

Karakterisasi Berbagai Jenis Batu Bara Menggunakan Teknik Kapasitansi

Desiani^{1,a}, Didied Haryono^{1,b}, Mahfudz Al Huda², Warsito P. Taruno²,

Marlin R. Baidillah² and Irwin Maulana²

¹Department of Metallurgical Engineering, University of Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Indonesia

¹Center for Tomography Research, CTECH Laboratories, Tangerang, Indonesia

[1,a anidesi.da@gmail.com](mailto:anidesi.da@gmail.com), [1,b didied_har@yahoo.com](mailto:didied_har@yahoo.com)

Abstrak

Setiap jenis batu bara memiliki komposisi dan sifat yang berbeda, yang digunakan untuk menentukan peringkat dan kualitas batu bara. Salah satu metode baru untuk menentukan peringkat batu bara adalah dengan pengukuran kapasitansi. Penelitian ini bertujuan untuk mengarakterisasi berbagai jenis batu bara berdasarkan metode pengukuran kapasitansi, sehingga diketahui faktor yang paling berpengaruh terhadap sifat dielektrik batu bara. Sampel yang digunakan berupa batu bara jenis *lignite*, *subbituminous*, *bituminous*, dan *anthracite* yang telah dilakukan preparasi dan sampel dipisahkan dalam fraksi ukuran -10+18#, -18+40#, -40+60#, -60+80#, dan -80#. Sampel tersebut telah dilakukan pengujian analisis proksimat untuk mengetahui kandungan *moisture*, *volatile matter*, *ash*, dan *fixed carbon*. Pengukuran nilai kapasitansi dilakukan menggunakan DAS 2-channel pada frekuensi 2,5 MHz dan LCR meter dengan variasi frekuensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kapasitansi dari tiap jenis batu bara berbeda-beda. Nilai konstanta dielektrik diperoleh dari perhitungan nilai kapasitansi sehingga didapatkan nilai konstanta dielektrik *lignite*, *subbituminous*, *bituminous*, dan *anthracite*. Hasil yang berbeda dipengaruhi oleh kandungan *moisture* pada batu bara. Semakin tinggi peringkat batu bara maka semakin kecil konstanta dielektriknya karena kandungan *moisture* dalam batu bara yang semakin kecil sesuai kenaikan peringkat batu bara. Untuk ukuran fraksi batu bara tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai kapasitansi batu bara. Pengukuran kapasitansi maksimal diukur pada frekuensi 2,59 – 3,2 MHz.

Keywords: batu bara, karakterisasi batu bara, pengukuran kapasitansi, konstanta dielektrik.

PENDAHULUAN

Batu bara adalah bahan bakar hidrokarbon padat yang terbentuk dari tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen yang dipengaruhi oleh panas dan tekanan yang berlangsung lama di alam dengan komposisi yang kompleks [1]. Dalam dunia industri yang berkaitan dengan proses pembakaran dan batu bara peleburan, masalah utama adalah untuk mengevaluasi sifat batu bara sebelum menggunakannya. Hingga saat ini di banyak pembangkit listrik, metode analisa kimia yang digunakan untuk mendapatkan informasi tentang semua parameter (analisa proksimat, analisa ultimat, dan nilai kalor) sangat memakan waktu dan membutuhkan banyak keterampilan teknis yang memiliki pengetahuan rinci tentang pengujian kimia batu bara [2]. Jadi, dibutuhkan suatu metode analisa yang efisien untuk menentukan kualitas batu bara, memiliki akurasi yang baik dan tidak memerlukan proses yang panjang. Metode pengukuran kapasitansi dapat digunakan sebagai metode alternatif untuk menentukan kualitas batu bara secara langsung. Analisa ini diharapkan dapat segera melihat perbedaan dalam jenis batu bara dengan melihat kapasitansi sinyal batu bara. Nilai kapasitansi diperoleh karena batu bara adalah bahan dielektrik yang memiliki konstanta dielektrik.

Konstanta dielektrik adalah ukuran dari polarisabilitas elektrostatik [3] dan jumlah listrik yang dapat disimpan dalam batu bara [4]. Konstanta dielektrik sangat tergantung pada kualitas batu bara. Nilai konstanta dielektrik batu bara meningkat dengan meningkatnya kadar air (*moisture*) batu bara [5]. Selain

kandungan *moisture*, konstanta dielektrik batu bara juga dipengaruhi komposisi mineral, suhu, dan frekuensi [6], dan massa jenis [7].

