

## **BOLEHKAH HEMATIT MENGGANTIKAN BARIT SEBAGAI BAHAN PEMBERAT LUMPUR PENGGERUDIAN?**

**ISSHAM ISMAIL & ANDREW A/K KUNANG**

Jabatan Kejuruteraan Petroleum,  
Fakulti Kej. Kimia dan Kej. Sumber Asli,  
Universiti Teknologi Malaysia,  
Karung Berkunci 791,  
80990 Johor Bahru.

**Abstrak.** Kertas kerja ini membincangkan hasil kajian yang dilakukan terhadap hematit tempatan untuk diguna sebagai bahan pemberat dalam lumpur penggerudian. Sampel hematit yang diperolehi dari Institut Penyelidikan Galian Ipoh dikisar dan diayak mengikut spesifikasi API, sebelum dimasukkan ke dalam lumpur penggerudian untuk diuji sifat reologi, sifat kehilangan bendalir, kandungan pepejal dan keelasannya. Seterusnya, keputusan ujikaji yang dihasilkan lumpur hematit dibandingkan dengan nilai yang diberikan oleh lumpur barit.

Keputusan kajian menunjukkan walaupun hematit tersebut mempamerkan sifat reologi yang setanding dengan barit serta memberikan kehilangan bendalir dan kandungan pepejal yang rendah, tetapi masalah yang dihadapi hematit ialah sifat lelas yang menghalang penggunaannya dalam operasi penggerudian.

### **1 PENGENALAN**

Dalam industri hulu petroleum, penggerudian lubang telaga merupakan salah satu aktiviti terpenting bagi proses pengeluaran petroleum dari kerak bumi ke permukaan. Penggerudian lubang telaga dilakukan secara berterusan sehingga ditembusi zon pengeluaran yang hendak dikeluarkan minyaknya. Zon pengeluaran merupakan suatu takungan petroleum yang mempunyai tekanan yang tinggi. Dengan ini, lumpur penggerudian perlu diguna untuk mengawal tekanan telaga. Selain daripada ini, lumpur penggerudian juga berfungsi untuk mengeluarkan rincisan dari dasar telaga ke permukaan, menyejukkan bit gerudi, mencegah lubang telaga daripada runtuh dan mencegah kehilangan bendalir penggerudian kepada formasi.

Lumpur penggerudian yang memenuhi lubang telaga menghasilkan satu tekanan hidrostatik. Tekanan hidrostatik ini biasanya 250 psig (1724 kPa) hingga 450 psig (3103 kPa) lebih tinggi daripada tekanan formasi. Tekanan hidrostatik yang lebih tinggi ini menghalang bendalir reservoir daripada memasuki lubang telaga. Secara umum, jika tekanan hidrostatik kurang daripada tekanan formasi, bendalir formasi akan masuk ke dalam lubang telaga. Fenomena yang dikenal sebagai tendangan telaga ini jika gagal dikawal dengan segera dan berkesan, boleh menyebabkan berlakunya sembur keluar, suatu kejadian yang boleh mencemarkan alam sekitar, kehilangan sumber petroleum, kemusnahan harta-benda dan kehilangan nyawa pekerja (Adam et al., 1986).

Seperti industri hulu petroleum negara lain, industri hulu petroleum di Malaysia juga menggunakan barit (atau nama kimianya barium sulfat) sebagai bahan pemberat untuk meningkatkan ketumpatan lumpur penggerudian kepada nilai yang dikehendaki. Barit yang diguna diperolehi daripada syarikat tempatan. Secara umum, barit merupakan bahan lengai dan mempunyai ketumpatan bandingan antara 4.2 dan 4.3, iaitu 4.2 kali lebih berat daripada air. Kekerasannya ialah antara 2.5 dan 3.5 mengikut skala Mohs [10]. Longgokan barit boleh didapati di beberapa kawasan [12], seperti di Sungai Trengganu, Terengganu, Tasik Cini, Pahang, Sungai Pedah, Kelantan, Bukit Pencuri, Kelantan dan Jenderak, Pahang.

Bagaimanapun, dengan meningkatnya kerja-kerja penggerudian lebih-lebih lagi dengan insentif yang diberikan kerajaan Malaysia untuk syarikat yang melibatkan diri dalam kegiatan carigali minyak di laut dalam serta rezab barit bermutu tinggi yang semakin susut, maka bekalan barit bermutu tinggi dijangka berkurang pada masa depan [13]. Sehubungan ini, satu usaha dilakukan untuk mencari bahan pemberat tempatan lain bagi menggantikan barit.

Hematit ialah salah satu bahan yang dikaji potensinya untuk diguna sebagai bahan pemberat. Mineral asas besi ini mempunyai ketumpatan bandingan antara 4.9 dan 5.3, manakala kekerasannya bernilai 5.5 hingga 6.5 mengikut skala Mohs [8]. Hematit boleh didapati dengan banyaknya di kawasan sekitar Ipoh, Kota Tinggi, Gunung Rapat dan Gunung Panjang Estate yang terletak di Utara Semenanjung Malaysia. Pada masa sekarang, hematit diguna secara meluas sebagai bahan mentah dalam perusahaan besi.

## 2 BAHAN DAN KAEDAH

### 2.1 Penyediaan Sampel Hematit

Sampel hematit yang diguna dalam kajian ini diperolehi daripada Institut Penyelidikan Galian Ipoh dan dibekalkan dalam saiz yang kasar. Sampel hematit ini kemudiannya dikisar, disaring dan dilakukan analisis ketumpatan serta sifat kealkalian dengan menurut Spesifikasi API RP 13A [2]. Sampel hematit yang hendak diguna sebagai bahan pemberat lumpur harus menepati sifat fizik yang ditunjukkan di dalam Jadual 1.

**Jadual 1** Sifat fizik hematit yang diperlukan

Perkara	Spesifikasi
Ketumpatan	5.05 g/cc, minimum
Sifat kealkalian	100 mg/kg, maksimum
Sisa lebih besar daripada 75 $\mu\text{m}$	1.5 % (berat), maksimum
Sisa lebih besar daripada 45 $\mu\text{m}$	15.0 % (berat), maksimum
Sisa lebih kecil daripada 6 $\mu\text{m}$	15.0 % (berat), maksimum

Sampel barit yang diguna dalam kajian ini diperolehi daripada Kota Minerals (M) Sdn. Bhd., yang merupakan salah sebuah syarikat tempatan utama yang terlibat dalam pembekalan barit kepada syarikat minyak di Malaysia. Barit yang dibekalkan terdiri daripada jenis yang sedia diguna di industri. Dengan perkataan lain, barit tersebut mengikut Spesifikasi API RP 13A (Jadual 2 dan Jadual 3).

