

PENGGUNAAN MONOETILENA GLIKOL UNTUK MENGAWAL KEMEROSOTAN LUMPUR GERUDI

ISSHAM ISMAIL¹ & LEONG VON HOE²

Abstrak. Polimer dimasukkan ke dalam lumpur gerudi dasar air untuk menstabilkan reologi dan mengawal kehilangan turasan. Bila suhu sistem lumpur melebihi kestabilan terma polimer, sifat-sifat reologi lumpur mengalami kemerosotan dan kehilangan turasannya meningkat dengan ketara. Fenomena berkaitan telah mengesahkan penggunaan lumpur polimer dalam penggerudian telaga yang lebih dalam dan bersuhu tinggi. Kertas kerja ini membincangkan penggunaan monoetilena glikol (MEG) dalam lumpur dasar air untuk mengawal kemerosotan polimer pada suhu tinggi. Sifat reologi lumpur dan kehilangan turasan ialah dua parameter penting yang menentukan keberkesannya. Skop kajian merangkumi penentuan kepekatan MEG yang perlu ditambah untuk memberikan keberkesanan tertinggi dengan penilaian ekonomi turut dilakukan. Hasil kajian telah menunjukkan bahawa MEG berupaya memperlahankan kadar kemerosotan polimer pada suhu tinggi, dengan kepekatan isi padu MEG 10 peratus mempamerkan keberkesanan yang paling menarik terutama dalam mengawal kemerosotan sifat kehilangan turasan. Penilaian ekonomi membuktikan bahawa MEG berpotensi untuk menjadi bahan tambah lumpur secara komersil. Penemuan ini telah membuka jalan kepada lumpur polimer dasar air untuk bersaing dengan lumpur dasar minyak dari segi prestasi dan kos.

1.0 PENGENALAN

Lumpur gerudi ialah bendalir atau lumpur yang diedarkan ke dalam lubang telaga semasa berlakunya operasi penggerudian berputar atau operasi kerja semula telaga [1]. Pelbagai bahan tambah dimasukkan ke dalam lumpur gerudi bagi melaksanakan fungsi tertentu seperti meningkatkan kelikatan, mengawal kehilangan turasan dan lain-lain. Polimer telah menjadi agen pengawal kehilangan turasan lumpur sejak 30 tahun yang lalu, tetapi kepopularannya sebagai bahan tambah lumpur hanya bermula 10 tahun yang lepas. Sifat polimer yang boleh larut dalam air telah memperbanyakkan aplikasinya dalam operasi penggerudian. Tambahan pula, kelebihan sistem lumpur yang berpepejal rendah menyebabkan polimer menjadi bahan tambah lumpur yang sesuai serta ekonomik untuk mengawal sifat reologi, kehilangan turasan, dan kestabilan syal [2].

Bagaimanapun, satu masalah utama yang sering ditemui bila menggerudi telaga dalam yang bersuhu tinggi dengan menggunakan lumpur polimer ialah kemerosotan yang dialami oleh lumpur berkaitan [3]. Pada suhu yang melebihi kestabilan terma

^{1 & 2} Jabatan Kejuruteraan Petroleum, Fakulti Kej. Kimia & Kej. Sumber Asli, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 Skudai, Johor Bahru, Malaysia.

polimer, struktur polimer akan terlerai dan teroksida. Kejadian ini mengakibatkan sifat reologi lumpur merosot dan kehilangan turasannya meningkat dengan ketara, yang membawa kepada kos pemulihan lumpur yang tinggi serta terdedah kepada risiko semburan keluar yang besar. Oleh itu, lumpur polimer biasanya tidak digunakan untuk menggerudi telaga dalam yang bersuhu tinggi walaupun ia adalah jauh lebih murah berbanding lumpur dasar minyak. Secara umum, lumpur polimer dasar air tidak menimbulkan masalah pencemaran yang serius jika dibandingkan dengan lumpur dasar minyak. Ini adalah kerana polimer adalah bertoksik sangat rendah dan bersifat biorosot [4].

