

## SEMINAR SEHARI IATMI KOMISARIAT JATENG & DIY

“Pemberdayaan Masyarakat dalam Pengelolaan Lapangan Migas Tua yang Sudah Ditinggalkan”

Yogyakarta  
27 Agustus 2004



  
**ConocoPhillips**



DOH JABATI

**PetroChina**

中国 石油

JOB PERTAMINA PETROCHINA SALAWATI



KONDUR PETROLEUM S.A.



**ExxonMobil**

Menghadapi Tantangan Energi Dunia

**IMECO**

**Santos**



**PROSIDING**

**SEMINAR SEHARI IATMI  
KOMISARIAT JATENG & DIY 2004**

**UPN "Veteran" Yogyakarta 27 Agustus 2004**

**"Pemberdayaan Masyarakat dalam Pengelolaan Lapangan Migas Tua  
yang Sudah Ditinggalkan"**

**Editor :**

**Aris Buntoro  
Bambang Bintarto  
IB. Jagranatha  
Sayoga Heru  
Bernadeta  
Amara  
R. Bagus Swasono  
M. Lazuardi Fajar D.**

**IKATAN AHLI TEKNIK PERMINYAKAN INDONESIA  
KOMISARIAT JATENG & DIY**

**Sekretariat : Jur. Tek. Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral,  
UPN "Veteran" Yogyakarta,  
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condong Catur, Yogyakarta**  
**Telepon/Faximile : (0274) 487815**  
**e-mail : iatmi-yogya@ygy.centrin.net.id**

IATMI 2004-08	<b>Injeksi Mikroba Sebagai Usaha Peningkatan Perolehan Minyak (Suatu Percobaan Laboratorium)</b> , Harry Budiharjo S. (Jur. Tek. Perminyakan, UPN "Veteran" Yogyakarta) / Septoratto Siregar (Dept. Teknik Perminyakan, Institut Teknologi Bandung) / Nurjati Juli (Dept. Biologi) Institut Teknologi Bandung)	56
IATMI 2004-09	<b>Studi Kasus Pemakaian <i>Sintetic Oil Base Mud</i> di Sumur-sumur Sangatta</b> , Andry (PT PERTAMINA (PERSERO), DOH Kalimantan)	63
IATMI 2004-10	<b>Efek Penambahan Bentonit Sebagai <i>Extender Additive</i> pada Semen Kelas G terhadap <i>Setting Time</i> sebagai Alternatif dalam Mengatasi Problem Penyemenan Sumur Bertekanan Rendah pada Lapangan Tua</b> , Aris Buntoro / P.Subiatmono (Jur. Tek Perminyakan, UPN "Veteran" Yogyakarta) / Sri Mulyantoni / Endra Suryantara (Alumni Jur. Tek Perminyakan, UPN "Veteran" Yogyakarta)	67
IATMI 2004-11	<b>Optimisasi Sistem Pemipaan Migas pada Lapangan Migas Tua (<i>Brown Field</i>)</b> , Arsegianto / Septoratto Siregar (Dept. Teknik Perminyakan, Institut Teknologi Bandung) / Edy Soewono (Dept. Matematika, Institut Teknologi Bandung) / Ariyanti Pratiwi / David O. Sigian (Kelompok Penelitian dan Pengembangan Matematika Industri dan Terapan, Institut Teknologi Bandung)	73
IATMI 2004-12	<b>Reaktivasi dan Usaha Peningkatan Produksi Sumur-Sumur Tua di Daerah X - Suatu Studi Kasus</b> , Doddy Abdassah (Departemen Teknik Perminyakan, Institut Teknologi Bandung)	81
IATMI 2004-13	<b>Upaya Peningkatan Produksi di Struktur Jatibarang Melalui Optimasi Jaringan Gas Lift Terintegrasi</b> , Aminatul Iffah / Rachmat Hidajat / Kalwat Singh (PT. PERTAMINA (PERSERO), DOH JBB)	96
IATMI 2004-14	<b>:Seleksi Kandidat Sumur <i>Fracturing</i> Menggunakan <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)</b> , Martinus Barus / Rachmat Hidayat / Susanto, (PT PERTAMINA (PERSERO) DOH JBB)	99
IATMI 2004-15	<b>Hubungan antara Karakterisasi Minyak Mentah dengan Stabilitas Emulsi</b> , Suranto, Jur. Teknik Perminyakan (UPN "Veteran" Yogyakarta) / Ariany Zulkania (Alumni Jur. T. Kimia, Universiti Teknologi Malaysia)	105
IATMI 2004-16	<b>Model Aliran Gas Pada Pipa Transmisi Dengan Kondisi Line Packing Untuk Berbagai Diameter</b> , Harry Budiharjo S. (Jur. Tek. Perminyakan, UPN "Veteran" Yogyakarta) / Leksono Mucharam / Septoratto Siregar (Departemen Teknik Perminyakan, Institut Teknologi Bandung) / Edy Soewono (Departemen Matematika, Institut Teknologi) / Bandung Darmadi / Ivanky Saputra / Sinatra Canggih (KPP. Matematika Industri dan Terapan, Institut Teknologi Bandung)	112
IATMI 2004-17	<b>Plot Diagnostik Data Produksi Air untuk Interpretasi Mekanisme Suplai Air Ke Sumur-sumur Produksi Lapangan "X"</b> , M. Th. Kristiati EA / Bambang Bintarto (Jur. Tek. Perminyakan, UPN "Veteran" Yogyakarta)	122 ✓

