

Drag Reduction pada Fluida Non-Newtonian dengan Penambahan Biopolimer

Yanuar¹, Gunawan¹, Kurniawan T. Waskito¹, Sri Poernomo Sari², Ario Gerald³

Abstrak

Penggunaan Drag Reduction Agent (DRA) merupakan salah satu metode untuk mengurangi kerugian daya didalam pipa. Penelitian ini membahas penggunaan biopolimer sebagai pelarut yang digunakan dalam upaya mengurangi energi yang dibutuhkan dalam mengalirkan aliran fluida non-newtonian didalam pipa. Biopolimer dapat menghasilkan *drag reduction* yang baik pada fluida non-newtonian, tidak cepat tereduksi, dan juga tidak memiliki dampak lingkungan yang berat. Biopolimer yang digunakan merupakan *xanthan gum* yang telah dipelajari sebagai fungsi konsentrasi. Penelitian ini dilakukan dengan variasi konsentrasi larutan biopolimer yaitu 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm. Hasil percobaan menunjukkan terjadi pengurangan nilai koefisien gesek pada aliran dengan nilai drag reduction maksimum mencapai 25%. Berdasarkan penelitian ini, biopolimer dapat dipertimbangkan sebagai solusi untuk mengurangi hambatan pada aliran fluida didalam pipa.

Keywords: drag reduction, non-newtonian, biopolimer, xanthan gum

PENDAHULUAN

Inovasi dalam memenuhi target yang ingin dicapai untuk mendapatkan efisiensi energi telah banyak dilakukan. Upaya yang dilakukan secara umum menjadi 2 klasifikasi, yaitu kontrol aktif seperti memodifikasi bentuk pipa dan kontrol pasif seperti penambahan zat aditif pada aliran fluida didalam pipa [1].

Penelitian menemukan bahwa penambahan larutan mempengaruhi tekanan yang dibutuhkan untuk mengurangi turbulensi yang terjadi pada fluida kerja. Larutan aditif digunakan untuk menghasilkan *drag reduction* dikarenakan proses yang lebih mudah dilakukan dibanding harus merubah pipa aliran [2]. Meskipun teknik kontrol pasif dengan penambahan larutan aditif tidak memerlukan energi secara terus menerus dan diperoleh rasio pengurangan hambatan yang besar, penerapannya terbatas karena terjadi degradasi atau beban lingkungan yang meningkat [1].

Penggunaan zat aditif seperti polimer dan surfaktan pada berbagai penelitian menunjukkan hasil yang baik. Memiliki keunggulan ketahanan geser yang kuat, konsentrasi rendah, dan laju *drag reduction* yang tinggi pada bilangan Reynolds yang lebih tinggi [3]. Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan larutan aditif terus dikembangkan untuk mencapai target yang ingin dicapai. Pengurangan hambatan yang lebih baik pada akhirnya ditentukan dengan memeriksa efek lingkungan[4].

Beberapa peneliti mulai menggunakan guar gum, xanthan gum polisakarida tanaman, sebagai biopolimer zat pereduksi hambatan yang mampu mengurangi hambatan pada aliran fluida didalam pipa dan juga memiliki beban lingkungan yang rendah. [5][6][7]. Dari sudut pandang dampak lingkungan, biopolimer baik digunakan karena larutan aditif pereduksi hambatan ini terurai seiring waktu. Maka dari itu perlu dicari suatu larutan biopolimer yang tidak mudah terdegradasi dan juga ramah lingkungan. Penelitian tentang zat pereduksi hambatan telah dibahas oleh beberapa sumber.

