

Pengaruh Penambahan Biopolimer Xanthan Gum untuk Mengurangi Konsumsi Energi pada Sistem Perpipaan

Effect of Biopolymer Xanthan Gum Adding to Decrease the Energy Consumption in Pipelines

Sealtial Mau*, Crisyamor Daniel Pada

Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Nusa Tenggara Timur, Indonesia.

*Corresponding author email: sealtial.mau@staf.undana.ac.id



Kata Kunci:

Biopolimer; Kontrol Aktif; Non-Newtonian; Jatuh Tekanan

Abstrak

Drag merupakan salah satu hambatan yang terjadi pada sistem transportasi fluida dimana hal ini merupakan hal yang menarik untuk dikaji. Pada penelitian ini fluida kerja yang digunakan untuk disirkulasikan adalah campuran air dan xanthan gum. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan xanthan gum terhadap penurunan tahanan gesek pada sistem perpipaan. Penambahan xanthan gum sebagai biopolimer termasuk dalam kategori kontrol aktif yang digunakan dalam kajian ini. Pada penelitian ini dirancang rangkaian sistem perpipaan secara horizontal dengan panjang pipa uji utama 0,8 m dengan diameter 0,015 m dan campuran fluida kerja yang divariasikan masing-masing 100 ppm, 300 ppm dan 500 ppm. Dari ketiga konsentrasi tersebut nilai tahanan gesek terendah pada fluida kerja dengan campuran 100 ppm pada kecepatan $\pm 1,5$ m/s dengan nilai koefisien gesek sebesar 0,0053. Konsentrasi fluida kerja 300 ppm dan 500 ppm tidak memberikan keuntungan karena memiliki koefisien gesekan di atas air murni masing-masing yaitu 0,1578 dan 0,3276.

Keywords:

Biopolymer; Kontrol Aktif; Non-Newtonian; Pressure Drop

Abstract

Drag is one of the obstacles that occur in fluid transport systems where this is an important thing to study. In this study, the working fluid used to circulate was a mixture of water and xanthan gum. The purpose is to determine the effect of adding xanthan gum to reduce the frictional resistance in the piping system. The addition biopolymer of xanthan gum as the active control applied in this study. In this study, a series of piping systems were designed horizontally with a main test pipe length of 0.8 m with a diameter of 0.015 m. The working fluid mixture was varied, respectively, 100 ppm, 300 ppm, and 500 ppm. Of the three working fluid concentrations, the water-xanthan gum mixture showed the lowest frictional resistance value in the working fluid with a mix of 100 ppm, namely at the velocity of ± 1.5 m/s the coefficient of friction was 0.0053. The concentrations of 300 ppm and 500 ppm of working fluid was not provided the advantage because having the friction coefficient above the pure water whereas 0.1578 and 0.3276 respectively.

PENDAHULUAN

Adanya temuan hambatan-hambatan yang sering terjadi pada sistem transportasi fluida merupakan hal yang menarik dalam upaya efisiensi energi. Hal ini membuat para ilmuwan untuk terus berfikir sehingga menghasilkan terobosan baru dalam meningkatkan efisiensi energi dengan teknologi yang mampu diaplikasikan dalam berbagai bidang. Salah satu aplikasinya adalah peningkatan efisiensi energi pada aliran fluida dalam sistem instalasi perpipaan baik itu di rumah-rumah, perusahaan dan industri.

Ada dua metode dalam pengurangan hambatan aliran pada pipa, yaitu metode kontrol aktif dan metode kontrol pasif menurut Watanabe (2018). Metode aktif adalah metode yang dilakukan dengan cara penambahan sejumlah kecil zat aditif seperti surfaktan, serat alami dan polimer ke dalam fluida Newtonian yang dapat mengurangi hambatan gesek pada bilangan Reynolds tertentu Deka et al. (2018), Senapati et al. (2013). Metode kontrol pasif adalah metode yang dilakukan dengan membentuk geometri pipa sedemikian rupa hingga

menghasilkan pengurangan hambatan pada aliran. Kedua metode ini dilakukan untuk penghematan energi dalam sistem transportasi fluida pada pipa Yanuar et.al. (2019), Mau et al. (2020).

