

Karakterisasi Porositas Batuan *Shalegas* Terhadap Nilai Kapasitansi Dengan Menggunakan Sensor Kapasitansi

Sammi Rizki Taufik, Arif Surtono & Mahfudz Al-Huda

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung
Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung
E-mail: sammirizki@gmail.com

Diterima (18 Januari 2016), direvisi (23 Januari 2016)

Abstract. *Rock characterization researches have been conducted using capacitance-based sensors. Rock samples used were shalegas and sandstone rocks. This research was conducted to determine the relationship of the electrical properties of the rock porosity major influence on capacitance measurements. The data collection process into two experimental testing and simulation. Rock capacitance measurements using two tools namely CV-converter circuit and capacito meters. CV-converter circuit functions to determine the frequency response of the rocks and capacito capacitance meter to determine the relationship of large rock porosity with the measured capacitance value. Results of this research, the capacitance sensor capable of measuring differences in capacitance at each rock sample with the characteristics (porosity) of different rocks. CV series of measurement results obtained by frequency-converter maximum capacitance at low frequencies between 500kHz-1MHz and from the result of measurement of porosity capacito meter great relationship with the capacitance is inversely proportional to rock sandstone but the sample is directly proportional shalegas.*

Keywords: *Capacitance, dielectric, porosity, shalegas*

Abstrak. Telah dilakukan penelitian karakterisasi batuan dengan menggunakan sensor berbasis kapasitansi dengan sampel batuan *shalegas* dan *sandstone*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan sifat listrik batuan dari pengaruh besar porositas terhadap pengukuran kapasitansi. Proses pengambilan data dilakukan menjadi dua pengujian secara eksperimen dan simulasi. Pengukuran kapasitansi batuan menggunakan dua alat, yaitu rangkaian *CV-converter* dan *capacito meter*. Fungsi rangkaian *CV-converter* untuk mengetahui respon frekuensi terhadap kapasitansi batuan dan *capacito meter* untuk mengetahui hubungan besar porositas batuan dengan nilai kapasitansi terukur. Hasil penelitian ini menunjukkan sensor kapasitansi mampu mengukur perbedaan kapasitansi pada setiap sampel batuan dengan karakteristik (porositas) batuan yang berbeda. Dari hasil pengukuran rangkaian *CV-converter* diperoleh frekuensi kapasitansi maksimal pada frekuensi rendah antara 500kHz–1MHz dan dari hasil pengukuran *capacito meter* hubungan besar porositas dengan kapasitansi berbanding terbalik untuk batuan *sandstone* namun pada sampel *shalegas* berbanding lurus.

Kata kunci : Dielektrik, kapasitansi, porositas, *shalegas*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara berkembang yang membutuhkan energi dengan jumlah yang besar. Pada kenyataannya, total cadangan energi yang dihasilkan dari cara konvensional telah

mengalami penurunan dengan cepat, terutama produksi bahan bakar minyak bumi. Oleh karena itu, dilakukan serangkaian penelitian dan eksplorasi untuk menemukan sumber energi alternatif seperti potensi energi non-konvensional. Sampai saat ini, energi non-konvensional yang sudah mulai dieksploitasi adalah Gas

Metana Batubara (GMB) dan *shalegas* (Sunarjanto, 2012).

Shalegas merupakan harapan baru untuk memecahkan permasalahan kebutuhan energi di Indonesia. Di Indonesia cadangan energi dari *shalegas* sebesar 570 Triliun Kaki Kubik (TCF) (Ditjend MIGAS, 2012), lebih besar dari gas konvensional. Berdasarkan potensinya, Indonesia bisa meniru keberhasilan Amerika Serikat. *Shalegas* berbeda dengan sumber energi konvensional pada umumnya, *shalegas* termasuk sumber daya non-konvensional berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 5 Tahun 2012. Pengolahan *shalegas* jauh lebih rumit dibandingkan dengan sumber daya konvensional. Untuk mengeluarkannya tidak cukup dengan pengeboran biasa, tetapi harus menggunakan teknologi tambahan untuk memecahkan batuan serpih. Batuan ini akan menjadi acuan untuk mengetahui formasi cekungan di dalam perut bumi, salah satu faktor penentu formasi cekungan yang baik di eksplorasi secara komersial adalah tingkat porositas batuan *shalegas* yang lebih dari 20% (Sunarjanto, 2012). Porositas menggambarkan rongga kosong pada bahan (Vlack, 2002).

