MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i6.7611

OPTIMASI *VISCOSITY REDUCER* DALAM MITIGASI MINYAK MENTAH YANG MENGENTAL DARI SUMUR X

Optimization of Viscosity Reducer in Mitigating Thickened Crude Oil From Well X

Nuzulia Rahma Yona & Budhi Oktavia
Universitas Negeri Padang
yonanuzulia22@gmail.com

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Sep 5, 2025	Sep 27, 2025	Oct 8, 2025	Oct 13, 2025

Abstract

Crude oil from Well X contains both hydrocarbon and non-hydrocarbon components, and during its transportation from Field D to Port E, it encounters technical challenges due to wax formation at low temperatures. This wax formation increases the crude oil's viscosity, complicating the pumping process and raising operational costs. This study aims to reduce the viscosity of crude oil by injecting a chemical viscosity reducer at various doses: 0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm, and 2000 ppm. The method involved viscosity testing following the addition of the chemical viscosity reducer at each dose level. The results indicate that the optimal dose is 2000 ppm, which successfully reduces the average viscosity from 604 cP to 313 cP. This reduction is attributed to the interaction of non-polar compounds in the chemical viscosity reducer that dissolve wax and inhibit paraffin crystallization, as well as polar compounds that disperse asphaltene molecules. These findings demonstrate the effectiveness of chemical viscosity reducers in enhancing crude oil transport performance and operational efficiency, particularly under low-temperature environmental conditions.

Keywords: Crude Oil; Viscosity; Viscosity Reducer; Wax; Rheology

Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

Abstrak: Minyak mentah dari sumur X mengandung komponen hidrokarbon dan non-hidrokarbon yang dalam proses transportasinya dari lapangan D ke pelabuhan E menghadapi kendala teknis akibat terbentuknya *wax* pada suhu rendah. Pembentukan *wax* ini menyebabkan peningkatan viskositas minyak mentah, sehingga mempersulit proses pemompaan dan meningkatkan biaya operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan viskositas minyak mentah dengan cara menginjeksikan *chemical viscosity reducer* dalam berbagai dosis, yaitu 0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm, dan 2000 ppm. Metode yang digunakan adalah pengujian viskositas setelah penambahan *chemical viscosity reducer* pada masing-masing dosis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis optimal adalah 2000 ppm, yang mampu menurunkan viskositas rata-rata dari 604 cP menjadi 313 cP. Penurunan viskositas ini disebabkan oleh interaksi senyawa non-polar dalam *chemical viscosity reducer* yang melarutkan *wax* dan menghambat kristalisasi parafin, serta senyawa polar yang mampu mendispersi molekul *asphaltene*. Temuan ini menunjukkan efektivitas penggunaan *chemical viscosity reducer* dalam meningkatkan performa transportasi minyak mentah dan efisiensi operasional, khususnya di kondisi lingkungan bersuhu rendah.

Kata Kunci: Minyak Mentah; Viskositas; *Viscosity Reducer*; *Wax*; Reologi.

PENDAHULUAN

Minyak mentah (*Crude oil*) adalah bahan yang terdapat didalam bumi, berupa senyawa kimia terdiri dari komponen hidrokarbon dan non hidrokarbon (Amelia & Titah, 2021). Minyak mentah tidak sepenuhnya minyak, ada empat komponen di dalamnya yaitu *liquid, gas, wax, dan asphalt*. Minyak mentah dari sumur mengandung berbagai bahan kimia dalam bentuk gas, cair dan padat yaitu lebih dari separuh adalah hidrokarbon. Senyawa terpenting dalam Minyak mentah adalah alifatik, alisiklik, dan aromatik (Widhowati dkk, 2020). Minyak mentah yang diambil dari dalam perut bumi lalu akan diproses hingga sampai ke kilang minyak.