**Jadual 2** Sifat fizik barit yang diperlukan

Perkara	Spesifikasi
Ketumpatan	4.20 g/cc, minimum
Sifat kealkalian	250 mg/kg, maksimum
Sisa lebih besar daripada 75 $\mu\text{m}$	3.0 % (berat), maksimum
Sisa lebih kecil daripada 6 $\mu\text{m}$	30.0 % (berat), maksimum

**Jadual 3** Sifat fizik barit yang dibekalkan

Perkara	Spesifikasi
Ketumpatan	4.30 g/cc, minimum
Sifat kealkalian	192 mg/kg, maksimum
Sisa lebih besar daripada 75 $\mu\text{m}$	1.5 % (berat), maksimum
Sisa lebih kecil daripada 6 $\mu\text{m}$	26.7 % (berat), maksimum

### 2.2 Penyediaan Sampel Lumpur Hematit dan Barit

Sampel lumpur dasar minyak yang diguna dalam kajian ini disediakan dengan mengikut formulasi medan [5]. Dalam hal ini, selain daripada minyak dasar jenis Mentor-26 dan air suling yang masing-masing diguna sebagai fasa selanjut dan pelarut kepada kalsium klorida, beberapa bahan lain turut ditambah untuk menyediakan satu lab barrel [6] sampel lumpur dasar minyak (bersamaan dengan 350 ml isi padu lumpur), seperti dalam Jadual 4:

**Jadual 4** Bahan tambah yang membentuk lumpur dasar minyak

Komponen	Kuantiti (% berat)	Fungsi
VersaMul	1.7	Pengemulsi primer
VersaCoat	1.2	Pengemulsi sekunder
VersaLig	1.7	Kawal kehilangan turasan
VG 69	2.6	Kawal kelikatan
Lime	1.5	Agen alkali
CaCl <sub>2</sub>	9.2	Membentuk air garam
Pepejal gerudi	8.6	menyelaku rincisan gerudi
Barit/hematit	Bergantung pada $\rho_{\text{lumpur}}$	Meningkatkan ketumpatan

### 2.3 Peralatan dan Prosedur

Setiap bahan tambah dimasukkan ke dalam Mentor-26 (yang ditempatkan di dalam cawan Pengaduk Hamilton Beach) dengan perlahan-lahan dan dikacau secara berterusan selama 10 minit supaya semua bahan tersebut bercampur dengan sempurna. Barit atau hematit atau campuran kedua-duanya dimasukkan ke dalam sampel lumpur dasar minyak asas secara berasingan mengikut kuantiti yang ditentukan, sehingga membentuk ketumpatan yang dikehendaki. Julat ketumpatan yang diguna dalam kajian ini adalah antara 9 ppg (1078 kg/m<sup>3</sup>) dan 12 ppg (1438 kg/m<sup>3</sup>). Lima sampel lumpur dasar minyak dengan komposisi bahan pemberat berlainan disediakan iaitu:

Sampel 1:100 % barit (100%B)

Sampel 2:75 % barit dan 25% hematit (75%B:25%H)

Sampel 3:50 % barit dan 50% hematit (50%B:50%H)

Sampel 4:25 % barit dan 75% hematit (25%B:75%H)

Sampel 5:100 % hematit (100%H)

Sampel lumpur kemudiannya diuji bagi mendapatkan maklumat tentang sifat reologi (seperti kelikatan, takat alah dan kekuatan gel), kehilangan bendalir, kandungan pepejal dan keelasan (API, 1990).

Dalam hal ini, sifat reologi setiap lumpur diukur dengan menggunakan alat *Reometer Baroid*, manakala alat *Penuras tekan bersuhu dan bertekanan tinggi* diguna untuk mengkaji sifat kehilangan bendalir sampel. Antara parameter yang diperlukan dari kajian sifat kehilangan bendalir ialah isi padu kehilangan bendalir yang dialami sampel dan ketebalan kek, yang boleh diukur dengan menggunakan *angkup vernier* pada akhir ujikaji. Kajian ini melibatkan penggunaan tekanan kebezaan 500 psi (3447 kPa) dan dilaksanakan selama 30 minit.

Kajian keelasan hematit dan barit yang berada dalam sampel lumpur dilakukan dengan menggunakan Rig penguji keelasan, seperti ditunjukkan dalam Rajah 1 [3]. Dalam hal ini, sebanyak 40 liter sampel lumpur ditempatkan di dalam tangki dan diedarkan ke dalam sistem dengan menggunakan sebuah pam. Paip penguji jenis keluli yang panjangnya satu kaki diguna bagi mengkaji kesan keelasan. Halaju pengedaran yang diguna ialah 1.5 m/s hingga 10.0 m/s dengan tempoh pengedaran adalah 3 jam. Kadar keelasan diperolehi dengan membahagikan kehilangan berat yang dialami paip terhadap masa pengedaran.

### 3 HASIL KAJIAN

#### 3.1 Sifat Fizik Hematit

Keputusan yang diperolehi daripada kajian yang dilakukan terhadap sifat fizik sampel hematit yang dibekalkan oleh Institut Penyelidikan Galian Ipoh, menunjukkan ia memenuhi Spesifikasi API RP 13A. Jadual 5 membuktikan nilai yang diperolehi adalah dalam julat spesifikasi (Jadual 1). Fenomena ini membuktikan bahawa hematit tersebut memiliki ciri-ciri asas yang diperlukan untuk membolehkan ia diguna sebagai bahan pemberat dalam lumpur penggerudian.