MEG kerap digunakan dalam industri minyak dan gas untuk menghalang pembentukan hidrat. Ini adalah kerana hidrat yang terbentuk lazimnya menyumbat injap-injap pada alat pencegah semburan keluar dan talian bunuh yang boleh mengakibatkan masalah serius dalam kerja kawalan telaga [5]. Rujukan [5] turut memberikan sifat-sifat kimia dan fizikal MEG. Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh MEG seperti merendahkan kekonduksian terma campuran, mencegah pengaratan, kebolehlarutan yang tinggi dalam air, dan sifat kelinciran yang baik telah menuntut supaya perhatian yang serius diberikan kepada penggunaannya sebagai bahan tambah dalam lumpur polimer dasar air [6].

Dalam kajian ini, MEG dengan isi padu yang berlainan telah dimasukkan ke dalam lumpur polimer dasar air, yang tujuannya adalah untuk mengkaji kesannya dalam mengawal kemerosotan yang dialami oleh lumpur berkaitan pada pelbagai suhu yang melebihi 180°F. Selain itu, kewajaran penggunaan MEG dalam lumpur gerudi dari segi ekonomi turut dinilai.

2.0 BAHAN DAN KAEDAH

Penyediaan dan pengujian lumpur gerudi yang diguna pakai dalam kajian dijelaskan secara berasingan seperti berikut:

2.1 Penyediaan Sampel Lumpur Gerudi

Lumpur yang digunakan dalam kajian ialah lumpur polimer kalium klorida dengan berat 12.0 ppg (1438 kg/m³). Nilai berat ini dipilih kerana ia adalah setara dengan berat lumpur yang digunakan untuk menggerudi lubang pengeluaran di Malaysia. Begitu juga dengan formulasi lumpur polimer dasar yang diguna pakai dalam kajian (Jadual 1). Sifat-sifat lumpur yang terbentuk didapati berada dalam julat panduan yang diperolehi daripada sebuah syarikat tempatan yang terlibat dalam kejuruteraan lumpur gerudi, iaitu *Kota Minerals and Chemicals Sdn. Bhd.* (Jadual 2). Kalium klorida digunakan untuk menyumbang ion kalium bagi mengurangkan penghidratan partikel tanah liat. Natrium hidroksida ditambah untuk menyediakan suatu persekitaran yang berkali supaya polimer yang ditambah dapat berfungsi secara optimum. *FORALYS 380* ialah polimer organik yang diguna untuk mengurangkan kehilangan turasan

Jadual 1 Formulasi lumpur dasar.

Komponen	Kuantiti
Air paip	350.0 ml
Kalium klorida	40.0 g
Natrium hidroksida	ditambah sehingga pH mencapai 7.0
FORALYS 380	4.0 g
POLYZAN	2.0 g
Barit	196.6 g

lumpur, manakala *POLYZAN* digunakan sebagai agen pelikat untuk membaiki sifat reologi lumpur. Barit digunakan sebagai agen pemberat [7].

Setiap bahan tambah di atas dimasukkan satu demi satu ke dalam 350 ml air paip yang ditempatkan di dalam mangkuk pengacau secara yang ditunjukkan dalam Jadual 1. Untuk menyediakan sampel lumpur yang mengandungi MEG, MEG ditambah setelah *FORALYS 380* dan *POLYZAN* dimasukkan dan dikacau selama dua minit supaya ia dapat bertindak balas dengan struktur polimer bahan tambah lumpur. Isi padu MEG yang perlu dimasukkan ke dalam lumpur dasar adalah berdasarkan isi padu lumpur berkaitan, yang boleh dikira dengan menggunakan formula berikut:

$$\text{Isi padu MEG} = X\% \times 350 \text{ ml lumpur dasar}$$

Jadual 2 Sifat lumpur polimer yang terhasil [8]

Sifat-sifat	Julat panduan (Unit B.G.)	(Unit B.G.) Polimer terhasil	Sifat lumpur (Unit S.I.)
Berat lumpur	11-12 ppg	12 ppg	1438 kg/m ³
Kelikatan plastik	Serendah mungkin	22 cp	22 kPa.s
Takat alah	22-30 lbm/100ft ²	27 lbm/100ft ²	129 kPa/927 m ²
Kekuatan gel (10 saat)	13-20 lbm/100ft ²	14 lbm/100ft ²	64 kPa/927 m ²
Kekuatan gel (10 minit)	17-25 lbm/100ft ²	16 lbm/100ft ²	74 kPa/927 m ²

