

Analisis Keefektifan Pour Point Depressant pada Waxy Crude Oil pada Lapangan TAP

Astra Agus Pramana D.N. dan Teddy Anda Pagpa

Universitas Pertamina

Jl. Teuku Nyak Arief, Simprug, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan, Jakarta 12220, Indonesia

ABSTRAK

Artikel Info:

Naskah Diterima:
14 November 2022
Diterima setelah
perbaikan:
11 April 2023
Disetujui terbit:
16 Mei 2023

Kata Kunci:

Waxy crude oil
Pengendapan wax
Inhibitor wax
Pour point
Pour point depressant

Penelitian ini membahas tentang pengaruh inhibitor terhadap nilai titik tuang dimana nantinya nilai ini dapat menentukan kapan terjadinya pengendapan wax dengan beberapa tujuan diantaranya ialah menentukan faktor yang mempengaruhi nilai titik tuang, menentukan inhibitor yang paling efektif untuk menurunkan nilai titik tuang, dan menentukan pengaruh konsentrasi pada inhibitor yang digunakan. Metode yang digunakan adalah melakukan eksperimen titik tuang test yang dilakukan di laboratorium. Hasilnya menunjukkan bahwa inhibitor sangat berpengaruh terhadap penurunan nilai titik tuang dimana faktor – faktor yang mempengaruhi nilai titik tuang antar lain seperti nilai dari *saturates*, *aromatic*, *resin*, dan *asphaltenes*. Dari hasil beberapa percobaan didapatkan penggunaan inhibitor inorganik lebih efektif dari pada penggunaan inhibitor organik dengan penurunan suhu hingga 7°C, dimana suhu dari minyak mentah pada lapangan tersebut akan optimum berjalan pada suhu 38°C pengaruh dari konsentrasi dari inhibitor yang digunakan menjadi salah satu parameter pengaruh untuk menurunkan nilai titik tuang pada *waxy crude oil*.

ABSTRACT

This research is about determine how big the effect of inhibitors affect the pour point value. The pour point value is related to determine when wax deposition will occurs, with several objectives includes determine the factors that affect the pour point value, determine the most effective inhibitor to reduce the pour point value, and determine the effect of concentration amount of inhibitor that used. The method used is pour point test experiments in the laboratory. The results show that the inhibitor greatly affects the decrease in the pour point value where the factors that affect the pour point value include the values of saturates, aromatic, resin, dan asphaltene. From the results of several experiments, it was found that the use of inorganic inhibitors is more effective than organic inhibitors with the reduce temperature pour point in the amount of 7 degC, where the temperature of the crude oil in the field will be optimal running at a temperature of 38 degC. The effect of the concentration of the inhibitor used is one of the parameters to reduce the pour point value in waxy crude oil.

© LPMGB - 2023

PENDAHULUAN

Zat lilin (*Wax*) merupakan salah satu komponen dalam minyak yang akan mengkristalkan pada suhu rendah. Pengendapan *wax* tersebut menyebabkan

masalah yang serius termasuk peningkatan viskositas minyak, peningkatan pada pemompaan dan juga dapat meningkatkan pembiayaan pada proses perbaikan. Pengendapan *wax* yang terjadi disebabkan karena minyak yang mengalir memiliki nilai titik

Korespondensi:

E-mail: Agus.prama@gmail.com (Astra Agus Pramana)

tuang (*pour point*) yang cukup tinggi atau dapat dikatakan pengendapan *wax* ini menempati luas penampang permukaan bagian dalam pipa terjadi ketika suhu minyak turun dibawah suhu *wax appearance temperature* (WAT) sehingga mudah terjadinya pembekuan pada suhu tertentu Sousa., (2019). Agar tidak terjadinya penyumbatan pada pipa maka proses perpindahan *crude* harus selalu dikontrol agar nilai titik tuang pada minyak sesuai dengan yang diinginkan dan pengaliran minyak tidak terjadi penyumbatan, transportasi *crude* yang memiliki tingkat *wax* tinggi sering mengalami masalah yaitu pengendapan parafin di sepanjang dinding pipa yang menyebabkan masalah pada produksi dan transportasi minyak mentah Adriany., (2016).