**Jadual 5** Sifat fizik sampel hematit yang dikaji

Perkara	Spesifikasi
Ketumpatan	5.09 g/cc
Sifat kealkalian	51 mg/kg
Sisa lebih besar daripada 75 $\mu\text{m}$	1.2% (berat)
Sisa lebih besar daripada 45 $\mu\text{m}$	7.6% (berat)
Sisa lebih kecil daripada 6 $\mu\text{m}$	12.1% (berat)

#### 3.2 Kandungan Pepejal

Secara umum, lumpur hematit mengandungi kurang pepejal berbanding lumpur barit. Ini disebabkan hematit mempunyai graviti tentu yang lebih besar daripada barit, masing-masing bernilai 4.9-5.3 dan 4.2-4.3. Hal ini dipamerkan dalam Rajah 2. Lumpur yang mengandungi campuran hematit dan barit didapati terletak antara lengkung 100%B dan 100%H, dengan lumpur 25%B:75%H memberi kandungan pepejal yang lebih kecil berbanding campuran lain.

Ini merupakan satu kelebihan kepada hematit kerana lumpur yang mengandungi kurang pepejal boleh meningkatkan kadar penembusan lubang telaga. Fenomena ini dapat menjimatkan penggunaan masa rig, seterusnya mengurangkan kos operasi, lebih-lebih lagi jika penggerudian sesebuah telaga minyak itu memerlukan penggunaan lumpur yang berat.

### 3.3 Hubungan Ketumpatan Lumpur dengan Kelikatan Plastik

Lumpur hematit menghasilkan kelikatan plastik yang lebih tinggi berbanding lumpur barit, tetapi keadaan sebaliknya berlaku apabila ketumpatan lumpur mencapai lebih-kurang 10.2 ppg (1222 kg/m<sup>3</sup>), seperti dalam Rajah 3. Ini disebabkan lumpur memerlukan lebih banyak partikel barit berbanding partikel hematit untuk membentuk satu ketumpatan tertentu. Secara umum, penambahan partikel barit dalam lumpur akan meningkatkan lagi geseran yang berlaku antara partikel dan hal ini menaikkan lagi nilai kelikatan plastik. Kesan ini didapati menjadi lebih ketara apabila ketumpatan meningkat. Penemuan ini diperkukuhkan lagi oleh lengkung lumpur campuran hematit-barit, dengan lengkung 25%B:75%H berada berhampiran dengan lengkung 100%H. Secara umum, kelikatan plastik yang terlalu tinggi boleh menimbulkan beberapa masalah penggerudian seperti kadar penggerudian terbatas, kecekapan pembersihan lubang telaga berkurang dan daya kilas yang bertindak ke atas rentetan gerudi meningkat [11].

### 3.4 Hubungan Ketumpatan Lumpur dengan Takat Alah

Secara umum, untuk suatu ketumpatan lumpur yang diberi, lumpur hematit menghasilkan takat alah yang lebih besar berbanding lumpur barit. Lumpur yang mempunyai campuran hematit yang lebih banyak juga didapati memberikan takat alah yang lebih tinggi daripada lumpur yang mempunyai campuran barit yang lebih besar, tetapi lebih kecil daripada lumpur yang mengandungi 100% hematit. Hal ini ditunjukkan dalam Rajah 4. Ini disebabkan wujudnya daya tarikan yang lebih besar antara partikel hematit berbanding barit.

Secara umum, takat alah yang dihasilkan lumpur hematit tinggi sedikit daripada julat maksimum iaitu sekitar 18 paun/100ka<sup>2</sup> [9]. Lumpur yang mempunyai takat alah yang optimum dapat membawa rincisan dari dasar lubang ke permukaan dengan berkesan. Bagaimanapun, jika takat alah lumpur terlalu tinggi, ia boleh menjejaskan prestasi penggerudian.

### 3.5 Hubungan Ketumpatan Lumpur dengan Kekuatan Gel

Rajah 5 menunjukkan lumpur yang mengandungi lebih banyak partikel hematit menghasilkan kekuatan gel yang lebih tinggi daripada lumpur yang mengandungi lebih banyak partikel barit. Ini disebabkan partikel hematit memiliki daya tarikan antara partikel yang lebih kuat berbanding partikel barit. Secara umum, lumpur penggerudian yang mempunyai kekuatan gel yang optimum dapat mengampai partikel lumpur dan rincisan gerudi dengan baik ketika pengedaran lumpur dihentikan untuk seketika. Bagaimanapun, jika kekuatan gel lumpur terlalu tinggi, beberapa masalah penggerudian boleh timbul, antaranya pam berkuasa tinggi diperlukan untuk memulakan pengedaran lumpur dan meningkatkan daya kilas yang bertindak ke atas rentetan gerudi.

### 3.6 Kehilangan Bendalir

Keputusan ujikaji dalam Rajah 6 menunjukkan lumpur hematit memberikan isi padu kehilangan bendalir yang lebih rendah berbanding lumpur barit. Begitu juga lumpur yang mengandungi campuran hematit dan barit, dengan lumpur 25%B:75%H memberikan prestasi lebih baik daripada campuran lain. Ini disebabkan lumpur hematit mempunyai kurang partikel yang membolehkan lapisan lumpur yang terbentuk dimampat dengan baik oleh tekanan kebezaan yang dikenakan, sehingga dapat menghasilkan suatu kek yang nipis dan berkebolehtelapan rendah.

Secara umum, kehilangan bendalir yang dialami lumpur hematit adalah di bawah had maksimum kehilangan bendalir yang dibenarkan iaitu sekitar 15 ml/30 minit [9]. Kehilangan bendalir yang berlebihan kepada formasi boleh menimbulkan pelbagai masalah seperti menyebabkan masalah lekatan paip, mengurangkan kebolehtelapan formasi sekitar lubang telaga dan menjejaskan daya pengeluaran sesebuah telaga.

### 3.7 Keputusan Pengujian Kelelasan

Secara umum, lumpur hematit didapati lebih lelas berbanding lumpur barit. Kadar kelelasan adalah berkadar dengan peningkatan partikel hematit dalam lumpur. Hal ini dibuktikan oleh paip penguji keluli (Rajah 7). Ini disebabkan hematit mempunyai kekerasan yang lebih tinggi berbanding barit, masing-masing bernilai 5.5-6.5 dan 2.5-3.5 mengikut skala Mohs. Lengkung kelelasan didapati meningkat dengan bertambahnya halaju aliran, yang menunjukkan bahawa kadar kelelasan juga dipengaruhi faktor halaju lumpur.

