



PROSIDING SIMPOSIUM DAN SEMINAR  
GEOMEKANIK KE-1 TAHUN 2012  
MENGAGAS MASA DEPAN REKAYASA BATUAN &  
TEROWONGAN DI INDONESIA

## STUDI LABORATORIUM MATERIAL LIMBAH PANASBUMI DAN LIMBAH PENGGILINGAN BERAS UNTUK MENINGKATAN KEKUATAN DINDING LUBANG BOR

Oleh :  
KRT. Nur Suhascaryo,  
Zusry Jaifan,  
Andry Nugraha

Teknik Perminyakan UPN "Veteran" Yogyakarta  
Email: [suhascaryo@yahoo.com](mailto:suhascaryo@yahoo.com)

### Abstrak

Material limbah panasbumi (scale silica) merupakan endapan yang terbentuk akibat proses kondensasi fluida produksi pada lapangan panasbumi, yang mengendap pada fasilitas produksi permukaan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya permasalahan penyumbatan pada pipa produksi (Scaling Problem) di lapangan panasbumi. Limbah penggilingan beras (organic silica) merupakan abu silika yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi. Scale silica dan organic silica merupakan sumber silika ringan alam Indonesia yang belum dapat dimanfaatkan secara maksimal, sehingga perlu dilakukan penelitian terhadap pemanfaatan silika ringan tersebut sebagai material untuk meningkatkan kekuatan dinding lubang bor (extender additive) pada pembuatan terowongan atau konstruksi sumuran.

Pemanfaatan scale silicate dan organic silicate sebagai extender additive diuji di laboratorium semen pemboran prodi Teknik Perminyakan dengan 2 tahapan pengujian, yaitu pengujian komposisi kimia dan pengujian sifat fisik semen pemboran terhadap penambahan scale silicate dan , organic silicate, dan extender pembanding (Bentonit dan Fly Ash) sesuai dengan standard American Petroleum Institute Spec. 10. Sifat fisik semen pemboran yang diuji meliputi Density, Rheology, Free Water, dan Compressive Strength pada berbagai macam variasi temperature.

Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa silica scale dan silica organic memiliki kandungan Silica Dioxide ( $\text{SiO}_2$ ) sebesar 93 % dan 90%. Pada komposisi slurry 90:10 (semen Class G:Extender), penambahan scale silica dan organic silica menghasilkan densitas slurry sebesar 15,66 ppg dan 15,61 ppg, sedangkan fly ash menghasilkan densitas slurry sebesar 15,69 ppg. Pada pengujian compressive strength slurry yang berdensitas 15,7 ppg dengan temperatur 302 OF, penggunaan scale silica dan organic silica menghasilkan compressive strength sebesar 3853 psi dan 3739 psi, dan jika menggunakan fly ash dan bentonit hanya sebesar 3295 psi dan 2922 psi. Penggunaan scale silica dan organic silica menghasilkan semen ringan yang kuat , hal ini akan meningkatkan kekuatan dinding lubang.

Key word : Material limbah panasbumi dan limbah penggilingan beras, Standard American Petroleum Institute

### Pendahuluan

Pemanfaatan material *Perlite* dan *Fly Ash* sebagai *Extender* telah digunakan oleh perusahaan semen pemboran untuk menurunkan tekanan kolom semen dan menjaga stabilitas lubang bor dari semen pemboran, tetapi bahan tambahan tersebut memiliki harga yang relatif mahal, dan sangat terbatas dalam penyediaannya. Peneliti mencoba menggunakan material limbah panasbumi dan penggilingan padi.

*Bentonite* juga sering digunakan perusahaan semen pemboran sebagai extender

dalam slurry semen. Peningkatan dalam penggunaan bentonite akan menyebabkan terjadi penurunan *Compressive Strength* dari semen pemboran.

Endapan – endapan *Scale silica* yang merupakan salah satu limbah dari panas bumi yang berwujud padat dengan kandungan *Silica dioxide* ( $\text{SiO}_2$ ) sebesar 90 % – 98 %, belum dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk pemanfaatan limbah tersebut.