Pour point depressant yang biasanya digunakan ialah *ethylene vinyl acetate* (EVA), *poly ethylene butene* (PEB), *poly ethylene propylene* (PE – PEP), dan *polyethy glicol ester* (PEG). Dimana yang paling sering digunakan yaitu EVA yang merupakan zat kopolimer yang terdiri atas rantai hidrokarbon yang bersifat non polar dan gugus asetat yang bersifat polar. Adanya atom lainnya pada kandungan EVA ini berperan sebagai penghambat pembentukan kristal parafin melalui interaksi van der Waals antara atom hidrogen dalam molekul hidrokarbon Adriany., (2016)

Titik tuang merupakan titik dimana minyak tersebut dapat mengalir. Sehingga apabila nilai titik tuang tidak sesuai akan terjadinya pembekuan. Akibat dari pembekuan tersebut akan menghasilkan penyumbatan pada pipa produksi. Penyumbatan tersebut akan menyebabkan kerugian pada saat produksi dan juga merusak alat produksi. Suhu merupakan faktor utama yang sangat berpengaruh dalam pengendapan *wax*. Kelarutan *wax* berkurang karena menurunnya temperatur. Endapan *wax* dari minyak mulai terakumulasi saat suhu operasi sama atau di bawah *wax appearance temperature* (WAT) tersebut. Selama proses pengaliran *crude oil*, perbedaan suhu antara pipa dan lingkungan eksternal menyebabkan suhu minyak di sepanjang pipa turun secara bertahap yang menghasilkan endapan *wax*. Kristal parafin mulai terpisah dari cairan *crude* dan bila suhu terus diturunkan, kristal parafin semakin banyak terendapkan dan mengendap di dinding pipa. Bila suhu tersebut terus menurun dan berada dibawah titik tuang maka *crude* akan membeku dan tidak dapat mengalir lagi Adriany., (2016).

Untuk itu diperlukan bahan kimia agar dapat

membantu proses produksi saat terjadinya pengendapan *wax* tersebut atau untuk mencegah terjadinya pengendapan *wax*. Maka digunakan bahan kimia jenis inhibitor yang digunakan untuk *wax*, banyak inhibitor yang digunakan untuk mencegah terjadinya pengendapan *wax* ini salah satunya yaitu dengan menggunakan bahan kimia titik tuang depressant dengan cara diinjeksikan nantinya. Tujuan dari penggunaan bahan kimia *pour point depressant* (PPD) ini yaitu mencegah terakumulasi dari kristal *wax* dan juga mendispersikan *wax* yang mulai terbentuk. Jenis – jenis *pour point depressant* (PPD) yang digunakan adalah surfaktan yang molekulnya memiliki bagian hidrofilik dan hidrofobik. Gugus hidrofobik surfaktan akan berinteraksi dengan kristal *wax*. Arahmad., (2014)

Karakterisasi minyak mentah berperan penting dalam produksi, transportasi, pemurnian, dan penyimpanan. Maka dari itu perlu untuk memahami dan memprediksi kinerja dari *waxy crude oil* untuk menghindari masalah yang timbul seperti penyumbatan pada pipa. WAT adalah suhu dimana pembentukan kristal *wax* bermula, pembentukan *wax* menyebabkan fluida menjadi keruh, maka dari itu juga WAT disebut juga cloud point M. El-Dalatony., (2019). Berdasarkan banyaknya permasalahan yang terjadi yang dipengaruhi oleh pengendapan *wax* ini dapat dicegah dan dapat menjaga aliran dengan menggunakan metode injeksi *pour point depressant*. Diharapkan dengan injeksi *pour point depressant* (PPD) ini maka nilai dari titik tuang dapat diturunkan sehingga *crude* dapat mengalir berada pada kondisi diatas *wax appearance temperature* (WAT). Peningkatan keselamatan operasi pipa dapat juga dibantu dengan PPD lainnya yaitu yang berasal dari *green solvent* seperti contoh menggunakan limbah kulit nenas dan ampas kopi dengan ditamhkannya zat tersebut dengan zat solvent komersil lainnya sehingga dapat digunakan sebagai PPD untuk menurunkan titik tuang pada *wax paraffin* Afdhol, Rita, Hidayat, dan Erfando., (2022)

Mekanisme adsorpsi umumnya menggunakan PPD jenis surfaktan. Gugus hidrofilik pada surfaktan akan berikatan dengan bagian yang lebih polar pada minyak mentah seperti aspalten, sedangkan gugus hidrofobik yang bersifat non-polar akan berikatan dengan molekul-molekul lilin parafin. Aditif surfaktan ini akan teradsorpsi pada permukaan kristal lilin parafin, sehingga menghambat kristal lilin parafin beragregat. Dalam mekanisme kokristalisasi, PPD akan membentuk kristal dan masuk ke dalam

struktur parafin melalui gaya *van der Waals* yang menyebabkan kristal parafin tidak beragregasi satu sama lain Afifa., (2022)