# EFEK PENAMBAHAN BENTONIT SEBAGAI *EXTENDER ADDITIVE* PADA SEMEN KELAS G TERHADAP *SETTING TIME* SEBAGAI ALTERNATIF DALAM MENGATASI PROBLEM PENYEMENAN SUMUR BERTEKANAN RENDAH PADA LAPANGAN TUA

oleh :  
 Aris Buntoro<sup>1</sup>, P. Subiatmono<sup>1</sup>, Sri Mulyantoni<sup>2</sup> dan Endra Suryantara<sup>2</sup>  
 1. Jurusan Teknik Perminyakan UPN "Veteran" Yogyakarta  
 2. Alumni Jurusan Teknik Perminyakan UPN "Veteran" Yogyakarta

## ABSTRAK

Bentonit dalam operasi penyemenan berfungsi sebagai *extender additive*, yaitu aditif yang dapat menaikkan volume bubuk semen, sehingga dapat menurunkan densitas bubuk semen. Karena bentonit bersifat menyerap air, sehingga volume bubuk semen dapat mengembang.

Penelitian ini merupakan salah satu usaha dalam mengatasi adanya problem operasi penyemenan pada lapangan migas tua, yang umumnya merupakan zona *depleted pressure* (bertekanan rendah), sehingga densitas bubuk semen harus didisain tidak terlalu berat. Akibat dari penambahan bentonit selain menyebabkan turunnya densitas semen, juga sangat berpengaruh terhadap *setting time*. Hal ini dapat dilihat dengan membandingkan antara kekuatan semen (*compressive strength* dan *shear bond strength*) tanpa penambahan bentonit (semen murni) dan dengan penambahan bentonit.

Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan dari penambahan bentonit pada semen kelas G dengan konsentrasi 0 - 6% BWOOC terhadap harga *compressive strength* dan *shear bond strength* dengan waktu pengondisian (*setting time*) selama 1 sampai 30 hari pada tekanan dan temperatur ruangan.

Kata kunci : semen kelas G, *extender*, bentonit, *setting time*, *compressive strength*, *shear bond strength*.

## 1. PENDAHULUAN

Penyemenan anulus antara casing dengan dinding lubang bor dilakukan untuk melekatkan casing pada dinding lubang bor serta berfungsi untuk mengisolasi antar lapisan. Untuk itu, maka kualitas hasil penyemenan harus baik, sesuai dengan kondisi dan kedalaman lubang sumur.

Salah satu masalah yang dihadapi dalam pekerjaan penyemenan adalah adanya tekanan formasi yang rendah, terutama dijumpai pada lapangan-lapangan tua. Dalam mengatasi masalah ini maka densitas suspensi semen harus diturunkan agar tidak menyebabkan hilang semen, yaitu dengan menambahkan *extender additive* yang berfungsi untuk menaikkan volume suspensi semen, sehingga densitas suspensi semen berkurang. Adapun *extender additive* ini meliputi antara lain : bentonit, attapulgit, sodium silikat, pozzolan, perlite, dan gilsonite. Selain menurunkan densitas, penambahan *extender* juga berpengaruh terhadap *thickening time*, menurunkan nilai *compressive strength* dan *shear bond strength*.

Dalam penelitian ini digunakan bentonit sebagai *extender additive* pada semen kelas G terhadap *setting time* (waktu pengerasan) sampai 30 hari.

Dari hasil penelitian ini akhirnya dapat dilakukan evaluasi dari hasil pengujian laboratorium, sehingga dapat ditarik kesimpulan.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Tujuan Penyemenan

Pada umumnya operasi penyemenan bertujuan untuk melekatkan casing pada dinding lubang bor, melindungi casing dari masalah-masalah mekanis pada waktu operasi pemboran (seperti vibrasi), melindungi casing dari fluida formasi yang bersifat korosif dan untuk memisahkan zona yang satu dengan zona yang lain dibelakang casing.