2.2 Pengujian Sifat Lumpur Polimer

Dalam kajian ini, parameter lumpur yang dikaji ialah kelikatan plastik, takat alah, kekuatan gel 10 saat, kekuatan gel 10 minit, kehilangan turasan API, dan faktor kelinciran lumpur. Semua kaedah pengujian lumpur adalah berdasarkan piawai Institut Petroleum Amerika (API) dalam terbitannya yang berjudul "*Recommended Practice on Standard Field Procedure for Testing Drilling Fluid*" API RP 13B [9]. Jadual 3 menunjukkan sifat lumpur yang diuji dan peralatan berkaitan yang digunakan untuk mengujinya.

Jadual 3 Peralatan yang digunakan untuk menguji sifat-sifat lumpur

Sifat lumpur	Peralatan
Kelikatan	Reometer
Takat alah	Reometer
Kekuatan gel	Reometer
Kehilangan turasan	Penuras tekan API
Faktor kelinciran	Penguji kelinciran Baroid

3.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Uji kaji makmal yang telah dijalankan menunjukkan bahawa formulasi lumpur polimer yang diguna pakai berdasarkan Jadual 1 tidak dapat menahan suhu sistem yang melebihi 180°F bila di panasputarakan selama 16 jam. Keputusan uji kaji makmal juga membuktikan bahawa bila MEG ditambah ke dalam lumpur polimer, kemerosotan polimer berjaya dikurangkan. Kemerosotan polimer pada suhu tinggi boleh dikesan berdasarkan kemerosotan sifat-sifat lumpur iaitu:

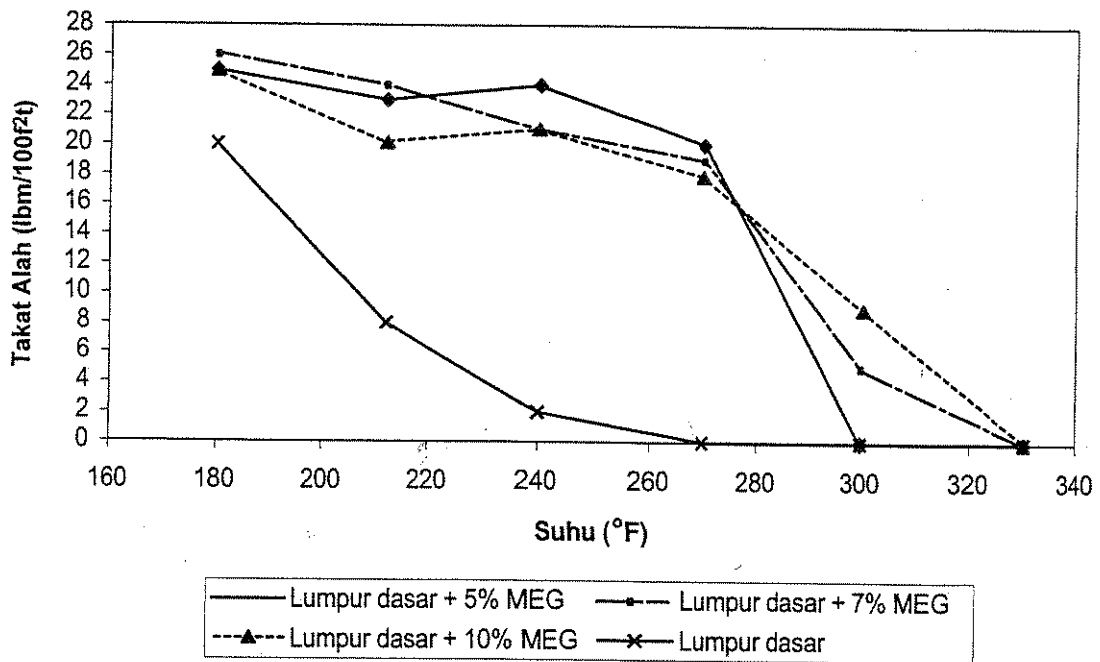
- (1) Sifat-sifat reologi (takat alah dan kekuatan gel).
- (2) Kehilangan turasan API.

Oleh sebab setiap jenis sifat berkaitan hanya dikawal oleh satu jenis polimer, maka kemerosotan sifat lumpur tertentu mewakili kemerosotan polimer yang mengawal sifat tersebut.