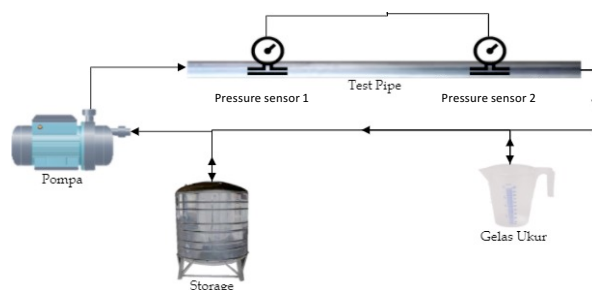
Namun, beberapa ulasan tentang aditif pengurang gaya hambat tidak cukup merinci perkembangan dalam dekade terakhir dan bertujuan untuk mengembangkan dan mengkaji perkembangan lebih lanjut dan kemungkinan inovasi yang dapat diterapkan dalam beberapa tahun ke depan mengenai aditif *drag reduction*.

Berdasarkan hal ini, penelitian tersebut membahas karakteristik fluida yang mengalir dan pengaruh biopolimer dalam aspek penelitian yang dilakukan dalam upaya mengurangi energi yang dibutuhkan dalam mengalirkan aliran fluida non-newtonian dengan pengurangan hambatan melalui modifikasi aliran dan *drag reduction agent*.

Perbaikan dapat terjadi dengan menginovasi komposisi kimia pelarut atau persentase larutan. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji mekanisme pengurangan hambatan yang terjadi, yang berguna untuk mendukung pengurangan hambatan, dan saran bagi industri yang dapat mengimplementasikan penemuan dan inovasi di dunia teknik kimia dan Teknik mesin.

Eksperimental Set-up

Alat pengujian dirancang sebagai alat uji skala laboratorium, yaitu penggunaan alat yang hanya ditunjukkan untuk penelitian dan pengambilan data. Gambar 1 menunjukkan setup alat uji dimana larutan *xanthan gum* dalam tangki dialirkan ke dalam pipa menggunakan pompa sentrifugal. Untuk mengukur perbedaan tekanan dalam pipa menggunakan pressure sensor.



Gambar 1. Rancangan alat uji

Analisis

Shear stress, r sebanding dengan *velocity gradient*, γ (*shear rate*), dapat dijelaskan dengan model Newtonian:

$$r = \mu \frac{du}{dy}$$

Dimana μ adalah viskositas dinamik. Viskositas didefinisikan sebagai rasio tegangan geser terhadap laju geser. Hubungan tegangan geser dan laju geser sebagai berikut:

$$\frac{\Delta P}{4L} = \mu \frac{8u}{D}$$

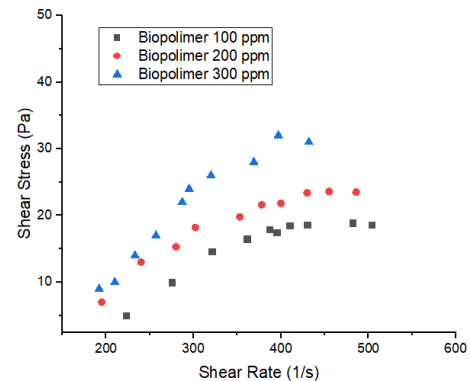
D adalah diameter dalam pipa, ΔP adalah *pressure drop*, L adalah Panjang pipa (*test section*), and U adalah *average velocity*. Koefisien gesek, f , dapat diperoleh dari *Darcy Equation*:

$$\Delta H = \mu \frac{L U^2}{D 2g}$$

f adalah koefisien gesek, ΔH adalah *head gradient* di atas panjang pipa yang diukur, dan g adalah percepatan gravitasi. *Drag reduction* dalam pipa dapat diperoleh menggunakan persamaan :