Toms telah melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan polimer pada air yang mendapatkan pengurangan hambatan gesek saat air dialirkan dalam pipa Toms (1948). Dengan penambahan polimer jenis PEO (*Poly Ethylene Oxide*) masing masih percobaan sebesar 20 ppm – 500 ppm yang dapat mengurangi hambatan gesek mencapai 65%. Pengujian dengan penggunaan larutan biopolimer untuk aliran dalam pipa juga telah di uji oleh Yanuar. Pada penelitiannya mengungkapkan bahwa larutan biopolimer dapat mengurangi hambatan gesek pada pipa hingga mencapai 30%, namun dengan degradasi mekanis yang terjadi sangat cepat, Yanuar (2012).

Xanthan Gum yang adalah polisakarida ekstraseluler ini diproduksi oleh *Xanthomonas Campestris*. Xanthan gum ini mempunyai rantai utama dengan ikatan β (1,4) DGlukosa, ikatan tersebut serupa struktur selulosa. Rantai cabang terdiri dari mannanosa asetat, mannanosa dan asam glukuronat. Xanthan gum yang juga adalah hidrofilik biopolimer yang dapat larut dalam air dingin maupun air panas ini hanya dapat larut dalam sebagian kecil pelarut organik. Polisakarida hidrokoloid lainnya seperti CMC, guar gum jelas memiliki viskositas ketika menjadi pelarut namun larutan xanthan gum menunjukkan viskositas yang lebih tinggi walau dengan nilai konsentrasi rendah. Xanthan gum termasuk rumpun serat terlarut (*soluble fiber*) sehingga karakteristiknya dapat membentuk gel jika bercampur dengan fluida cair (*liquid*) menurut Gustiani et al. (2018).

Pada penelitian ini akan dijelaskan sebuah aliran yang mengalir pada pipa akrilik dengan ukuran $\frac{1}{2}$ ". Variasi konsentrasi dari xanthan gum yang digunakan adalah 100 ppm, 300 ppm dan 500 ppm. Hal ini dimaksudkan untuk dapat membuktikan pengurangan hambatan gesek yang terjadi di dalam pipa akrilik ukuran $\frac{1}{2}$ ".

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan

Penelitian dilakukan menggunakan komponen peralatan yang dirangkai untuk menemukan nilai pengurangan hambatan dari aliran fluida. Rancangan pipa uji horizontal terdiri dari 2 buah tandon untuk menampung fluida kerja yang akan dialirkan menuju pipa uji utama dan yang keluar. Pipa uji dengan diameter 12.7 mm dan panjang 800 mm digunakan untuk mengumpulkan data. Pompa difraghna (Pompa DC 12V *double pump motor* 130 PSI *original sinleader high pressure*) digunakan untuk memompa fluida kerja dari tangki menuju pipa uji. Alasan pemilihan tipe pompa ini adalah agar pada saat memompa fluida kerja, serat dari larutan biopolimer tidak menjadi rusak. Selanjutnya dimmer yang digunakan untuk mengatur kerja pompa untuk memvariasikan debit aliran. Manometer U digunakan untuk mengukur perbedaan tekanan serta gelas ukur untuk mengukur debit aliran. Untuk mengembalikan fluida kerja dari tangki keluar ke tangki pertama yaitu dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Hand Mixer digunakan untuk memblender air dan xanthan gum. Sebuah timbangan digital yang standar digunakan sebagai timbangan fluida kerja yang teralirkan per satuan waktu.

Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan adalah air dan xanthan gum. Air yang digunakan adalah air murni yang diperoleh dari proses reserse osmosis sehingga kualitas air standar yang digunakan. Dalam penelitian ini terdapat empat jenis campuran yakni fluida kerja 100 ppm, 300 ppm dan 500 ppm.