3.1 Takat Alah

Bila lumpur dasar (tanpa MEG) di panasputarakan selama 16 jam dari pada 180°F hingga 330°F, nilai takat alah didapati telah berkurang dengan ketara pada suhu yang melebihi 180°F (Rajah 1). Nilai takat alah yang di peroleh adalah sangat rendah sehingga tidak sesuai digunakan sebagai sifat pengampaian lumpur. Ini menunjukkan bahawa polimer pelikat *POLYZAN* telah merosot, dan secara langsung menjadi punca kepada pemendapan barit yang diperhatikan berlaku pada sampel-sampel lumpur dasar yang di panas putar pada suhu yang melebihi 180°F.

Bila lumpur dasar ditambah dengan MEG masing-masing pada nilai 5%, 7%, dan 10% (berdasarkan isi padu lumpur), didapati takat alah telah berkurang sedikit, tetapi tidak jauh bezanya dari pada nilai asal. Ini adalah kerana penambahan MEG telah meningkatkan kelinciran lumpur dasar dan mengurangkan kelikatan. Bila campuran lumpur dasar dan MEG tersebut di panas putar dari pada 180°F hingga 330°F selama 16 jam, lumpur didapati telah mempamerkan sifat-sifat kemerosotan yang ketara hanya pada suhu yang melebihi 270°F. Sebelum 270°F, nilai-nilai takat alah adalah tidak



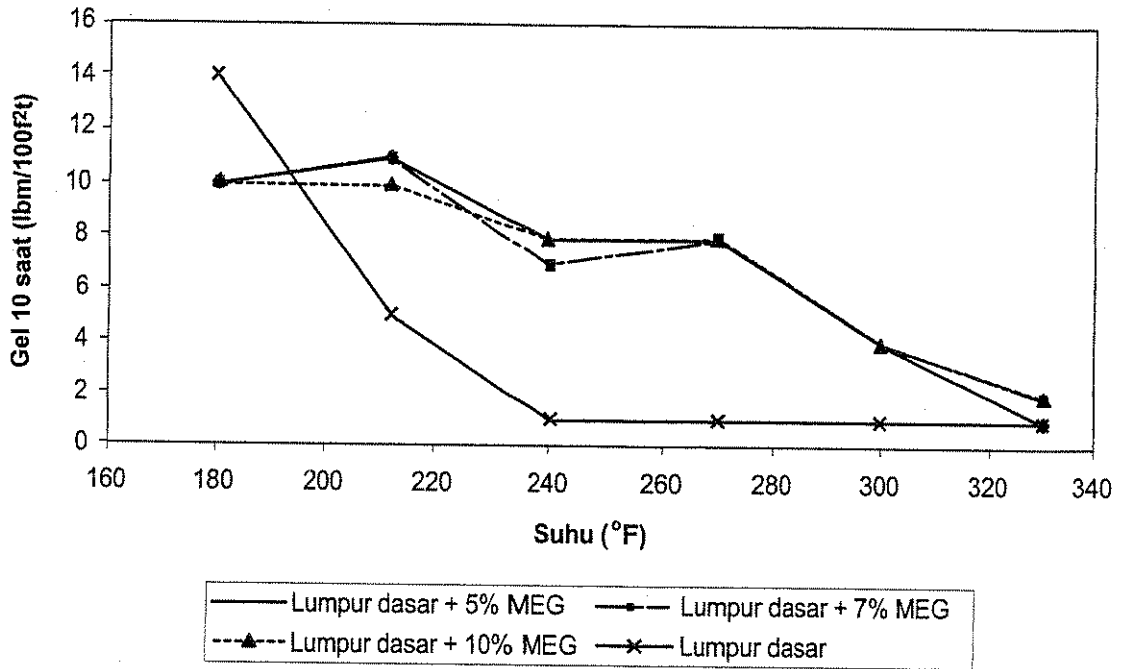
Rajah 1 Kesan MEG terhadap takat alah setelah dipanas putar pada pelbagai suhu

jauh bezanya daripada nilai asal dan terletak di sekitar julat yang disyorkan. Ini menunjukkan polimer pelikat *POLYZAN* tidak merosot pada suhu sebelum 270°F. Keputusan ini menunjukkan bahawa kadar kemerosotan polimer *POLYZAN* telah diperlahankan dengan kehadiran MEG.