*Organic silica* yang diperoleh dari limbah pertanian yang berupa *Sekam Padi*



mengandung *Silica dioxide* ( $\text{SiO}_2$ ) sebesar 70 % – 91 %. Pemanfaatan abu sekam padi pada saat ini hanya digunakan sebagai bahan bakar dan median tanam tumbuhan. Hal tersebut menyebabkan sekam padi belum dapat dimanfaatkan secara maksimal dan masih memiliki harga jual yang rendah.

Untuk mengetahui kemampuan *Silica dioxide* ( $\text{SiO}_2$ ) dari limbah panas bumi dan penggilingan padi dalam menurunkan densitas dari semen pemboran, terlebih dahulu harus dilakukan pengolahan dan penelitian di laboratorium semen pemboran Teknik Perminyakan FTM UPN “Veteran” Jogjakarta.

Ada 2 bentuk pembagian silica yang digunakan dalam semen pemboran, yaitu  $\alpha$ -quartz dan *Condensed Silica Fume*<sup>(6)</sup>.

Silika sebagai  $\alpha$ -quartz sebagian besar digunakan untuk meningkatkan kekuatan semen terhadap pengaruh temperatur tinggi (*Strength Retrogression*) ketika semen di tempatkan pada thermal well. Berdasarkan ukuran partikel silica, sebagian besar digunakan *Silica Sand* (100  $\mu\text{m}$ ) dan *Silica Flour* (15  $\mu\text{m}$ )<sup>(6)</sup>.

*Condensed Silica Fume (microsilica)* adalah suatu produk dari produksi *Silicon*, *Ferrosilicon*, dan campuran *Silica* lainnya. Partikelnya berfasa gelas (*amorphous silica*) dengan ukuran partikel 0,1  $\mu\text{m}$  – 0,2  $\mu\text{m}$ , sekitar 50 – 100 kali lebih halus dibandingkan portland cement, oleh karena itu area permukaannya (*surface area*) sangat tinggi (15.000 – 25.000  $\text{m}^2/\text{kg}$ )<sup>(6)</sup>.

*Condensed Silica Fume* sangat mudah bereaksi karena sangat halus dan murni, dan materil pozzolan yang sangat aktif (Parker, 1985). Tingkatan dari aktivitas pozzolanic telah mengizinkan terbentuknya sistem semen yang berdensitas rendah (*Low Density Cement System*) dengan laju peningkatan yang tinggi dalam *Compressive Strength* (carathers and crook, 1987).

Fly ash yang merupakan abu dari tungku pembakaran batubara yang memiliki densitas 2.0 – 2.9  $\text{gr}/\text{cc}$  (David et al, 1937). Fly ash sering sekali digunakan sebagai material tambahan dalam slurry penyemenan sumur. Penggunaan fly ash dalam slurry pemboran harus dikontrol, karena akan meningkatkan free water slurry. Pengontrolan dilakukan dengan penambahan sejumlah bentonite kedalam campuran slurry. Pencampuran fly ash kedalam slurry semen akan meningkatkan compressive strenght semen.

Area permukaan yang tinggi dari *Condensed Silica Fume* membutuhkan peningkatan air yang digunakan dalam slurry (water require). Oleh karena itu slurry yang berdensitas rendah 11,0 lb/gall dapat memiliki sedikit/ no free water. *Condensed Silica Fume* digunakan secara normal sebesar 15 %, dan jika digunakan sebesar 28 % BWOC, masih di izinkan<sup>(6)</sup>.

Selain itu pada tahun yang sama diadakan penelitian tentang pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan pengisi konstruksi lapis permukaan jalan yang ternyata mampu menghasilkan campuran yang lebih kuat (Agah, 1984).

### Dasar Teori

Penyemenan merupakan suatu proses pemompaan slurry (yang telah dirancang) kedalam annulus lubang melalui peralatan – peralatan penyemenan, untuk tujuan tertentu.

Bubur semen (slurry) yang digunakan harus direncanakan (slurry design) sebelum melakukan penyemenan di lubang sumur, agar pekerjaan penyemenan dapat berjalan lancar sesuai dengan yang direncanakan. Ada beberapa hal yang penting untuk diperhatikan dalam perencanaan slurry, salah satunya adalah sifat fisik dari slurry semen yaitu berat jenis (*Density*).