Prosedur penelitian

Pengujian dilakukan setelah semua rangkaian diperiksa dan tidak ditemukan kebocoran pada sistem. Pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan air murni selanjutnya fluida kerja dengan konsentrasi 100 ppm, 300 ppm dan 500 ppm. Fluida kerja dialirkan dengan memvariasikan debit melalui pengaturan dimmer. Fluida yang teralirkan ditampung dan ditimbang untuk mendapatkan nilai debit, kg/s. selanjutnya setiap perubahan debit, selisih tekanan atau *head losses* dicatat. Selama pengujian dilakukan, suhu fluida tercatat stabil pada 27°C. Proses pengujian dilakukan berulang-ulang dengan memvariasikan debit dan dilakukan untuk 4 jenis fluida kerja yang disediakan.

Persamaan yang digunakan

Untuk menghitung *pressure drop* atau nilai jatuh tekanan dapat menggunakan persamaan berikut Nurnawaty et al. (2020):

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h \tag{1}$$

Dengan Δp adalah nilai jatuh tekanan, ρ adalah nilai densitas, g adalah gaya gravitasi dan Δh adalah selisi ketinggian pada manometer. Untuk mencari nilai kecepatan diperoleh dari debit pengukuran dengan persamaan sebagai berikut:

$$v = \frac{Q}{A} \tag{2}$$

Dengan v adalah kecepatan, Q adalah debit dan A adalah luas penampang pipa uji. Selanjutnya untuk menghitung *shear rate* yang memprediksi laju aliran geser fluida dalam pipa dapat menggunakan persamaan berikut Chhabra et al. (1999):

$$\gamma = \frac{8v}{D} \tag{3}$$

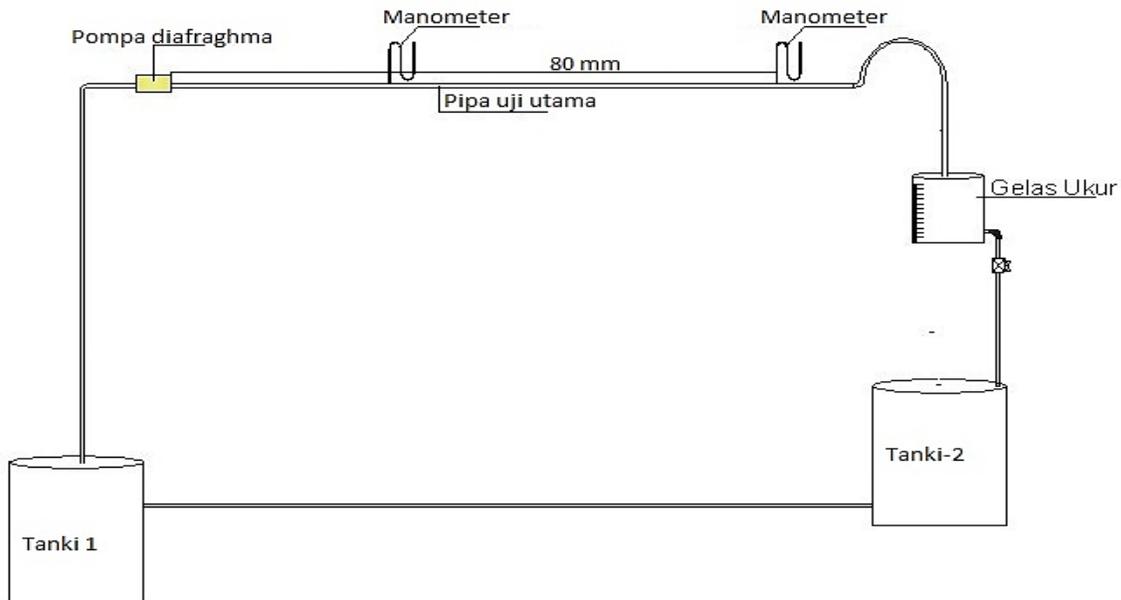
Dengan γ adalah *shear rate*, v adalah kecepatan dan D adalah diameter pipa uji utama. Di sisi lain untuk menemukan nilai *shear stress* atau tegangan geser pada fluida dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\tau = \frac{D\Delta p}{4l} \tag{4}$$

Dengan τ adalah tegan geser dan l merupakan Panjang pipa uji.