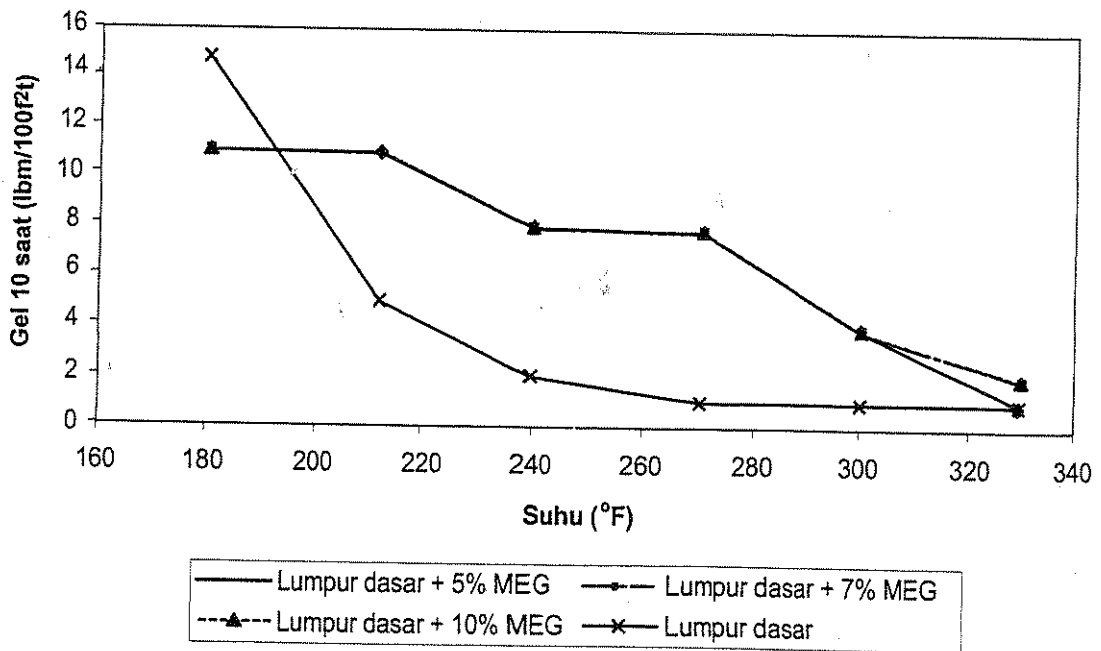
3.2 Kekuatan Gel

Bila lumpur dasar (tanpa MEG) dipanasputarkan selama 16 jam daripada 180°F hingga 330°F, didapati nilai kekuatan gel 10 saat dan 10 minit berkurang dengan ketara pada suhu melebihi 180°F (Rajah 2 dan Rajah 3). Nilai kekuatan gel yang diperolehi adalah sangat rendah sehingga tidak sesuai digunakan sebagai sifat tiksotropi lumpur. Ini menunjukkan bahawa polimer pelikat *POLYZAN* telah merosot pada suhu melebihi 180°F.

Bila lumpur dasar ditambah dengan MEG masing-masing pada isi padu 5%, 7%, dan 10%, dan campuran tersebut dipanasputarkan daripada 180°F hingga 330°F selama 16 jam, lumpur berkaitan didapati hanya mempamerkan sifat-sifat kemerosotan yang ketara pada suhu melebihi 270°F. Ini menunjukkan polimer pelikat *POLYZAN* hanya merosot pada suhu melebihi 270°F dengan kehadiran MEG. Keputusan ini membuktikan bahawa MEG berupaya memperlahankan kadar kemerosotan polimer pelikat *POLYZAN*.



