

MENINGKATKAN PEROLEHAN MINYAK DENGAN KAEDAH BANJIRAN AIR BERPOLIMER

Mat Hussin Yunan dan Mohd. Nawt Derahman

Fakulti Kejuruteraan Kimia dan Kejuruteraan Sumber Asli
Universiti Teknologi Malaysia
Jalan Semarak
54100 Kuala Lumpur

ABSTRAK

Perolehan minyak dengan kaedah tabii hanya mampu mengeluarkan kira-kira tiga puluh peratus daripada jumlah minyak yang ada dalam reserbor. Perolehan minyak boleh ditingkatkan dengan melaksanakan kaedah perolehan sekunder atau tertier. Satu kaedah yang kerap dilaksanakan ialah menyuntik air ke dalam reserbor. Kaedah ini dipanggil banjir air. Dalam proses ini polimer yang boleh larut dalam air dimasukkan ke dalam air suntikan. Kertas kerja ini menerangkan dengan ringkas bagaimana larutan polimer mampu meningkatkan perolehan minyak. Kertas ini juga membentangkan kajian ujikaji bagi menentukan nilai kepekatan larutan polimer yang optimum dan mengkaji pengaruh kadar suntikan terhadap kecekapan perolehan minyak.

ABSTRACT

Oil recovery by natural method is only capable to produced approximately thirty per cent of the total oil in the reservoir. Oil recovery can be increased by implementing secondary or tertiary recovery methods. A secondary recovery method which is frequently used is injection of water into the reservoir. This method is called waterflooding. In this process a water dissolved polymer is added into the injected water. This paper will briefly explains the mechanism of how solution is able to increase the oil recovery. The paper also presents some experimental studies to determine the optimum polymer concentration and to investigate the influence of injection rate on the efficiency of oil recovery.

PENGENALAN

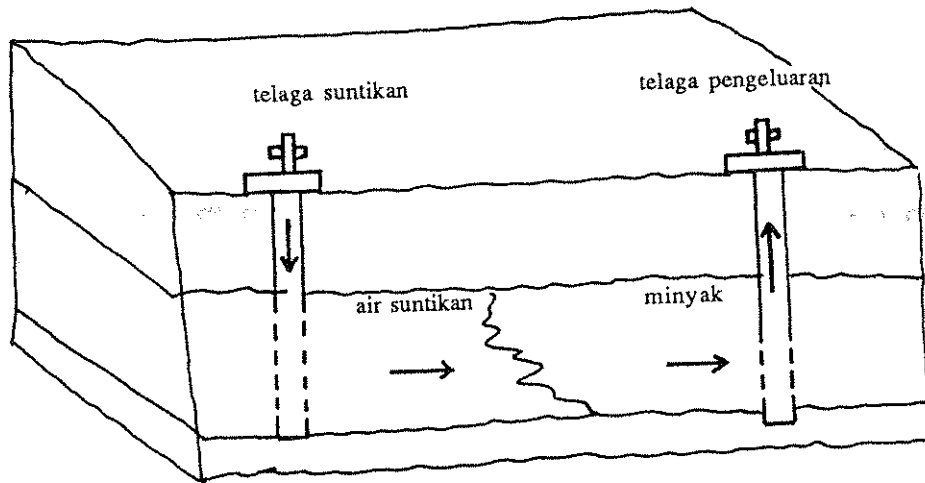
Kecekapan perolehan minyak dengan kaedah primer seperti pacuan air tabii dan pacuan gas tabii hanya mampu memperolehi kira-kira 30 % daripada minyak yang ada dalam reserbor. Perolehan minyak boleh ditingkatkan kira-kira 10 % lagi dengan menjalankan satu kaedah sekunder iaitu banjir air. Dalam proses ini air disuntik ke dalam reserbor melalui satu telaga yang bernama telaga suntikan. Air yang disuntik berfungsi untuk menyapu atau menyesar minyak ke arah telaga yang lain iaitu telaga pengeluaran. Di telaga pengeluaran, minyak dan air keluar bersama-sama. Proses ini digambarkan dalam Rajah 1. Satu masalah yang timbul dalam proses banjir air ialah apabila air bergerak lebih cepat daripada minyak. Oleh kerana pergerakan air yang lebih cepat itu, maka terdapat minyak yang terlepas daripada sapuan dan tidak berjaya

dikeluarkan. Bagi melambatkan pergerakan air dalam reserbor, kelikatan air boleh dipertingkatkan dengan memasukkan polimer ke dalam air suntikan.