Berat jenis didefinisikan sebagai perbandingan antara massa per volume suatu zat. Berat jenis bubur semen merupakan faktor yang paling penting dalam perencanaan slurry, dikarenakan perubahan densitas akan mempengaruhi sifat – sifat fisik bubur semen yang lainnya seperti *Thickening Time*, *Rheology*, *Compressive Strength*, dan yang lainnya. Besar minimum densitas slurry yang digunakan harus lebih besar dari 2 ppg dari densitas lumpur pemboran. Jadi dalam pelaksanaanya di lapangan, densitas merupakan hal utama yang harus dipantau, agar selalu stabil dalam proses pencampuran. Beraj jenis slurry semen merupakan :

$$D_s = (W_s + W_{ad} + W_{air}) / (V_s + V_{ad} + V_{air}) \dots (1)$$

Keterangan :

Ds	: Densitas slurry, ppg
Ws	: Berat semen, lb
Wadd	: Berat bahan tambahan, lb
Wair	: Berat air, lb
Vs	: Volume semen, gallon
Vadd	: Volume bahan tambahan, gallon
Vair	: Volume air, gallon

Berdasarkan persamaan 1, maka berat slurry sangat dipengaruhi oleh densitas material



atau additif yang digunakan dalam campuran slurry. Tidak hanya densitas saja, tetapi absolute volume dari masing masing material. Densitas slurry akan mempengaruhi tekanan hidrostatik (*Hydrostatic Pressure*) dari slurry pada saat mengisi lubang bor. Persamaannya dapat ditulis secara matematis yaitu :

$$Ph = 0.052 \times \rho \times \text{depth} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

Ph : Tekanan Hidrostatik, psi

$\rho$  : Densitas, ppg

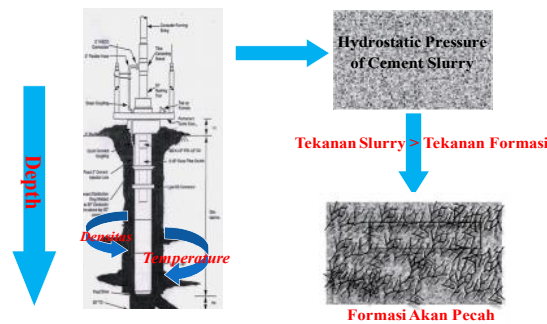
Depth : Kedalam kolom lubang, ft

Jika tekanan hidrostatik dari slurry semen lebih besar dari tekanan formasi batuan, maka formasi batuan akan pecah (Batuan yang keras) dan runtuh (batuan yang lunak). Hal ini

akan meyebabkan terjadinya kegagalan dalam penyemenan atau loss circulation (hilangnya slurry semen masuk ke dalam rekahan). Lihat gambar 3.1.

Sehingga untuk menghindari hal tersebut, tekanan hidrostatik dari slurry harus diturunkan, dengan cara menurunkan densitas slurry semen pemboran. 3.2

Penurunan densitas semen dapat dilakukan dengan menggunakan 5 metode, yaitu<sup>(6)</sup> : Reduce Slurry Density; Increase Slurry Yield; Water Extenders; dan Low Density Aggregates (Perlite, Bentonite, Fly Ash, Microsphere and Sodium Silicate), serta Gaseous Extenders (Nitrogen).



Gambar 1. Pengaruh Kolom semen terhadap kestabilan lubang bor

## METODE PENELITIAN

### 1. Sampling

Limbah Endapan *Silica* Panas Bumi (*Silica Scale*) merupakan endapan yang terbentuk dari fluida Geothermal (Geothermal Brine) yang mengalir kepermukaan melalui pipa dari reservoir dengan temperatur yang lebih dari 180<sup>0</sup> C di bawah permukaan, menuju temperatur yang rendah di permukaan. Scale terendapkan sendiri sebagai amorphous silica atau dengan cation lainnya didalam bentuk silica cation seperti besi, atau aluminium Silica. Mineral silica oksida atau quartz (SiO<sub>2</sub>) biasanya terbentuk dalam limbah endapan panas bumi (Scale). Dan kebanyakan berwarna putih keabu – abuan hingga hitam. Limbah endapan panas bumi (Scale) dengan komposisi utama *Silica Dioxide* (SiO<sub>2</sub>) berbentuk tepung (Flour).