Rajah 2 Kesan MEG terhadap kekuatan gel (10 saat) setelah di panas putar pada pelbagai suhu

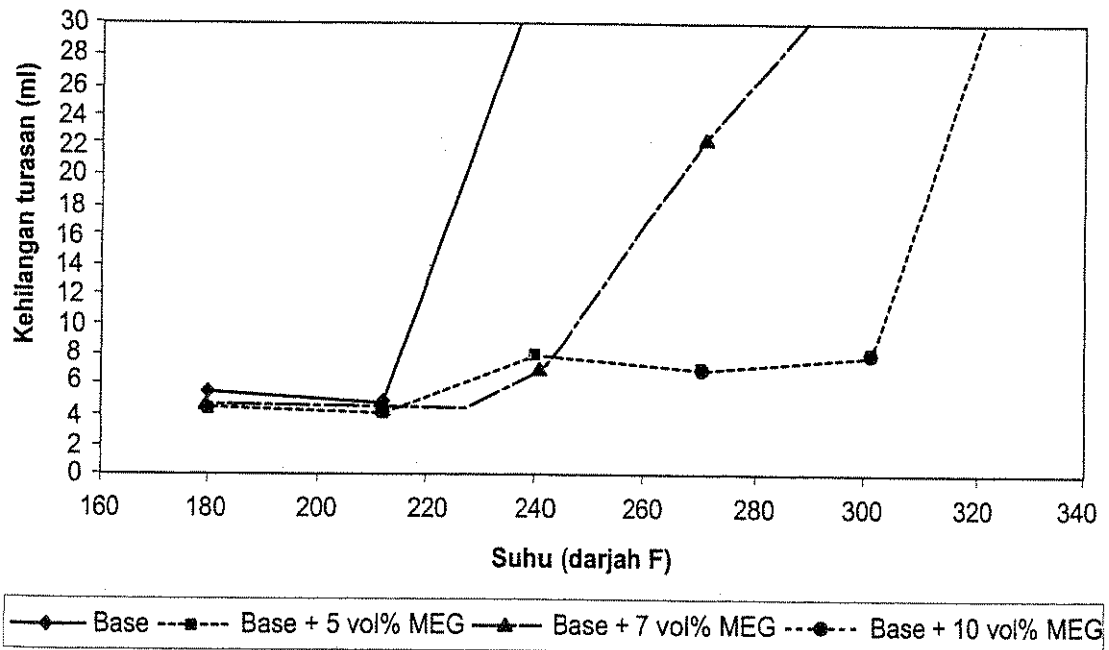


Rajah 3 Kesan MEG terhadap kekuatan gel (10 minit) setelah di panas putar pada pelbagai suhu

3.3 Kehilangan Turasan

Kehilangan turasan yang melebihi 25 ml adalah tidak bermakna dan tidak disebutkan nilainya kerana kehilangan turasan sebegitu tinggi akan merosakkan formasi dengan teruknya. Dalam kajian yang telah dilaksanakan, bila lumpur dasar tanpa MEG telah dipanasputarkan daripada 180°F hingga 330°F selama 16 jam, polimer kawalan kehilangan turasan *FORALYS 380* telah mula mempamerkan sifat-sifat kemerosotan pada suhu melebihi 212°F dan mencapai takat kehilangan 230°F (Rajah 4).

Bila lumpur dasar ditambahkan dengan MEG masing-masing pada isi padu 5% dan 7% (berdasarkan isi padu lumpur), dan dipanasputarkan selama 16 jam pada suhu daripada 180°F hingga 330°F, polimer kawalan kehilangan turasan *FORALYS 380* mula mempamerkan sifat-sifat kemerosotan pada suhu melebihi 212°F dan merosot dengan ketara pada suhu melebihi 240°F. Sebelum suhu 240°F, nilai kehilangan turasan didapati berada dalam julat yang diperlukan, iaitu 6 ml. Pada 240°F, kehilangan turasan 30 minit telah meningkat kepada 8 ml, dan fenomena berkaitan mempamerkan satu perubahan yang tidak nyata. Lumpur dengan tambahan sebanyak 5% MEG mencapai takat kehilangan 250°F, manakala lumpur dengan tambahan 7% MEG hanya mencapai takat kehilangan 270°F.



Rajah 4 Kesan MEG terhadap kehilangan turasan API (di bawah 30 ml) setelah dipanas putar pada pelbagai suhu

Bila lumpur dasar ditambahkan dengan 10% MEG dan di panasputamakan daripada 180°F hingga 330°F selama 16 jam, polimer kawalan kehilangan turasan *FORALYS 380* mula mempamerkan sifat-sifat kemerosotan pada suhu melebihi 212°F dan hanya merosot dengan ketara pada suhu melebihi 300°F. Pada suhu 310°F, lumpur dengan 10% MEG telah mencapai takat kehilangan kawalan turasan sepenuhnya. Keputusan ini membuktikan bahawa MEG berupaya memperlahankan kadar kemerosotan polimer kawalan kehilangan turasan *FORALYS 380* kepekatan MEG sebanyak 10% mempamerkan keberkesanan yang paling nyata.

