

PENCIRIAN MINYAK MENTAH BERLILIN MELALUI KAJIAN FIZIKAL DAN HUBUNGANNYA DENGAN MASALAH PARAFIN

oleh

Abd.Aiz Abd.Kadir dan Zulkafli Hassan
Jabatan Kejuruteraan Petroleum
Fakulti Kej. Kimia dan Kej. Sumber Asli
Universiti Teknologi Malaysia
54100 Kuala Lumpur

ABSTRACT

Solid deposition, generically known as paraffin deposition is a problem which occurs during oil production, especially for wells which are producing waxy crude. High operating cost is incurred every year to control and manage paraffin problems. Techniques for the prevention and treatment of deposition will depend on factors which influence the deposition process itself. A good understanding of the waxy crude characteristics can help in the prediction, treatment and designing suitable production systems in order to manage the problem effectively. This report discusses the results obtained from the laboratory study on waxy crude characteristic. Four crude samples from the Malaysian oilfields were analysed.

ABSTRAK

Pemendapan pepejal yang secara umumnya dikenali sebagai pemendapan parafin merupakan masalah yang dihadapi semasa proses pengeluaran minyak di lapangan, khususnya pada telaga yang menghasilkan minyak mentah berlilin. Masalah ini membabitkan kos operasi yang besar setiap tahun untuk diatasi. Kaedah untuk merawat menghalang pemendapan banyak bergantung kepada faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemendapan itu sendiri. Pengetahuan yang luas tentang ciri-ciri minyak mentah berlilin dapat membantu dalam proses peramalan, perawatan dan rekabentuk sistem; pengeluaran yang sesuai supaya masalah pemendapan tersebut dapat ditangani atau diuruskan dengan lebih berkesan. Laporan ini membincangkan keputusan beberapa ujikaji makmal terhadap ciri-ciri minyak mentah berlilin. Kajian ini telah dijalankan dengan menggunakan empat sampel minyak mentah yang diperolehi dari lapangan minyak di Malaysia.

1. PENGENALAN

Pemendakan dan pemendapan parafin merupakan satu dari masalah yang dihadapi semasa operasi pengeluaran minyak mentah di lapangan. Masalah ini boleh ditakrifkan sebagai keadaan di mana pemendapan bahan yang sebahagian besarnya organik menghalang pengaliran minyak yang berkesan melalui sistem pengeluaran. Pemendapan parafin biasanya berlaku pada telaga minyak yang mengeluarkan minyak mentah berlilin (waxy crude) dan boleh terbentuk pada ruang pori batuan reserbor, tetiub pengeluaran talian aliran dan peralatan permukaan^[1,2] Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi jumlah pemendakan seperti suhu, tekanan, kadar alir, rejim aliran dan sebagainya [3-8].

Mendapan atau deposit yang terbentuk menyebabkan halangan terhadap aliran minyak untuk bergerak dari dasar telaga ke permukaan. Ini ialah kerana garispusat berkesan bagi laluan minyak telah berkurang.

Jika berlaku mendapan pada ruang pori pula ketertelapan efektif batuan reserbor akan berkurang dan boleh menurunkan kadar pengeluaran sesebuah telaga minyak.

Dengan itu sejumlah besar kos operasi adalah diperlukan untuk menjalankan kerjasemula (workover) dan perawatan kimia bagi merawat telaga yang menghadapi masalah ini. Secara amnya kaedah untuk merawat masalah pemendapan boleh dibahagikan kepada tiga iaitu kaedah mekanikal, kaedah terma dan kaedah kimia. Bagaimanapun pemilihan kaedah yang sesuai untuk sesuatu keadaan bergantung kepada faktor-faktor yang mempengaruhi pemendapan dan ciri-ciri minyak mentah berlilin itu sendiri. Kajian literatur menunjukkan [9-12] bahawa pengetahuan terhadap ciri-ciri minyak mentah berlilin boleh membantu dalam memberikan maklumat awal yang dapat digunakan untuk mengurus masalah yang bakal dihadapi dengan lebih berkesan.

Kajian yang dijalankan ini bertujuan menentukan ciri-ciri minyak mentah dari lapangan minyak di Malaysia yang dijangka menghadapi masalah pemendapan lilin. Ia juga cuba mendapatkan satu rujukan mengenai sifat-sifat fizikal minyak mentah berlilin.