Jurnal ini membahas studi pendahuluan tentang batu bara untuk mengamati hubungan antara konstanta dielektrik dan hasil analisa proksimat (*moisture content*, *ash*, *volatile matter*, dan *fixed carbon*) menggunakan pengukuran kapasitansi dari DAS-2channel. Untuk mendapatkan fungsi frekuensi untuk berbagai batu bara menggunakan pengukuran kapasitansi dari LCR meter.

METODE

1. Preparasi.

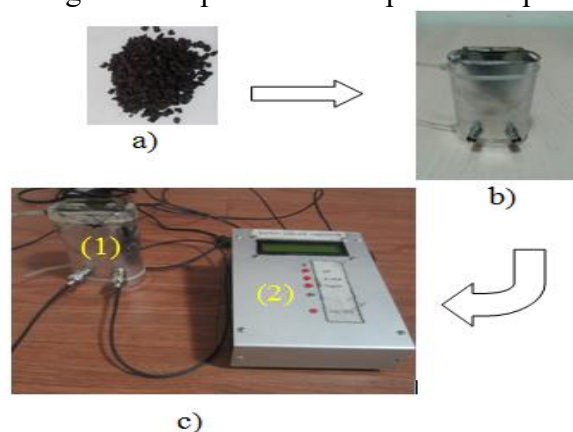
Sampel batu bara yang digunakan yaitu *lignite*, *sub-bituminous*, *bituminous*, dan *anthracite*. Sampel dipreparasi untuk mereduksi ukuran batu bara menggunakan *Ball Mill*, dan dipisahkan sesuai dengan fraksi ukuran dengan menggunakan *Vibrating Screen*. Setiap jenis batu bara yang digunakan dipisahkan sesuai fraksi ukuran yang berbeda, yaitu -10+18#, 18+40#, -40+60#, -60+80# dan -80#. Setiap jenis batu bara ini dilakukan pengujian proksimat dengan standar ASTM D-3173 untuk menghitung *moisture content*, ASTM D-3174 untuk menghitung *ash content*, ASTM D-3175 untuk menghitung *volatile matter*, dan ASTM D-5142 untuk menghitung *fixed carbon*. Hasil analisa proksimat sampel batu bara dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisa proksimat sampel batu bara

Sample	Moisture	Ash	Volatile Matter	Fixed Carbon
<i>Lignite</i>	15,35	4,95	43,13	36,57
<i>Subbituminous</i>	6,67	10,93	44,83	37,57
<i>Bituminous</i>	1,44	8,71	21,93	67,92
<i>Anthracite</i>	2,09	8,43	26,77	62,71

2. Eksperimen.

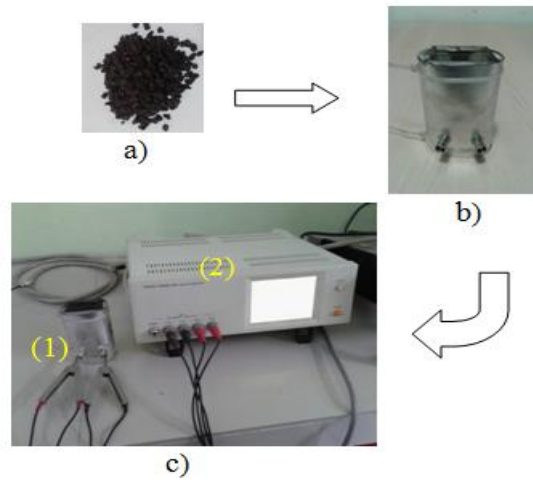
Pengukuran kapasitansi dengan menggunakan DAS 2-channel. Konstanta dielektrik diperoleh dari pengukuran kapasitansi untuk setiap sampel batu bara yang dimasukkan pada sensor kapasitif dan dihubungkan dengan DAS 2-channel. Eksperimen ini dilakukan pada frekuensi 2.5 MHz dan temperatur antara 25-26 °C. Rangkaian eksperimen ini dapat dilihat pada Gambar 1.