Kebanyakan limbah endapan panas bumi (Scale) didapatkan pada daerah panas bumi yang memiliki temperatur bawah permukaan yang tinggi (ditunjukkan dengan adanya kenampakan Boiling Hot Spring, dan Geyser di permukaan). Tempat di temukannya *Scale* di Indonesia terdapat di Jawa Tengah, dan juga sedikit di daerah panas bumi lainnya.

*Silica Organic* yang diperoleh dari hasil pembakaran limbah industri gula yang berupa *Sekam Padi* (limbah pertanian) yang mengandung *Silica dioxide* (SiO<sub>2</sub>) sebesar 70 % – 91 %. Dimana tebu dan padi merupakan salah satu komoditas pertanian yang dimiliki Indonesia sebagai negara agraris.

### 2. Peralatan dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk uji coba laboratorium dari persiapan, pembuatan semen, pengukuran densitas dan rheologi semen, hingga pengukuran compressive strength semen, yaitu :

Timbangan Digital (Digital Balance)

- Mixing Blender
- Mud Balance Gelas Ukur (100 dan 250 cc)
- Fann Viscometer
- Hydraulic Carver Press
- Mold (cetakan)
- Oven

Bahan dan material tambahan yang digunakan dalam pengetesan meliputi :

Semen Pemboran (Class G)

Silica Scale

Silica Organic (Sekam padi)

Bentonite



Air Destilasi

### 3. Variabel Penelitian

- a. Variabel Bebas  
Penggunaan *Silica Scale*, *Silica Organic* dan *Bentonite*.
- b. Variabel Tergantung  
Efek dari penambahan material pengganti (*Silica Scale*, dan *Silica Organic*) dan *Bentonite* di beberapa persentase terhadap penurunan densitas slurry. Selain itu juga dilihat efek peningkatan compressive strength dari penambahan material pengganti (*Silica Scale*, dan *Silica Organic*) dan bahan tambahan (*Bentonite*) ke dalam slurry di beberapa kondisi temperatur dengan densitas slurry yang tetap.

### 4. Prosedur Penelitian di laboratorium

#### 4.1. Penyiapan silica scale dan skam padi

*Silica scale* yang berbentuk serbuk langsung diambil di lapangan panas bumi. Sedangkan untuk skam padi terlebih dahulu harus dibakar dengan menggunakan temperatur 600°C untuk menjadikannya bubuk putih halus. Proses selanjutnya adalah pengayakan kedua bahan tersebut. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan screen berukuran 60 mesh. Bahan – bahan *silica scale* ataupun skam padi yang lolos dari screen, maka dapat digunakan langsung sebagai material peringan dalam slurry semen pemboran.

#### 4.2. Pengukuran persentase kandungan SiO<sup>2</sup> dalam scale silica dan organic silica (skam padi)

Pengukuran besarnya kandungan SiO<sup>2</sup> pada *silica scale* dan skam padi (material peringan) dilakukan dengan menggunakan sinar x-ray di laboratorium analisa kimia. Analisa mineral tidak dapat dilakukan dengan menggunakan metode petrografi, dikarenakan material tersebut berbentuk bubuk, sehingga tidak bisa disayat untuk dilihat kandungan mineral dan struktur kristalnya.

#### 4.3. Pengukuran densitas dan absolute volume dari scale silica dan organic silica (skam padi).

Pengukuran densitas dan absolute volume harus dilakukan agar perancangan slurry dapat dilakukan dengan akurat. Besarnya densitas dan absolute volume sangat dipengaruhi oleh mineral penyusun dari *silica scale* dan skam padi. Proses pengukuran densitas *silica scale* dan skam padi dilakukan dengan menggunakan mud balance

### Hasil dan Pembahasan

Pemanfaatan *silica scale* yang merupakan sisa endapan dari produksi *Geothermal* memiliki komposisi kimia SiO<sub>2</sub> sebesar 93.337% dan *silica organic* yang merupakan limbah pertanian berupa sekam padi yang memiliki komposisi kimia SiO<sub>2</sub> sebesar 90.612%, diujikan dalam bentuk serbuk halus yang berukuran 60 mesh. *Silica scale* langsung diambil dari dieng, sedangkan untuk *silica organic* berasal dari abu pembakaran sekam padi.