### 2.2. Komponen Semen

Suspensi semen yang digunakan dalam suatu operasi pemboran terdiri dari komponen dasar yaitu semen Portland dan komponen tambahan berupa berbagai macam *additive* yang diperlukan agar semen mempunyai sifat-sifat yang sesuai dengan keperluan, serta air sebagai fluida pencampur pembentuk suspensi.

Semen Portland dibuat dari bahan kapur, seperti batugamping, marl, dan kerang-kerangan, selain itu semen juga dibuat dari bahan yang disebut *Argillaceous material*, yaitu lempung, serpih, slate dan kerak pada pembuatan besi baja. Kedalam bahan-bahan tersebut masih diperlukan penambahan zat-zat lain untuk mendapatkan sifat-sifat yang dikehendaki.

Komponen-komponen mineral *Klinker* utama semen Portland yang dapat menghidrat membentuk struktur yang kuat dan keras adalah :

1. **Tricalcium silicate** ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  atau  $\text{C}_3\text{S}$ ). Berasal dari reaksi antara  $\text{CaO}$  dan  $\text{SiO}_2$ . Senyawa ini merupakan komponen utama pada semen Portland, terdapat sebanyak 40 - 45% pada semen yang lambat proses pengerasannya, dan sekitar 60 - 65% pada semen yang cepat pengerasannya (*high-early strength cement*). Komponen  $\text{C}_3\text{S}$  memberikan strength yang terbesar pada awal pengerasan.
2. **Dicalcium silicate** ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  atau  $\text{C}_2\text{S}$ ). Komponen ini juga dihasilkan dari reaksi antara  $\text{CaO}$  dan  $\text{SiO}_2$ . Senyawa ini sangat berpengaruh bagi strength akhir semen. Karena menghidrat sangat lambat,  $\text{C}_2\text{S}$  tidak mempengaruhi waktu setting.
3. **Tricalcium Aluminate** ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  atau  $\text{C}_3\text{A}$ ). Senyawa ini dibentuk oleh kombinasi  $\text{CaO}$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Walaupun kadarnya lebih kecil dari komponen silikat (sekitar 15% untuk high-early strength cement, dan sekitar 3% untuk semen yang tahan terhadap sulfat), tetapi sangat berpengaruh terhadap rheologi suspensi semen dan membantu proses pengerasan awal.
4. **Tetracalcium Aluminoferrite** ( $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  atau  $\text{C}_4\text{AF}$ ). Senyawa ini terbentuk dari  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dan mempunyai panas hidrasi yang rendah. Penambahan oksida besi yang berlebihan akan menaikkan kadar  $\text{C}_4\text{AF}$  dan menurunkan kadar  $\text{C}_3\text{A}$ .  $\text{C}_4\text{AF}$  tidak banyak mempengaruhi sifat-sifat semen. Spesifikasi API untuk ketahanan sulfat tinggi (HSR) menjelaskan bahwa  $\text{C}_4\text{AF}$  ditambah dengan dua kali kadar  $\text{C}_3\text{A}$  tidak boleh lebih dari 24%.

Semen Portland selain terdiri dari empat komponen tersebut juga dapat mengandung Gypsum, Alkalisulfat, Magnesium, Lime bebas dan campuran-campuran lainnya. Pada konsentrasi normal, bahan tersebut tidak banyak mempengaruhi sifat-sifat *setting* semen, tetapi sangat berpengaruh terhadap kecepatan hidrasi, ketahanan terhadap serangan kimia dan sifat-sifat suspensi semen.

Suspensi semen yang terdiri dari campuran semen Portland, additive dan air, akan mengeras dan menghasilkan *compressive strength* yang besar melalui proses hidrasi. Proses hidrasi ini bukan sekedar pengikatan hidrat oleh mineral-mineral *Klinker* atau proses pengeringan atau pengurangan air dari suspensi semen, tetapi dalam proses hidrasi terjadi reaksi kimia antara air dengan unsur-unsur yang terdapat didalam semen. Hidrasi menghasilkan setting, pengerasan dan pembentukan kekuatan (*compressive strength*) pada suspensi semen, baik pada udara terbuka maupun pada kondisi didalam lubang bor.

### 2.3. Aditif Semen

Dalam pembuatan suspensi semen harus diperhatikan kondisi sumur yang akan disemen., sehingga perlu menambahkan bahan *additive* semen kedalam bubuk

semen (*neat cement*) untuk dapat dicapai suatu kondisi yang diinginkan.