Komponen Mendapan Parafin

Hidrokarbon parafin adalah sebatian organik tertepu berantai lurus dengan formula empiriknya C_nH_{2n+2} . Komponen utama pemendapan ialah lilin parafin (50% ke 70%) dan selebihnya ialah minyak mentah dan pepejal bendasing yang terperangkap^[13]. Istilah lilin di sini merujuk kepada hidrokarbon parafin yang mempunyai berat molekul di antara 300 ke 1000 (C_{20} hingga C_{70}) dengan takat lebur sekitar $120^\circ F$ ^[14, 16].

Mekanisme Pemendapan

Pemendapan dan pemendakan parafin adalah satu contoh masalah keseimbangan cecair-pepejal yang boleh diterangkan dengan prinsip termodinamik larutan di mana komponen minyak yang ringan (light ends) bertindak sebagai pelarut kepada komponen-komponen yang lebih berat (heavier ends)^[11]. Secara mudahnya, komponen hidrokarbon yang berat akan terkeluar dari larutan minyak sekiranya berlaku sebarang perkara yang akan mengurangkan kemampuan minyak tersebut untuk mengekalkan komponen berat di dalam larutan. Suhu reserbor biasanya lebih tinggi dari takat genting untuk beberapa komponen ringan seperti metana, etana dan propana. Pada keadaan reserbor di mana tekanan dan suhu adalah tinggi, komponen yang ringan berada di dalam larutan dan ia bertindak sebagai pelarut untuk komponen yang berat. Minyak akan mengalami kejatuhan suhu dan tekanan semasa bergerak dari reserbor ke permukaan melalui telaga. Ini akan menyebabkan komponen-komponen ringan terlepas dari larutan dalam bentuk gas dan akibatnya kesan larutan terhadap komponen-komponen yang berat akan berkurangan. Sistem minyak akan tertepu dengan komponen berat ini sehingga ke satu tahap di mana komponen ini akan keluar dari larutan sebagai hablur lilin yang akan berkumpul dan melekat kepada permukaan tetiub pengeluaran. Biasanya hablur yang terkeluar dari larutan tidak akan menimbulkan masalah pemendapan selagi ia kekal bersendirian tetapi kehadiran bendasing seperti asphaltin yang berupa pepejal terampai dalam minyak akan bertindak sebagai nukleus dan menyebabkan hablur lilin tersebut berkumpul lalu mendak^[17].

2. UJIKAJI

Analisis melibatkan ujian terhadap empat sampel minyak mentah berlilin dari lapangan minyak Malaysia iaitu dari Semangkok, Irong Barat, Tembungo dan St. Joseph. Sampel ini merupakan sampel "mati" iaitu diperolehi pada keadaan ambien (suhu dan tekanan permukaan). Ciri-ciri minyak mentah yang dikaji kebanyakannya berdasarkan kepada piawaian ASTM^[18]. Ciri-ciri ini termasuklah:

1. Takat beku
2. Takat lebur

3. Takat awan
4. Takat tuang
5. Kekuatan alah dan takat gel
6. Kelikatan
7. Komposisi C_{18+}

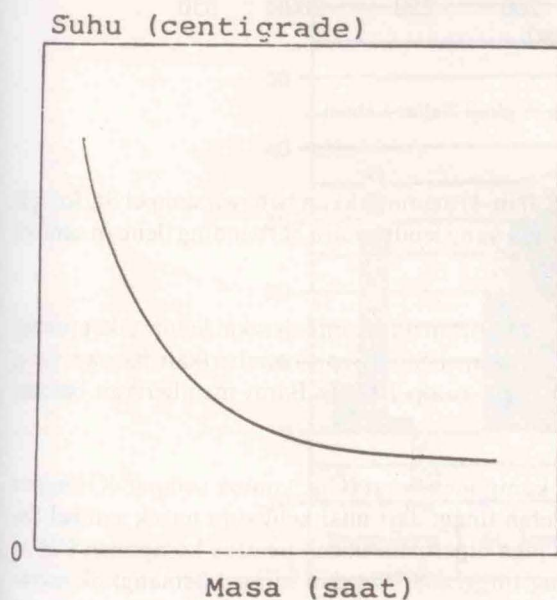
Penentuan takat beku dilakukan mengikut kaedah ASTM D2386 yang mentakrifkan takat beku sebagai suhu apabila hidrokarbon membentuk hablur semasa proses penyejukan. Ujikaji ini bertujuan menentukan suhu penghabluran sampel.