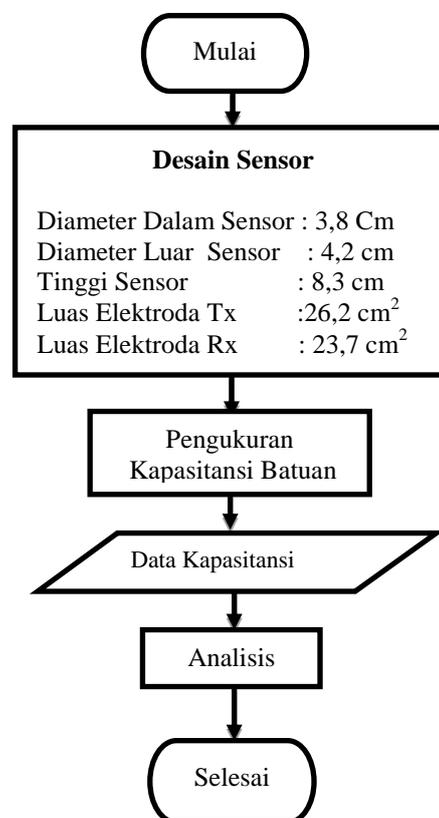
Marzoug et all melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh distribusi dielektrik terhadap kadar air dan porositas batuan *shalegas*. Ternyata, kadar air dan porositas batuan mempengaruhi konstanta dielektrik.

Secara umum analisa besar porositas dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat ukur porosi meter dengan cara membandingkan volume *bulk* dengan volume pori atau menggunakan teknik tomografi konvensional *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR) dan micro-CT, namun metode ini membutuhkan kemampuan khusus dan alat yang cukup mahal. Batuan merupakan material campuran yang tersusun dari beberapa mineral (material batu) dan memiliki porositas. Batuan *shalegas* juga terdiri dari campuran dua fase antara mineral (material

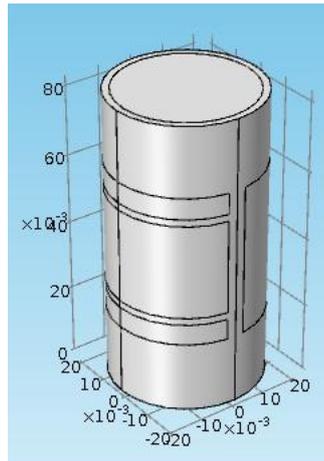
batu) dan pori (ruang udara) yang memiliki distribusi dielektrik (permitivitas) berbeda-beda sehingga dapat mempengaruhi sifat listrik batuan. Pori adalah ruang kosong yang berisi udara yang memiliki permitivitas relatif kecil sekitar 1,001-1,1 dan mineral batuan *shalegas* memiliki permitivitas relatif sebesar 10-15. Dengan mengembangkan sensor kapasitansi yang dapat menganalisa dan mengukur besar porositas akan lebih mudah dan cepat untuk menentukan kualitas batuan.

METODE PENELITIAN

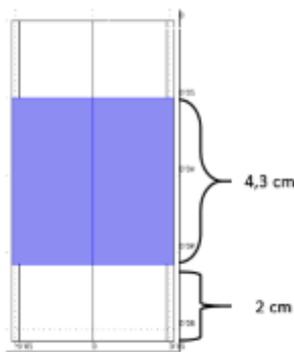
Penelitian ini secara umum terdiri dari dua metode, yaitu metode simulasi dan metode eksperimen. Diagram alir eksperimen ditunjukkan pada **Gambar 1**. Perancangan desain sensor merupakan proses pembuatan desain sensor dengan menggunakan bantuan *software COMSOL Multiphysic*. Desain sensor seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 1. Diagram alir Eksperimen

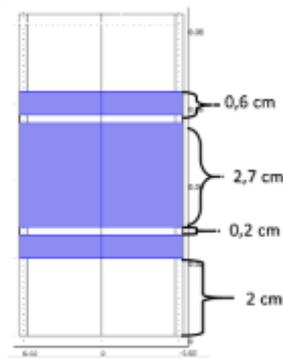


(a)



Elektroda TX

(b)

