

## **Studi Laboratorium Pengaruh Nanocomposite Nanosilika dan Arang Cangkang Kelapa Sawit Dengan Variasi Temperatur Pemanasan Terhadap *Free Water* dan Kekuatan Semen Pemboran**

Novrianti

Program Studi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau

### **Abstrak**

Semen merupakan salah satu parameter penting dalam proses pemboran. Parameter keberhasilan penyemenan sumur migas antara lain adalah apabila nilai *free water*, *compressive strength* (CS) dan *shear bond strength* (SBS) telah sesuai dengan standar penyemenan *American Petroleum Association* (API). Menurut API Nilai *Free water* maksimal adalah 3.5 ml, nilai *Compressive strength* minimum yang direkomendasikan oleh API untuk dapat melanjutkan operasi pemboran adalah 500 Psi sedangkan *shear bond strength* lebih dari 100 psi. Beberapa additive telah dipergunakan untuk meningkatkan kekuatan semen. Studi ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *nanocomposite* antara *additive* nano silika dan arang cangkang kelapa sawit yang dipanaskan dengan variasi temperature terhadap nilai *free water*, *compressive strength* (CS) dan *shear bond strength* (SBS) semen pemboran.

Eksperimen ini menggunakan konsentrasi arang cangkang kelapa sawit dengan variasi temperature pemanasan 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, 800°C dan 900°C sebesar 3% *by weight on cement* dengan tambahan nano silika sebesar 0,019%. Setelah suspensi semen selesai dibuat, *free water* ditentukan dengan menggunakan gelas ukur yang diisi oleh suspensi semen sebanyak 250 ml. Mendinginkan selama 2 jam sehingga terjadi air bebas pada bagian atas gelas ukur. Sedangkan untuk *compressive strength* (CS) dan *shear bond strength* (SBS) suspensi semen dituangkan kedalam cetakan dan dikeringkan selama 24 jam dan setelah kering maka sampel akan diuji pembebanan dengan menggunakan alat *hydraulic Press*. Uji pembebanan ini dilakukan sampai sample pecah. Tekanan pada saat sample pecah dicatat sebagai data pembebanan maksimum untuk menentukan *compressive strength* (CS) dan *shear bond strength* (SBS).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *free water*, *compressive strength* dan *shear bond strength* maksimum diperoleh pada saat arang cangkang kelapa sawit dipanaskan pada temperature 700°C. Nilai *free water* yang diperoleh adalah 3.2 ml, *compressive strength* yang diperoleh adalah 1433.01 Psi dan *shearbond strength* 163.45 Psi.

**Kata Kunci:** *Free Water*, *Compressive Strengh*, *Shear Bond Strengh*, Nanocomposite, Cangkang Kelapa Sawit

### **Abstract**

Cement is one of the important parameter in the drilling process. The success of cementing oil and gas wells, among others, if the value of free water, compressive strength (CS) and shear bond strength (SBS) complies with the standards cementing American Petroleum Association (API). The recommended maximum free water by API is 3.5 ml, minimum compressive strength to conduct cementing process is 500 Psi, and the shear bond strength is greater than 100 Psi. Some additives were used to increase the strength of cement. This study was conducted to determine the effect of nano-composite among nano-silica additive and palm-shell charcoal that heated by variety heating temperature to free water, compressive strength and shear bond strength value of drilling cement.

This experiment using palm-shell charcoal concentration with variety of heating temperature; 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, and 900°C in the amount of 3% by weight on cement with addition nano-silica in the amount of 0.019%. After the cement suspension is complete, free water is determined using the measuring cup filled with cement suspension of 250 ml. Silence for 2 hours resulting in the free water at the top of the measuring cup. As for compressive strength (CS) and shear bond strength (SBS), the suspension is poured to the mold and be dried for 24 hours. Then, the sample was ready to use for the experiment using hydraulic press. The load test was conducted till the sample is cracked. The pressure when the sample was crashed as the maximum load data to determine compressive strength (CS) and shear bond strength (SBS).

The result showed the maximum of free water, the maximum compressive strength and shear bond strength values was obtained when the palm-shell charcoal was heated at temperature 700°C. The result for free water is 3.2 ml, compressive strength is 1433.01 Psi and shear bond strength 163.45 Psi.

