

## Pengurangan Kerugian Jatuh Tekanan Menggunakan Biopolimer Serbuk Lendir Belut dan Lele pada Pipa Saluran Tangki Air Harian Kapal

Marcus A. Talahatu, Gunawan dan Indah Puspitasari  
Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok 16424  
Email : marco@eng.ui.ac.id

### Abstrak

Tangki harian kapal merupakan salah satu tangki yang paling sering mengalirkan air untuk keperluan tertentu seperti untuk mencuci dan sebagainya. Untuk mengalirkan air tersebut diperlukan suatu sistem perpipaan. Suatu sistem perpipaan mempunyai koefisien gesek yang dapat terjadi pada saat fluida mengalir. Kerugian jatuh tekanan (pressure drop) memiliki kaitan dengan koefisien gesek dan merupakan hal penting dalam penggunaan energi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mencari kondisi optimal pengoperasian dimana nilai kerugian jatuh tekanan dapat sekecil mungkin. Pada kecepatan tertentu diharapkan nilai kerugian jatuh tekanan paling optimal sehingga akan mengurangi konsumsi energi

Pipa acrylic Ø 1 inch digunakan dalam penelitian ini. Zat aditif berupa biopolimer bubuk lendir lele dan belut ditambahkan untuk melihat fenomena kerugian jatuh tekanan yang terjadi. Konsentrasi penambahan zat adiktif biopolimer yakni 250 ppm, 300 ppm dan 400 ppm. Biopolimer serbuk lendir digunakan karena ramah lingkungan, tidak beracun dan tidak mengganggu kadar kemurnian air secara signifikan. Diharapkan dengan penambahan biopolimer tersebut dapat mengurangi kerugian jatuh tekanan pada kondisi tertentu sehingga menghemat penggunaan pompa.

**Keywords:** Pressure drop, Koefisien gesek, Tangki harian kapal, Biopolimer serbuk lendir lele dan belut.

### Pendahuluan

Tantangan dunia akan pemanasan global, perubahan iklim dan penghematan pemakaian energi sangat penting untuk terus diteliti oleh para ilmuwan dunia. Metode baru diciptakan dan metode lama terus dikembangkan. Penghematan energi atau pengurangan kerugian pada fluida dalam sistem perpipaan juga sangat penting untuk dikaji atau dikembangkan. Ilmu mekanika fluida sangat berperan penting dalam mengetahui karakteristik fluida saat mengalir. Fluida dapat mengalir di dalam pipa dengan kecepatan yang diinginkan bila gaya hambat yang terjadi di dalam pipa tersebut dapat diatasi. Kerugian energi yang dibutuhkan untuk memindahkan fluida disebut kerugian jatuh tekan.

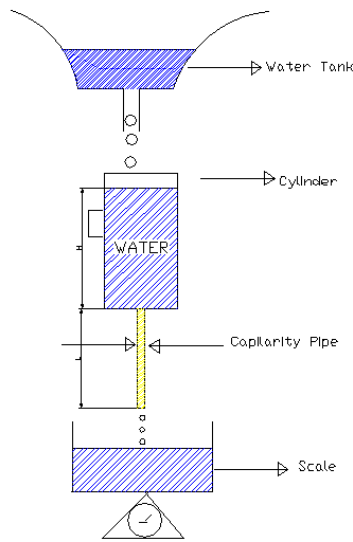
Kerugian jatuh tekan (*pressure drop*) merupakan hal penting dalam sistem aliran dalam pipa karena berhubungan dengan penggunaan energi. Kerugian jatuh tekan erat kaitannya dengan nilai koefisien gesek yang terjadi dalam aliran. Koefisien gesek adalah koefisien pergesekan antara aliran air yang mempunyai kecepatan rendah dengan aliran air yang mempunyai kecepatan lebih tinggi. Pengurangan hambatan dapat didefinisikan dengan pengurangan nilai koefisien gesek untuk aliran di dalam pipa atau pengurangan koefisien bentuk pada aliran luar. Koefisien gesek didapat dari tegangan geser (*shear stress*) yang terjadi diantara setiap perbedaan lapisan

kecepatan.