Pada umumnya *additive* berbentuk serbuk yang dapat dicampur dengan bubuk semen sebelum diaduk dengan air. Jumlah aditif dalam suspensi semen biasanya dinyatakan dalam persen berat bubuk semen, % BWOC (*by weight on cement*). Secara umum aditif yang digunakan untuk treatment suspensi semen ada 8 jenis, yaitu : *accelerator*, *retarder*, *extender*, *weighting agent*, *dispersant*, *fluid loss control agent*, *lost circulation agent*, dan *specially additives*. Selanjutnya dalam tulisan ini hanya akan dijelaskan tentang *extender additive* saja.

### 2.4. Extender Additive

*Extender* adalah aditif yang berfungsi untuk menaikkan volume suspensi semen, sehingga mengakibatkan penurunan densitas suspensi semen tersebut. Pada umumnya penambahan *extender* ke dalam suspensi semen diikuti dengan penambahan air. Adapun bahan-bahan yang termasuk dalam *extender additive* antara lain : bentonite, attapulgite, sodium silikat, pozzolan, perlite, dan gilsonite.

Bentonit bersifat menyerap air, sehingga volume suspensi semen dapat menjadi 10 kalinya, hal ini menyebabkan densitas bubuk semen turun. API merekomendasikan bahwa setiap penambahan 1% bentonit ditambahkan juga 5,3% air (*BWOC*), yang berlaku untuk semua kelas semen. Pengaruh lain dari penambahan bentonit adalah *yield* semen naik, *compressive strength* dan *shear bond strength* turun, permeabilitas naik, dan viskositas naik.

Sodium Silikat dengan kadar 0,2 sampai 3% *BWOC* dapat menurunkan densitas semen dari 14,5 ppg menjadi 11 ppg, dan pada umumnya dengan bertambahnya kadar sodium silikat, maka *compressive strength* semen menurun.

Pozzolan terbentuk dari material-material aluminium dan silika yang bereaksi dengan kalsium hidroksida. Ada 2 jenis pozzolan, yaitu pozzolan alam, misal *diatomaceous earth* dan pozzolan buatan, misal *fly ash*. *Diatomaceous earth* sebagai *extender* tidak memperbesar viskositas suspensi semen dan harganya cukup mahal, sedangkan *fly ash* dapat mempercepat naiknya *compressive strength* dan harganya sangat murah.

Pearlite merupakan *extender* yang berasal dari batuan vulkanik. Penambahan pearlite biasanya diikuti dengan penambahan bentonit sekitar 2 - 4% untuk mencegah terjadinya pemisahan dengan air.

Gilsonite terdapat pada mineral asfalt, dengan specific gravity 1,07 dan cukup dengan sedikit air (sekitar 2 gal/ft<sup>3</sup>) akan diperoleh densitas suspensi semen yang rendah. Kadar gilsonite sampai 50 lb/sak semen dapat menghasilkan suspensi dengan densitas sekitar 12 ppg.

## 2.5. Sifat-sifat Fisik Semen

Ada beberapa sifat fisik semen, yaitu densitas, viskositas, filtrat loss, kadar air bebas, waktu pengerasan (*thickening time*), waktu tunggu semen kering (*waiting on cement*, WOC), permeabilitas, dan kekuatan semen (*compressive strength* dan *shear bond strength*). Dalam penelitian efek penambahan bentonit ini hanya akan dilakukan pengukuran terhadap perubahan densitas suspensi semen, dan kekuatan semen.

Densitas suspensi semen sangat berpengaruh terhadap tekanan hidrostatik suspensi semen di dalam lubang bor. Jika formasi tidak sanggup menahan tekanan kolom suspensi semen, maka akan menyebabkan pecahnya formasi, sehingga terjadi hilang semen ke dalam formasi.

Densitas suspensi semen yang rendah sering digunakan pada operasi *primary cementing* maupun *remedial cementing* untuk menghindari terjadinya rekah formasi pada zona yang bertekanan rendah.

Untuk menurunkan densitas semen dapat dilakukan dengan menambahkan aditif yang dapat memperbesar volume suspensi semen, misal : bentonit, pozzolan, dsb. Sedangkan suspensi semen yang digunakan untuk formasi yang bertekanan tinggi, maka densitasnya harus dinaikkan dengan cara menambahkan material pemberat, misal barite.

Kekuatan semen (*strength of cement*) dibedakan menjadi 2, yaitu : *compressive strength* dan *shear bond strength*. *Compressive strength* didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan tekanan yang berasal dari samping, sedangkan *shear bond strength* didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan beban atau tekanan arah vertikal.