Kaedah ASTM D87-77 diubahsuai bagi menjalankan ujikaji takat lebur. ASTM mentakrifkan takat lebur sebagai suhu apabila sampel yang pada mulanya dipanaskan menunjukkan kadar perubahan suhu yang minimum semasa disejukkan iaitu apabila lengkung penyejukan mendatar^[18] seperti di rajah-1.

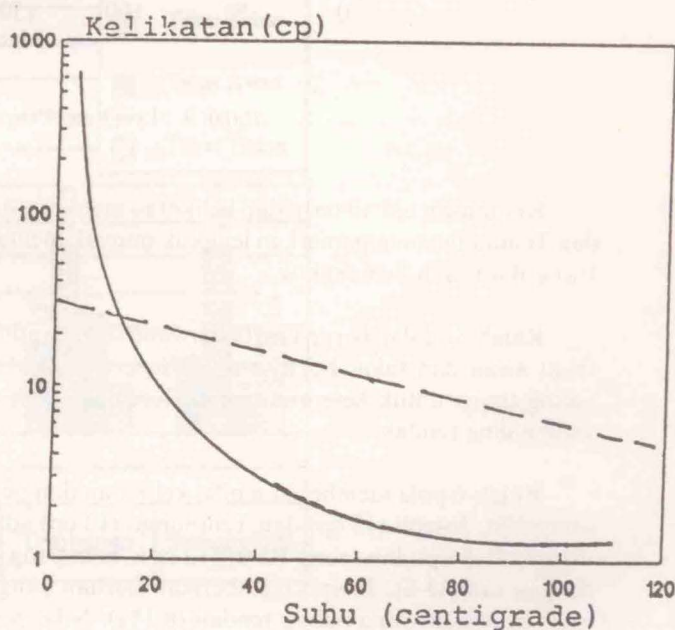
Takat tuang ditentukan mengikut ASTM D97-66. Takat tuang adalah suhu yang paling rendah di mana sampel minyak diperhatikan mengalir. Dalam ujikaji ini, sampel mulanya dipanaskan dan kemudian disejukkan pada keadaan yang dikawal dan diperiksa dalam sela suhu 3°C (5°F).

ASTM D2500-66 pula mentakrifkan takat awan sebagai suhu di mana awan atau jerebu hablur lilin mula wujud semasa sampel di sejukkan. Sampel disejukkan dalam sela suhu 1°C (2°F) dan diperiksa dari semasa ke semasa. Suhu di mana awan hablur lilin mula kelihatan pada dasar bekas ujikaji dicatat sebagai takat awan sampel. Bagaimanapun, memandangkan keempat-empat sampel berwarna gelap, penentuan takat awan tidak dapat ditentukan secara visual tetapi dianggar berdasarkan kepada takat tuang^[9].

Kekuatan gel dan takat alah sampel ditentukan pada suhu bilik (25°C) dengan menggunakan alat *Rotating Viscometer*. Kelikatan dinamik pula ditentukan dengan alat *Haake Viscometer* untuk julat suhu antara suhu 20°C sehingga 80°C . Rajah-2 menunjukkan hubungan am antara suhu dan kelikatan^[12] untuk minyak mentah berlilin dan minyak mentah tidak berlilin.