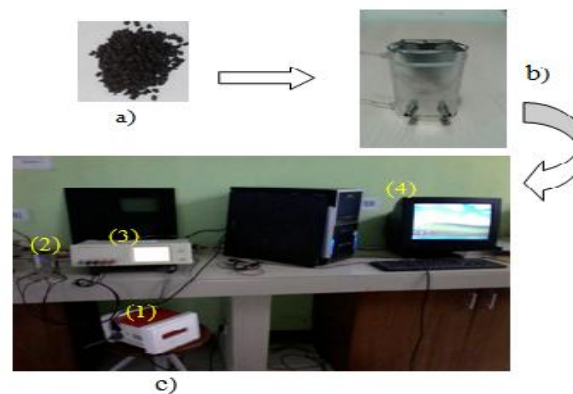
Gambar 1. Prosedur percobaan pengukuran kapasitansi dengan DAS 2-channel; a) sampel batu bara, b) sensor, c) sistem pengukuran kapasitansi, berupa (1) sensor dan (2) DAS 2-channel.

Pengukuran menggunakan LCR meter dilakukan untuk mengukur kapasitansi batu bara dengan variasi frekuensi. Pengukuran kapasitansi dengan LCR meter dilakukan dengan dua cara, yaitu secara manual dan otomatis. Pengukuran kapasitansi dengan alat LCR meter secara manual, yaitu mengukur nilai kapasitansi dari berbagai batu bara dengan frekuensi yang berbeda-beda di titik-titik tertentu. Sedangkan pengukuran kapasitansi dengan alat LCR meter secara otomatis, yaitu mengukur nilai

kapasitansi dari berbagai batu bara di 40 titik dengan rentang frekuensi 1 kHz sampai 5 MHz. Rangkaian pengukuran kapasitansi menggunakan LCR meter secara manual dapat dilihat pada Gambar 2, sedangkan yang secara otomatis dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Prosedur percobaan pengukuran kapasitansi dengan LCR meter manual; a) sampel batu bara, b) sensor, c) sistem pengukuran kapasitansi, berupa (1) sensor dan (2) LCR meter.



Gambar 3. Prosedur percobaan pengukuran kapasitansi dengan LCR meter otomatis; a) sampel batu bara, b) sensor, c) sistem pengukuran kapasitansi, berupa, (1) *power supply*, (2) sensor, (3) LCR meter, dan (4) PC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

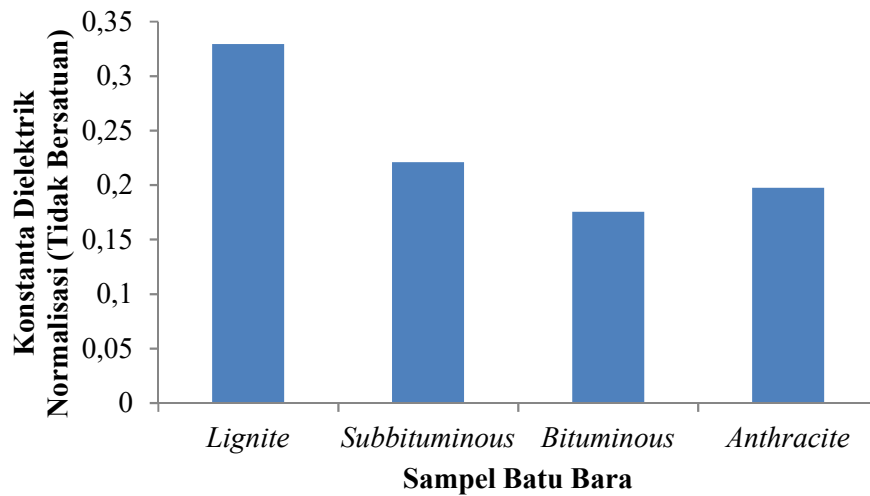
Berdasarkan eksperimen menggunakan DAS 2-channel, data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil eksperimen nilai kapasitansi berbagai jenis batu bara (*wet coal*) dengan menggunakan DAS 2-channel

Sampel Batu Bara	Konstanta Dielektrik Normalisasi (Tidak Bersatuan)
<i>Lignite</i>	0,3292
<i>Subbituminous</i>	0,2208
<i>Bituminous</i>	0,1753
<i>Anthracite</i>	0,1974