Pada umumnya *compressive strength* mempunyai harga 8 sampai 10 kali lebih besar dari harga *shear bond strength*. Pengujian kekuatan semen di laboratorium dilakukan dengan menggunakan *Hydraulic Press* terhadap conto semen yang sudah dikondisikan (*setting time*).

## 2.6. Hidrasi Semen

Hidrasi semen adalah suatu reaksi kimia yang berurutan, mulai clinker, kalsium sulfat dan air, sampai suspensi semen mengeras. Hidrasi semen portland ini hampir sama dengan hidrasi  $C_3S$  sendiri, tetapi ada beberapa parameter yang harus ditambahkan. Hidrasi semen portland dapat dibedakan menurut kondisi temperatur lingkungan, yaitu hidrasi pada temperatur rendah dan hidrasi pada temperatur tinggi

Hidrasi semen pada temperatur rendah terjadi jika komponen-komponen pada semen merupakan komponen "anhydrous", yaitu jika bertemu air maka komponen tersebut akan pecah dan membentuk komponen hidrat (seperti suspensi). Larutan yang tidak

stabil dan lewat jenuh terbentuk, dan secara perlahan-lahan mengeras.

Sedangkan hidrasi semen pada temperatur tinggi, penambahan air pada semen akan membentuk kalsium silikat hidrat yang disebut gel C-S-H, dimana gel ini akan mempengaruhi *strength* dan kestabilan pada temperatur normal. Gel C-S-H merupakan produk awal pada temperatur tinggi dan sebagai material pengikat pada temperatur kurang dari  $110^{\circ}C$  ( $230^{\circ}F$ ). Pada temperatur tinggi gel C-S-H mengalami metamorfosis yang mengakibatkan turunnya *compressive strength* (*strength retrogression*).

## 3. PENGUJIAN LABORATORIUM

### 3.1. Pembuatan Suspensi semen

Semen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah semen kelas G yang mempunyai SG = 3,15 (26,16 ppg), dan penentuan komposisi bubuk semen dilakukan sesuai dengan Standar API. Standar API menentukan bahwa bubuk semen harus memenuhi 15,8 ppg dengan pembutan dilakukan pada kondisi standar ( $28^{\circ}C$ ).

Air yang digunakan untuk pencampur semen adalah air suling (aquadest) dengan SG = 1 (8,33 ppg).

### 3.2. Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi :

- Peralatan yang digunakan: *water bath*, *hydraulic press*, cetakan, *mud balance*, timbangan analitis, beaker glass, gelas ukur, *mixer*, gerinda (alat potong conto semen), jangka sorong, dan *stopwacht*.
- Bahan yang digunakan : Semen kelas G, aquadest, dan bentonit

### 3.3. Proses Pencetakan dan Pengkondisian

Proses pencetakan conto bubuk semen dapat dibedakan menjadi dua proses, yaitu pencetakan sampel untuk uji *compressive strength* dan uji *shear bond strength* :

- Peralatan untuk pengukuran *compressive strength*, merupakan selinder casing 2 x 1 inch.
- Peralatan untuk pengukuran *shear bond strength*, merupakan cetakan selinder casing 1 ½ x 1 inch.

Selain peralatan tersebut diatas, masih banyak peralatan bantu yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

### 3.4. Pengujian Sampel

Percobaan dilakukan dengan menggunakan semen Portland API-kelas G tipe HSR, dengan komposisi :

- Water Solid Ratio (WSR) = 44%
- Bentonit (*extender additive*) bervariasi antara 0 - 8%.

Sebagai media water bath (lingkungan semen) digunakan air tawar. Waktu pengujian dilakukan dengan kisaran waktu antara 24 jam (1 hari) sampai 30hari (1 bulan).

### Pengukuran Densitas

Densitas bubuk semen diukur dengan menggunakan *mud balance*, dengan prosedur sebagai berikut :

- Mengkalibrasi *mud balance* dengan menggunakan aquadest hingga pada rider ditempatkan pada skala 8,33 ppg nivo dalam keadaan setimbang.
- Mempersiapkan bubuk semen yang akan diukur densitasnya.
- Masukkan bubuk semen ke dalam cup *mud balance*, kemudian cup ditutup dan dibersihkan bagian luarnya.
- Letakkan *balance arm* pada kedudukannya, kemudian atur arider hingga seimbang, baca harga densitas bubuk semen pada skala.

### Pengujian Compressive Strength

Setelah sampel batuan semen dilepas dari cetakan, kemudian ditempatkan pada peralatan *hydraulic press*, dan selanjutnya sampel ditekan secara uniaxial sampai pecah. *Compressive strength* ditentukan dari harga pada saat terjadi peretakan (pecah), yaitu ditunjukkan oleh pembacaan maksimal pada manometer.