Satu perkara yang perlu dititik-beratkan di sini ialah paip penguji perlu dibersihkan dan dikeringkan dengan menggunakan ketuhar sebelum ujikaji dilakukan dan juga selepas ujikaji dilaksanakan. Ini adalah untuk mendapatkan keputusan kesan kelelasan yang tepat. Selain daripada itu, ketika lumpur diedarkan di dalam sistem rig, lumpur di dalam tangki storan perlu diaduk berterusan untuk mengelak partikel barit atau hematit daripada termendap.

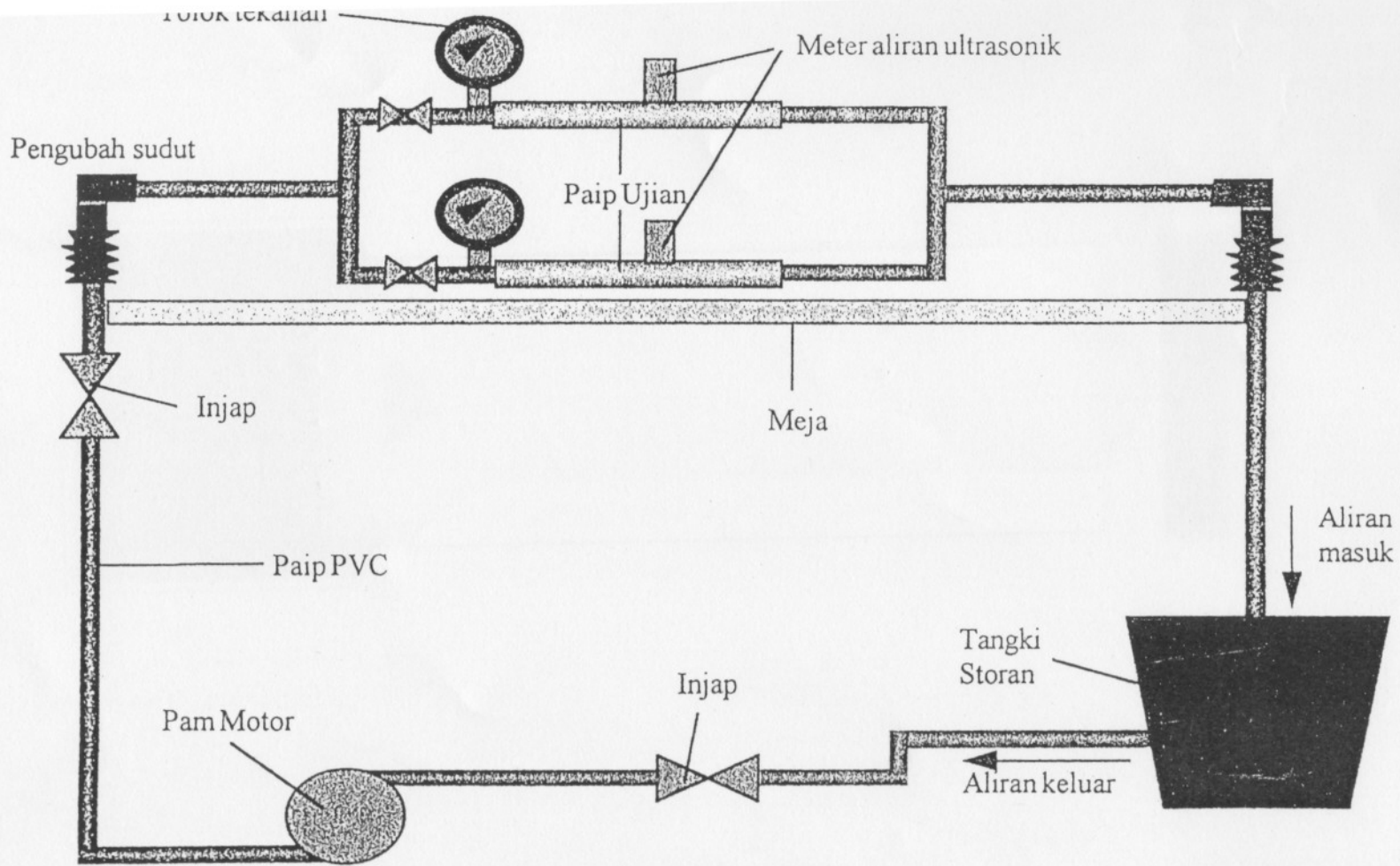
Secara umum, penggunaan lumpur dasar minyak (dengan harapan ia dapat bertindak sebagai pelincir) gagal mengurangkan kelelasan hematit. Kadar kelelasan yang berlebihan boleh menyebabkan peralatan penggerudian menjadi haus dengan ketara dan rosak [7].