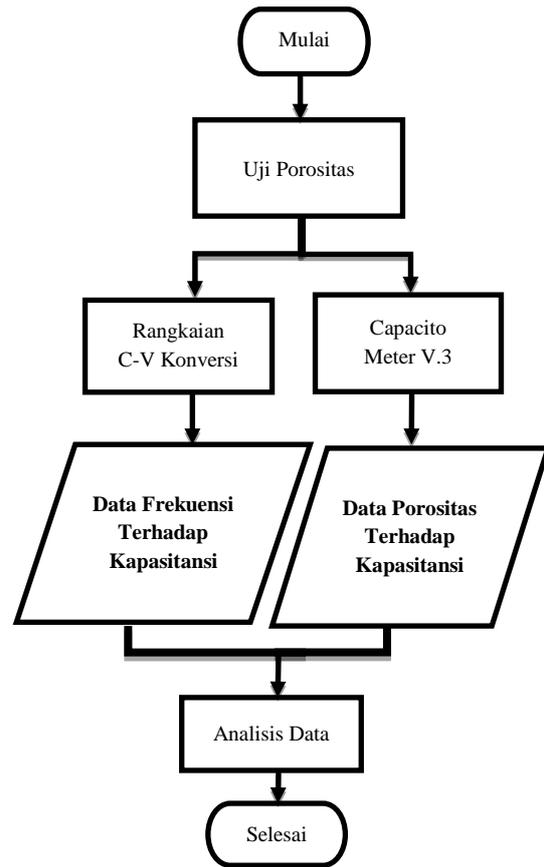


Elektroda RX

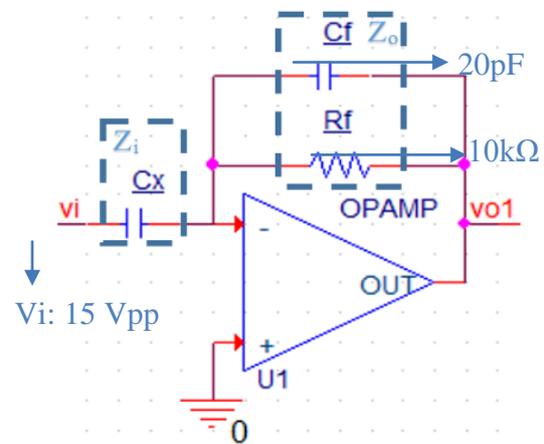
(c)

Gambar 2. Desain sensor *Electrical Capacitance Volume Tomography* (ECVT) (a) Tampilan sensor 3D (b) Desain Elektroda Tx (c) Desain Elektroda Rx

Pengukuran kapasitansi menggunakan dua perangkat yaitu rangkaian *CV-converter* dan *capacito meter*.



Gambar 3. Diagram Alir Pengukuran Kapasitansi



Gambar 4. Rangkaian *CV-converter*

Sebelum digunakan sampel batuan telah diuji dengan menggunakan *porosimetri* sehingga persentase porositas batuan diketahui. Diagram alir pengukuran kapasitansi ditunjukkan pada **Gambar 3**.

Rangkaian *CV-converter* terdiri dari komponen IC AD827, resistor, dan kapasitor. Rangkaian dapat dilihat pada **Gambar 4**. Dengan tegangan *input* V_i

Sammi dkk : Karakterisasi Porositas Batuan Shalegas Terhadap Nilai Kapasitansi Dengan Menggunakan Sensor Kapasitansi

sensor berasal dari *signal generator* dan osiloskop untuk membaca tegangan *input* sensor dan tegangan output rangkaian *CV-converter*.

Op-Amp dengan umpan balik *capacitor feedback* (C_f) dan *resistor feedback* (R_f) akan mengubah masukan *Alternating Current* (AC) ini tetap menjadi tegangan *Alternating Current* (AC). Dengan hal tersebut rangkaian pengukuran kapasitansi berbasis AC ini akan menghasilkan sinyal AC yang sebandung dengan nilai kapasitansi yang diukur C_x (Yang,1995).

Pada rangkaian *CV-converter* (**Gambar 4**) menggunakan prinsip *inverting amplifier*. Dengan reaktansi kapasitif (X_{C_x}) pada *input*, dan paralel dari reaktansi kapasitif (X_{C_f}) dan resistensi pada umpan balik (R_f). Hubungan tegangan masuk (v_i) dengan tegangan keluaran (v_o) adalah sebagai berikut

$$\frac{v_o}{v_i} = -\frac{Z_o}{Z_i} \dots\dots\dots(1)$$

dimana $Z_o = \frac{X_{C_f}R_f}{R_f+X_{C_f}}$ dan $Z_i = X_{C_x}$.