Perhitungan *compressive strength* dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$CS = k \cdot P \left( \frac{A1}{A2} \right) \quad (1)$$

dimana ;

- CS = Compressive strength, psi.
- P = Pembebanan maksimum, psi.
- A1 = Luas penampang block bearing dari *hydraulic mortar*, in<sup>2</sup>.
- A2 = Luas permukaan sampel semen, in<sup>2</sup>
- k = Konstanta koreksi, merupakan fungsi dari perbandingan tinggi (t) terhadap diameter (d).

Untuk harga :

t/d = 2,0	harga k = 1,0
t/d = 1,75	harga k = 0,98
t/d = 1,5	harga k = 0,96
t/d = 1,25	harga k = 0,95
t/d = 1	harga k = 0,87

### Pengujian Shear Bond Strength

Pada pengujian ini dilakukan dengan asumsi dinding casing bersih. Peralatan yang digunakan untuk pengujian *shear bond strength* ini sama dengan peralatan untuk pengujian *compressive strength*, tetapi

diperlukan batang pendorong dan holder silinder penyangga. Pada saat terjadinya pergeseran awal (pembacaan maksimal pada manometer), merupakan tekanan geser maksimum.

Harga *shear bond strength* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$SBS = P \left( \frac{A}{\pi DH} \right) \quad (2)$$

dimana ;

- SBS = *Shear bond strength* semen, psi
- P = Pembebanan geser maksimum, psi
- A = Luas penampang *bearing block hydraulic mortar*, in<sup>2</sup>
- D = Diameter dalam (inside diameter) casing, in
- H = Tinggi sampel semen dalam silinder, in

## 4. HASIL UJI LABORATORIUM DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Pengujian Laboratorium

Hasil-hasil pengujian laboratorium ditunjukkan pada gambar plotting data yang diperoleh dari setiap pengujian sampel semen yang dapat dievaluasi sebagai berikut :

**Gambar-1** menunjukkan plot hasil pengukuran densitas bubuk semen dengan konsentrasi bentonit 0, 2, dan 6%. Dari gambar tersebut terlihat bahwa dengan penambahan bentonit mengaibatkan turunnya densitas, yaitu dari 15,6 ppg (0% bentonit) menjadi 14,7 ppg (2% bentonit), dan selanjutnya turun menjadi 13,5 ppg pada penambahan 6% bentonit.

**Gambar-2** menunjukkan plot hasil pengukuran *compressive strength vs setting time* terhadap variasi penambahan bentonit 0, 2, dan 6%. Dari gambar tersebut terlihat bahwa dengan kenaikan persentase bentonit, *compressive strength* juga mengalami penurunan yang cukup signifikan. Nilai *compressive strength* pada *setting time* 1 hari untuk ketiga kurva nilainya sangat rendah dibanding dengan *setting time* 7 hari (yaitu nilainya sekitar 1/5 dari nilai *compressive strength* 7 hari), dan selanjutnya relatif konstan pada *setting time* antara 7 – 30 hari berikutnya.

**Gambar-3** menunjukkan plot hasil pengukuran *shear bond strength vs setting time* untuk berbagai variasi penambahan bentonite 0, 2, dan 6%. Dari gambar tersebut ketiga kurva memperlihatkan bahwa pada *setting time* 1 hari nilai *shear bond strength* juga sangat rendah (yaitu sekitar 1/6 dari nilai *shear bond strength* 14 hari), dan selanjutnya relatif konstan pada *setting time* 14 – 30 hari berikutnya. Pada gambar tersebut juga terlihat bahwa nilai *shear bond strength* pada *setting time* 1 hari sangat kritis (hanya sebesar 155 psi).

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari pembahasan tersebut dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan bentonit sebagai *extender* mampu menurunkan densitas yang cukup signifikan, yaitu dari 15,6 ppg menjadi 14,7 ppg (2% bentonit), dan menjadi 13,6 ppg (6% bentonit).
2. *Compressive strength* mengalami penurunan yang cukup besar dengan adanya penambahan bentonit, yaitu untuk penambahan 6% bentonit rata-rata turun sekitar  $\frac{1}{2}$  dari nilai *compressive strength* dengan 0% bentonit.
3. *Shear bond strength* mengalami penurunan yang lebih besar lagi, yaitu rata-rata turun sekitar  $\frac{1}{3}$  dari nilai *shear bond strength* dengan 0% bentonit
4. *Setting time* 1 hari baik *compressive strength* dan *shear bond strength* nilainya sangat rendah untuk semua komposisi.
5. *Shear bond strength* semen dengan 6% bentonit pada *setting time* 1 hari nilainya kritis (hanya 155 psi).