Pada kapal terdapat banyak sekali system perpipaan, salah satu contohnya adalah system perpipaan air tawar / *Fresh water*. Sesuai dengan fungsinya , instalasi pipa air Tawar/*Fresh water* digunakan untuk mengalirkan air Tawar dari satu tanki ke sistim yang dibutuhkan, dari luar ke dalam kapal pada saat pengisian Air Tawar , dari tanki ke katup-katup di daerah ruang akomodasi untuk kebutuhan orang dikapal dan lain sebagainya. Pengaliran air Tawar menggunakan sarana pompa, dapat berupa pompa hisap atau pompa tekan, pompa ini disebut Pompa air Tawar/*Fresh water pump*.

### Metode Eksperimen

Pipa kapiler vertikal (viskometer) digunakan untuk mengetahui sifat-sifat larutan serbuk lendir belut dan lele saat mengalir didalam pipa (Rheology). Head divariasikan untuk mendapatkan kecepatan alir yang bervariasi. Debit yang keluar ditampung dengan gelas ukur dalam periode waktu untuk mendapatkan kapasitas aliran. Hubungan shear stress dengan shear strain akan didapatkan untuk membuat kurva aliran (flow curve).



Gambar 1. Eksperimental Set-up

Dari percobaan yang telah dilakukan, didapatkan data mentah berupa perbedaan ketinggian head ( $\Delta P$ ) pada setiap ppm campuran biopolymer (serbuk lendir belut dan lele), volume fluida ( $v$ ), waktu yang diperlukan untuk mencapai volume tertentu, massa jenis dari fluida ( $\rho$ ), dan temperatur fluida ( $T$ ). Dari volume dan waktu nantinya didapat debit aliran dan kecepatan aliran fluida, dari massa yang ditimbang didapat massa jenis fluida. Dari temperatur didapat viskositas dari fluida tersebut. Dari diameter dan panjang pipa serta perbedaan tekanan didapat shear stress dan shear rate, dari nilai tegangan geser (*shear stress*) dan laju aliran dari fluida tersebut maka power law indeks ( $n$ ) dapat diketahui. Dari data-data yang ada nantinya digunakan untuk menghitung friksi yang terjadi dan Bilangan Reynolds.

Pada fluida Non-Newtonian secara umum hubungan tegangan geser (*shear stress*) dan gradient kecepatan (*shear rate*) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\tau = K \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)^n = K (\gamma)^n \dots\dots (1)$$

Dengan :

$$\tau = \frac{D\Delta P}{4L} \dots\dots\dots (2)$$

$$\gamma = \frac{8V}{D} \dots\dots\dots (3)$$

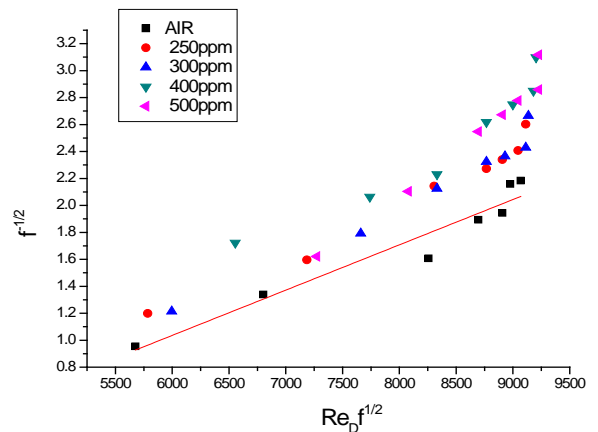
Dari nilai tegangan geser (*shear stress*) dan laju aliran dari fluida tersebut maka power law index ( $n$ ) dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$n = \frac{\text{Log} \frac{\tau_1}{\tau_2}}{\text{Log} \frac{\gamma_1}{\gamma_2}} \dots\dots\dots (4)$$

Nilai koefisien gesek ( $\lambda$ ) dicari menggunakan formulasi Darcy-Weisbach sebagai berikut :