Berdasarkan “*Spec 10 A API*” Semen Class “G” memiliki densitas standar sebesar 15.8, dengan standar air yang dibutuhkan dalam pencampuran sebesar 44% (BWOC).

Melalui pengukuran densitas material diketahui bahwa *silica scale* memiliki absolute volume sebesar 0.0910 gall/lb dengan *specific gravity* sebesar 2.328 gr/cc, pada *silica organic* memiliki absolute volume sebesar 0.117 gall/lb dan *specific gravity* sebesar 2.116 gr/cc, dan fly ash memiliki absolute volume sebesar 0.0483 gall/lb dengan *specific gravity* sebesar 2.48 gr/cc. Hal tersebut menyebabkan, jika *silica scale* dan sekam padi dicampurkan ke dalam slurry akan menghasilkan penurunan densitas yang lebih tinggi dibandingkan fly ash (extender standart di perusahaan). Bedahalnya dengan bentonite, walaupun bentonit memiliki absolute volume sebesar 0.0454 gall/lb dengan *specific gravity* yang lebih besar dari ke tiga material diatas tadi yaitu sebesar 2.65 fr/cc, tetapi bentonite mampu menurunkan densitas slurry lebih signifikan dibandingkan 3 material pengganti (*silica scale*, sekam padi dan fly ash). Hal tersebut terjadi karena pada saat dilakukan penambahan bentonite pada slurry, maka harus ditambahkan juga air tambahan ke dalam slurry sebesar 5.3 % BWOC setiap pemakaian 1% bentonite (menurut API), sehingga bentonite + air tambahan itulah yang berperan dalam menghasilkan densitas yang lebih rendah dibandingkan material extender lainnya. Sebagai contoh dapat dilihat pada hasil penelitian di table 1, maka komposisi slurry semen : *silica scale* (50 : 50) dapat menghasilkan densitas sebesar 14.91 ppg., untuk *silica organic* dengan komposisi slurry semen : sekam padi perbandingan (50 : 50) mampu menghasilkan densitas sebesar 14.64 ppg, untuk komposisi slurry semen : fly ash (50 : 50) hanya dapat menghasilkan densitas sebesar 15.09 ppg, sedangkan penambahan 10% BWOC bentonite saja bentonite dapat berhasil



menurunkan densitas slurry standart menjadi 13.00 ppg.

Pada sample yang telah diuji (silica scale dan silica organic), diketahui bahwa penambahan material pengganti di atas 10% kedalam slurry, harus dilakukan penambahan air diikuti. Penambahan air tersebut dapat dilakukan dengan menambahkan bentonite, agar viskositas slurry tidak terlalu tinggi.

Berdasarkan pengujian kimia, diketahui komposisi kimia dari silica scale dan silica organic yang memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  yang cukup tinggi, sehingga untuk melihat efek pengembangan dari compressive strength semen akibat penggunaan material pengganti sebagai extender di slurry semen, dilakukan pengujian compressive strength semen yang berkomposisi semen + silica scale, semen + sekam padi, dan dan sebagai pembanding dilakukan juga pengukuran pada slurry yang berkomposisi semen + bentonite, pada densitas yang tetap yaitu 15.7 ppg, dibeberapa temperatur.

Melalui gambar 5.2 dapat dilihat bahwa dengan penggunaan silica scale sebagai extender, *compressive strength* dari semen pemboran pada temperatur tinggi yaitu  $302^\circ\text{F}$  sebesar 3853.44 psi, sedangkan untuk sekam padi mampu menghasilkan compressive strength sebesar 3738.93 psi, sehingga dapat dilihat bahwa penambahan silica scale dapat memberikan efek peningkatan compressive strength yang lebih tinggi dibandingkan penambahan sekam padi. Hal tersebut terjadi karena kandungan  $\text{SiO}_2$  pada silica scale lebih besar dibandingkan pada sekam padi yaitu 93.337 %.