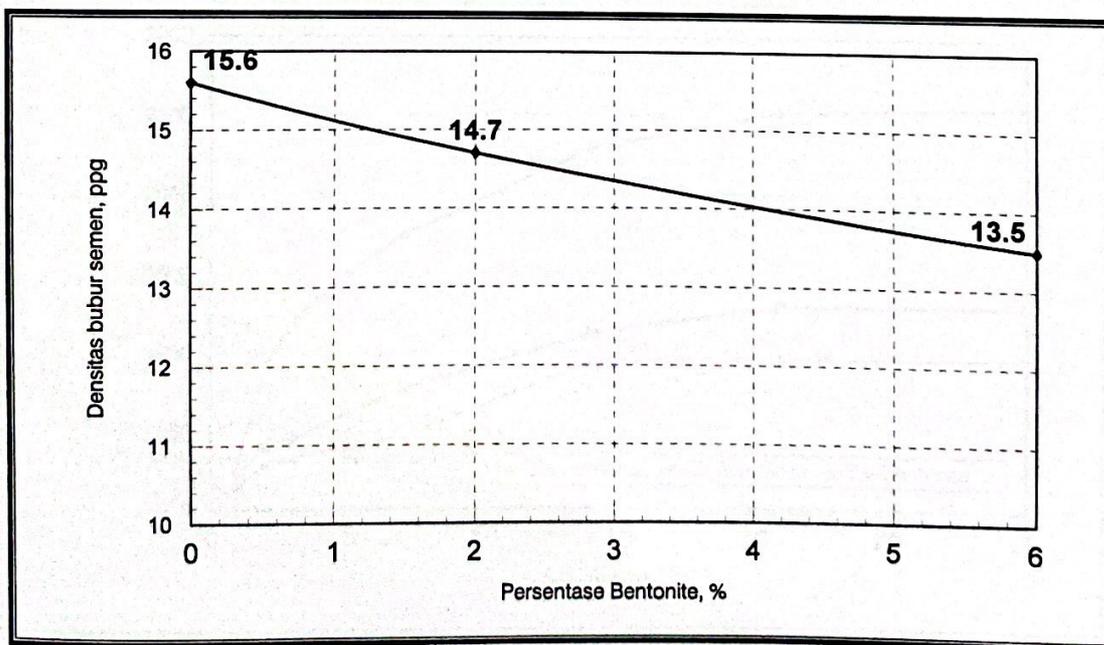
### 5.2. Saran

Pemakaian bentonit sebagai *extender additive* untuk menurunkan densitas bubuk semen dari hasil penelitian ini hanya sampai 13,6 ppg, sehingga untuk mendapatkan densitas bubuk semen yang lebih rendah terutama jika pekerjaan penyemenan dilakukan pada

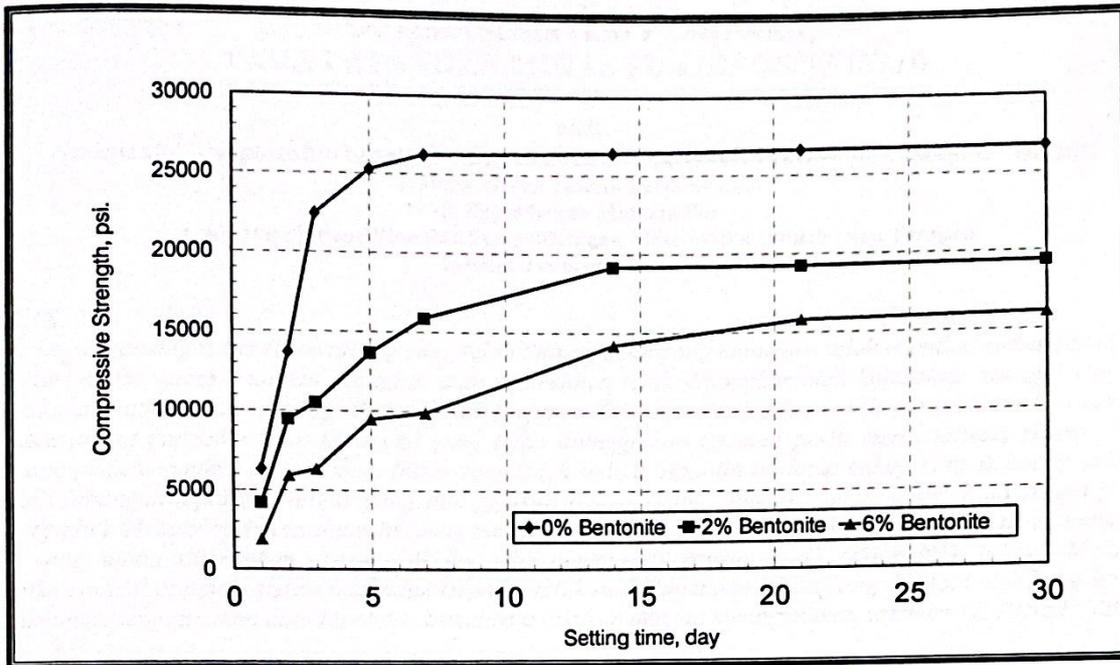
formasi bertekanan sangat rendah yang umumnya dijumpai pada lapangan tua, maka perlu dicari alternatif penggunaan *extender additive* lainnya.