Minyak mentah diangkut melalui pipa dari sumur sampai ke tempat penyimpanan atau kilang minyak. Selama proses transportasi ini, muncul masalah terkait tingginya viskositas dan laju alir jika terjadi penurunan suhu rendah dan pengendapan (Souas et al., 2021). Laju alir berkurang akibat dari suhu rendah disekitar lingkungan pipa yang menyebabkan viskositas dari minyak yang diangkut menjadi tinggi. Selain itu, minyak mentah dapat mengendap akibat kandungan *wax* yang tinggi. Kelarutan *wax* dalam minyak mentah dapat meningkat seiring dengan peningkatan suhu dan saat suhu mendekati titik leleh, *wax* menjadi larut dalam minyak mentah (Yao et al., 2023)

Komponen *wax* dalam minyak mentah terdapat pada fasa gas, cair dan padat tergantung tekanan dan temperatur, saat *wax* membeku akan terbentuk kristal (Thota &

Onyeanuna, 2016). Jika komponen *wax* dalam minyak mentah membeku dan membentuk kristal akan menimbulkan permasalahn selama proses produksi. Kandungan *wax* pada minyak mentah mengakibatkannya sulit bergerak. *Wax* akan mengkristal pada kondisi suhu rendah dari dinding pipa. Kritalisasi ketebalan yang tinggi akan mengakibatkan penyempitan area pipa. Pengendapan *wax* pada minyak mentah dapat menyebabkan meningkatnya viskositas dari minyak mentah (Yao et al., 2023).

Viskositas adalah gaya gesekan pada lapisan yang bersebelahan di dalam fluida akibat adanya gaya kohes antar molekul zat cair (Firmansyah et al., 2025). Viskositas yang tinggi mengakibatkan kebutuhan daya pompa tinggi agar minyak tetap mengalir (Souas et al., 2022). Oleh karena itu, untuk memfasilitasi pemompaan minyak mentah ini dan mengurangi biaya operasional serta dampak negatif penurunan tekanan dalam pipa selama aliran dan proses transportasi, viskositasnya perlu dikurangi. Salah satu upaya yang dilakukan untuk menurunkan viskositas dari minyak mentah yaitu peninjeksian *viscosity reducer* (Jia et al., 2024). Penginjeksian dapat menurunkan viskositas minyak mentah pada suhu rendah.

Cara pengurangan viskositas pada minyak mentah dapat dibagi menjadi dua yaitu pengurangan viskositas fisik dan pengurangan viskositas kimia(Soesanto et al., 2025). Cara pengurangan viskositas fisik meliputi penambangan *viscosity reducer* energi termal, penambangan *viscosity reducer* pengenceran, dan transportasi pengurangan viskositas (Sutarna et al., 2017). Teknologi pengurangan viskositas kimia meliputi penambahan *chemical viscosity reducer*, penambahan *microbial viscosity reducer*, dan *chemical viscosity reducer* pada transportasi pipa (Zhang et al., 2023).

Chemical viscosity reducer adalah metode penambangan yang menambahkan proporsi tertentu aditif kimia ke minyak mentah (Heviyanti et al., 2023). Fungsi penambahan ini untuk mengurangi titik beku dan viskositas alirannya serta menahan presipitasi parafin dalam proses pemompaan dan transportasi minyak. Metode *chemical viscosity reducer* digunakan secara luas; sistemnya mudah disesuaikan, lebih selektif, dan memiliki nilai teknis dan ekonomi yang tinggi (Sanabria et al., 2025). Oleh karena itu, teknologi pengurangan viskositas kimia lebih penting untuk eksploitasi dan transportasi minyak berat.

Rheologi berasal dari bahasa Yunani dan terdiri dari dua kata yaitu rheo yang berarti mengalir dan *logos* berarti ilmu. Rheologi adalah ilmu yang mempelajari aliran zat cair (perubahan bentuk) dari zat padat. Ilmu reologi sangat penting untuk mempelajari perilaku aliran padatan yang tersuspensi dalam fluida di dalam pipa dan saluran aliran (Agusman et

al., 2025). Di bidang perminyakan, para insinyur perminyakan terutama memperhatikan karakteristik rheologi dari fluida.