Menurut teori, kebolehtelapan media berliang ialah:

$$m = k/u \dots\dots\dots(1)$$

Di mana k ialah kebolehtelapan media berliang dan u ialah kelikatan bendalir yang mengalir. Dalam sesuatu proses penyesaran tak larut-campur nisbah kebolehtelapan, M antara bendalir yang disasarkan dan bendalir yang menyasar mempunyai kesan yang besar terhadap kecekapan penyesaran. Penyesaran akan berkesan apabila nisbah kebolehtelapan adalah kurang daripada satu. Dalam proses banjir air, nilai M diberi oleh:



Rajah 1: Proses banjir air

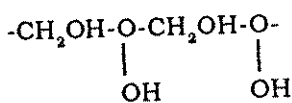
$$M = \frac{\text{kebolehergerakan minyak}}{\text{kebolehergerakan air suntikan}}$$

$$M = \frac{k_o/u_o}{k_w/u_w} \dots\dots\dots(2)$$

di mana k ialah kebolehtelapan, u ialah kelikatan sementara o dan w masing-masing menandakan minyak dan air. Dalam persamaan di atas kebolehtelapan bagi minyak dan air adalah sama. Oleh itu Persamaan (2) menjadi,

$$M = u_o/u_w \dots\dots\dots(3)$$

Oleh itu nisbah kebolehergerakan boleh dikurangkan dengan meninggikan kelikatan air suntikan. Satu cara untuk meninggikan kelikatan air suntikan ialah dengan memasukkan bahan polimer ke dalam air suntikan. Kepekatan larutan polimer yang biasa digunakan ialah antara 250 - 1500 ppm. Polimer yang paling kerap digunakan ialah polisakarida (Gum Xanthan). Jenis polimer lain yang digunakan ialah poliakrilamida dan polietelin oksida. Struktur polimer polisakarida adalah seperti berikut:



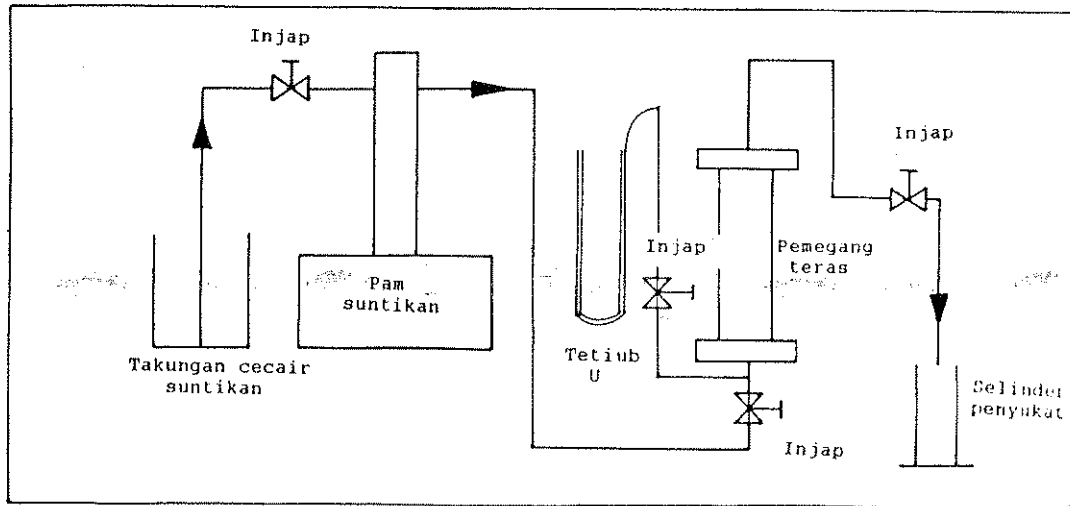
Kajian terawal tentang kesan kebolehergerakan bendalir terhadap prestasi banjir air telah dilakukan oleh Muskat