### DAFTAR PUSTAKA

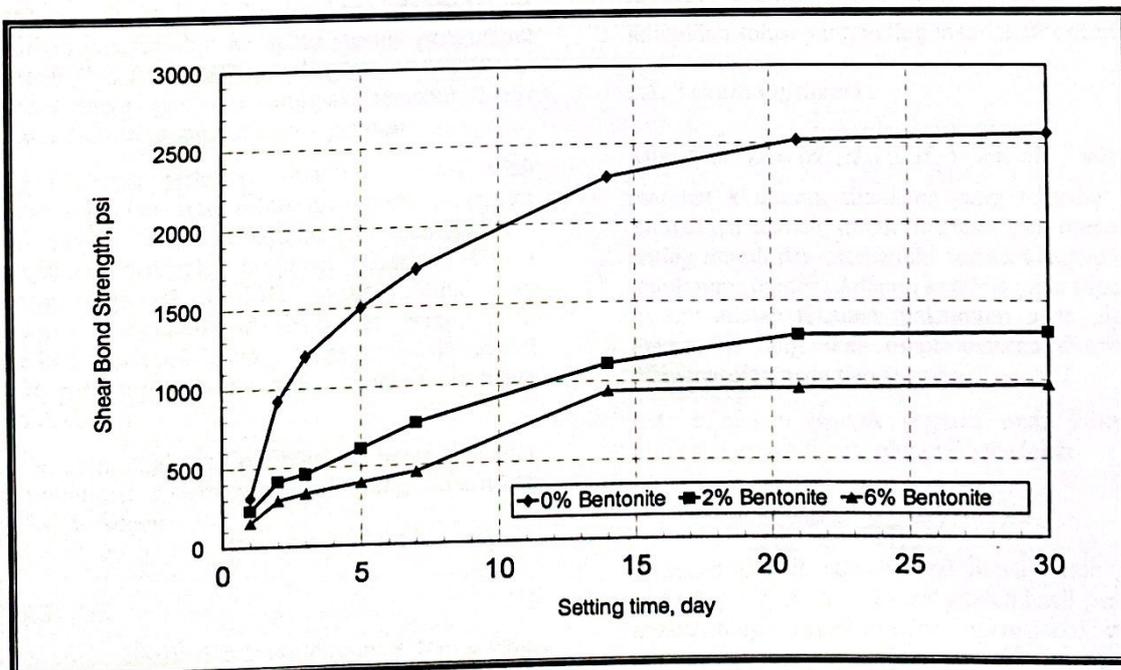
1. Adams, N.J., *Drilling Engineering, A Complete Well Planning Approach*, PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1985.
2. Nelson E.B., *Well Cementing*, Dowell Schlumberger Education Service, Houston, Texas, 1990
3. Rudi Rubiandini R.S., *Teknik Pemboran II*, Jurusan Teknik Perminyakan, UPN "Veteran" Yogyakarta, 1993.
4. Smith, D.K., *Cementing*, Cementing Coordinator Halliburton Services, Henry L. Doherty Memorial Fund of AIME, Second Printing, New York - Dallas, 1976.
5. ...., *Dowell Schlumberger Cementing Technology*, Published by Nova Communications Ltd. London, England for Dowell Schlumberger, 1984.
6. ...., *API Specification for Material and Testing for Oil Well Cemen*, API Spec. 10, 4<sup>th</sup> Edition, August 1, 1988.



Gambar 1.  
Densitas Bubur Semen vs Persentase Penambahan Bentonit



**Gambar - 2**  
*Compressive Strength vs Setting Time*  
 untuk terhadap variasi penambahan bentonit



**Gambar 3.**  
*Shear Bond Strength vs Setting Time* terhadap variasi penambahan bentonit