**Keywords:** *Free Water*, *Compressive Strengh*, *Shear Bond Strengh*, Nanocomposite, Palm Shell Carbon

Corresponding Author e-mail address: [novrianti@eng.uir.ac.id](mailto:novrianti@eng.uir.ac.id)

## PENDAHULUAN

Pada umumnya operasi penyemenan bertujuan untuk melekatkan casing pada dinding lubang sumur, melindungi casing dari masalah-masalah mekanis sewaktu operasi pemboran berlangsung (seperti getaran), melindungi casing dari fluida formasi yang bersifat korosi dan untuk sebagai pemisah antar lapisan formasi di belakang casing (Burgoyne, 1986).

Agar dapat menyokong casing dan rangkaian peralatan yang berada di permukaan lainnya serta menahan tekanan formasi maka nilai *free water*, *compressive strength* dan *shear bond strength* semen yang dihasilkan pada proses penyemenan harus sesuai dengan standard API. Apabila harga *free water* ini terlalu besar melebihi batas air maksimum maka akan terjadi pori-pori pada semen. Ini akan mengakibatkan semen mempunyai permeabilitas besar sehingga dapat menyebabkan kontak fluida antara formasi dengan annulus dan *strength* semen berkurang. *Compressive strength* minimum yang direkomendasikan oleh API untuk dapat melanjutkan operasi pemboran adalah 500 Psi sedangkan *shear bond strength* lebih dari 100 psi. *Compressive strength* didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan tekanan yang berasal dari formasi dan casing atau menahan tekanan pada arah horizontal sedangkan *shear bond strength* didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan berat casing atau menahan tekanan pada arah vertikal.

Dalam beberapa tahun terakhir upaya-upaya besar telah dilakukan untuk meningkatkan kekuatan semen pemboran dengan tambahan material yang bersifat pozzolanik (*additive*) pada semen bersama – sama dengan tambahan bahan kimiawi pada campuran bubuk semen. Salah satu upaya yang dilakukan adalah melakukan penelitian dan percobaan menggunakan partikel *nanosilica* ( $\text{SiO}_2$ ), Oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dan aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) telah banyak digunakan untuk meningkatkan *strength* dan mengurangi *filtration loss* pada saat operasi penyemenan. (V. Ershadi, 2011). Menurut ASTM C618-93 bahan *additive* yang mempunyai komposisi kimia silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ), Oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dan aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) lebih tinggi dari 70% dapat dimanfaatkan sebagai bahan *additive*. *Pozzolan* yang terbentuk dari material seperti aluminium dan silika yang bereaksi dengan kalsium hidroksida ( $\text{CaOH}$ ) dapat membentuk masa padat dengan ikatan yang keras dan tidak dapat larut di dalam air.

Indonesia sebagai negara yang beriklim tropis merupakan negara penghasil kelapa sawit terbesar kedua di dunia. Cangkang kelapa sawit memiliki kadar silika sekitar 92% (Nurhayati et al., 2005). Hal ini mengindikasikan bahwa cangkang kelapa sawit dapat menjadi material *pozzolanik*. Material *pozzolan* dapat bereaksi dan menambah *compressive strength* semen (Nelsson, 1990). Sysca (2015) melakukan penelitian dengan menggunakan karbon cangkang kelapa sawit untuk menentukan kekuatan semen dan menyimpulkan bahwa persentase yang optimum dalam meningkatkan kekuatan semen yaitu 3% *by weight on cement*.

Penelitian dari Patcharin Worathanakul et al. (2009) menyimpulkan bahwa kadar silika dapat ditingkatkan dengan proses pemanasan. Menurut Hawley (1999) proses pemurnian arang terjadi pada temperature 500 °C. Kadar karbon meningkat mencapai 90%. Namun pemanasan diatas temperatur 700°C, hanya menghasilkan gas hidrogen.

Nanosilika (nano- $\text{SiO}_2$ ) adalah silika yang sangat halus dan telah digunakan sebagai campuran semen baik di ladang minyak maupun dalam industri konstruksi dan teknik sipil. Karena sifatnya sangat halus dan material *pozzolanik* reaktivitas tinggi, nanosilika telah digunakan untuk meningkatkan

impermeabilitas suspensi dan sifat mekanik material mengeras. Dengan partikel silika yang sangat halus dalam semen matriks, porositas dan permeabilitas secara signifikan menurun dan *compressive strength* meningkat, tentunya dengan penambahan nanosilika yang tepat kedalam suspensi semen.