(1949). Kajian oleh Aronofsky dan Ramey (1956). Pye (1964) dan Gogarty (1967) telah menunjukkan bahawa kebolehergerakan air dalam proses banjir boleh dikurangkan dengan memasukkan polimer ke dalam air suntikan. Satu liputan tentang pelaksanaan projek banjir air berpolimer telah dilakukan oleh Chang (1978). Sorbie (1990) pula telah menerangkan segala aspek proses banjir air berpolimer.

Tujuan kajian ini ialah untuk menentukan nilai kelikatan optimum yang boleh menghasilkan pengeluaran minyak yang maksimum. Kajian ini juga dijalankan untuk mengetahui pengaruh kadar suntikan terhadap kecekapan perolehan minyak.

BAHAN DAN KAEDAH

Ujian banjir berpolimer dan tanpa penambahan polimer telah dilakukan. Rajah 2 menunjukkan peralatan yang digunakan. Pam suntikan ialah ISCO Syringe Pump. Manometer raksa digunakan untuk mengukur tekanan. Media berliang yang digunakan ialah padatan pasir yang berukuran panjang 10 inci dan garispusat 1 inci. Saiz pasir adalah antara 250 hingga 350 mikron. Bendalir yang digunakan ialah air dan heksana dan polimer ialah polisakarida. Kelikatan larutan polimer telah dlukur. Prosedur ujikaji adalah seperti berikut:



Rajah 2: Peralatan yang digunakan dalam kajian makmal

- i. pasir dipadatkan ke dalam pemegang.
- ii. heksana disuntik ke dalam pasir hingga mencapai ketepuan 100%. Nilai keliangan dan kebolehtelapan dikira.
- iii. air disuntik ke dalam pasir hingga mencapai ketepuan air tak terkurang (irreducible water saturation).
- iv. heksana disuntik ke dalam pasir hingga mencapai ketepuan minyak baki (residual oil saturation).
- v. air disuntik dan isipadu heksana yang keluar diukur.
- vi. langkah kelima diulang tetapi kali ini dengan mencampurkan polimer ke dalam air. Ujian ini dilakukan beberapa kali menggunakan kepekatan larutan polimer yang berbeza.
- vii. menggunakan nilai kepekatan polimer yang tetap, langkah kelima diulang pada kadar suntikan yang berbeza.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Media berliang yang telah dibina mempunyai keliangan sebanyak 0.36 dan kebolehtelapan sebanyak 3.7 darcy. Pada suhu bilik (25°C), kelikatan air ialah 1.00 cp dan ketumpatannya ialah 1.00 gm/ml. Kelikatan heksana ialah 0.35 cp dan ketumpatannya

ialah 0.66 gm/ml. Kelikatan larutan polimer pada kepekatan yang berlainan ditunjukkan dalam Jadual 1. Keputusan daripada ujian kesan kepekatan terhadap jumlah heksana yang dikeluarkan ditunjukkan dalam Jadual 2 manakala Jadual 3 pula menunjukkan keputusan kesan kadar suntikan terhadap jumlah heksana yang dikeluarkan. Keputusan yang terdapat dalam Jadual 2 dan 3 diplotkan. Rajah 3 ialah plot peratusan perolehan minyak melawan isipadu suntikan pada kepekatan berbeza manakala Rajah 4 ialah plot perolehan minyak lawan isipadu suntikan pada kadar suntikan yang berbeza.

Pengaruh Kepekatan Larutan Polimer Terhadap Perolehan Minyak

Jadual 2 dan Rajah 3 menunjukkan bahawa perolehan minyak meningkat apabila kepekatan air suntikan berpolimer dinaikkan daripada sifar sehingga 900 ppm. Apabila kepekatan ditambah lagi iaitu 1000 ppm dan 1200 ppm, jumlah perolehan minyak menurun. Jumlah perolehan minyak maksimum sebanyak 80% didapati pada kepekatan sebanyak 900 ppm.