Rajah 1 Lengkung Penyejukan
(ASTM D87-77)

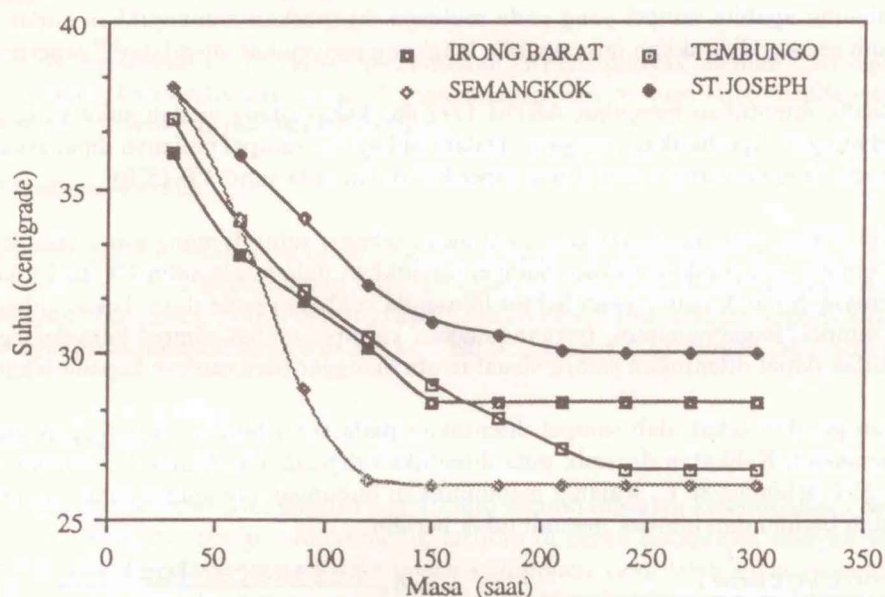


Rajah 2 Hubungan Suhu Kelikatan

Penentuan kandungan komponen hidrokarbon berat (C_{18+}) yang dijangka membentuk mendapan parafin dilakukan mengikut kaedah penyulingan (ASTM D86)^[18]. Prosedur ujian ini melibatkan pemanasan sampel sehingga takat didih komponen C_{18+} (lebih kurang 308°C) sepertimana yang dinyatakan di dalam literatur^[14,15]

3. KEPUTUSAN

Rajah-3 menunjukkan graf lengkung ujikaji takat lebur untuk keempat-empat sampel. Secara amnya, kesemua lengkung sampel menuruti tren sebagaimana yang diberikan oleh ASTM (Rajah-1). Sampel St. Joseph menunjukkan nilai takat lebur yang paling tinggi dengan 30°C diikuti oleh sampel Irong Barat (28.5°C), Tembungo (26.5°C) dan Semangkok (26°C).

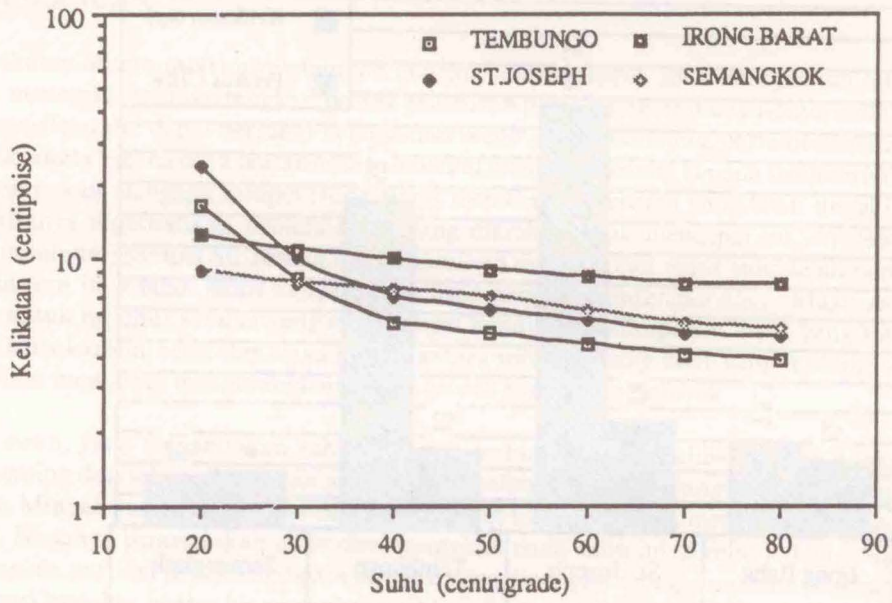


Rajah 3 Lengkung Penyejukan (Ujikaji Takat Lebur)