Nanosilika merupakan material *pozzolanik* yang sangat efektif, karena terdiri dari partikel-partikel yang sangat halus, sekitar 1000 kali lebih kecil dari rata-rata partikel semen, hal ini memungkinkan nanosilika dapat menjadi *additive* yang sangat baik untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan semen. Penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan *additive* nanosilika dan arang cangkang kelapa sawit yang dipanaskan pada temperature berbeda – beda untuk menentukan pengaruh nanosilika dan arang cangkang kelapa sawit terhadap nilai maksimum *compressive strength* dan *shear bond strength* semen pemboran.

## METODE PENELITIAN

Persiapan peralatan dan bahan pengujian merupakan proses awal yang dilakukan sebelum penelitian dimulai, dilanjutkan dengan pengujian *basic cement slurry* sesuai standard *American Petroleum Institute*, lalu menguji pengaruh penambahan gabungan antara nanosilika dengan *additive* cangkang kelapa sawit yang dipanaskan dengan temperatur pemanasan berbeda - beda terhadap *strength* semen pemboran.

Bahan utama yang disiapkan sebelum melakukan penelitian adalah semen pemboran dengan klasifikasi API kelas G produksi PT. Holcim, nanosilika dan cangkang kelapa sawit sebagai *additive*. Nanosilika (nano-SiO<sub>2</sub>) yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 0.019% yang memiliki karakteristik seperti terlihat pada tabel 1 .

Karbon cangkang kelapa sawit yang digunakan merupakan karbon cangkang kelapa sawit produksi CV. Berkat Jaya dari wilayah Sampit – Kalimantan Tengah sebanyak 3 kilo gram. Karbon cangkang kelapa sawit yang telah ada kemudian dihaluskan menggunakan blender dan disaring menggunakan *sieve analysis* dengan ukuran 200 mesh. *Sieve analysis* yang digunakan adalah alat yang terdapat di Laboratorium Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Komposisi kimia yang terdapat pada karbon cangkang sawit dapat dilihat pada table 2.

**Tabel 1.** Karakteristik *Nano-SiO<sub>2</sub>*

Densitas	2.17-2.66 gr/cm <sup>3</sup>
Melting point	± 1700 °C
Boiling point	2230 °C
Warna	Putih
Ukuran Partikel	10-20 nanometer
Bulk Density	0.011 gr/ml

**Tabel 2.** Komposisi Kimia Karbon Cangkang Kelapa Sawit

Senyawa Kimia	Persentase (%)
MgO	4.9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.2
SiO <sub>2</sub>	30.1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	19.6

SO <sub>3</sub>	3.28
K <sub>2</sub> O	17.5
CaO	14.6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.08
CuO	0.388
ZnO	2.30

Cangkang kelapa sawit yang sudah disaring dipanaskan pada temperatur pemanasan yang berbeda – beda yaitu 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, 800°C dan 900°C dengan menggunakan *oven furnace*. Pembuatan suspensi semen dilakukan dengan cara mencampurkan semen, air, bentonite, CaCl<sub>2</sub>, 0,019% nanosilica dan 3% by weight on cement karbon cangkang kelapa sawit dengan temperatur pemanasan yang berbeda – beda yaitu 500°C, 600°C, 700°C, 800°C dan 900°C. Suspensi semen dibuat dengan cara memasukkan air terlebih dahulu ke dalam *cement mixer*. Menyalakan *mixer* dengan kecepatan rendah (4000 ± 200 rpm) lalu memasukkan semen, *additive* dan cangkang kelapa sawit, melanjutkan pengadukan dengan kecepatan tinggi (1200 ± 500 rpm) selama 10-15 menit. Terdapat 6 sample yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang terdapat pada tabel 3.