Pengaruh Kadar Suntikan Terhadap Perolehan Minyak

Jadual 3 dan Rajah 4 menunjukkan bahawa perolehan minyak adalah lebih tinggi pada kadar suntikan yang rendah. Ini berlaku dalam suntikan air berpolimer dan tanpa

Jadual 1: Kepekatan dan kelikatan air berpolimer

Kepekatan (ppm)	Kelikatan (cp)
0	1.00
50	1.60
300	3.44
500	10.18
900	16.16
1100	20.81
1200	28.03

Jadual 2: Perolehan minyak oleh suntikan air yang berbeza kelikatan (kadar suntikan = 12 ml/jam)

Kepekatan air (ppm)	0 50 300 500 900 1000 1200						
	% perolehan minyak						
Isipadu suntikan (PV*)							
0.5	56	52	64	68	68	76	58
1.0	60	58	66	74	74	76	62
1.5	60	60	66	76	78	76	62
2.0	60	62	66	76	80	76	62

PV* = 'pore volume of water injected'

polimer. Perolehan minyak dalam banjir air berpolimer pada kadar suntikan yang berbeza adalah antara 36 - 78%.

Seperti yang telah dibincangkan sebelum ini, bagi suatu proses penyesaran nilai nisbah kebolehergerakan yang lebih rendah adalah lebih baik. Jadual 4 menunjukkan nilai nisbah kebolehergerakan bagi air yang mengandungi kepekatan larutan polimer yang berlainan. Di sini dapat di lihat bahawa nilai 'M' bagi banjir air berpolimer adalah lebih rendah berbanding dengan kes banjir air sahaja. Kajian ini telah mendapati bahawa perolehan minyak menurun apabila kepekatan larutan polimer melebihi 900 ppm. Fenomena ini berlaku mungkin disebabkan oleh proses penyerapan (adsorption) polimer ke atas permukaan pasir. Proses penyerapan ini boleh mengecilkan lubang pori atau menutup lubang pori yang sangat halus. Ini menyebabkan sebahagian daripada minyak terperangkap dan tidak dapat digerakkan (Mungan, 1969; Szabo, 1975).

Jadual 3a: Perolehan minyak oleh banjir air berpolimer pada kadar suntikan yang berbeza (kelikatan 900 ppm)

Kadar aliran, ml/jm	5	12	22	32
Isipadu suntikan (PV)	% perolehan minyak			
0.5	68	68	54	24
1.0	78	74	58	26
1.5	78	76	60	28
2.0	78	76	62	36

Jadual 3b: Perolehan minyak oleh banjir air tanpa polimer pada kadar suntikan yang berbeza

Kadar aliran, ml/jm	5	12	22	32
Isipadu suntikan (PV)	% perolehan minyak			
0.5	54	56	TU*	40
1.0	60	60	TU*	40
1.5	62	60	TU*	40
2.0	62	60	TU*	40