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini melakukan eksperimen percobaan. Sebelum melakukan percobaan dilakukan persiapan peralatan dan bahan. Melakukan eksperimen pada

Table 1
Kandungan *crude oil*

Parameter	Nilai	Unit
Densitas @15degC	0.87	gr/cc
SG	0.87	
API	30.47	
Viskositas @50degC	2	cP
<i>Pour point</i>	38	degC
Flash Point	32	degC
<i>Wax Appearance Temperature</i>	45	degC

larutan *titik tuang depressant* (PPD) yang dilakukan pada minyak mentah dengan menganalisis titik tuang tersebut.

Pengumpulan data yang didapatkan dari hasil eksperimen dan data lainnya didapatkan dari studi literatur yang tersedia dari buku, paper, jurnal ilmiah, dan lain – lain. Pengumpulan data tersebut dilakukan dari hasil eksperimen dan nantinya diolah oleh penulis menjadi sebuah data yang nantinya menjadi pembahasan.

Penelitian ini memiliki beberapa prosedur pengerjaan dalam mengolah data dan menyelesaikan penelitian. Pertama dilakukan yaitu studi literatur dan selanjutnya melakukan penelitian dengan mempersiapkan alat dan bahan penelitian selanjutnya mengumpulkan data pada alat dan bahan yang digunakan (data minyak mentah dan data inhibitor), setelah itu melakukan percobaan *pour point depressant* dengan menggunakan inhibitor organik dan inorganik, setelah didapatkan nilai titik tuang pada minyak mentah yang diuji coba dilakukannya analisis terhadap nilai *pour point* tersebut. Untuk prosedur penelitian dalam menentukan titik tuang (*pour point*) menggunakan metoda dari ASTM – D97 dengan menggunakan prosedur yang sama, merangkai peralatan dengan menggunakan es batu,

Table 2
Skenario Penelitian

Skenario	Keterangan
Crude Oil	Tidak ditambahkan Inhibitor apapun
<i>Crude oil</i> + Inhibitor Inorganik F-5	Konsentrasi 1000 ppm
<i>Crude oil</i> + Inhibitor Inorganik F-5	Konsentrasi 2000 ppm
<i>Crude oil</i> + Inhibitor Inorganik F-4	Konsentrasi 1000 ppm
<i>Crude oil</i> + Inhibitor Inorganik F-4	Konsentrasi 2000 ppm
<i>Crude oil</i> + Inhibitor organik PEG - Kopi	Konsentrasi 1000 ppm
<i>Crude oil</i> + Inhibitor organik PEG - Kopi	Konsentrasi 2000 ppm
<i>Crude oil</i> + Inhibitor organik Asam Oleat	Konsentrasi 1000 ppm
<i>Crude oil</i> + Inhibitor organik Asam Oleat	Konsentrasi 2000 ppm
<i>Crude oil</i> + Inhibitor organik PEG – Palmitat	Konsentrasi 1000 ppm
<i>Crude oil</i> + Inhibitor organik PEG – Palmitat	Konsentrasi 2000 ppm

garam, gelas kimia 1000 ml dan gelas ukur 50 ml. rangkain peralatan tersebut adalah bentuk sederhana dari *cooling bath*.

Setelah semua dirangkai dilakukan pengambilan sampel sebanyak 5 ml dan diletakkan pada tabung reaksi. Dimasukkan juga inhibitor organik dan inorganik pada tabung reaksi yang telah dimasukkan minyak mentah. Termometer kemudian diletakkan pada tabung reaksi setelah inhibitor dimasukkan. Disela – sela antara tabung reaksi dan termometer di tutup secara rapat dengan aluminium foil dan direkatkan dengan selotip. Setelah direkatkan dengan selotip kemudian jepit dengan penjepit tabung reaksi. Kemudian tabung reaksi yang sudah dijepitkan di letakkan dirangkaian alat yang sudah dibuat tadi. Setiap penurunan 3 derajat dikeluarkan tabung reaksi dan diamati apakah sudah mengental. Apabila sudah

mencapai minyak mentah tidak bergerak lagi atau sudah lebih mengental dari sebelumnya dicatat suhu tersebut, lakukan disetiap percobaan pada minyak mentah yang diberi inhibitor organik dan inorganik. Pada saat minyak mentah tidak bergerak lagi itulah titik tuang atau titik tuang yang ditentukan, suhu tersebut dicatat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Keefektifan Crude Oil