## 4 KESIMPULAN

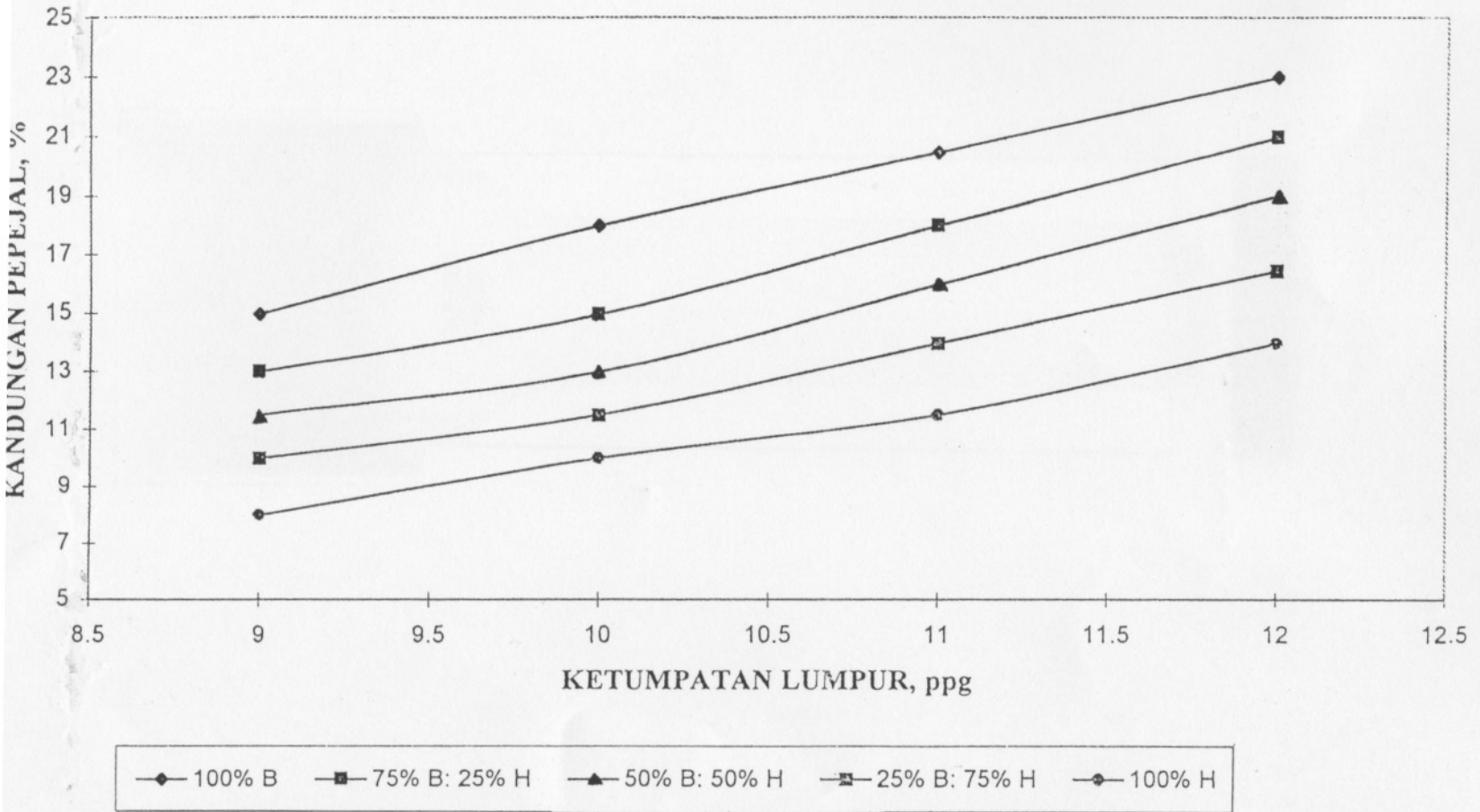
Kajian menunjukkan hematit tempatan yang dibekal oleh Institut Penyelidikan Galian Ipoh mempunyai potensi untuk diguna sebagai bahan pemberat dalam lumpur penggerudian. Ini berdasarkan sifat reologi dan kehilangan bendalir yang dipamer oleh lumpur hematit, yang didapati setanding dengan nilai yang dihasilkan oleh lumpur barit pada amnya. Satu kelebihan yang diperolehi ialah lumpur hematit mengandungi kurang partikel berbanding lumpur barit, dan ini menunjukkan yang hematit sesuai diguna sebagai bahan pemberat dalam lumpur penggerudian berketumpatan tinggi. Bagaimanapun, sifat lelas yang dimiliki hematit tidak membenarkan penggunaannya secara meluas sebagai bahan pemberat dalam industri hulu petroleum.

## RUJUKAN

- [1] American Petroleum Institute (API), 1990. Recommended Practice Standard Procedure for Field Testing Oil-Based Drilling Fluids. API RP 13B-2. Dallas.
- [2] American Petroleum Institute (API), 1991. API Specification for Drilling Fluid Materials. API RP 13A. Dallas.
- [3] Andrew A/K Kunang, 1997. Kajian Kesesuaian Campuran Hematit Ipoh dengan Barit Tempatan Sebagai Bahan Pemberat Lumpur Dasar Minyak Semasa Menggerudi Telaga Berarah. Tesis Sarjana Muda. UTM Skudai.
- [4] Archer, J.S. dan Wall, C.G., 1986. Petroleum Engineering: Principles and Practice. Graham and Trotman, London.
- [5] Chillingarian, G.V., 1981. Drilling and Drilling Fluids. Elsevier Scientific. Los Angeles.
- [6] Gatlin, C., 1960. Petroleum Engineering: Drilling and Well Completions. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- [7] Haaland, E. dan Tuntland, O.B., 1981. Iron Oxide as Weighting Materials for Drilling Muds. Journal of Petroleum Technology. Richardson.
- [8] Hurbult, S., 1958. Dana's Manual of Mineralogy.
- [9] Lummus et al., 1986. Drilling Fluid Optimisation: A Practical Field Approach. PennWell Publishing Company, Oklahoma.
- [10] Rabia, H., 1985. Oilwell Drilling Engineering: Principles and Practice. Graham and Trotman, London.
- [11] Simpson, J.P., 1985. The Drilling Mud Dilemma- Recent Examples. Journal of Petroleum Technology. Richardson.
- [12] Teh Guan Hoe, 1990. Barite and Associate Massive Sulphide and Fe-Mn Mineralisation in The Central Belt of Peninsular Malaysia. Dept. of Geology, Universiti Malaya, Kuala Lumpur.
- [13] Walker, C.O., 1982. Alternative Weighting Material. Kerta Kerja SPE 11116 dibentang di 57th Annual Fall Technical Conference and Exhibition, New Orleans.