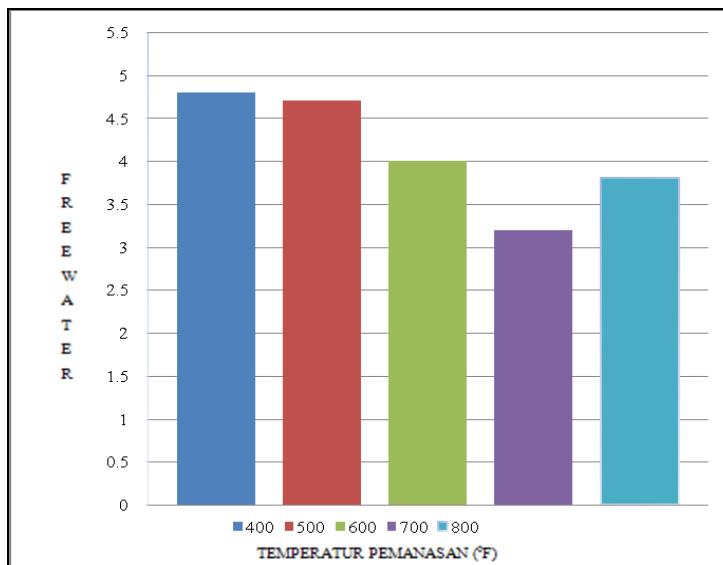
Pengujian *free water* suspensi semen menggunakan gelas ukur, kemudian mengisi gelas ukur tersebut dengan suspensi semen sebanyak 250 ml. Mendinginkan selama 2 jam sehingga terjadi air bebas pada bagian atas gelas ukur. Setelah 2 jam catat berapa volume air bebas yang dihasilkan sebagai *freewater*. Untuk pengujian *compressive strength* dan *shearbond strength* suspensi dituangkan kedalam cetakan cetakan kubik dan cetakan silinder yang kemudian akan digunakan untuk pengujian *compressive strength* dan *shearbond strength*. Tutup cetakan sampel dengan aluminium *foil* dan kemudian dengan plastik hingga rapat lalu rendam dalam *water bath temperature controller* pada temperatur 140°F. Diamkan selama 24 jam, setelah 24 jam sampel diangkat dari *water bath temperature controller* kemudian buka sampel dari cetakan kubik dan silinder. Selanjutnya akan diuji pembebanan dengan menggunakan alat *hydraulic press*. Uji pembebanan ini dilakukan sampai sample pecah. Tekanan pada saat sample pecah itu dicatat sebagai data pembebanan maksimum untuk menentukan *compressive strength* dan *shear bond strength*.

**Tabel 3.** Komposisi Sampel Semen

Nama Sample	Temperatur Pemanasan (°C)
S1	SD + 0,019% Nano-SiO <sub>2</sub> + Cangkang Kelapa Sawit 400°C
S2	SD + 0,019% Nano-SiO <sub>2</sub> + Cangkang Kelapa Sawit 500°C
S3	SD + 0,019% Nano-SiO <sub>2</sub> + Cangkang Kelapa Sawit 600°C
S4	SD + 0,019% Nano-SiO <sub>2</sub> + Cangkang Kelapa Sawit 700°C
S5	SD + 0,019% Nano-SiO <sub>2</sub> + Cangkang Kelapa Sawit 800°C
S6	SD + 0,019% Nano-SiO <sub>2</sub> + Cangkang Kelapa Sawit 800°C

## HASIL DAN PEMBAHASAN

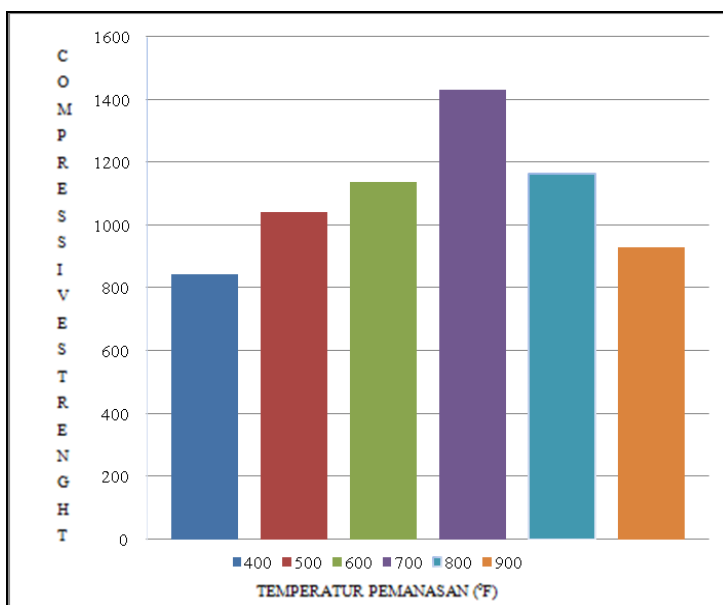
Pengaruh campuran 0,019% nanosilica dengan cangkang kelapa sawit temperatur pemanasan 500°C, 600°C, 700°C, 800°C dan 900°C terhadap *free water* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Free Water

Berdasarkan gambar 1 terlihat bahwa nilai *free water* yang sesuai dengan *American Petroleum Association* (API) adalah sampel 4 yang merupakan campuran antara 0,019% nanosilika dengan cangkang kelapa sawit temperature 700°C. Nilai Free Water untuk arang cangkang sawit dengan temperature pemanasan 700°C adalah 3.2 ml.