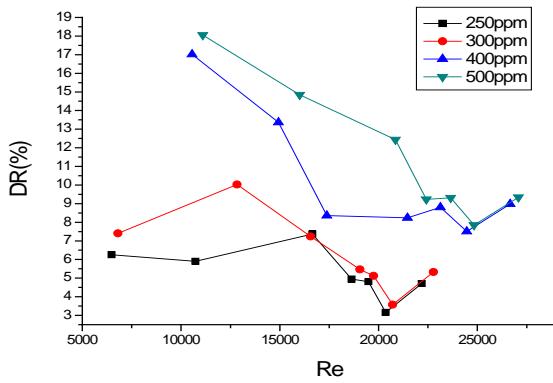
$$hf = \frac{\lambda L}{D} \left( V^2 / 2g \right) \dots\dots\dots (5)$$

Hasil dan Pembahasan



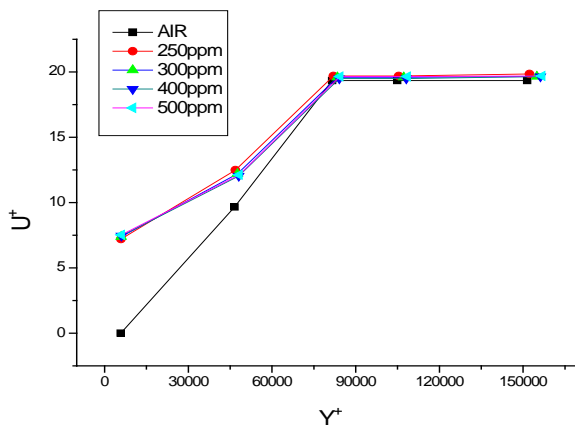
Grafik 1. Hasil Perbandingan Re dengan koefisien gesek

Grafik 1 menggambarkan hubungan antara nilai koefisien gesek dengan bilangan Reynolds. Pada aliran turbulen nilai koefisien gesek banyak juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lain misalnya kekasaran permukaan pipa. Dari grafik terlihat bahwa nilai faktor gesekan pangkat 1/2 dibandingkan dengan  $Re D f^{1/2}$  pangkat 1/2 adalah linear. Data hasil percobaan terlihat bahwa friksi pada fluida air lebih besar jika dibandingkan dengan fluida yang dicampur dengan lendir belut yang juga mengalami penurunan seiring dengan penambahan ppm. Faktor gesekan pada air murni jika dibandingkan dengan fluida yang ditambah dengan biopolymer mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya nilai Re.



Grafik 2. Drag reduction yang terjadi

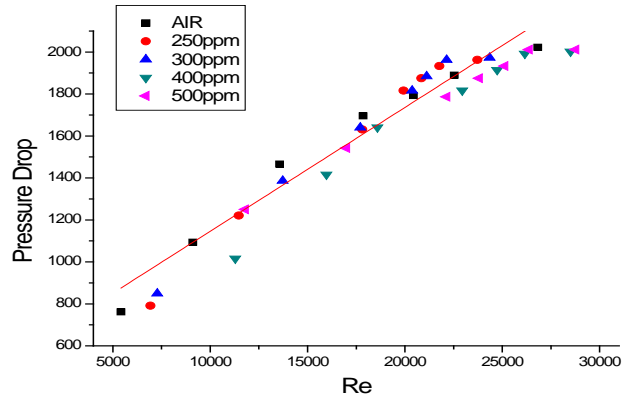
Kecenderungan pada sifat atom yang tidak stabil jika tidak berpasangan menimbulkan adanya gaya tarik menarik antar atom. Karena adanya gaya pegas tarik menarik antar monomer yang menyebabkan pemanjangan / penguluran mengakibatkan polimer selalu bergerak bersamaan sehingga hambatan yang terjadi pada fluida menjadi lebih kecil. Semakin banyak ppm yang diberikan maka akan semakin banyak monomer yang terbentuk dan bergabung membentuk polimer dan mengakibatkan gaya tarik menarik antar monomer semakin besar dan menyebabkan terjadinya penguluran pada molekul sehingga hambatan pada fluida menjadi berkurang dan dapat mempercepat aliran fluida tetapi dengan menggunakan energi yang lebih kecil.