*TU = tiada ukuran dibuat

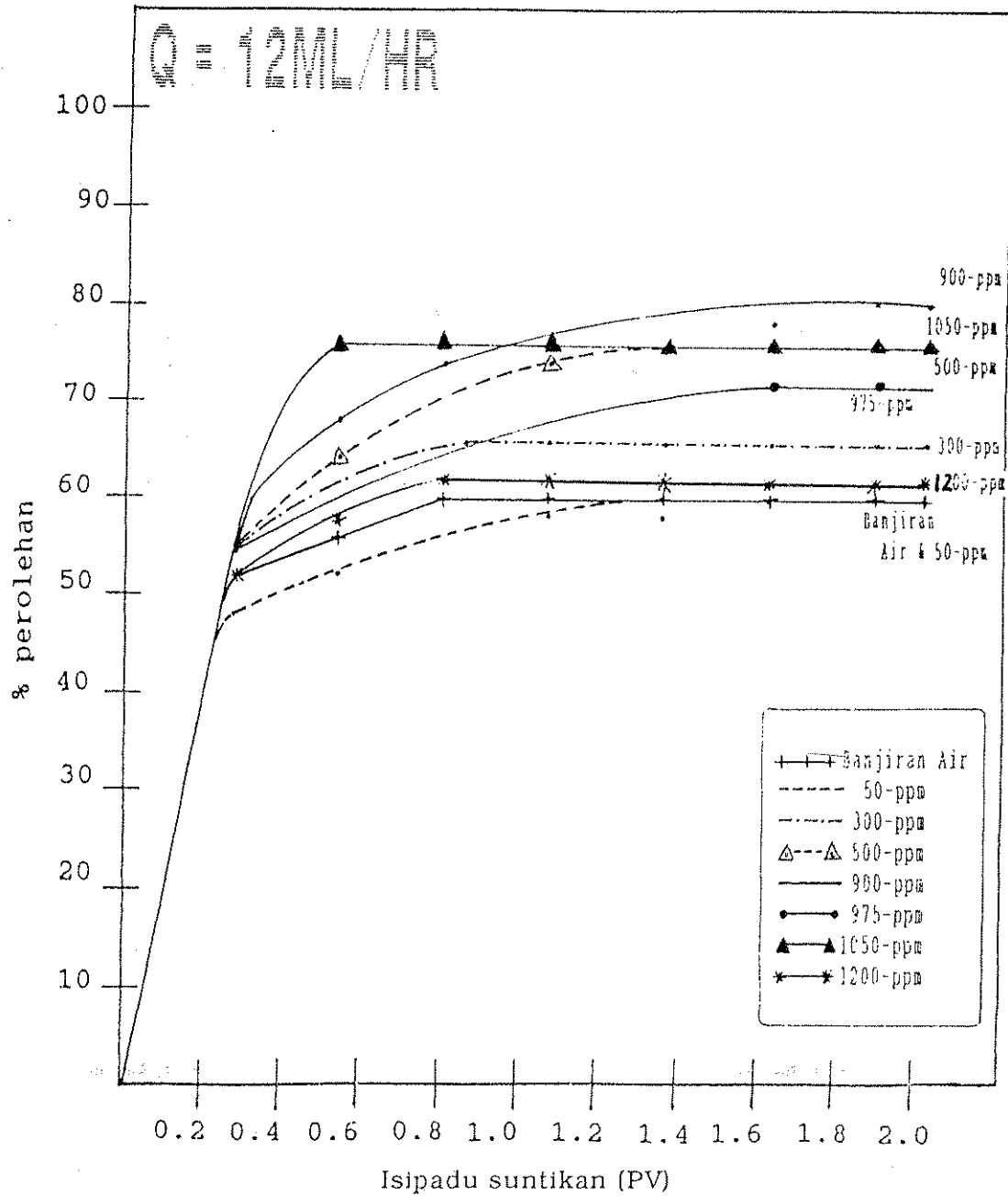
Jadual 4: Nisbah kebolehergerakan, M dalam banjir air pada kepekatan air yang berbeza

Kelikatan air suntikan (cp)	Nilai M
1.00	0.35
1.60	0.22
3.44	0.10
10.18	0.03
16.16	0.02
20.81	0.02
28.03	0.01