Beda halnya jika dibandingkan dengan penggunaan bentonite sebagai extender dalam slurry semen. Melalui gambar 5.2 juga, dapat dilihat bahwa penambahan 0.3 % BWOC bentonite untuk menghasilkan densitas slurry yang konstan di 15.7 ppg, memiliki kecenderungan untuk menurun pada temperatur tinggi, yaitu dengan temperatur permukaan dihasilkan compressive strength sebesar 3463.66 psi, sedangkan pada temperatur  $302^\circ\text{F}$  dihasilkan compressive strength sebesar 2922.32 psi. jadi terjadi penurunan compressive strength semen sekitar 541.34 psi.

### Kesimpulan

1. Berdasarkan analisa kimia yang dilakukan, silica scale dan sekam padi mengandung komposisi kimia  $\text{SiO}_2$  yang cukup tinggi, yaitu 93.33.7 dan 90.612 %.

2. Pada penambahan extender dengan perbandingan komposisi semen dan extender sebesar 50:50, maka silica scale menghasilkan densitas sebesar 14.91 ppg, silica organic menghasilkan densitas sebesar 14.64 ppg, sedangkan fly ash menghasilkan densitas semen sebesar 15.09 ppg. Hal tersebut akan berbeda dengan melakukan penambahan bentonit pada semen yang disertai dengan penambahan air, sehingga menyebabkan densitas semen turun terlalu tajam.

3. Pemakaian material pengganti (silica scale & silica organic) pada penambahan di atas 10% harus diikuti penambahan air untuk mencegah terjadinya viskositas yang tinggi dari slurry semen.

4. Penambahan silica scale dan silica organic sebagai extender ke dalam slurry semen pemboran yang berdensitas 15.7 ppg pada temperatur  $302^\circ\text{F}$  (high temperature) menghasilkan compressive strength sebesar 3853.55 psi dan 3738.93 psi, sedangkan untuk penambahan extender pembanding yaitu fly ash dan bentonit menghasilkan compressive strength sebesar 3296 psi (berdasarkan Tugas Akhir Dwi Ambarwati, 2003, UPNYK) dan 2922.32 psi.

5. Pemanfaatan silica scale & silica organic sebagai extender alternative pada semen pemboran, memiliki keuntungan yaitu menghasilkan jangkauan penurunan denistas yang lebih jauh dengan kualitas compressive strength semen yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan fly ash (extender yang digunakan pada saat ini di lapangan) pada temperatur tinggi ( $302^\circ\text{F}$ ).

### Daftar Pustaka

- A.J. Ellis and W.A.J Mahon, 1977, Chemistry and Geothermal System, United Kingdom Edition, Academic Press, Inc.
- API Specification 10A, 2002, Specification for Cement and Materials for Well Semening, Twenty – Third edition, America Petroleum Institute.
- API Recommended Practice 10B, 1997, Recommended Practice for Testing Well Cementing, Twenty–Second Edition, America Petroleum Institute.
- Ambarwati Dwi, 2003, "Studi Laboratoris Kekuatan Semen Kelas G Sebagai Akibat Penambahan Extender Additive



Microsphere dan Fly Ash Pada  
Pengkondisian Temperatur Tinggi”, Tugas  
Akhir, UPN ”Veteran” Yogyakarta.

Edward F. Wahl, 1977, Geothermal Energy  
Utilization, A Wiley – Interscience  
Publication, John Wiley & Sons Inc.

Suhascaryo Nur, Wibowo Edi, dan Suroyo Budi,  
2001, Kinerja Expanding Additive Baru  
Untuk Meningkatkan Shear Bond Strength  
(Sb) Semen Pada Kondisi HPHT,  
Simposium National IATMI 2001,  
Yogyakarta.

V.N Kashpura, and V.V Potapov, 2000, Study  
of The Amorphous Silica Scale Formation  
The Mutnovskoe Hydrothermal Field  
Russia), Twenty Fifth Workshop On  
Geothermal Reservoir Engineering,  
Stanford University, California.