Secara umum, sifat MEG yang memperlahankan kadar kemerosotan polimer pada suhu tinggi adalah disebabkan interaksi antara ikatan dimer (ikatan dua O-H) dengan struktur polimer. Ia menyebabkan struktur polimer tidak mudah dileraikan pada suhu tinggi.

3.4 Sifat Kelinciran Lumpur

Uji kaji kelinciran lumpur menggunakan meter kelinciran Baroid menunjukkan bahawa lumpur yang dicampurkan dengan MEG mempamerkan sifat kelinciran yang lebih tinggi berbanding lumpur dasar tanpa MEG.

Sifat kelinciran boleh diketahui dan dibanding melalui faktor kelincirannya. Semakin rendah nilai faktor kelinciran, maka semakin lincir lumpur tersebut [4]. Bila diuji dengan menggunakan meter kelinciran, lumpur dasar mempamerkan nilai faktor kelinciran sebanyak 0.5 (berbanding kelinciran air segar yang bernilai 0.34), manakala lumpur yang ditambah dengan MEG masing-masing pada isi padu 5%, 7%, dan 10%, telah menghasilkan nilai kelinciran sebanyak 0.47, 0.46, dan 0.43 (Jadual 3). Ini menunjukkan MEG berupaya menambah sifat kelinciran lumpur dan semakin banyak MEG yang ditambah, maka semakin bertambah sifat kelinciran, yang secara tidak langsung dapat meningkatkan prestasi lumpur polimer dengan mengurangkan daya kilas serta seretan semasa menggerudi telaga condong.

Jadual 3 Kesan MEG terhadap kelinciran lumpur

	Lumpur dasar	Lumpur dasar + 5% MEG	Lumpur dasar + 7% MEG	Lumpur dasar + 10% MEG
Faktor kelinciran	0.50	0.47	0.46	0.43

4.0 KAJIAN EKONOMI

Satu penilaian ekonomi telah dilakukan untuk meninjau potensi penggunaan MEG sebagai bahan tambah lumpur secara komersil. Kajian ini dibuat dengan mengambil kira suatu operasi penggerudian lubang pengeluaran yang mana jumlah lumpur dalam sistem peredaran ialah 2472 tong.

Merujuk kepada kes ini, Kota Minerals & Chemicals Sdn. Bhd. telah menawarkan harga kasar bernilai US\$70 per tong lumpur jika lumpur dasar minyak sintetik jenis *Sarapar 147* digunakan. Daripada pengiraan, kos lumpur yang diperlukan ialah US\$173,040 atau RM657,552.

Jika lumpur polimer KCl PHPA dengan tambahan isi padu 10% MEG digunakan, sebanyak 2247 tong lumpur polimer dan 225 tong MEG diperlukan untuk membentuk jumlah lumpur sebanyak 2472 tong. Merujuk kepada kes ini pula, Kota Minerals & Chemicals Sdn. Bhd. telah menawarkan harga kasar bernilai US\$50 per tong lumpur KCl PHPA yang digunakan. Berdasarkan harga runcit MEG bernilai RM100 per 18 liter, jumlah kos lumpur ialah RM625,680. Berdasarkan pengiraan yang sama juga, kos lumpur dengan tambahan isi padu MEG sebanyak 5% dan 7% adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 4.

Jadual 4 Jumlah kos lumpur dengan tambahan isi padu MEG sebanyak 5%, 7%, dan 10%.

Peratus isi padu MEG	Isi padu lumpur polimer KCl PHPA (Tong)	Isi padu MEG (Tong)	Jumlah kos lumpur (RM)
5%	2356	118	551,873
7%	2312	162	582,380
10%	2247	225	625,680

Daripada hasil pengiraan, kita boleh dapati bahawa kos lumpur polimer yang ditambah dengan MEG adalah tidak melebihi kos lumpur dasar minyak jika lubang pengeluaran yang sama digerudi.