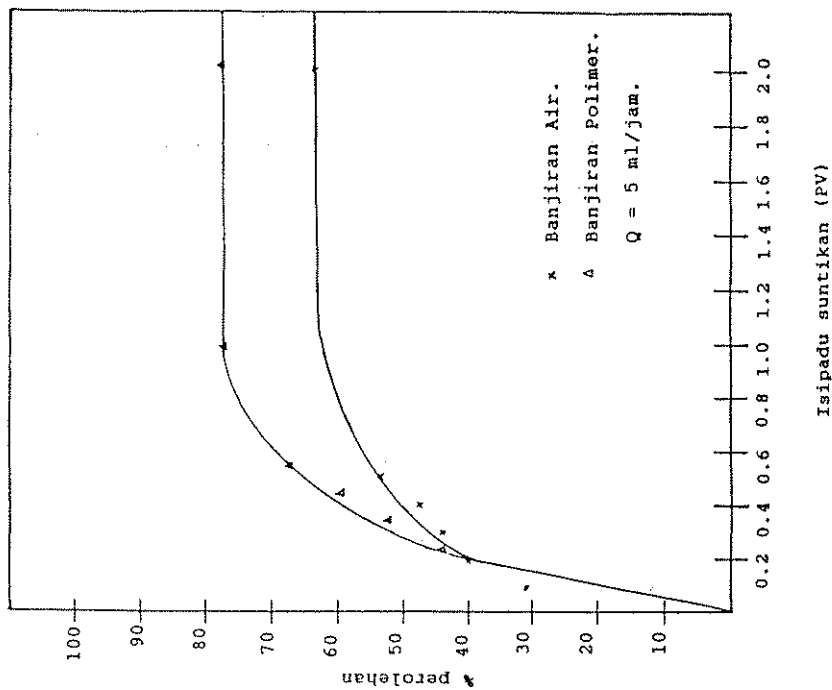
Sapuan minyak adalah lebih cekap apabila suntikan air dilakukan pada kadar perlahan. Pada suntikan yang laju, air akan bergerak terlalu cepat dimana ini akan menyebabkan sebahagian daripada minyak akan terlepas daripada sapuan. Disamping itu, pada keadaan suntikan yang laju juga mungkin mungkin menyebabkan berlakunya proses saluran (channelling) dan/atau penjarian (fingering). Apabila fenomena ini berlaku, air hanya bergerak pada laluan tertentu, iaitu laluan yang paling mudah sahaja. Akibatnya sebahagian daripada

minyak akan terlepas daripada sapuan dan tidak berjaya dikeluarkan. Dalam keadaan sebenar dilapangan, penyuntikan air tidak boleh dilakukan pada kadar terlalu rendah kerana ini akan melambatkan pengeluaran. Oleh itu atas alasan ekonomi satu kadar suntikan yang sederhana biasanya diamalkan. Sehingga kini projek banjir air belum dilaksanakan di Malaysia secara meluas. Potensi melaksanakan proses

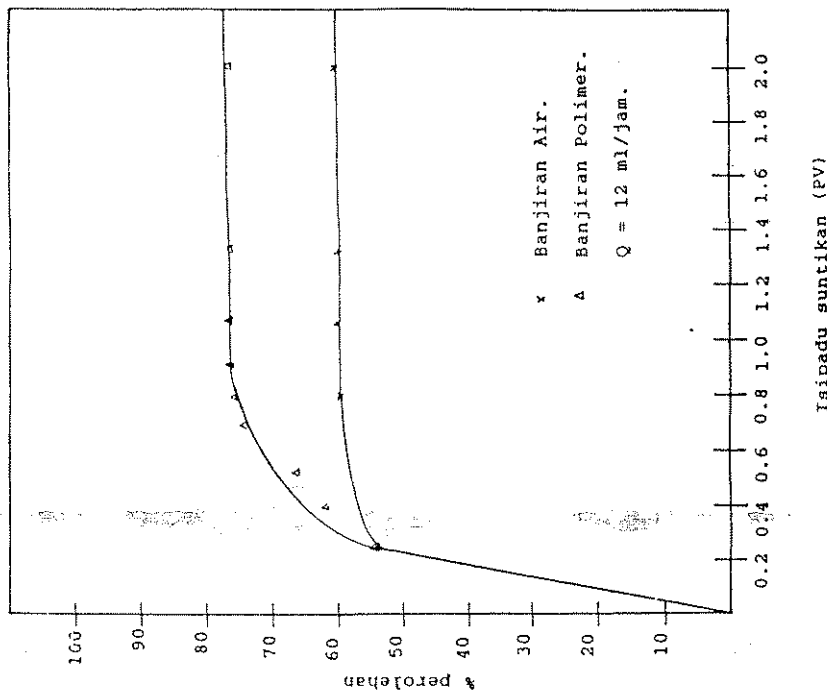
banjiran air berpolimer di Malaysia adalah baik. Bagaimanapun sebelum projek ini dijalankan, beberapa kajian lanjut perlu dibuat. Antaranya ialah menjalankan kajian yang serupa kajian ini tetapi dilakukan pada keadaan reserbor dan menggunakan batuan reserbor. Dengan ini ramalan perolehan minyak daripada ujikaji banjir air boleh dibuat dengan lebih tepat.