Percobaan pada penelitian ini yaitu menganalisa data dari *crude oil* yang ingin digunakan yaitu berasal dari lapangan T. Minyak mentah yang diuji coba merupakan minyak mentah berjenis minyak sedang (*Medium oil*) yang dapat dilihat dari nilai dari data minyak mentah tersebut, maka dalam penggunaan

Table 3
Percobaan *Crude Oil*

CRUDE OIL						
	Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3	
	Suhu (deg C)	Keterangan	Suhu (deg C)	Keterangan	Suhu (deg C)	Keterangan
Skenario 1	48	cair	47	cair	46	cair
	45	cair	44	cair	43	cair
	42	cair	41	Mengental	40	Mengental
	39	Mengental	38	Tidak mengalir	37	Tidak mengalir
	36	Tidak mengalir				

injeksi PPD nantinya akan dibutuhkan konsentrasi yang cukup tinggi agar dapat menurunkan nilai titik tuang dari minyak mentah tersebut.

Dari dilihat pada diatas didapatkan nilai titik tuang pada sampel minyak mentah tersebut di angka 38 degC dimana sesuai dengan data dari minyak mentah sebelumnya, dari percobaan tersebut dilakukan 3 kali percobaan agar didapatkan hasil nilai yang baik sehingga mendapatkan nilai titik tuang yang tepat. Mendapatkan nilai titik tuang disini adalah ketika sampel sudah tidak bergerak lagi pada saat dimiringkan sehingga sampel tidak mengalir, pada saat sampel tidak mengalir maka itulah nilai titik tuang didapatkan.

Dari percobaan ini juga didapatkan faktor – faktor yang mempengaruhi nilai titik tuang itu sendiri dimana dari percobaan tersebut didapatkan bahwa ada beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain seperti nilai kandungan *saturates*, *aromatic*, *resin*, dan *asphaltene* (SARA). Dimana apabila kandungan dari *saturates* dan *aromatic* pada *crude*

oil itu tinggi akan menyebabkan minyak mentah tersebut ringan sehingga nilai titik tuang akan kecil dari minyak tersebut dan sebaliknya. Sedangkan, apabila pada minyak tersebut kandungan *resin* dan *asphaltene* yang tinggi menyebabkan minyak mentah tersebut menjadi berat dimana akan berpengaruh juga ke nilai titik tuang akan semakin tinggi.

Dapat diketahui juga dari penelitian sebelumnya yaitu pengaruh suhu terhadap nilai viskositas dimana nantinya nilai viskositas akan berpengaruh ke sifat fluida minyak mentah yang menyebabkan nilai titik tuang berkurang dengan berkurangnya juga nilai viskositas yang dipengaruhi oleh suhu.

Keefektifan penggunaan titik tuang depressant

Penganalisaan selanjutnya yaitu pada menggunakan *pour poin depressant* yang di uji coba pada sampel minyak mentah yang sama dengan *volume* yang sama pula, perbedaannya dilakukan penambahan *wax inhibitor* berupa *pour point*