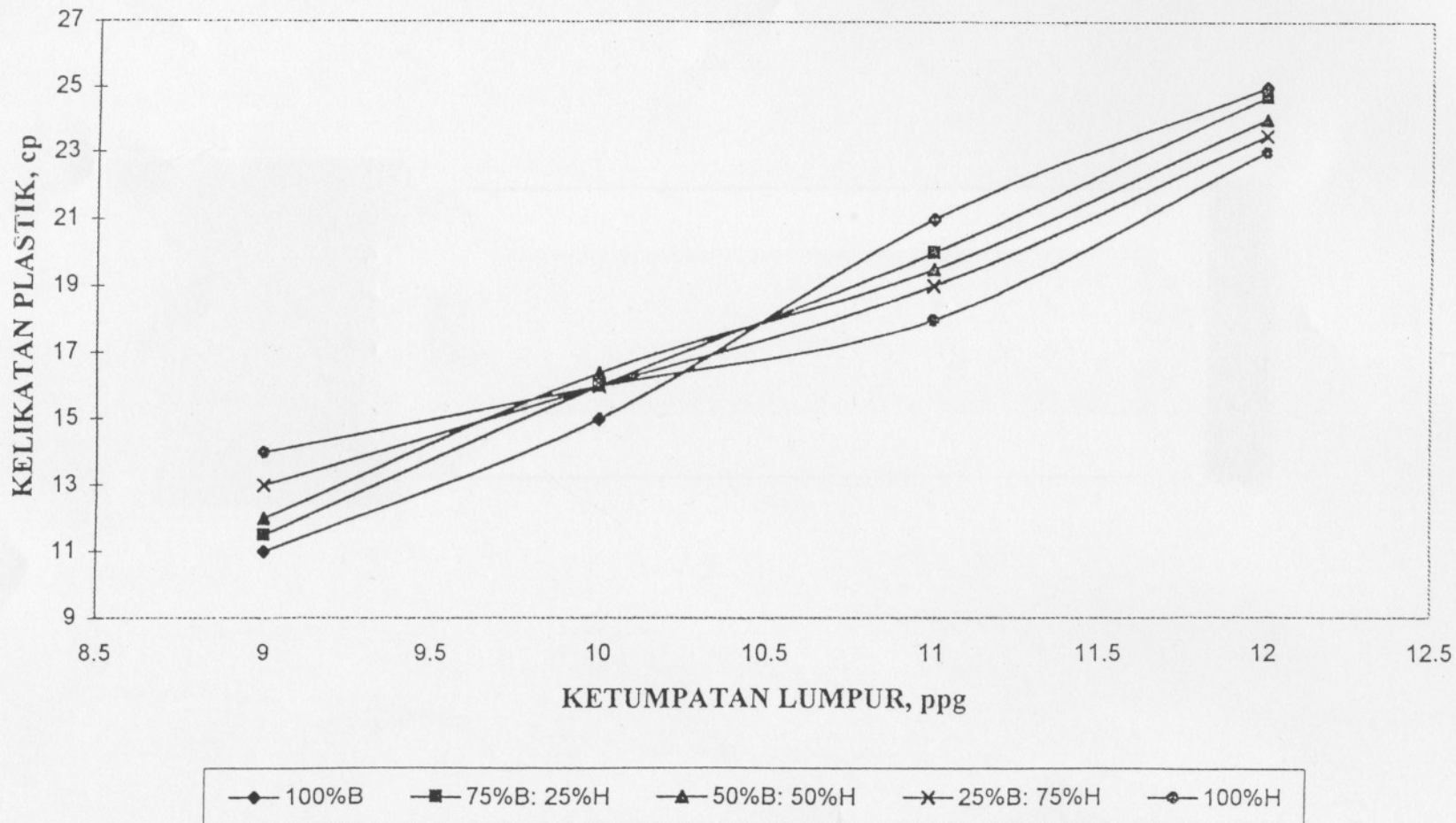


Rajah 1 Skema rig penguji keelelasan

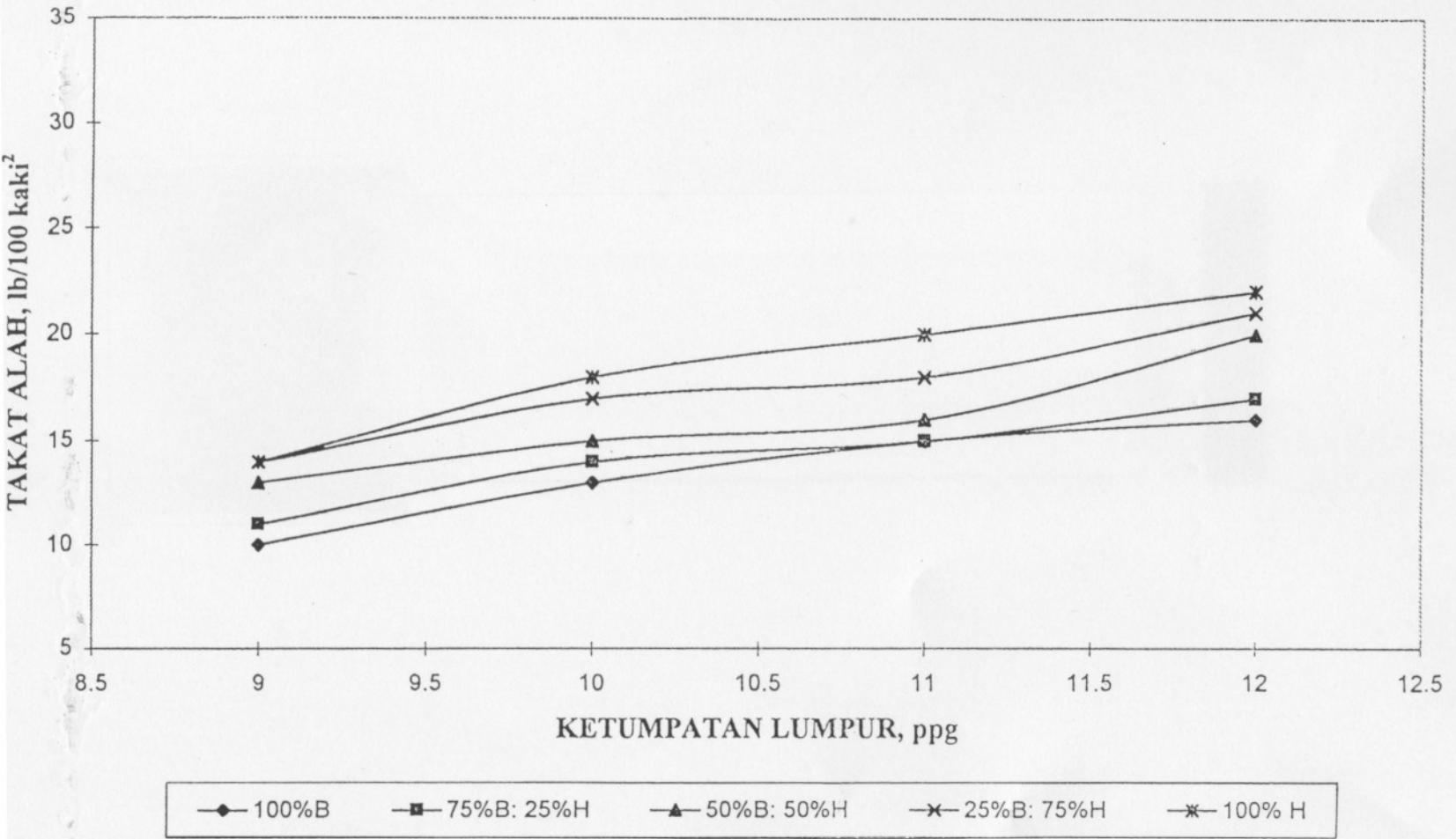