Gambar 2 menunjukkan pengaruh campuran 0,019% nanosilika dengan cangkang kelapa sawit temperature pemanasan 500°C, 600°C, 700°C, 800°C dan 900°C terhadap nilai *compressive strenght*



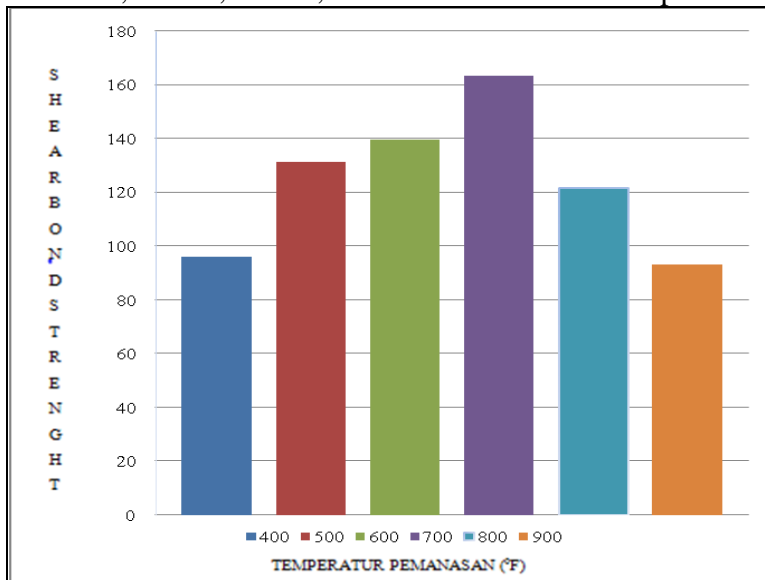
Gambar 2. Compressive Strenght

Gambar di atas menunjukkan adanya peningkatan *compressive strenght* semen dengan menambahkan nano silika dan *additive* cangkang kelapa sawit dengan variasi temperatur pemanasan cangkang kelapa sawit. Semen yang ditambahkan nanosilika dan *additive* cangkang kelapa sawit dengan temperatur 400°C sampai 700°C mengalami peningkatan *strenght* semen setiap kenaikan temperatur pemanasan.

Nilai *compressive strength* pada 400°C sebesar 844,12 Psi, *compressive strength* pada 500°C sebesar 1041,3 Psi, *compressive strength* pada 600°C sebesar 1139,01 Psi dan *compressive strength* pada 700°C sebesar 1433,01 Psi. Pada temperatur pemanasan 800°C dan 900°C, terjadi penurunan nilai *compressive strength* semen pemboran. Nilai *compressive strength* pada 800°C sebesar 1165.71 Psi dan *compressive strength* pada 900°C sebesar 930,11 Psi.

Additive cangkang kelapa sawit yang dipanaskan dengan temperatur pemanasan 500°C, mengalami proses pembentukan arang murni, sehingga kadar karbon aktif yang ada di dalam arang cangkang kelapa sawit meningkat 90 %. Meningkatnya karbon aktif yang ada dalam cangkang kelapa sawit, menyebabkan daya ikat karbon terhadap semen semakin besar dan meningkatkan nilai *strength* semen. Tetapi setelah melewati temperatur optimum pemanasan arang cangkang kelapa sawit nilai *compressive strength* semen mengalami penurunan, karena temperatur pemanasan di atas 700°C kandungan karbon aktif yang ada di dalam cangkang kelapa sawit mulai berkurang karena adanya gas hydrogen.

Gambar 3 menunjukkan pengaruh campuran 0,019% nanosilika dengan cangkang kelapa sawit temperature pemanasan 500°C, 600°C, 700°C, 800°C dan 900°C terhadap nilai *shear bond strenght* .