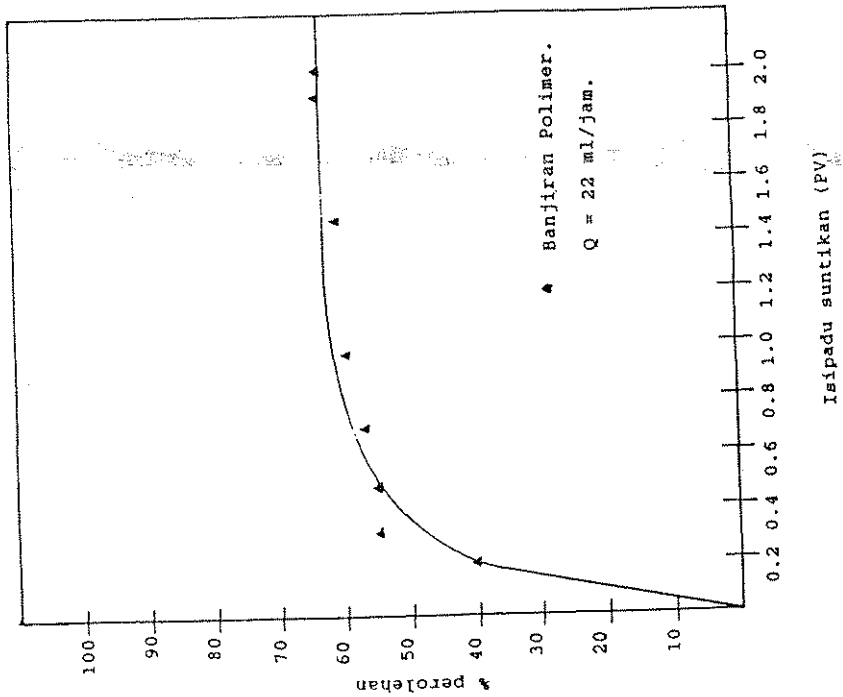
Rajah 3: Peratus perolehan minyak baki terhadap isipadu pori suntikan pada kepekatan larutan polimer yang berbeza



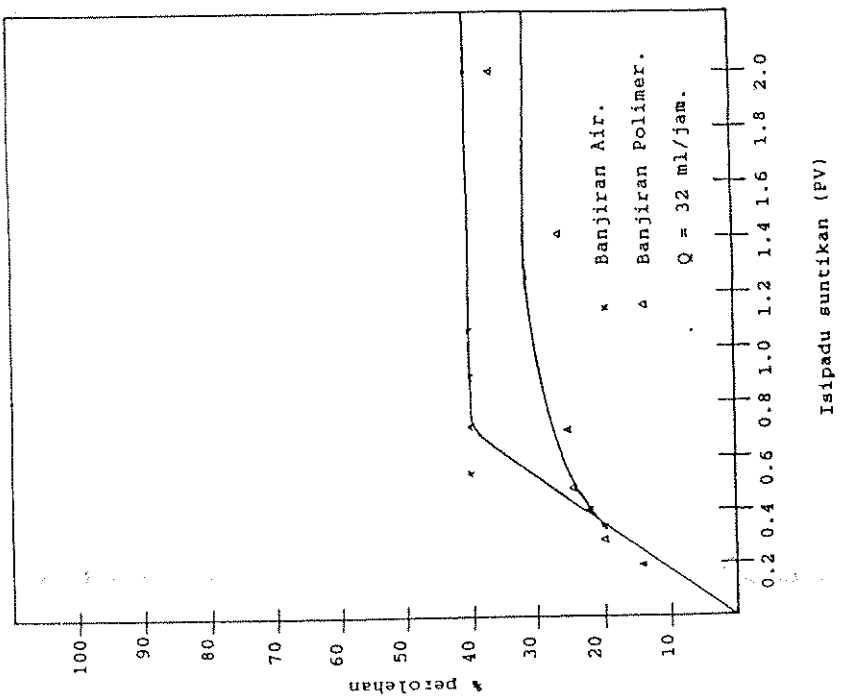
Rajah 4a: Graf peratus perolehan melawan isipadu suntikan (PV) pada Q = 5ml/jam