Perhitungan nilai koefisien gesek dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan Dary, f_D .

$$f_D = \frac{D}{l} \times \frac{2\Delta p}{\rho v^2} \tag{5}$$

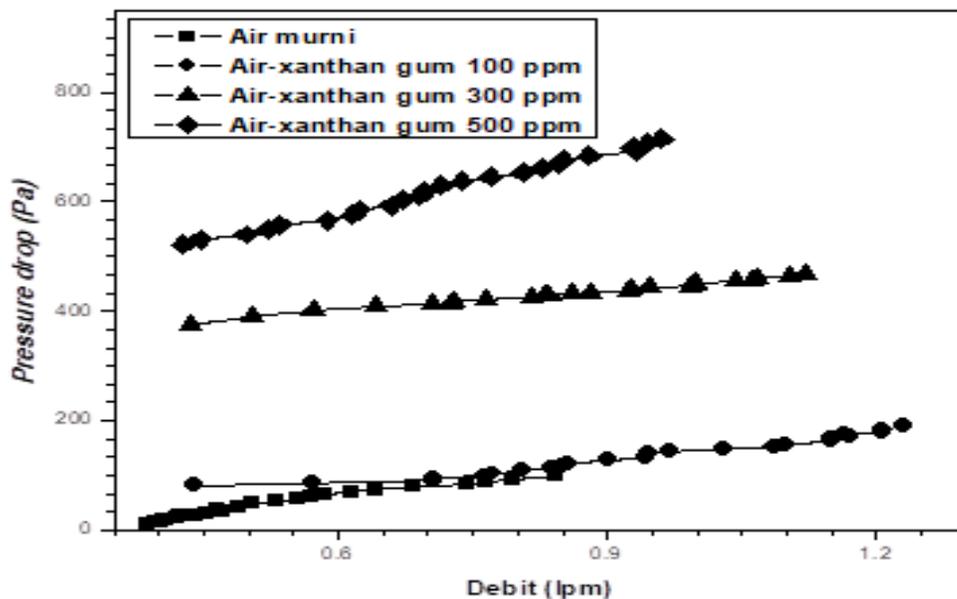


Gambar 1. Set up alat uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini telah terlaksana di Laboratorium Pendidikan Teknik Mesin Undana, didapatkan hasil penelitian yang kemudian dihitung dengan bantuan persamaan-persamaan matematika dan hasilnya diplot ke dalam grafik. Dalam penelitian yang diperoleh dari pengukuran antara lain debit dan hasil pengamatan selisih tinggi manometer U.