Rheologi yang digunakan untuk mengkarakterisasi aliran fluida di ladang minyak biasanya diklasifikasikan sebagai Newtonian atau non-Newtonian (Al Huda, 2023). Larutan Newton menggambarkan perilaku aliran fluida yang paling sederhana; viskositas (kekentalan) nya tidak bergantung pada kecepatan aliran atau gaya gesekan yang diberikan pada. Viskositas larutan ini tetap konstan meskipun kecepatan aliran atau gaya yang diberikan berubah-ubah (Tiwow et al., 2015). Contohnya seperti air, minyak, bensin, alkohol, dan gliserin. Rheology merupakan ilmu yang mempelajari tentang *flow behavior* dari suatu fluida. Pengujian atau analisa dari rheology ini berupa penjeksian *chemical* pengukuran minyak mentah yang telah di-*treat* menggunakan alat Rheometer.

Rheometer adalah alat yang digunakan untuk menentukan sifat rheologi suatu fluida. Rheometer bekerja dengan mengaplikasikan gaya atau tekanan pada bahan dan mengukur responnya terhadap gaya tersebut. Gaya ini dapat berupa gaya geser, gaya ekstensional, atau gaya torsional (Sulistyanto, 2021). Rheometer dapat menentukan viskositas crude oil dari berbagai variasi suhu dan dapat menentukan *pour point* dan *cloud point* dari minyak mentah.

Pada wilayah D memiliki dua jenis minyak mentah yaitu heavy oil dan light oil. Minyak mentah jenis *light oil* mudah membeku pada suhu ruang sedangkan pada *heavy oil* mengalir pada suhu ruang dan kental (Mulyani et al., 2018). Dalam sistem transportasi minyak mentah dari lapangan D ke Pelabuhan E, selama perjalanannya akan ada mengalami masalah seperti viskositas minyak mentah tinggi dan mengakibatkan laju alir berkurang. Oleh karena itu, dilakukan analisis rheology terhadap minyak mentah agar proses transportasi minyak mentah berjalan lancar. Pada penelitian ini, *chemical* yang diinjeksikan yaitu *viscosity reducer* (VR). VR digunakan untuk menurunkan viskositas minyak mentah pada suhu rendah. Peninjeksian dilakukan pada sumur X pada dosis 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm dan 2000 ppm untuk menentukan dosis optimal yang dapat bekerja pada sumur X.