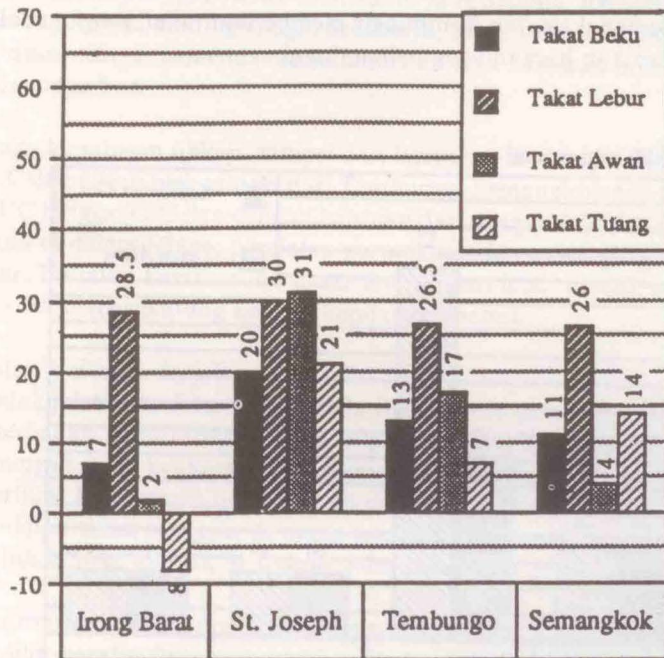
Keputusan ujikaji terhadap kelikatan melawan suhu (Rajah-4) menunjukkan bahawa sampel St. Joseph dan Tembungo mempamerkan lengkung minyak mentah berlilin yang lebih ketara berbanding dengan sampel Irong Barat dan Semangkok.

Rajah-5 adalah berupa carta bar yang membandingkan keputusan untuk ujikaji takat lebur, takat tuang, takat awan dan takat beku sampel. Seperti yang dijangka, sampel St. Joseph memberikan bacaan yang paling tinggi untuk kesemua ujikaji. Kecuali untuk takat lebur, sampel Irong Barat memberikan bacaan yang paling rendah.

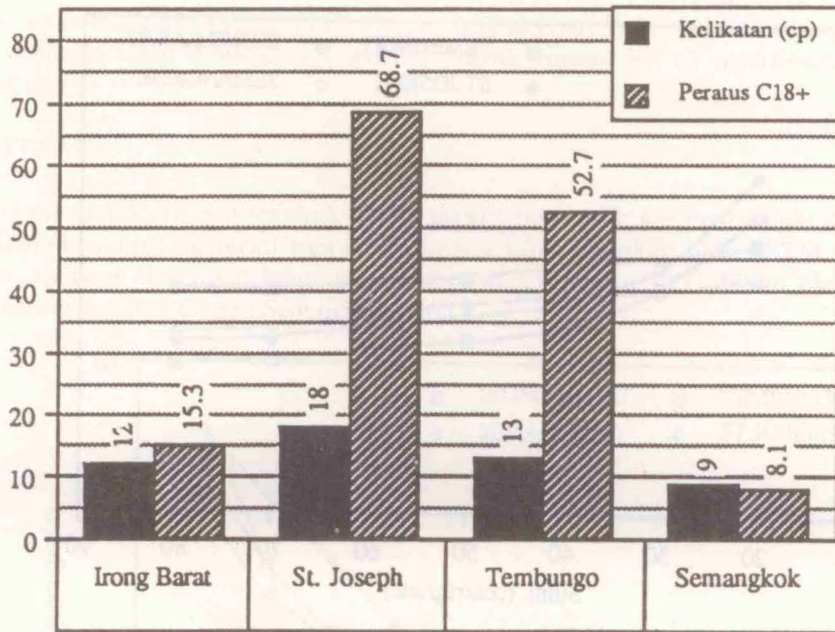
Rajah-6 pola memberikan nilai kelikatan dan peratus komponen berat (C_{18+}) untuk sampel. Kelikatan sampel St. Joseph (18 cp) dan Tembungo (13 cp) adalah lebih tinggi dari nilai kelikatan untuk sampel Semangkok (9 cp) dan Irong Barat (12 cp). Tren yang sama juga diperolehi untuk peratus komponen C_{18+} dengan sampel St. Joseph memberikan bacaan yang paling tinggi (68.7%) dan sampel Semangkok memberikan bacaan yang paling rendah (8.1%). Nilai peratus C_{18+} untuk St. Joseph adalah agak tinggi tetapi perlu diberi perhatian bahawa peratusan ini bukan sahaja terdiri dari komponen parafin malah termasuk juga sebarang bendasing seperti asfaltin dan sebagainya yang mempunyai takat didih lebih dari 308°C .