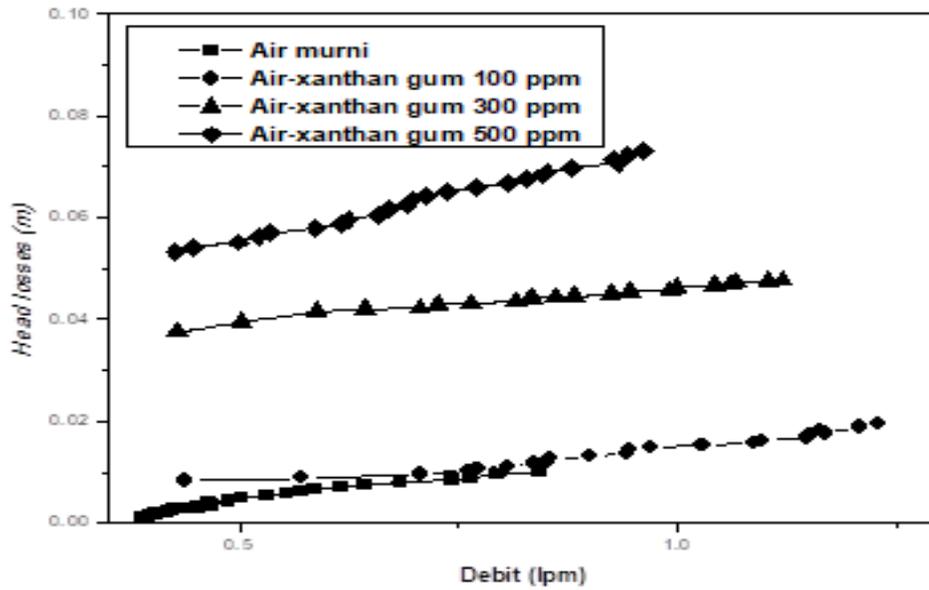
Dari hasil pengukuran diperoleh data yang diplotkan dalam bentuk grafik pada Gambar 2. Pada gambar terlihat bahwa penambahan xanthan gum ke dalam air memberikan peningkatan nilai *head loss* dimana semakin tinggi konsentrasi, semakin tinggi pula nilai *head loss* yang terjadi.



Gambar 2. Perbandingan debit terhadap *head losses*

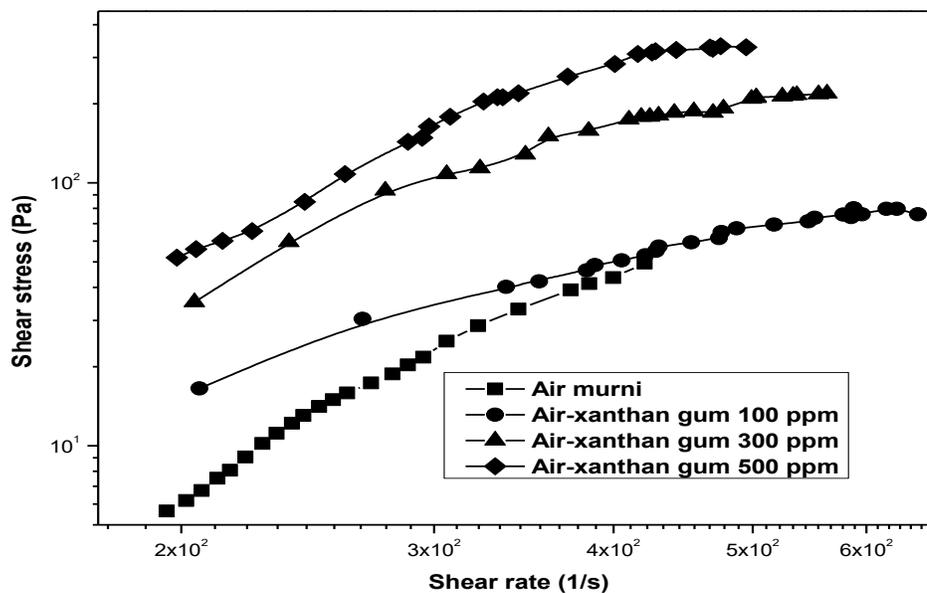
Pada konsentrasi 100 ppm tren nilai *head loss*, hl lebih tinggi dari nilai air murni namun masih cenderung berimpitan. Nilai debit awal tercatat lebih rendah pada air murni dimana hal ini dipengaruhi oleh kekentalan fluida. Kekentalan memberi efek tahanan terhadap kinerja pompa untuk dapat mengalirkan fluida. Air dengan viskositas yang lebih rendah dapat dialirkan mulai 0.3 lpm selanjutnya fluida kerja dengan 100 ppm dan 300 ppm mulai mengalir pada nilai debit 0.4 lpm selanjutnya 500 ppm mulai mengalir pada nilai debit 0.5 lpm. Hal yang menarik adalah bukan saja pada nilai awal namun juga pada nilai akhir aliran fluida teralirkan. Pompa yang sama digunakan yakni *Double Pump Motor* 130 Psi namun menghasilkan nilai awal dan akhir yang berbeda untuk masing-masing konsentrasi. Nilai tertinggi dari fluida yang teralirkan pada putaran maksimal pompa adalah pada fluida kerja berkonsentrasi 100 ppm. Nilai tinggi ini mengindikasikan kinerja pompa yang lebih tinggi ketika mensirkulasikan fluida kerja dengan konsentrasi 100 ppm.