METODE

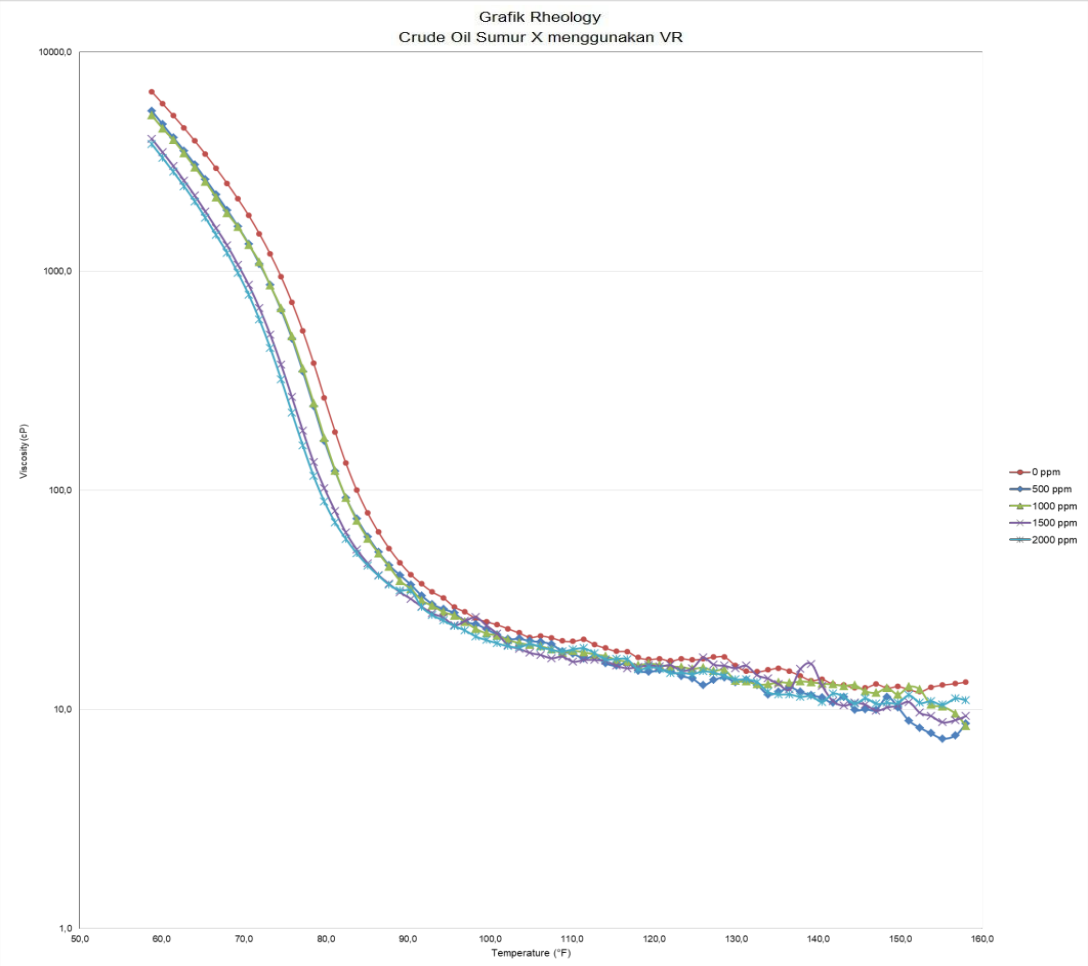
Sampel minyak mentah dipanaskan dalam water bath pada suhu 170°F selama 2 jam. Kemudian ambil bagian atas minyak mentah dan tuangkan ke dalam lima buah tabung petrolite tube masing-masing sebanyak 50 mL. Tabung petrolite tube yang telah berisi minyak mentah dimasukkan ke dalam *water bath* pada suhu 170°F selama 15 menit. Injeksikan *viscosity*

reducer (VR) ke dalam masing-masing tabung petrolite tube dengan variasi dosis 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm dan 2000 ppm. Siapkan juga satu sampel sebagai blank (0 ppm). Sebelum peninjeksian kocok terlebih dahulu tabung petrolite tube untuk melarutkan VR dalam minyak mentah. Uji sampel minyak mentah yang telah ditambahkan VR menggunakan alat rheometer.

Pengukuran sampel menggunakan alat rheometer memerlukan beberapa pengaturan seperti *temperature ramp, shear rate,* dan *measurement point*. *Temperature ramp* diatur pada suhu 158-59°F. *Shear rate* diatur pada 100 s^{-1} dan *measurement point* diatur pada 76 poin. Sampel minyak mentah dimasukkan ke dalam tabung silinder Anton Paar MCR 52. Pengoperasian untuk satu sampel 1,5 jam.

HASIL

Peninjeksian viscosity reducer pada minyak mentah yang divariasikan dosisnya yaitu 0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm dan 2000 ppm didapatkan data grafik seperti berikut ini:



Gambar 1. Hasil Pengukuran Rheometer pada minyak mentah dari Sumur X

Gambar 1 menunjukkan hasil analisa viskositas pada minyak mentah setelah penambahan *chemical viscosity reduser*. Pada grafik yang dihasilkan *chemical viscosity reduser* mulai stabil bekerja menurunkan viskositas pada rentang 100°F. Nilai viskositas lama kelamaan akan meningkat sering berkurangnya suhu. Hal ini disebabkan mulainya terbentuknya *wax* atau padatan sehingga viskositas bertambah dan minyak mentah mengental.