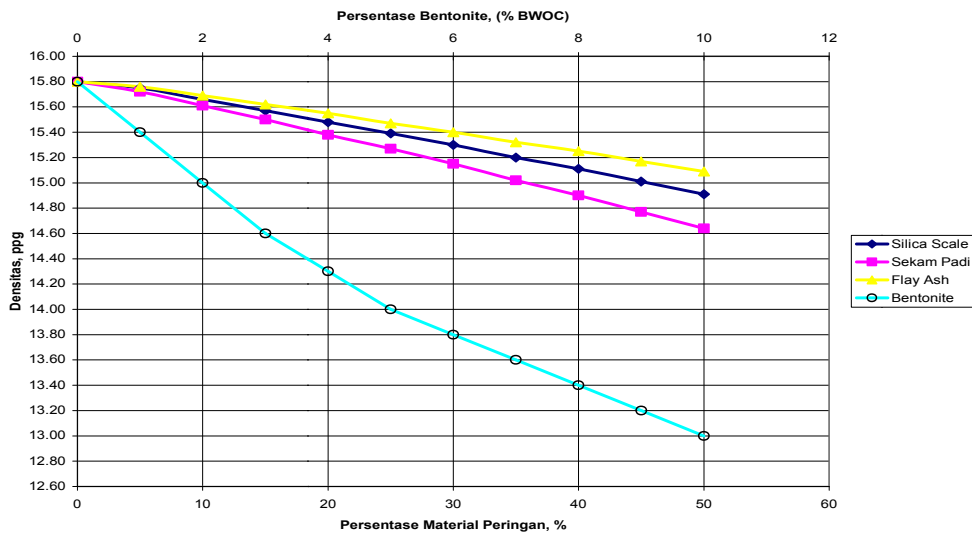


## Lampiran

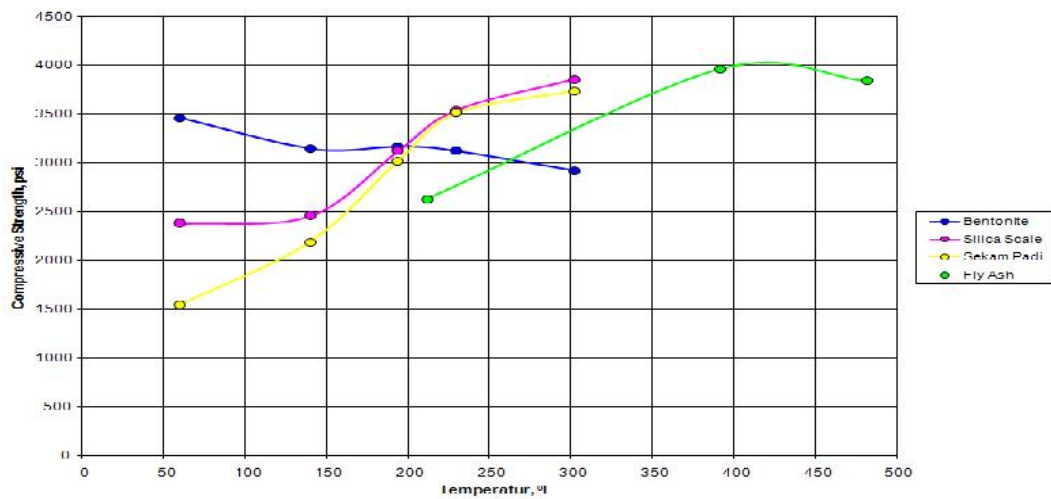
### A. Sampling Limbah Panasbumi dan Gilingan Padi



### B. Kurva Hubungan densitas slurry dengan konsentrasi berbagai jenis material



### C. Kurva hubungan kekuatan stabilitas lubang bor dengan berbagai jenis material.





D. Karakteristik Limbah padat panas bumi (scale silica) dan gilingan padi (sekam padi atau organic silica)

No	Material	Densitas (gr/cc)	Absolute Volume (bbl/lb)	Persentase SiO <sub>2</sub> (%)
1	Silica Scale	2.328	0.091	93.337
2	Sekam Padi	2.116	0.117	90.612

fifth Workshop on Geothermal Reservoir  
Engineering, Stanford, California.

Mutnovskoe Hydrothermal Field (Russia), fifth Workshop on