Grafik 3. Hasil Perbandingan  $Y^+$  dan  $U^+$

Berdasarkan perhitungan data, dapat terlihat perbedaan angka-angka yang muncul untuk setiap variabel percobaan. Angka-angka tersebut kemudian divisualisasikan ke dalam bentuk kurva perbandingan untuk melihat korelasi antara  $Y^+$  yang merupakan koordinat dinding pipa dengan  $U^+$  yang merupakan kecepatan dimensi. Pada gambar kurva yang menunjukkan perhitungan hukum dinding aliran turbulen yang kita dapatkan adalah berupa koordinat x dan y. Dengan x adalah  $Y^+$  dan y adalah  $U^+$ . Dari grafik terlihat perbedaan nilai titik  $Y^+$  pada setiap

PPM yang nilainya meningkat. Yang mengindikasikan bahwa pada setiap kenaikan PPM terjadi pula kenaikan shear stress (tegangan geser) pada aliran turbulen pada pipa. Dapat disimpulkan bahwa karena adanya pengaruh dari shear stress yang nilainya cenderung meningkat pada setiap kenaikan PPM, seiring dengan itu pula angka koordinat pada dinding pipa ( $Y^+$ ) juga mengalami peningkatan.



Grafik 4. Hasil Perbandingan Re dengan Pressure Drop

Seiring dengan kenaikan penambahan ppm pada fluida, temperatur dan massa jenis fluida juga meningkat sehingga mempengaruhi nilai kerugian jatuh tekanan. Seiring dengan penambahan polymer lendir belut 250 ppm, 300 ppm, 400 ppm, 500 ppm ke dalam fluida, nilai kerugian jatuh tekanan cenderung menurun sehingga tidak ada kerugian dalam penggunaan energi pompa.

### Kesimpulan

Dari hasil eksperimen dan analisi data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa

- Semakin besar ppm biopolymer belut maka semakin besar pula persen drag reduction.
- Semakin besar Bilangan Reynolds pada suatu fluida maka friksi yang dihasilkan akan semakin kecil.
- Pada hukum dinding nilai shear stress, viskositas dan temperatur fluida sangat berpengaruh, semakin besar ppm yang diberikan maka akan semakin berpengaruh pada kecepatan geser pada dinding pipa uji.
- Semakin besar nilai ppm biopolymer belut yang diberikan kecenderungan kerugian jatuh tekanan akan lebih kecil sehingga tidak ada kerugian pada penggunaan energi.

**Nomenklatur**

V	Kecepatan rata-rata aliran [m/s]
D	Diameter dalam pipa [m]
$\nu$	viskositas kinematik fluida [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]
$\mu$	viskositas dinamik fluida [ $\text{kg}/\text{ms}$ ]
K	Indeks konsistensi [-]
$\tau$	Tegangan geser [Pa.s]
N	Indeks perilaku aliran (power law index) [-]
$\gamma$	Laju aliran [1/s]
DR	Drag reduction [%]

**Referensi**

1. Munson, B.R., *Fundamentals of Fluid Mechanics 4th Ed*, John Wiley & Sons, Inc. 2000
2. Gyr. A, and Bewersdorff. W. H., “*Drag Reduction of Turbulent Flows by Additives.*” Kluwer Academic Publisher. London. 1995.
3. Theodorsen, Theodore., and Regier Arthur, “*Experiments on Drag of Revolving Disks, Cylinders, and Streamline Rods at Jogh Speeds.*” Journal., Report No. 793.
4. Zanon. E. S., and Durst. F., Nagib. H., “*Evaluating the Law of The Wall in Two-Dimensional Fully Developed Turbulent Channel Flows.*” Journal Physics of Fluids. Volume 15, Number 10. October 2003.
5. Rosen, Wm. Moe., and Conford, E. Neri. *Fluid Friction of the Slime of Aquatic Animals.* Naval Undersea Research And Development Center.