Pada Gambar 3 menunjukkan grafik dengan perbandingan debit dan *head loss*. Nilai *head loss* sebagaimana *pressure drop* terjadi peningkatan seiring peningkatan campuran xanthan gum terhadap air. Untuk nilai tertinggi pada fluida kerja dengan konsentrasi campuran 500 ppm mencapai 714 Pa dan nilai terendah pada konsentrasi 100 ppm dengan nilai 198 Pa. Jika dibandingkan seluruh fluida kerja dengan campuran xanthan gum nilai *pressure drop* lebih tinggi dibandingkan dengan air murni.



Gambar 3. Perbandingan nilai debit terhadap nilai *pressure drop*

Pada Gambar 4 dapat dicermati pada grafik yaitu perbandingan nilai *shear rate* dan *shear stress*. Pada masing-masing konsentrasi terlihat pola aliran yang semakin menurun pada nilai *shear stress* seiring meningkatnya nilai *shear rate*. Fenomena aliran ini menunjukkan pola aliran non-Newtonian dimana perubahan *shear stress* dipengaruhi oleh perubahan *shear rate*. Perubahan penurunan nilai *shear stress* seiring meningkatnya nilai *shear rate* mengindikasikan fluida kerja campuran air-xanthan gum adalah pseudoplastic.



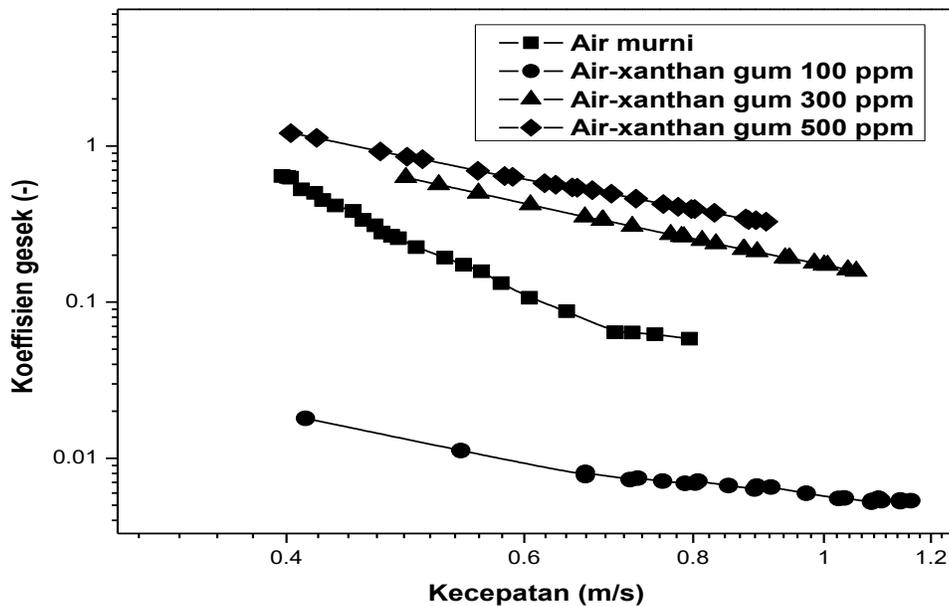
Gambar 4. Perbandingan *shear rate* terhadap nilai *shear stress*

Nilai power-law, n indeks dan koefisien konsistensi, K lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai n dan K diperoleh melalui perpotongan nilai *shear rate* dan *shear stress* yang dilog hal ini dipertegas oleh Yanuar et al. (2012)

$$n = \frac{\log\left(\frac{\tau_1}{\tau_2}\right)}{\log\left(\frac{\gamma_1}{\gamma_2}\right)} \tag{6}$$