Dengan nilai Z_o dan Z_i **Persamaan 1** akan menjadi.

$$\frac{v_o}{v_i} = -\frac{\left(\frac{X_{C_f}R_f}{R_f+X_{C_f}}\right)}{X_{C_x}} \dots\dots\dots(2)$$

Jika persamaan reaktansi kapasitif dapat diubah dengan menggunakan persamaan berikut.

$$X_{C_x} = \frac{1}{j\omega C_x} \dots\dots\dots(3)$$

$$X_{C_f} = \frac{1}{j\omega C_f} \dots\dots\dots(4)$$

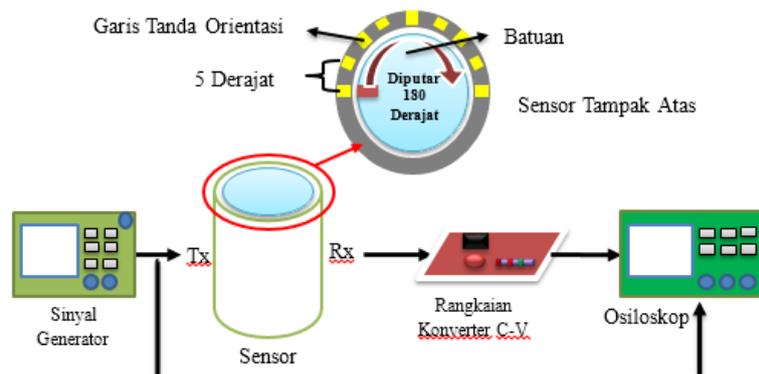
maka **Persamaan 2** dapat disederhanakan seperti diperlihatkan pada **Persamaan 5**.

$$v_o = -\left(\frac{C_x}{C_f}\right)v_i \dots\dots\dots(5)$$

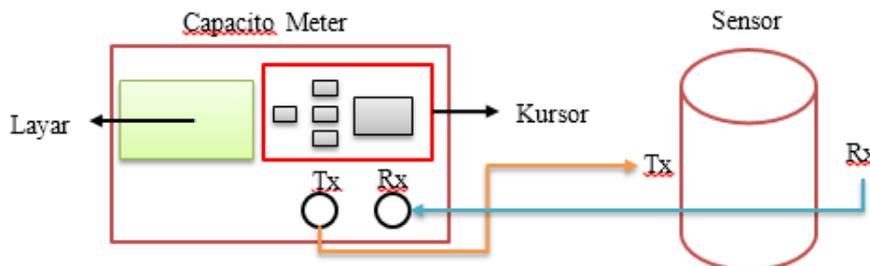
atau

$$C_x = -\left(\frac{v_o}{v_i}\right)C_f \dots\dots\dots(6)$$

Capacito meter adalah perangkat akusisi data yang digunakan untuk mengolah data pengukuran. *capacito meter* memiliki spesifikasi frekuensi 2,5 MHz dan tegangan *input* 9 Vpp.



Gambar 5. Sketsa eksperimen menggunakan rangkaian *CV-converter*



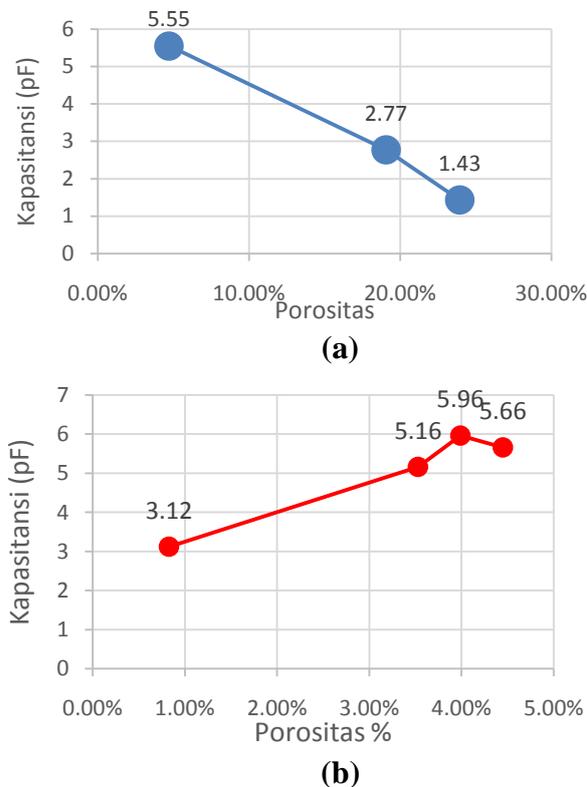
Gambar 6. Sketsa eksperimen menggunakan *capacito meter*