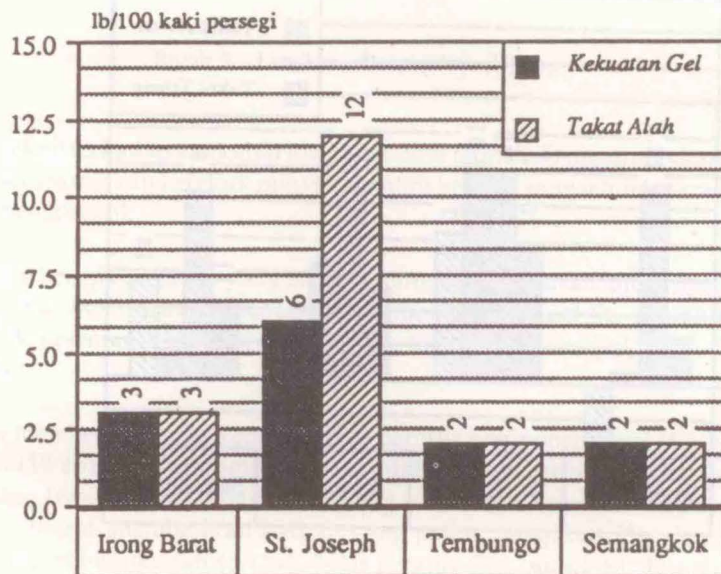
Rajah 4 Lengkuk Kelikatan Sampel Minyak



Rajah 5 Ciri-ciri Fizikal Sampel Minyak Mentah

Rajah 6 Kelikatan dan Peratus C₁₈₊

Rajah-7 memberikan keputusan ujikaji kekuatan gel dan takat alah. Pada keadaan suhu bilik (25°C), sampel-sampel Irong Barat Semangkok dan Tembungo memberikan nilai yang rendah dan sepertimana biasa sampel St. Joseph memberikan bacaan yang paling tinggi.



Rajah 7 Kekuatan Gel dan Takat Alah

4. PERBINCANGAN

Daya ikatan antara molekul bertambah dengan berat molekul. Ini menunjukkan takat lebur molekul akan turut meningkat memandangkan proses peleburan perlu mengatasi daya-daya ikatan antara molekul sebelum pepejal parafin dapat bertukar kepada fasa cecair. Bagaimanapun, pertambahan takat lebur parafin adalah tidak sekata kerana daya ikatan antara molekul turut bergantung kepada susunan hablur. Ini mungkin dapat menerangkan mengapa sampel Irong Barat memberikan bacaan yang lebih tinggi dari sampel Tembungo. Sekiranya diperhatikan kepada masa yang diambil untuk mencapai takat peleburan (perubahan suhu yang minimum) sampel St. Joseph dan Tembungo memerlukan masa yang lebih panjang (sekitar 240 saat). Keputusan ini adalah selari dengan keputusan peratus kandungan C_{18+} . Masa yang lebih panjang diperlukan untuk melebur sampel yang mempunyai kandungan komponen berat yang tinggi. Ciri kuantiti komponen hidrokarbon berat dan daya ikatan antara molekul yang kuat yang terdapat di dalam minyak mentah berlilin menolong mengurangkan kadar proses penyejukan minyak.

Takat awan, yang menandakan suhu di mana jerebu lilin mula kelihatan merupakan antara kriteria asas yang penting dan selalu digunakan untuk mengenalpasti masalah yang berkaitan dengan pemendakan lilin parafin. Minyak yang mempunyai takat awan yang tinggi dijangka menghadapi masalah parafin yang lebih serius. Biasanya pemendakan akan dirangsangkan pada suhu ini. Jerebu-jerebu yang terbentuk akan tertumpu kepada partikel pepejal di dalam minyak yang dipanggil sebagai nukleus pemendakan. Sepanjang perjalanan nukleus dan jerebu ke permukaan, suhu aliran semakin rendah disebabkan terdapatnya kehilangan haba ke sekitaran dan semakin banyak jerebu akan terbentuk dan melekat kepada nukleus sehingga menjadi keras dan mendak ke dinding tetiub pengeluaran.