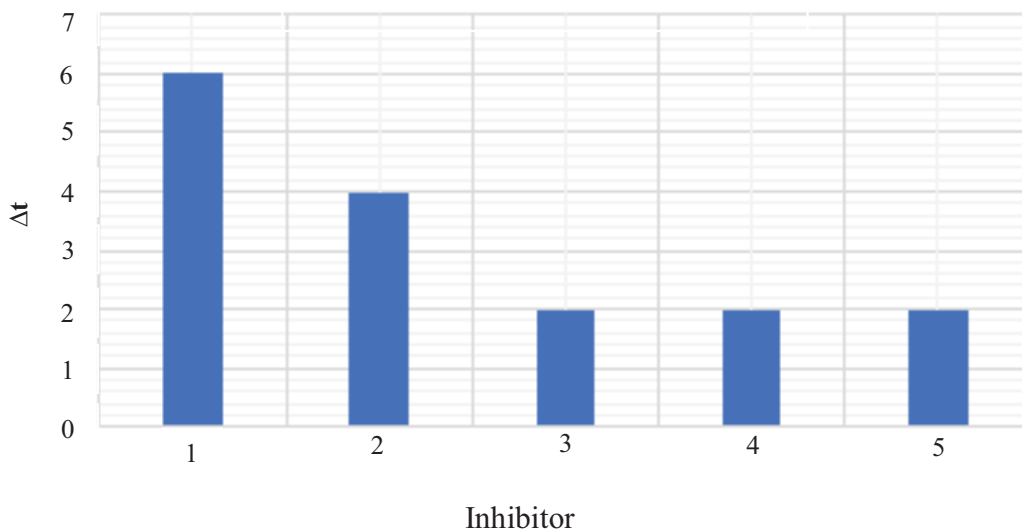
depressant pada tiap sampel *crude oil* yaitu dengan inhibitor organik dan inhibitor inorganik. Inhibitor organik disini terdiri dari PEG – Kopi, Asam Oleat, dan PEG – Palmitat sedangkan inhibitor inorganik terdiri dari bahan dari perusahaan yaitu F-5 dan F-4. Dari beberapa inhibitor tersebut nantinya akan dipilih inhibitor yang paling efektif. Berikut hasil dari penelitian mengenai uji *titik tuang* setelah ditambahkan *pour point depressant*. Penggunaan

inhibitor sangat berpengaruh pada penurunan nilai titik tuang dimana pengaruh penambahan inhibitor ini dapat mengurangi nilai viskositas dari minyak mentah tersebut sehingga ketika turunnya nilai viskositas maka nilai titik tuang juga menurun. Untuk inhibitor yang paling efektif digunakan pada penambahan PPD tersebut dengan konsentrasi 1000 ppm yaitu inhibitor inorganik tipe F-5 dengan nilai titik tuang turun hingga 32°C dari 38°C. Untuk selanjutnya diikuti inhibitor inorganik F-4 dengan

Table 4
Penggunaan *Pour Point Depressant*

Inhibitor	Konsentrasi	<i>Pour Point Awal</i>	<i>Pour point Akhir</i>	Δt
F-5			32 degC	6 degC
F-4			34 degC	4 degC
PEG – Kopi	1000 ppm	38 degC	36 degC	2 degC
Asam Oleat			36 degC	2 degC
PEG - Palmitat			36 degC	2 degC

Penurunan Pour Point



nilai titik tuang 34 °C dan seterusnya pada inhibitor organik yaitu PEG – Kopi, Asam Oleat dan PEG – Palmitat dengan nilai *titik tuang* yang sama yaitu pada 36°C.

Inhibitor Inorganik lebih efektif dibandingkan dengan inhibitor organik dikarenakan pada inhibitor inorganik digunakan dalam skala perusahaan jadi lebih efektif dibandingkan dengan inhibitor organik, bahan dan kandungannya pun lebih efektif untuk

menurunkan nilai titik tuang. Tetapi untuk inhibitor organik karena untuk skala penelitian masih banyak bahan atau zat yang harus ditambahkan agar nantinya dapat berpengaruh lebih efektif untuk menurunkan nilai titik tuang. Memang pada inhibitor organik kurang efektif tetapi pada percobaan terjadi perubahan nilai titik tuang walaupun tidak terlalu signifikan dari nilai titik tuang pada sampe crude oil yang tidak ditambahkan inhibitor. Jadi dapat diambil

keputusan bawah untuk penambahan inhibitor pada inhibitor organik dan inorganik berpengaruh untuk mengurangi nilai titik tuang.