Tabel 1. *Properties* fluida kerja

No	Fluida kerja	Properties			
		Densitas (kg/m ³)	Viskositas (Pa.s)	n	K
1	Air murni	996.96	8.60E-04	-	-
2	Air-xanthan gum 100 ppm	984.93	-	0.96	7.16
3	Air-xanthan gum 300 ppm	992.97	-	0.70	7.95
4	Air-xanthan gum 500 ppm	996.99	-	0.69	8.36



Gambar 5. Perbandingan kecepatan dan koefisien gesek

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini biopolymer xanthan gum digunakan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pengurangan hambatan. Dari tiga variasi yang digunakan yakni 100 ppm, 300 ppm dan 500 ppm terbukti memberi pengaruh terhadap nilai hambatan gesek. Nilai tertinggi dari pengurangan hambatan terlihat pada fluida kerja dengan konsentrasi 100 ppm. Di sisi lain dua konsentrasi fluida kerja lainnya memberikan koefisien gesek di atas fluida dasar yakni air murni. Selain itu, xanthan gum juga mengubah aliran fluida dari Newtonian menjadi non-Newtonian hal ini menjadi salah satu faktor terjadinya pengurangan koefisien gesek.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak Universitas Nusa Cendana melalui pendanaan Fakultas (Penelitian Terapan) dengan No. kontrak 52/UN15.9.2/PPK/SPK/-IV/2021. Penelitian ini telah terlaksana dengan baik.

REFERENSI

- Chhabra, R. P., & Richardson, J. F. (1999). *Non-Newtonian flow in the process industries: Fundamentals and engineering applications*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Deka, B., Sharma, R., Mandal, A., & Mahto, V. (2018). Synthesis and evaluation of oleic acid based polymeric additive as pour point depressant to improve flow properties of Indian waxy crude oil. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 170, 105–111. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.06.053>
- Gustiani, S., Helmy, Q., Kasipah, C., & Novarini, E. (2018). Produksi dan karakterisasi gum xanthan dari ampas tahu sebagai pengental pada proses tekstil. *Arena Tekstil*, 32(2), 51-58. <http://dx.doi.org/10.31266/at.v32i2.3528>
- Nurnawaty & Sumardi. (2020). Analisis perubahan tinggi tekanan akibat sudut belokan 90° dan 45° dengan menggunakan fluid friction apparatus. *Jurnal Teknik Hidro*, 13(1), 28–37. <https://doi.org/10.26618/th.v13i1.3980>
- Mau, S., Yanuar, & Pamitran, A. S. (2020). Rheology characteristics and critical velocity of particle-laden flow affected by three-lobed spiral pipe. *International Journal of Technology*, 11(2), 248-258. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i2.3506>
- Senapati, P., Mishra, B., & Parida, A., (2013). Analysis of friction mechanism and homogeneity of suspended load for high concentration fly ash & bottom ash mixture slurry using rheological and pipeline experimental data. *Powder Technology*, 250, 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2013.10.014>
- Toms, B. A. (1948). Some observations on the flow of linear polymer solutions through straight tubes at large Reynolds numbers. *Proc. of In. Cong. On Rheology*, 135.
- Watanabe, K. (2018). Drag reduction of complex mixtures drag reduction of complex mixtures. ed. Joshua Bayliss Brian Guerin. Minami-Osawa, Hachioji, Japan: Academic Press.
- Yanuar, N. P., Gunawan, G., & Baqi, M. (2012). Characteristics of drag reduction by guar gum in spiral pipes. *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*, 58(SUPPL.2), 95-99. <https://doi.org/10.11113/jt.v58.1556>
- Yanuar, Mau, S., Ibadurrahman, & Gunawan. (2019). Spiral pipe geometry for particle mud slurry in Semau Island, Indonesia. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 54(1), 95-101.