Gambar 3. *Shear Bond Strenght*

Gambar 3 menunjukkan adanya pengaruh nano silika dan cangkang kelapa sawit terhadap peningkatan *shear bond strength* semen pemboran. Semen yang ditambahkan additif cangkang kelapa sawit dan 0,019% nano silika dengan temperatur 400°C-700°C mengalami peningkatan *shear bond strength* sedangkan pada temperatur pemanasan 800°C dan 900°C, terjadi penurunan nilai *strength* semen. Hal ini menunjukkan bahwa temperature pemanasan 700°C merupakan temperature optimum untuk meningkatkan nilai *shear bond strength*. Nilai *shear bond strength* pada temperatur pemanasan cangkang kelapa sawit 400°C adalah 96,28 Psi, Nilai *shear bond strength* pada tempearur pemanasan 500°C adalah 131,35 Psi, Nilai *shear bond strength* pada tempearur pemanasan 600°C adalah 139,74 Psi, Nilai *shear bond strength* pada tempearur pemanasan 700°C adalah 163,45 Psi. Nilai *shear bond strength* pada temperature pemanasan 800°C dan 900°C mengalami penurunan dimana nilai *shear bond strength* pada temperature pemanasan adalah 121,81 Psi dan *shear bond strength* pada temperature pemanasan 900°C adalah 93,23 Psi.

**KESIMPULAN**

1. Nilai *free water* optimum yang diperoleh dengan penambahan *additive* 0,019% nanosilika dan cangkang kelapa sawit dengan variasi temperature pemanasan adalah 3.2 ml pada temperatur 700°.
2. Nilai *compressive strength* optimum yang diperoleh dengan penambahan *additive* 0,019% nanosilika dan cangkang kelapa sawit dengan variasi temperature pemanasan adalah 1433,01 Psi pada temperatur 700°.
3. Nilai *shear bond strength* optimum yang diperoleh dengan menambahkan *additive* 0,019% nanosilika dan cangkang kelapa sawit dengan variasi temperature pemanasan adalah sebesar sebesar 163,45 Psi pada temperature 700°C

**DAFTAR PUSTAKA**

- American Petroleum Institute. (2002). API Specification 10A. Specification for well cements and Materials for Well Cementing Twenty-Third Edition. Washington, D.C., USA.
- Buntoro, Aris and Rubiandini, Rudi. (2001). The Effect Of Neat Magnesium Oxide (MgO) As Expanding Additive With Burning Temperature 1200 °C And 1300 °C On Cement Shear Bond Strength At High Pressure And Temperature. *Proceeding of The 5thInaga Annual Scientific Conference And Exhibition*. Yogyakarta
- Burgoyne, Adam T. Jr. (1986). *Applied Drilling Engineering*. SPE, USA, 1986. 85-103
- Ershadi, V., et al. "The effect of nanosilica on cement matrix permeability in oil well to decrease the pollution of receptive environment." *Int. J. Environ. Sci. Develop* 2 (2011): 128-132.
- Hawley. (1999). The effect of heating on the manufacture of activated charcoal.
- Nelson, E. B. (Ed.). (1990). *Well cementing*. Newnes.
- Nurhayati, Tjutju., Desviana and Sofyan, Kurnia. (2005). Oil-Palm Shell as the Alternative Raw Material for the Integrated Production of Charcoal with Pyroligneous Acid / Liquid.
- Pranadipa, Imam. (2010). Utilization of Oil Palm Shell Charcoal As An Extender In Oil Well Cement : 34th Annual Convention And Exhibition, Indonesian Petroleum Association.
- Ali, Sysca Putri. (2015). Studi Laboratorium penggunaan additive komposit nanosilika dan cangkang kelapa sawit untuk meningkatkan strength semen pemboran. Tugas Akhir. Universitas Islam Riau.
- Siregar, Efrando. (2012). Studi Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi Dan Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Light Weight Additive Untuk Meningkatkan Strength Semen Pemboran. Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Subiyanto, Bambang., Basri, Hasan., Sari, Linda N., Triastuti, Rosalita, Yetvi. (2007). *Komponen Kimia Cangkang Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis)*. LIPI, Cibinong.
- Worathanakul, Patcharin., Payubnop, Wisaroot and Muangpet, Akhapon. (2009). Characterization for Post-treatment Effect of Bagasse Ash for Silica Extraction. World Academy of Science, Engineering and Technology.