Rajah 4b: Graf peratus perolehan melawan isipadu suntikan (PV) pada Q = 12ml/jam



Rajah 4c: Graf peratus perolehan melawan isipadu suntikan (PV) pada Q = 22ml/jam



Rajah 4d: Graf peratus perolehan melawan isipadu suntikan (PV) pada Q = 32ml/jam

KESIMPULAN

Hasil kajian ini mendapati perolehan minyak dengan proses banjir air kurang berkesan kerana air bergerak lebih pantas daripada minyak. Akibatnya ada minyak yang terlepas daripada sapuan. Oleh itu bagi memperbaiki keadaan ini pergerakan air suntikan boleh diperlahankan dan sapuan yang lebih cekap dapat dicapai dengan cara memasukkan sedikit polimer ke dalam air suntikan. Dalam ujian ini polisakarida telah digunakan dan kepekatan polimer yang optimum ialah 900 ppm. Pada kepekatan ini 80% daripada minyak telah diperolehi. Ini berbanding dengan perolehan 60% jika polimer tidak digunakan. Kadar suntikan yang perlahan adalah lebih baik, tetapi dalam keadaan praktik di lapangan kadar suntikan yang optimum perlu digunakan. Kajian ini juga mendapati projek banjir air berpolimer mempunyai potensi yang baik untuk dilaksanakan pada lapangan minyak di Malaysia. Bagaimanapun kajian lanjut yang menggunakan keadaan reserbor yang sebenar perlu dijalankan terlebih dahulu.

PENGHARGAAN

Kami mengucapkan berbilang terima kasih kepada En. Zainal Abu bin Ahmad Zaini dan En. Mohd. Hassan Badri bin Abdullah kerana membantu menjalankan ujikaji. Kedua mereka sekarang ini bertugas di PETRONAS, Kuala Lumpur. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Jabatan Kejuruteraan Petroleum UTM kerana membenarkan kami menggunakan wang daripada tabung 'ESSO FUND' untuk membeli beberapa peralatan.

RUJUKAN

- Aronofsky, J. S. and Ramey, H. J. Jr., 1956. Mobility Ratio - Its Influence on Injection on Production Histories in Five-Spot. *Waterflood, Trans AIME* 207 : 205-210, 291-292.
- Chang, H. L., 1978. Polymer Flooding Technology - Yesterday, Today, and Tomorrow, *Journal of Petroleum Technology*, August:1113-1128.
- Gogarty, W. B., 1967. Mobility Control with Polymer Solutions, *Society of Petroleum Engineering Journal*, Jun : 161-170.
- Mungan, N., 1969. Rheology and Adsorption of Aqueous Polymer Solutions, *Journal of Canadian Petroleum Technology*, April-June : 45.
- Muskat, M., 1949. *Physical Principles of Oil Productions*, McGraw Hill Book Co., New York.
- Pye, D. J., 1964. Improved Secondary Recovery by Control of Water Mobility, *Journal of Petroleum Technology*, Oct.: 1147-1153.
- Sorbie, K. S., 1990. *Polymer-Improved Oil Recovery*, CRC Press, Inc. Boca Raton Florida.
- Szabo, M. T., 1975. Laboratory Investigations - Factors Influencing Polymer Flooding Performance, *Society of Petroleum Engineering Journal, Trans, AIME* August:259, 338-346.