Tabel 1. Nilai viskositas dari minyak mentah yang telah diinjekkan VR

Nama Minyak Mentah	Dosis VR (ppm)	Viskositas Rata-rata (cP)	Cloud Point (F)	Pour Point (F)
NA 1	0 ppm	604	92,1	78,8
	500 ppm	469	92,7	77,6
	1000 ppm	458	91,9	76,1
	1500 ppm	335	92,4	74,3
	2000 ppm	313	92,8	73,8

Tabel 1 menunjukkan nilai viskositas rata-rata pada minyak mentah sebelum penambahan *viscosity reducer* dan setelah penambahan *viscosity reducer*. Nilai viskositas rata-rata sebelum penambahan *chemical viscosity reduser* yaitu 604 cP. Setelah dilakukan penambahan *chemical viscosity reduser* pada minyak mentah, nilai viskositas rata-rata turun. Penurunan nilai viskositas rata-rata terjadi seiring penambahan besar konsentrasi *chemical viscosity reduser*. Nilai viskositas optimum didapatkan yaitu 313 cP pada konsentrasi *chemical viscosity reduser* sebesar 2000 ppm.

PEMBAHASAN

Pengurangan viskositas pada minyak mentah berkurang seiring bertambahnya konsentrasi *viscosity reducer* yang diinjekkan pada minyak mentah. Menurut (Zhang et al., 2023), makin banyak dosis yang diinjeksikan pada minyak mentah, maka viskositas dari minyak mentah semakin turun. Hal ini dapat terlihat seperti pada tabel 1, dimana nilai viskositas pada minyak mentah setelah ditambahkan *viscosity reducer* berkurang. Selain itu selain viskositasnya yang berkurang, nilai *pour point* dari minyak mentah ikut berkurang.

Penurunan nilai viskositas dan *pour point* dari minyak mentah ini disebabkan oleh komponen atau *chemical* yang terkandung dalam *viscosity reducer*. Hal ini disebabkan oleh adanya kandungan senyawa *xylene, benzene*, dan senyawa aromatik lainnya yang bersifat non polar di

dalam *viscosity reducer* (Pasasa et al., 2017). Senyawa ini yang dapat melarutkan endapan *wax* yang terdapat pada minyak mentah. *Xynele* yang terkandung dalam *viscosity reducer* sekitar > 60-<100 (%w/w). *Xylene* merupakan senyawa turunan minyak bumi yang bersifat non polar.

Xylene dan senyawa lain yang bersifat non polar akan menghambat kristalisasi *wax* akibat interaksi *like dissolve like*. Artinya jika suatu zat dipengaruhi oleh masing-masing kepolaran antara pelarut dan zat terlarut. Sifat nonpolar dari senyawa akan melarutkan kandungan *wax* dalam minyak mentah dan akan menyebabkan viskositanya berkurang dan *pour point*-nya pun ikut berkurang. Senyawa non-polar dari *viscosity reducer* bereaksi dengan molekul *wax* non-polar dalam minyak mentah sehingga menghambat proses kristalisasi *wax* yang dapat menyebabkan peningkatan viskositas. Kelarutan *wax* dalam minyak mentah dapat menyababkan minyak mentah dapat lebih mudah mengalir karena nilai viskositas turun dan laju alirnya stabil.

Alasan lain penurunan viskositas oleh *viscosity reducer* adalah karena ada beberapa senyawa seperti *propylene diamine* yang struktur molekulnya mengandung gugus fungsi polar, yang memiliki permeabilitas dan kemampuan ikatan hidrogen yang kuat. Oleh karena itu, mereka terdispersi di antara molekul minyak mentah, koloid dan aspalten. Dengan cara ini, *viscosity reducer* mengurangi viskositas emulsi minyak mentah. Pada saat yang sama, rantai panjang alkil hidrofobik pada *viscosity reducer* dapat sepenuhnya meluas di sekitar aspalten untuk membentuk lapisan pelarut. Viskositas emulsi menurun dengan meningkatnya konsentrasi *viscosity reducer* karena ketika *viscosity reducer* rendah, emulsi mempunyai lapisan antarmuka minyak-air berkekuatan rendah dan mudah menyatu dan membentuk emulsi dengan stabilitas yang buruk, membuat viskositas relatif tinggi. Dengan meningkatnya konsentrasi *viscosity reducer*, kekuatan lapisan antarmuka meningkat dan tetesan tidak mudah menyatu. *Viscosity reducer* memiliki kemampuan yang kuat untuk mengurangi antarmuka minyak-air dan membentuk emulsi yang stabil. Oleh karena itu, viskositas emulsi pada minyak mentah menurun drastis