Rajah 2 Hubungan kandungan pepejal dengan ketumpatan lumpur



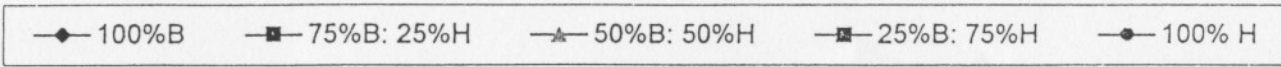
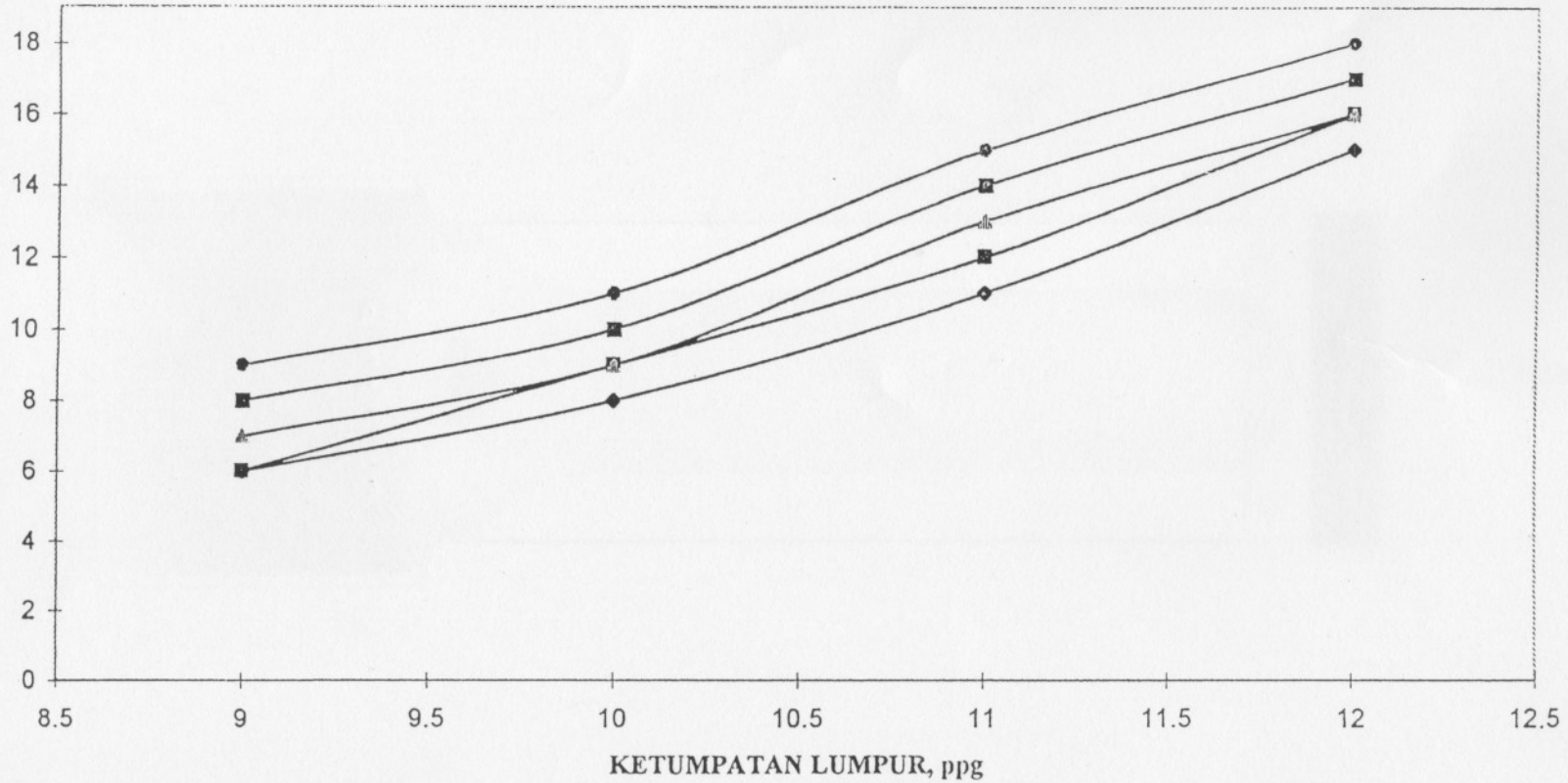