Fungsi alat ini untuk mengukur kapasitansi material (Edwar Tech, 2015). Pada **Gambar 6** menunjukkan ilustrasi percobaan dengan menggunakan alat ukur *capacito meter*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peningkatan porositas yang semakin besar menyebabkan penurunan nilai kapasitansi. Hal ini dikarenakan pori adalah sebuah lubang yang berisi udara dengan konstanta lebih kecil dari konstanta dielektrik batuan maka jumlah pori akan mempengaruhi kapasitansi batuan.

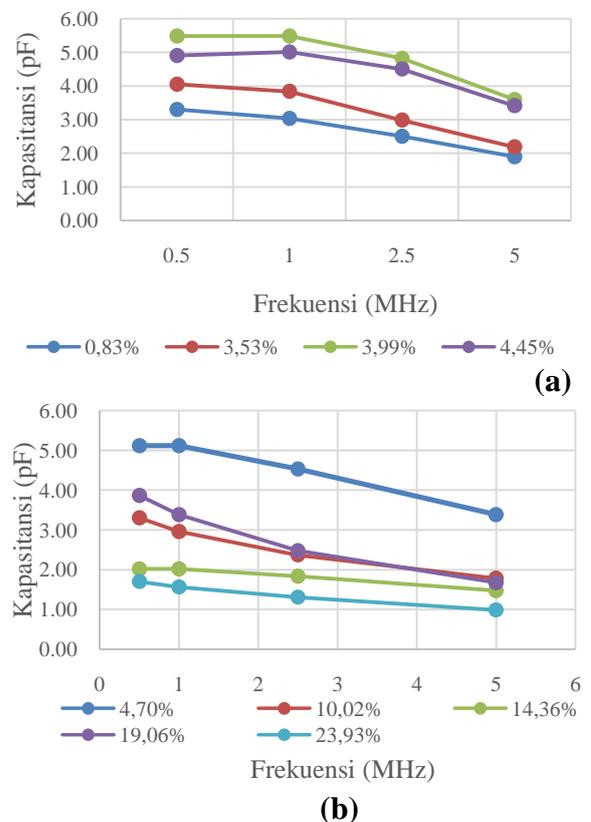
Pada **Gambar 8** menunjukkan hubungan porositas dengan kapasitansi pada batuan *sandstone* dan batuan *shalegas*. Nilai kapasitansi pada batuan *shalegas* dan *sandstone* mengalami perbedaan.



Gambar 8. Grafik pengaruh porositas terhadap kapasitansi (a)*Sandstone* (b) *shalegas*

Nilai kapasitansi mengalami perubahan dengan bertambahnya besar porositas. Pada batuan *sandstone* besar porositas berbanding terbalik dengan nilai kapasitansi batuan sedangkan pada batuan *shalegas* besar porositas berbanding lurus dengan nilai kapasitansi.

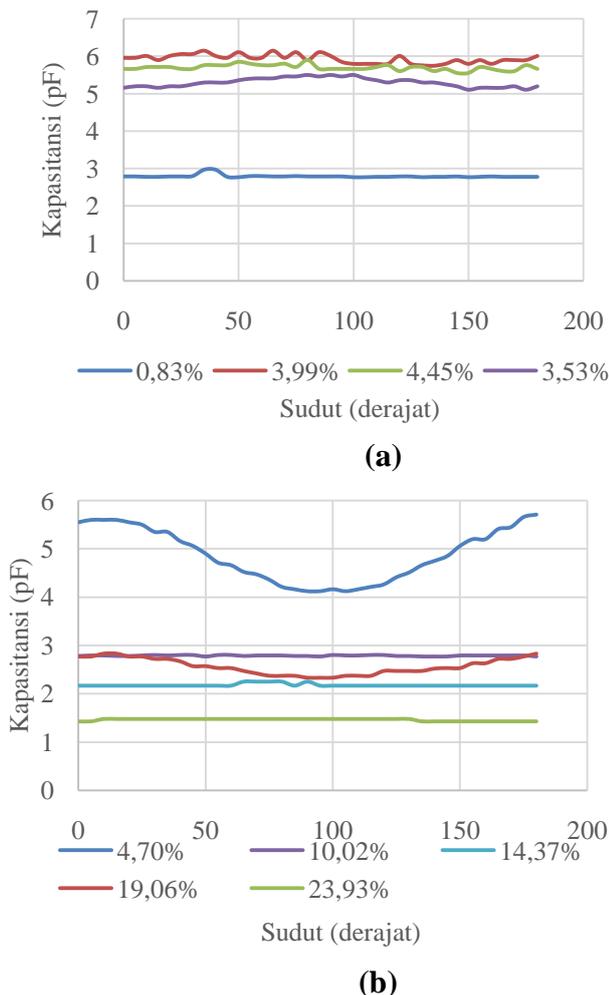
Pengaruh frekuensi terhadap kapasitansi batuan ditunjukkan pada **Gambar 9**. **Gambar 9** menunjukkan nilai kapasitansi mengalami penurunan dengan bertambahnya frekuensi.