Pemakaian *viscosity reducer* ada minyak mentah behasil menurunkan nilai viskositas minyak mentah dari sumur X. Nilai viskositas rata-rata dari sampel 604 cP (0 ppm/blank) menjadi 469 cP (500 ppm), 458 cP (1000 ppm), 335 cP (1500 ppm) dan 313 cP (2000 ppm). Dari hasil yang telah didapatkan, *viscosity reducer* bekerja secara optimal pada dosis 2000 ppm. Persentase dosis bekerja optimal sekitar 48%. Selain itu menurut (Prihantini et al., 2024) penginjeksian *viscosity reducer* juga menurunkan *pour point* dari minyak mentah. Pada hasil uji,

pour point dari minyak mentah turun dari 78,8°F (0 ppm) berubah menjadi 77,6°F (500 ppm), 76,1°F (1000 ppm), 74,3°F (1500 ppm) dan 73,8 °F (2000 ppm).

KESIMPULAN

Penambahan *viscosity reducer* pada minyak mentah dari sumur X berhasil menurunkan viskositas minyak mentah dari viskositas rata-rata awal tanpa penambahan *viscosity reducer* sebesar 604 cP menjadi 313 cP pada penambahan *viscosity reducer* dengan konsentrasi 2000 ppm. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dosis optimum *viscosity reducer* pada minyak mentah dari sumur X adalah sebesar 2000 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

Agusman, A. R., Soesanto, E., Rizqi, M., & Prasetyo, P. (2025). *Pengaruh Additif Xanthan Gum Terhadap Sifat Rheology Fluida Pemboran*. *4*(1), 13–18. http://ejurnal.ubharajaya.ac.id/index.php/BPE

Al Huda, L. (2023). Studi Eksperimental Pengaruh Convective Heat Transfer terhadap Pressure Drop pada Aliran Dua Fase Gas-Cair Fluida Newtonian dan non-Newtonian dalam Square Microchannel. *Journal of Mechanical Design and Testing*, *5*(2), 59–70. https://doi.org/10.22146/jmdt.73376

Amelia, N., & Titah, S. (2021). *Kajian Pengaruh Penggunaan Biosurfaktan Rhamnolipida dan Surfaktin pada Proses Bioremediasi Tanah Tercemar Crude Oil*. *Jurnal Teknik ITS*, *10*(2), F76-F81.

Firmansyah, D. A., Tama, A., Irwanto, D. A., Firmansyah, V., Gunawan, N., Waras, T., Yasri, B., Muslim, A., & Alam, H. S. (2025). Purwarupa Alat Ukur Kekentalan Minyak Goreng menggunakan Sinar Laser dan Light Dependent Resistor (LDR) Prototype of Cooking Oil Viscosity Measuring Instrument Using Laser Beam and Light Dependent Resistor (LDR). *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, *13*(1), 1–9.

Heviyanti, L., Hasbullah, A., & Kurniawan, D. H. (2023). Investigasi Eksperimental Pengaruh Kandungan Kimia Air Pada Penurunan Viskositas Minyak Mentah Berat Dengan Emulsifikasi. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, *12*(4), 280–292. https://doi.org/10.25105/petro.v12i4.18178

Jia, Y., Zhang, J., Shen, N., Xu, F., Li, J., Zhang, P., & Zhang, C. (2024). Evaluation of Viscosity Reducers for Heavy Oil Reservoirs: Experimental Testing and Numerical Simulation. *ACS Omega*, *9*(47), 47213–47221. https://doi.org/10.1021/acsomega.4c08166

Mulyani, Y., Afriana, D., & Dhamayanthie, I. (2018). Analisa Fraksi Gasoil Berdasarkan Uji Sifat Fisika. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, *0*(1), 199–207. https://doi.org/10.12962/j23546026.y2018i1.3382

Pasasa, N. V. A., Kasmungin, S., & Pramana, A. A. (2017). Studi Pemilihan Pour Point Depressant Untuk Penanggulangan Masalah Transportasi Minyak Parafinik Pada Lapangan X. *Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan ke 3*, 211–217.