Dalam keadaan praktikal, operasi pengeluaran seharusnya dijalankan pada suhu yang lebih tinggi dari takat awan minyak bagi mengelakkan pemendakan hablur yang berkemungkinan untuk mendak. Satu contoh yang berkaitan ialah semasa penggunaan kaedah terma yang dikenali sebagai 'hot oiling' untuk mencairkan mendapan yang terdapat pada dinding telaga. Sekiranya, suhu takat awan minyak yang disuntik adalah lebih tinggi dari suhu dasar telaga, pemendakan lilin dari minyak suntikan boleh berlaku dan menyumbat ruang-ruang pori batuan reserbor.

Berdasarkan kepada keputusan ujikaji, sampel dari lapangan St. Joseph memberikan suhu takat awan yang tertinggi iaitu 31°C dan diikuti oleh sampel dari Tembungo, Semangkok dan Irong Barat. Pada keadaan suhu operasi sekitar 31°C hingga 35°C dan dengan bantuan dari pengaruh fizikal dan kimia dijangka potensi berlakunya pemendakan di dalam telaga, peralatan permukaan dan talian paip dasar laut untuk lapangan St. Joseph adalah besar. Ini ialah kerana suhu dasar laut adalah lebih rendah dari 31°C dan suhu kepala telaga disekitar 35°C – 45°C (bergantung kepada kehilangan haba).

Perubahan kelikatan per unit darjah selsius suhu yang ditunjukkan oleh sampel Tembungo dan St. Joseph adalah tinggi untuk julat suhu di bawah 40°C . Berbanding dengan sampel Irong Barat dan Semangkok perubahan kelikatan terhadap suhu menghasilkan lengkung seakan suatu garislurus. Jika dirujuk rajah-4 kepada rajah-2^[12], hubungan suhu-kelikatan sampel minyak Tembungo dan St. Joseph cenderung kepada ciri minyak mentah berlilin. Jadi, secara umum boleh disimpulkan bahawa perubahan kelikatan terhadap suhu minyak berlilin adalah tidak seragam di mana terdapat perbezaan perubahan yang ketara di suatu julat suhu tertentu (untuk sampel minyak St. Joseph, julat suhu ialah 39°C – 41°C).

Takat tuang mencerminkan julat suhu di mana minyak bersifat Newtonian. Pembentukan jerebu lilin dan seterusnya hablur lilin parafin ini mengurangkan kadar keboleherakan atau kebolehaliran minyak. Ini ialah kerana pada suhu yang rendah, penghabluran lilin parafin akan menyebabkan minyak membentuk gel dan tidak bersifat Newtonian. Jika diperhatikan kekuatan gel dan takat alah yang ditunjukkan oleh minyak pada suhu bilik (25°C), St. Joseph memberikan bacaan yang tertinggi kerana takat tuang yang dihasilkan hampir kepada suhu bilik. Jika ciri takat tuang, kekuatan gel dan takat alah digabungkan mungkin

dapat digunakan untuk membezakan jenis minyak mentah berlilin dan tidak berlilin. Ia juga merupakan ciri penting untuk meramal masalah kebolehaliran dan pengepaman minyak yang timbul semasa penghantaran melalui talian paip di dasar laut.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan keputusan ujikaji beberapa sifat-sifat fizikal minyak mentah yang boleh digunakan sebagai kriteria pengkelasan minyak mentah berlilin telah dikenalpasti. Ujikaji yang dijalankan boleh digunakan untuk mengukur darjah keterukan masalah pemendapan yang mungkin dihadapi.