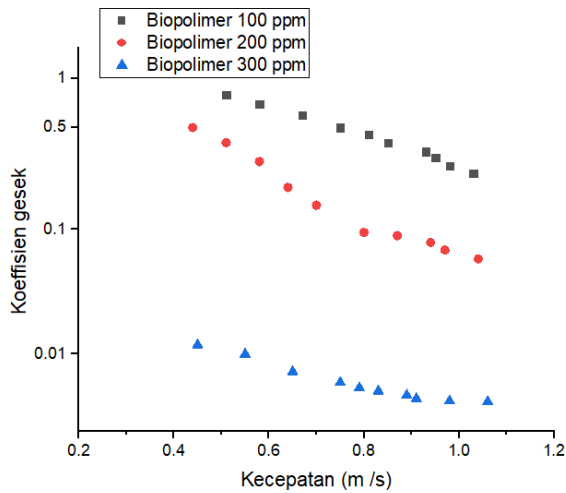
$$DR = \left| \frac{f - f_{fiber}}{f} \right| \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN



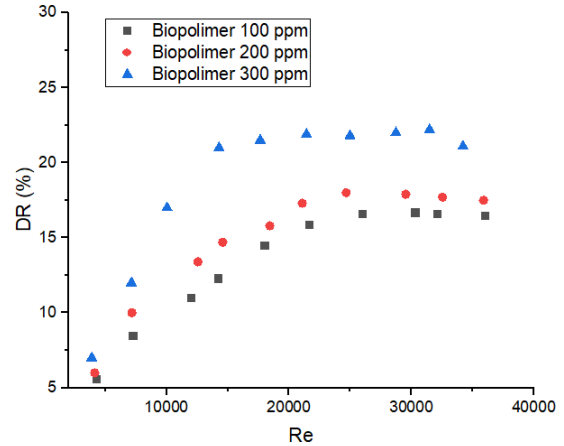
Gambar 2. Grafik perbandingan *shear stress* terhadap *shear rate*

Gambar 2 di atas merupakan grafik perbandingan *shear stress* terhadap *shear rate* larutan biopolimer xanthan gum pada konsentrasi masing-masing 100 ppm, 200 ppm, dan 300 yang diuji pada alat uji. Data didapatkan dari hasil pengujian yang menghasilkan hasil perhitungan *shear stress* dan *shear rate*. Dari pengamatan hasil pengujian dapat disimpulkan larutan biopolimer merupakan fluida non-Newtonian.



Gambar 3. Grafik perbandingan kecepatan aliran terhadap koefisien gesek dalam pipa

Pada Gambar 3 dapat dicermati pada grafik yaitu perbandingan nilai kecepatan aliran terhadap koefisien gesek dalam pipa. Pada masing-masing konsentrasi terlihat pola aliran yang semakin menurun pada nilai koefisien gesek seiring meningkatnya nilai kecepatan aliran. Nilai koefisien gesek untuk air hanya dipengaruhi oleh kekasaran permukaan pipa. Koefisien gesek akan semakin besar apabila kekasaran permukaan pipa juga semakin kasar. Berdasarkan data yang dilihat dari grafik pada gambar 3, koefisien gesek pada larutan biopolimer dengan konsentrasi 300 ppm memiliki nilai koefisien yang paling kecil. Sehingga Penambahan larutan biopolimer dengan 300 ppm yang akan paling signifikan dalam mengurangi hambatan pada pipa.



Gambar 4. Grafik perbandingan *drag reduction* larutan biopolimer xanthan gum pada pipa

Gambar grafik diatas menunjukkan *drag reduction* larutan biopolimer *xanthan gum*. Terlihat pada grafik nilai *drag reduction* semakin besar hingga bilangan Reynolds sekitar 22.000, setelah itu nilai *drag reduction* relative konstan dan perlahan mengecil. Dari grafik tersebut terlihat bahwa nilai *drag reduction* yang didapatkan bertambah sekitar 25%.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini digunakan biopolimer xanthan gum sebagai objek penelitian untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pengurangan nilai koefisien gesek. Tiga variasi yang digunakan yakni 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm terbukti memberi pengaruh terhadap nilai koefisien gesek. Nilai tertinggi dari pengurangan nilai koefisien gesek terlihat pada fluida kerja dengan larutan biopolimer xanthan gum dengan konsentrasi 300 ppm. Biopolimer xanthan gum juga mengubah sifat aliran fluida dari Newtonian menjadi non-Newtonian hal ini yang menjadi faktor terjadinya pengurangan nilai koefisien gesek.

