalan memiliki nilai P-*Value* sebesar 0, di mana nilai P-*Value* dari ketiga faktor tersebut lebih kecil sama dengan 0,05, yang mengindikasikan ketiga faktor tersebut memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil eksperimen. Begitu juga dengan nilai P-*Value* dari hasil interaksi antara faktor bentuk bar dengan ketebalan bar serta interaksi antara faktor ketebalan bar dengan sudut kemiringan pemasangan yang mengindikasikan interaksi antara kedua faktor tersebut saling berkaitan secara signifikan dalam pengaruhnya terhadap hasil signifikansi masing-masing faktor terhadap hasil eksperimen. Namun untuk hasil nilai P-*Value* dari interaksi antara faktor bentuk bar dengan sudut kemiringan pemasangan memiliki nilai P-*Value* jauh lebih besar dari 0,005.

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis eksperimen, didapatkan kombinasi faktor desain *trash rack* yang memiliki nilai *head loss* minimal adalah bentuk bar pada *level* ke-3, sudut kemiringan pepasangan pada *level* ke-1 yaitu 45°, serta ketebalan bar pada *level* ke-1 yaitu 8 mm. Dari ketiga faktor desain *trash rack* yang paling berpengaruh secara signifikan terhadap nilai *head loss* yaitu ketebalan bar.

Daftar Pustaka:

[1] United Nations Environment Programme, *Marine Plastic Debris & Microplastics*. 2016.

[2] J. R. Jambeck *et al.*, “Plastic Waste Inputs from Land into The Ocean,” 2015.

[3] W. C. Li, H. F. Tse, and L. Fok, “Plastic waste in the marine environment : A review of sources , occurrence and effects,” *Sci. Total Environ.*, vol. 567, pp. 333–349, 2016.

[4] L. C. M. Lebreton, J. Van Der Zwet, J. Damsteeg, B. Slat, A. Andrady, and J. Reisser, “River plastic emissions to the world ’ s oceans,” *Nat. Commun.*, vol. 8, pp. 1–10, 2017.

[5] R. N. Tyler, “River Debris : Causes , Impacts , and Mitigation Techniques,” 2011.

[6] C. Rickard, P. Robinson, M. Whiting, and H. Wicks, *Trash and Security Screen Guide 2009*. Environment Agency, 2009.

[7] M. Zayed, A. El, and M. Sallah, “An experimental study on angled trash screen in open channels,” *Alexandria Eng. J.*, 2018.

[8] M. Ramos, “Design of Trash Racks for Hydraulic Structures,” *Bur. Reclam. Hydraul. Branch*, 1982.

[9] P. Taylor, S. P. Clark, J. M. Tsikata, and M. Haresign, “Experimental study of energy loss through submerged trashracks,” no. February 2015, pp. 37–41, 2010.

[10] S. Raynal, D. Courret, L. Chatellier, M. Larinier, and L. David, “An Experimental Study on Fish-Friendly Trashracks – Part 1. Inclined Trashracks,” *J. Hydraul. Res.*, vol. 51, pp. 56–66, 2013.

[11] Victor L. Streeter dan E. Benjamin Wylie, "*Mekanika Fluida Edisi Delapan"*, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1996.

[12] A. Hribernik and M. Fike, “Economical Optimization of A Trashrack Design for A Hydropower Plant,” *Trends Dev. Mach. Assoc. Technol.*, no. September, 2013.