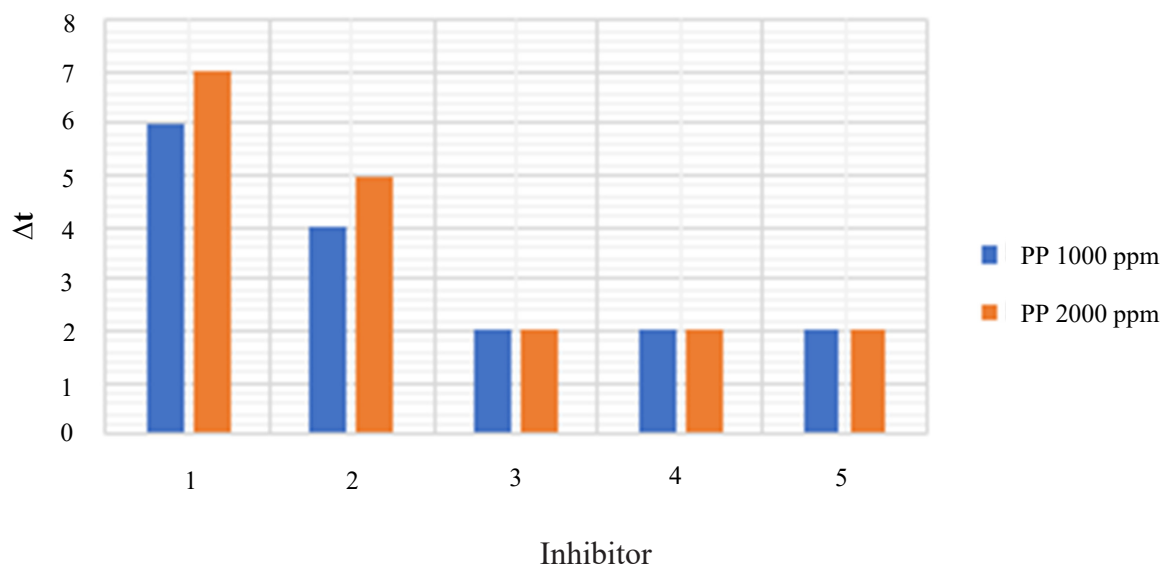
Pengaruh Keefektifan dalam Penggunaan Konsentrasi PPD

Penganalisaan penambahan PPD dilanjutkan dengan menganalisa pengaruh dari seberapa

banyak penambahan PPD tersebut dimana dalam kata lain merujuk pada pengaruh berapa banyak konsentrasi inhibitor yang ditambahkan kedalam crude oil dengan beberapa skenario, dengan ditambahkan konsentrasi yang berbeda sehingga dapat menjadi pembandingan dan menjadi parameter untuk menentukan berapa besar efektif penambahan inhibitor untuk mengurangi nilai titik tuang. Berikut

Table 5
Pengaruh perbedaan konsentrasi terhadap *Pour Point*

Inhibitor	Pour Point	Konsentrasi 1000 ppm	Konsentrasi 2000 ppm	Δt
	Awal	<i>Pour point</i> (°C)	<i>Pour point</i> (degC)	
F-5		32	31	1
F-4		34	33	1
PEG - Kopi	38°C	36	36	0
Asam Oleat		36	36	0
PEG - Palmitat		36	36	0



hasil dari percobaan pengujian nilai titik tuang ditambahkan inhibitor dengan konsentrasi yang berbeda. Ditambahkannya konsentrasi inhibitor yang berbeda terjadi perubahan nilai titik tuang dimana saat konsentrasi menjadi 2000 ppm nilai dari *titik tuang* menurun. Untuk inhibitor inorganik yaitu F-5 dan F-4 disaat konsentrasi bertambah menjadi

2000 ppm nilai titik tuang menurun 1°C yaitu dari 32°C menjadi 31°C untuk F-5 sedangkan F-4 dari 34°C menjadi 33°C. Tetapi untuk inhibitor inorganik tidak terjadi penurunan yang signifikan karena sudah dijelaskan pada penganalisaan sebelumnya mengenai kandungan inhibitor organik yang kurang dapat menurunkan nilai titik tuang yang cukup signifikan

jadi untuk penambahan konsentrasi pada inhibitor organik belum dipastikan dapat berpengaruh. Penambahan konsentrasi dapat berpengaruh terhadap penurunan nilai titik tuang, dimana semakin tinggi nilai konsentrasinya maka akan semakin kecil nilai titik tuang nya walaupun tidak terlalu besar penurunan nilai titik tuang pada konsentrasi yang berbeda. Jadi pengaruh penambahan konsentrasi disini kurang berpengaruh menurunkan nilai titik tuang untuk mintak mentah yang cukup tinggi nilai titik tuang nya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini didapatkan bahwa inhibitor inorganik lebih efektif dibandingkan dengan organik, nilai titik tuang sebesar dari awalnya 38°C menjadi 32°C (4°C penurunan) untuk inhibitor inorganik F-5 dan dibandingkan dengan inhibitor organik (PEG – Kopi, Asam Oleat, dan PEG – Palmitat) yaitu titik tuang dari 38°C menjadi 36°C (2°C penurunan).