REFERENSI

- K. Watanabe. *Drag reduction of complex mixtures*. Minami-Osawa, Hachioji, Japan: Academic Press, 2018.
- Abdul-Hadi, A.A. and A.A. Khadom, *Studying the effect of some surfactants on drag reduction of crude oilflow*. Chinese Journal of Engineering, 2013.
- Gu, Y.; Yu, S.; Mou, J.; Wu, D.; Zheng, S. *Research Progress on the Collaborative Drag Reduction Effect of Polymers and Surfactants*. Materials 2020, 13, 444
- Allessandro Utomo, Achmad Riadi, Gunawan and Yanuar, *Drag Reduction Using Additives in Smooth Circular Pipes Based on Experimental Approach*. Processes 2021, 9, x.
- Yanuar, Gunawan and M. Baqi, *Characteristics of Drag Reduction by Guar Gum in Spiral Pipes* (Jurnal Teknologi, 2012), 58: pp. 95-99.
- Watanabe, K.; Ogata, S. *Drag Reduction of Aqueous Suspensions of Fine Solid Matter in Pipe Flows*. AIChEJ. 2021, 67, e17241.
- Sealtial Mau and Yanuar, *Effect of Calcium Carbonate Solution on Drag Reduction in a Pentagon Spiral Pipe* (Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, 2018), 46 (1) pp. 41-48.
- Frank M.White . 2011. *Fluid Mechanics 7th edition*. United State of America : The McGraw-Hill Companies
- Tamano, S., Ikarashi H., Morinishi Y., Taga K., *Drag reduction and degradation of nonionic surfactant solutions with organic acid in turbulent pipe flow* (Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 2015), 215:pp. 1-7.
- Yanuar, Gunawan, M. Raihan Setiawan, Whisnu Febriansyah, and Angga Arianda. *Drag reduction effect of crude palm oil flow by using Tween 80 in pentagon spiral pipe*. The 4th International Tropical Renewable Energy Conference (i-TREC 2019)

Yanuar, W.K., Kurniawan T. Waskito, Gunawan and Budiarmo, *Drag Reduction and Velocity Profiles Distribution of Crude Oil Flow in Spiral Pipes* (International Review of Mechanical Engineering, 2015), 9(1)pp. 1-10.

NOMENKLATUR

D	: diameter pipa, mm	DR	: drag Reduction
k	: tinggi kekasaran, mm	n	: power-law indeks
ΔP	: kerugian jatuh tekanan, N/m ²	Ppm	: konsentrasi, %
Re	: generatif bilangan Reynolds	Q	: debit, m ³ /detik
f	: koefisien gesek		
ν	: viskositas kinematik, m ² /s		
ρ	: berat jenis, kg/m ³		
τ	: shear stress, Pa		
$\dot{\gamma}$: shear rate, 1/s		
U	: kecepatan rata-rata fluida		

PENULIS:

Yanuar, Gunawan, Kurniawan T.W.
Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia
Kampus UI Depok, 16424, Indonesia
Email: yanuar@eng.ui.ac.id
Telp/Fax: 021-7270032 / 021-7270033

Sri Poernomo Sari
Jurusan Teknik Mesin, Universitas Gunadarma
Kampus UI Depok, 16424, Indonesia
Email: yanuar@eng.ui.ac.id
Telp/Fax: 021-7270032 / 021-7270033

Ario Gerald
Mahasiswa Pasca Sarjana Departemen Teknik
Mesin, Universitas Indonesia.
Kampus UI Depok, 16424, Indonesia
Email: yanuar@eng.ui.ac.id
Telp/Fax: 021-7270032 / 021-7270033