Gambar 9. Grafik hubungan frekuensi terhadap kapasitansi (a) *Shalegas* (b) *Sandstone*

Respon kapasitansi terhadap frekuensi bergantung pada mekanisme polarisasi (Smallman, 2000). Jika frekuensi dinaikkan mekanisme polarisasi pada muatan lebih sedikit, sehingga kemampuan bahan dielektrik untuk menyimpan akan berkurang (Stilman,2008).

Sammi dkk : Karakterisasi Porositas Batuan Shalegas Terhadap Nilai Kapasitansi Dengan Menggunakan Sensor Kapasitansi



Gambar 10. Grafik Hubungan Perubahan Sudut Batuan Terhadap Kapasitansi (a) Batuan Shalegas (b) Batuan Sandstone

Gambar 10 merupakan hasil pengukuran kapasitansi batuan setelah dilakukan perputaran sampel di dalam sensor dari sudut 0° sampai 180°. Pada **Gambar 10** menunjukkan bahwa sampel batuan sebagian besar adalah isotropik, yaitu sifat di mana meratanya material pada setiap daerah batuan.

Pada sampel dengan porositas 23,93% (1 H) mengalami perubahan kapasitansi yang signifikan jika dibandingkan dengan sampel yang lain. Perbedaan ini dikarenakan ada bahan dominan yang memiliki sifat dielektrik

yang kuat pada salah satu daerah batuan saja pada sampel 1 H maka sampel tersebut bisa disebut anisotropik.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan sensor kapasitansi mampu mengukur perbedaan kapasitansi pada setiap sampel batuan dengan karakteristik porositas batuan yang berbeda. Pada batuan shalegas hubungan porositas berbanding lurus dengan nilai kapasitansi batuan. Sementara pada batuan sandstone hubungan porositas berbanding terbalik dengan nilai kapasitansi batuan. Frekuensi pengukuran optimal kapasitansi batuan shalegas dan sandstone pada frekuensi 500kHz-1MHz karena pada frekuensi ini nilai kapasitansi yang terukur adalah maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Directorate General of Oil and Gas.2012.*Indonesia'a Unconventional Oil & Gas : Policies,Regulation and Opportunities on Upstream Oil & Gas Business Development*, www.migas.esdm.go.id.

Marzoug, A., AlGhamdi, T., Sassi, K.H., Badri, M. 2013. Advanced Characterization Of Shale Gas Rocks Using Dual Range FTIR And Dielectric Dispersion. *The International Symposium of Society of Core Analysts*, California,USA. Publish Saudi Aramco and Scumberger Dhahran Reserach Center, SCA 2013-042.

- Smallman R.E, dan Bishop, R.J. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material Edisi Keenam*. Erlangga. Jakarta.
- Stilman, David *and* Olhoeft, Gary.2008. Frequency and Temperature Dependence in Electromagnetic Properties of Martian Analog Minerals.*Journal of Geophysical Research Planet*.
- Sunarjanto, Djoko dkk.2012. Ekspolarisasi dan Pengembangan Migas Non-Konvensional Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak Ldan Gas Bumi Lemigas. Jakarta.
- Vlack, V.1992.*Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan non-Logam), Edisi kelima. Alih Bahasa Sriati Djaprie*. Jakarta: Erlangga.
- Yang, W Q. 1995.Hardware Design of Electrical Capacitance Tomography System. *IOP Publishing. Meas. Technol*.

Sammi dkk : Karakterisasi Porositas Batuan Shalegas Terhadap Nilai Kapasitansi Dengan Menggunakan Sensor Kapasitansi