Walaupun kajian perbandingan tidak dapat dijalankan di antara keputusan yang diperolehi dengan data tipikal minyak mentah berlilin, beberapa rujukan boleh disimpulkan seperti berikut:-

1. Lengkung penyejukan yang diperolehi dari ujian takat lebur untuk minyak mentah berlilin adalah lebih tinggi. Ciri ini mempunyai hubungkait dengan kuantiti hidrokarbon berat C₁₈, dan daya ikatan antara molekul.
2. Takat awan merupakan titik suhu tertinggi jika dibandingkan dengan takat lebur, takat beku dan takat tuang untuk minyak mentah berlilin.
3. Ujian takat tuang, kekuatan gel dan takat alah yang dijalankan dengan teliti membantu membezakan jenis minyak berlilin.
4. Di suatu julat suhu tertentu terdapat perbezaan yang besar dari segi perubahan kelikatan terhadap suhu pada minyak terlilin.
5. Sampel minyak dari lapangan St. Joseph dan Tembungo mempamerkan ciri minyak mentah berlilin yang lebih ketara jika dibandingkan dengan sampel minyak dari Irong Barat dan Semangkok.
6. Dari sudut darjah keterukan masalah pemendapan lilin parafin, St Joseph dijangka menghadapi masalah yang lebih serius.

6. CADANGAN

Berikut adalah beberapa cadangan yang boleh digunakan untuk membantu meramalkan ciri minyak mentah berlilin yang lebih baik.

1. Analisa komposisi hidrokarbon sekurang-kurangnya C₇ dan ke atas dan bukan setakat berat kandungan C₁₈₊.
2. Analisa taburan Parafin/Naftin/Asfaltin (PNA) dan taburan berat molekul.

7. PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada pihak Petronas, Esso Production Malaysia Inc (EPMI) dan Sarawak Shell Bhd. kerana menyumbangkan sampel-sampel minyak untuk tujuan ujikaji.

8. RUJUKAN

- [1] Carnahan, N. F., 'Paraffin Deposition in Petroleum Production', Jour. Pet. Tech., Oct. 1989, p1024-1025.
- [2] Jorda, R.M., 'Paraffin Deposition and Prevention in Oil Well', Jour. Pet. Tech, Dec. 1966, p1605-1612.
- [3] Hunt, E.B., 'Laboratory Study of Paraffin Deposition', Jour. of Pet. Tech., Nov. 1962, p1259-1269.
- [4] Patton, C.C dan Jessen F.W., 'The Effects of Petroleum Residual on Paraffin - Deposition From a Heptane-Refined Wax System', Petroleum Transactions, AIME, Vol 234, 1965, p333.
- [5] Cole, R.J. dan Jessen, F.W., 'Paraffin Deposition', Oil and Gas Journal, Sept 1960, p87-90.
- [6] Patton, C.C dan Casad, B.M., 'Paraffin Deposition From Refined Wax-Solvent System', Jour. Pet Tech, March 1970, p27-34.

- [7] Bott, T.R. dan Gudmundsson J.S., 'Deposition of paraffin Wax from Flowing System', Institute of Petroleum, 1978.
- [8] Haq, Mohamed A., 'Deposition of Paraffin Wax from its Solution with Hydrocarbons', SPE 10541, 1982.
- [9] Tufle, R.W., 'High Pour Points and Asphaltic Crude Oil and Condensate', Jour. Pet. Tech., Jun 1983, p1192-1196.
- [10] Sifferman, T. R., 'Flow Properties of Difficult to Handle Crude Oil', Jour. of Pet. Tech, August 1979.
- [11] Majeed, A et. al, 'Model Calculates Wax Deposition for N. Sea Oil', Oil and Gas Journal, June 1990, p63-69.
- [12] Shell International Oil Company, 'The Use of Fluidity Improvers in Waxy Crude Oil Transportation', 1987.
- [13] Allen, T.O. dan Robert, A.P., 'Production Operation, Vol.2', Oil & Gas Consultants - International Inc, Tulsa, 2nd Edition, 1979, p11-18.
- [14] Freund, M et al., 'Paraffin Products', Elsevier Science Publishing Company Inc, New York, 1982.
- [15] Exxon Production Research Company, 'Overview of Production Engineering', Texas, 1986, Unit 25, p3-4.
- [16] Bucaram, S.M., 'An Improved Paraffin Inhibitor', Jour. Pet. Tech., Feb 1967, p 150-156.
- [17] Annual Book of ASTM Standards, Petroleum Products Testing, 1987.