Rajah 3 Hubungan ketumpatan lumpur terhadap kelikatan plastik

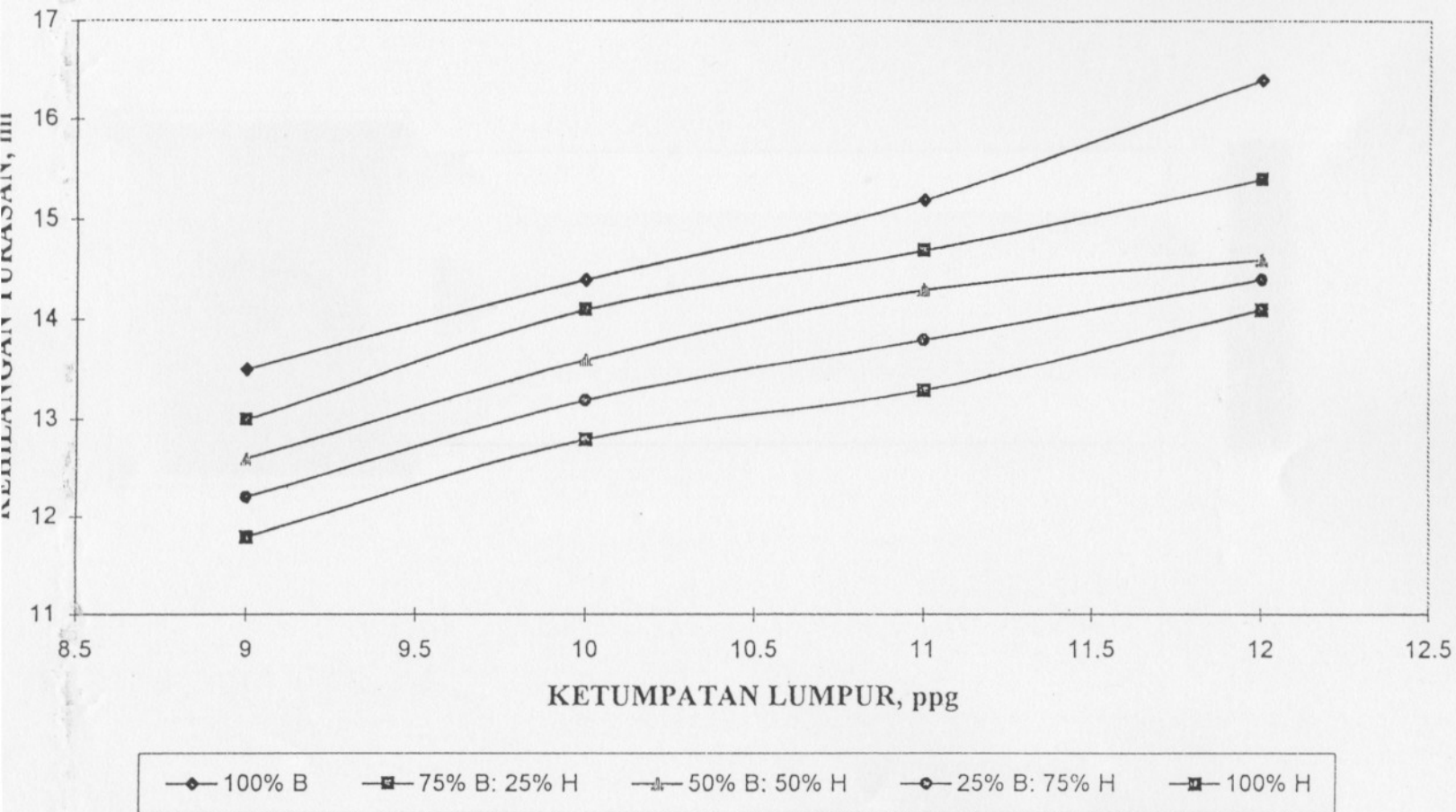


Rajah 4 Hubungan ketumpatan lumpur terhadap takat alah

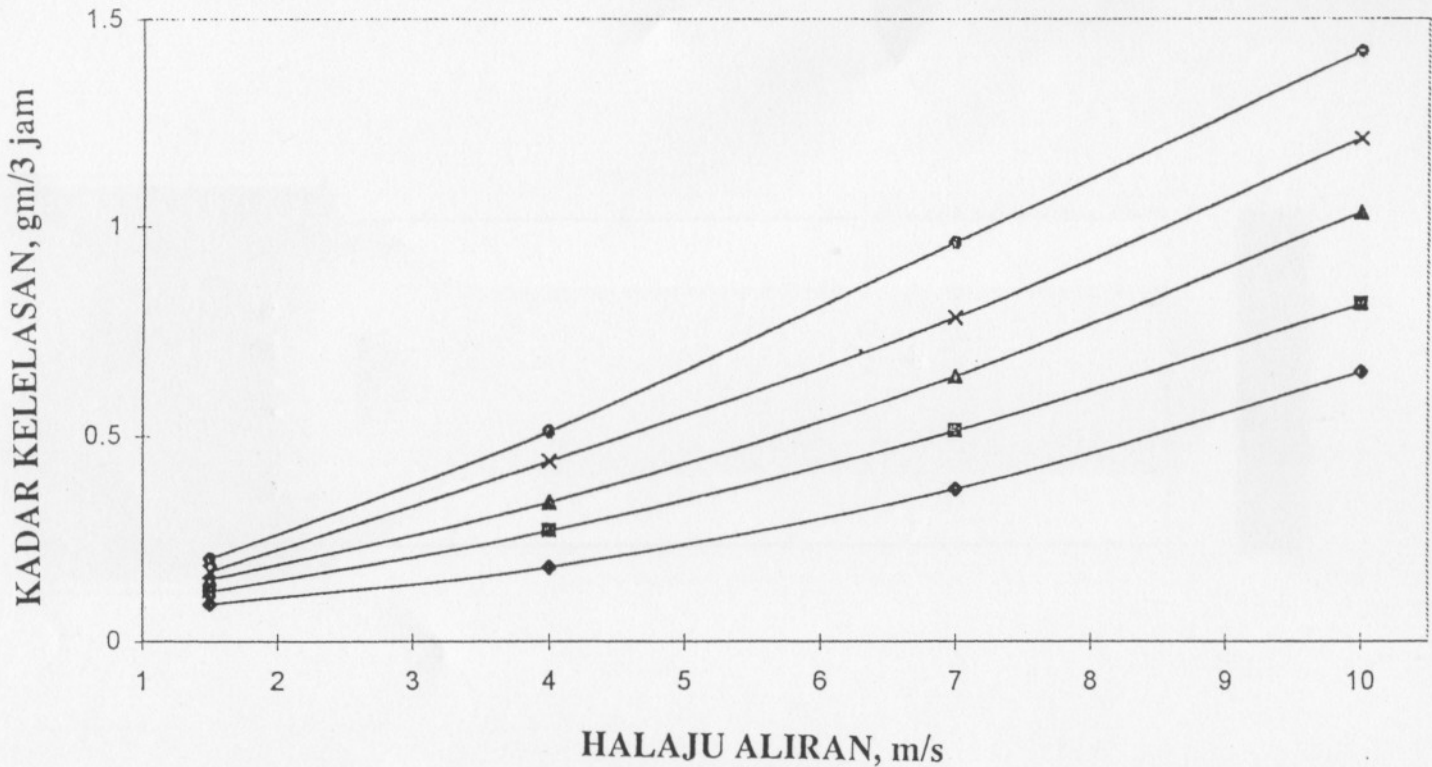
KEKUATAN GEL (10 MINIT), lb/100 kaki



Rajah 5 Hubungan ketumpatan lumpur terhadap kekuatan gel



Rajah 6 Hubungan kehilangan bendalir dengan ketumpatan lumpur



◆ 100% B    ■ 25% B: 75% H    ▲ 50% B: 50% H    ✕ 25% B: 75% H    ● 100% H

Rajah 7 Kesan keelasan yang ditunjukkan paip ujian keluli