Perbedaan konsentrasi inhibitor yang digunakan kurang berpengaruh pada percobaan penelitian yaitu pada F-5 dengan konsentrasi yang berbeda memiliki nilai titik tuang yang berbeda pula. Pada saat konsentrasi 1000 ppm titik tuang pada crude oil tersebut berada pada 32°C sedangkan pada konsentrasi 2000 ppm titik tuang nya berada pada nilai 31°C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kemampuan dan juga kepada Bapak Dr. Astra Agus Pramana D.N., M.sc yang telah membimbing penulis hingga dapat menyelesaikan penelitian kali ini. Serta penulis mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan orang terdekat penulis yang selalu mendukung apapun kegiatan yang bertujuan untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR ISTILAH/SINGKATAN

Unit	Definisi	Satuan
WAT	Wax Appearance Temperature	Derajat
PPD	Pour Point Depressant	

SG	Specific Gravity	
API	American Petroleum Institute	
PPM	Part per Million	ppm, mg/L

KEPUSTAKAAN

- Adriany, Roza.** (2016). Pembuatan Kopolimer Lateks Karet Alam dengan Metil Metakrilat Sebagai Aditif Penurun Titik Tuang Minyak Mentah. *Journal Lemigas*.
- Afdhol, M. K., Rita, N., Hidayat, F., & Erfando, T.** (2022). Pembuatan Green - Solvent Dari Limbah Kulit Nanas dan Pemanfaatannya Sebagai Wax Inhibitor. *Journal Lemigas*.
- Afifa, S.** (2022). *Sintesis Polietilena Glikol Ester dari Ampas Kopi serta Aplikasinya Sebagai Titik tuang Depressant*. Jakarta: Universitas Pertamina.
- Al-Yaari, M.** (2011). Paraffin Wax Deposition: Mitigation & Removal Techniques. *Society of Petroleum Engineers*.
- Arahmad, L.** (2014). *Kinerja Titik tuang Depressant (PPD) Dalam Mengatasi Minyak Beku (Congeal) pada Shipping Line*. Padang: Universitas Bung Hatta.
- Bakhri, S.** (n.d.). *Minyak Bumi di Indonesia*. Makassar: Universitas Muslim Indonesia.
- Banki, R.** (2008). Mathematical formulation and numerical modeling of wax. *International Journal of Heat and Mass Transfer*.
- Burger, E. D.** (1981). Studies of Wax Deposition in the Trans Alaska Pipeline. *Journal Petroleum Technology*.
- ChampionX.** (2016). *MSDS Flexoil SFM - 4805*. Bogor: ChampionX An Ecolab Company.
- ChampionX.** (2022). *MSDS Flexoil SFM - 5664*. Bogor: ChampionX An Ecolab Company.

- Duan, J.** (2018). A model of wax deposition under oil-gas two-phase. *Oil & Gas Science and Technology*.
- Etoumi, A.** (2008). The reduction of wax precipitation in waxy crude oils . *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*.
- Hao, L. Z., Al - Salim, H. S., & Ridzuan, N.** (2019). A Review of the Mechanism and Role of Wax Inhibitors in the Wax Deposition and Precipitation. *PERTANIKA JOURNALS*.
- Haq Akmal, F. R.** (2021). *Analisis Pengaruh Coating FRP Terhadap Pengendapan Wax di Pipa Carbon Steel*. Jakarta: Universitas Pertamina.
- M. El-Dalatony, M.** (2019). Occurrence and Characterization of Paraffin Wax Formed in Developing Wells and Pipelines. *Energies*.
- Olajire, A. A.** (2021). Review of wax deposition in subsea oil pipeline systems and mitigation. *Chemical Engineering Journal Advances*.
- Pinem, I. N.** (2021). *Eksperimen dan Analisis Pengaruh Pelapisan Coating pada Pipa Carbon Steel Terhadap Pengendapan Wax*. Jakarta: Universitas Pertamina .
- Prabowo, A. S.** (2021). *Peranan Penting Injeksi Titik tuang Depressant (PPD) untuk Menjaga Aliran Crude Oil saat Terjadinya Penurunan Temperature pada Export Line Lapangan AS*. Pekanbaru.
- Ragunathan, T.** (2020). Wax Formation Mechanisms, Wax Chemical Inhibitors and Factors Affecting Chemical Inhibition. *applied sciences*.
- Sousa, A. L.** (2019). Preventing and removing wax deposition inside vertical wells. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*
- W, D.** (2008). Application of Paraffin Inhibitor Treatment Programs in Offshore. *Offshore Technology Conference*.