Daripada analisis ekonomi berkaitan, kita boleh membuat kesimpulan bahawa MEG adalah ekonomik digunakan untuk mengawal masalah kemerosotan polimer pada suhu tinggi. Perlu diperhatikan bahawa analisis ekonomi ini adalah dibuat berdasarkan harga runcit MEG. Jika MEG digunakan secara komersil sebagai bahan tambah lumpur, kos lumpur tersebut akan menjadi lebih rendah. Dengan ini, lumpur polimer dasar air akan mendahului lumpur dasar minyak dari segi prestasi dan ekonomik.

5.0 KESIMPULAN

Kajian ini berjaya membuktikan bahawa MEG berpotensi dalam mengatasi masalah kemerosotan polimer pada suhu tinggi. Daripada siri uji kaji yang dilakukan, kita boleh membuat kesimpulan bahawa MEG sebenarnya tidak mencegah berlakunya kemerosotan lumpur polimer pada suhu tinggi tetapi hanya memperlahankan kadar kemerosotannya sahaja.

Sifat MEG yang memperlahankan kadar kemerosotan polimer pada suhu tinggi adalah disebabkan interaksi antara ikatan *dimer* (ikatan dua O-H) dengan struktur

polimer. Ia menyebabkan struktur polimer tidak mudah dileraikan pada suhu tinggi.

Daripada keputusan uji kaji yang di peroleh, diketahui bahawa keberkesanan MEG dalam memperlahankan kadar kemerosotan polimer pada suhu tinggi adalah berkadar, bukannya secara linear, terhadap peratus isi padu MEG yang ditambah. Daripada tiga nilai peratus isi padu MEG yang diuji, iaitu 5%, 7%, dan 10%, didapati tambahan isi padu MEG sebanyak 10% mempamerkan keberkesanan yang paling tinggi terutama dalam mengawal kehilangan turasan.

Kelebihan yang di peroleh dengan penambahan MEG ke dalam lumpur polimer ialah peningkatan kelinciran lumpur berkaitan yang secara tidak langsung dapat meningkatkan prestasi lumpur tersebut. Fenomenon ini dapat mengurangkan daya kilas serta seretan semasa menggerudi telaga condong.

Penemuan dalam penyelesaian kepada masalah kemerosotan polimer di dalam telaga bersuhu tinggi dengan menggunakan MEG, telah menceraikan peluang lumpur polimer dasar air untuk menggantikan lumpur dasar minyak secara menyeluruh dalam operasi penggerudian. Dengan ini, masalah pencemaran yang disebabkan oleh penggunaan lumpur dasar minyak dapat dielakkan dan kesihatan manusia serta alam sekitar juga terjamin.

RUJUKAN

- [1] Rabia, H. 1985. *Oilwell Drilling Engineering : Principle and Practice*. New York: Graham & Trotman.
- [2] M.I. Drilling Fluids. 1995. *Drilling Fluid Engineering Manual*. Texas: M.I. Drilling Fluids.
- [3] Simpson, J. P. 1965. *The Prediction and Control of Mud Performance in Deep Hot Wells*. Paper presented at the Spring Meeting of the Southern District, API Division of Production.
- [4] Gray, G. R. 1981. *Composition and Properties of Oil Well Drilling Fluids*. Fourth edition. Texas: Gulf Publishing Company. 391-394.
- [5] Campbell, J. M. 1976. *Gas Conditioning and Processing*. Oklahoma: Campbell Petroleum Series.
- [6] British Standards Institution. 1955. *Ethanediol (Ethylene Glycol)*. London: BSI.
- [7] Kota Minerals & Chemicals Sdn. Bhd. 1997. *Product Data Sheet*. Shah Alam: Kota Minerals.
- [8] Leong Von Hoe. 1999. *Keberkesanan Monoetilena Glikol dalam Mengawal Kemerosotan Polimer pada Suhu Tinggi*. Tesis Sarjana Muda. FKKKSA, UTM.
- [9] API RP 13B. 1982. *Standard Procedures For Testing Drilling Fluids*. Dallas: API.

TATANAMA

API	=	American Petroleum Institute
KCl	=	kalium klorida
MEG	=	monoetilena glikol
O-H	=	kumpulan hidroksil
PHPA	=	<i>partially hydrolyzed polyacrylamide</i>