Prihantini, A., Adhi Nugroho, N., & Ananda Fevi Silvia, dan. (2024). Pengujian Parameter Polymer Untuk Aplikasi EOR Pada Reservoir Karbonat Di Lapangan AF Dengan High Temperature Dan Salinity The Testing of Polymer Parameters for EOR Applications in Carbonate Reservoirs in The AF Field with High Temperature and Salinity. *Jurnal Migasian / e-issn*, *08*(01), 2580–5258.

Sanabria, J., González, C., Reyes, J., Orozco, J., Ariza, E., & León, A. (2025). Analysis of the Effect of D-Limonene on the Viscosity Reduction of Heavy Crude Oils Using FTIR-ATR Spectroscopy. *Chemical Engineering Transactions, 117*(January), 973–978. https://doi.org/10.3303/CET25117163

Soesanto, E., Hasandra, M. R., Yulianti, A. R., Perminyakan, J. T., Teknik, F., & Bhayangkara, U. (2025). *Peran Miscible Gas Flooding dalam Meningkatkan Akumulasi Produktivitas Sumur Minyak Gambar 2. Grafik Perbandingan Tingkat Produksi Minyak (Goog) penurunan tekanan dan berkurangnya mobilitas minyak yang tersisa di dalam batuan reservoir*. *3*. https://doi.org/10.61132/globe.v3i1.688

Souas, F., Safri, A., & Benmounah, A. (2021). A review on the rheology of heavy crude oil for pipeline transportation. *Petroleum Research*, *6*(2), 116–136. https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2020.11.001

Souas, F., Salah, A., & Meddour, E. (2022). *Journal of Pipeline Science and Engineering Drag reduction in single-phase crude oil flow : A mini-review*. *2*(August). https://doi.org/10.1016/j.jpse.2022.100088

Sulistyanto, D. (2021). Analisis Pengaruh Viskositas Minyak Bumi Terhadap Performa Electric Submersible Pump Di Lapangan X. *PETRO:Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, *10*(3), 163–170. https://doi.org/10.25105/petro.v10i3.8327

Sutarna, N., Ardhillah, C., Suherman, A., & Ardiyanti, R. (2017). Efek Uap Bertekanan Pada Viskositas Minyak Oli Terhadap Waktu Alir Dalam Mesin Simulator Injeksi Uap Berbasis Plc Dan Scada. *Jurnal Poli-Teknologi*, *15*(2), 187–194. https://doi.org/10.32722/pt.v15i2.849

Thota, S. T., & Onyeanuna, C. C. (2016). Mitigation of wax in oil pipelines. *International Journal of Engineering Research and Reviews*, *4*(4), 39–47. http://researchpublish.com/journal/IJERR/Issue-4-October-2016-December-2016/0

Tiwow, V. A., Fisika, J., & Makassar, U. N. (2015). *Analisis Aliran Fluida Newtonian Pada Pipa Tidak Horizontal. Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, *11*(1), 104-108.

Widhowati Kesoema Wardhani dan Harmin Sulistiyaning Titah. (2020). *Studi Literatur Alternatif Penanganan Tumpahan Minyak Mentah Menggunakan Bacillus subtilis*. *Jurnal Teknik ITS*, *9*(2), F97-F102.

Yao, B., Zhu, H. R., Yan, B. D., Li, C. X., Yang, F., Sun, G. Y., & Zeng, H. B. (2023). Pre-heating temperature induced flowability and wax deposition characteristics of crude oil adding wax inhibitors. *Petroleum Science*, *20*(4), 2468–2478. https://doi.org/10.1016/j.petsci.2023.02.030

Zhang, F., Zhang, Q., Zhou, Z., Sun, L., & Zhou, Y. (2023). *Study on the Effect of Different Viscosity Reducers on Viscosity Reduction and Emulsification with Daqing Crude Oil*. 1–11. https:// doi.org/10.3390/molecules28031399