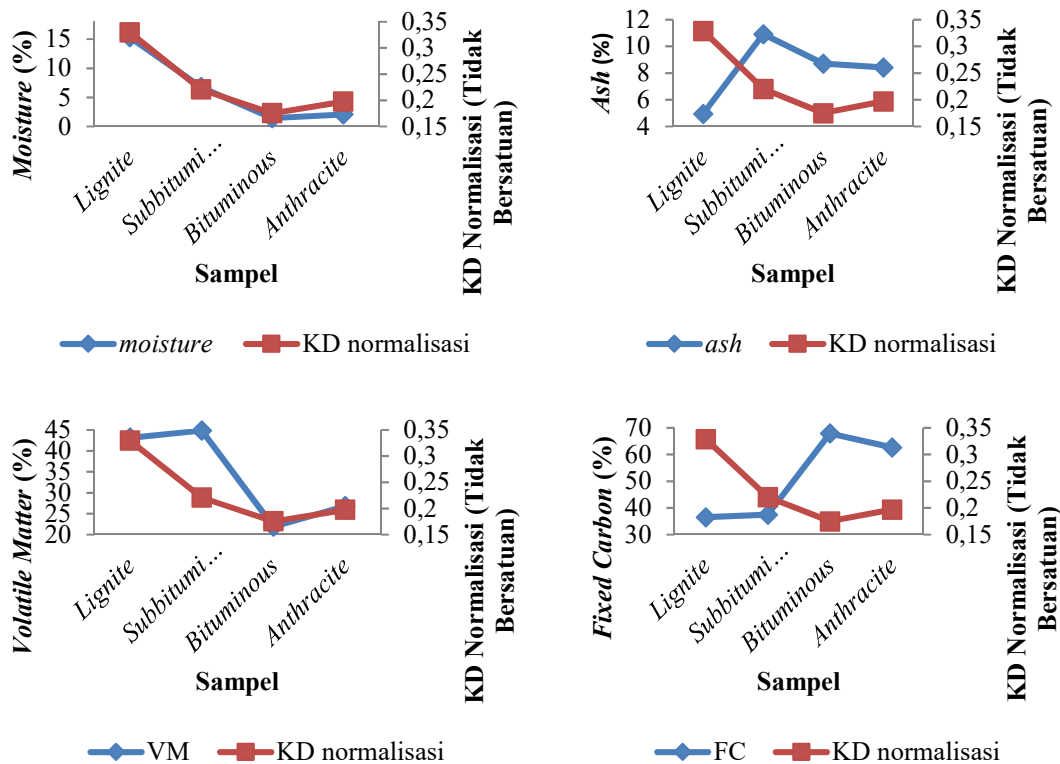
Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa konstanta dielektrik normalisasi (dalam keadaan *free basis*) *lignite* adalah yang paling besar sedangkan yang paling kecil adalah *bituminous* seperti yang terlihat pada Gambar 4. Hal ini dikarenakan konstanta dielektrik suatu material sebanding dengan nilai kapasitansi material tersebut sehingga nilai kapasitansi yang paling besar adalah batu bara *lignite* dan

yang paling kecil adalah *bituminous*. Nilai konstanta dielektrik normalisasi ini dihasilkan berbeda tiap jenisnya dikarenakan komposisi yang berbeda-beda pada tiap batu bara seperti pada Tabel 1.



Gambar 4. Grafik konstanta dielektrik normalisasi berbagai jenis batu bara.

Gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin tinggi peringkat batu bara maka semakin kecil nilai konstanta dielektriknya. Hal ini sesuai teori yang menyatakan nilai permitivitas listrik menurun sesuai dengan peringkat batu bara (*mineral free basis*) [5]. Perbedaan konstanta dielektrik dikarenakan kandungan (parameter) proksimat yang berbeda dari tiap jenis batu bara. Untuk melihat lebih jelas dari pengaruh parameter proksimat dalam batu bara yang mempengaruhi nilai konstanta dielektrik dapat dilihat pada Gambar 5. Parameter proksimat ini meliputi kandungan *moisture*, *ash*, *volatile matter*, dan *fixed carbon*.

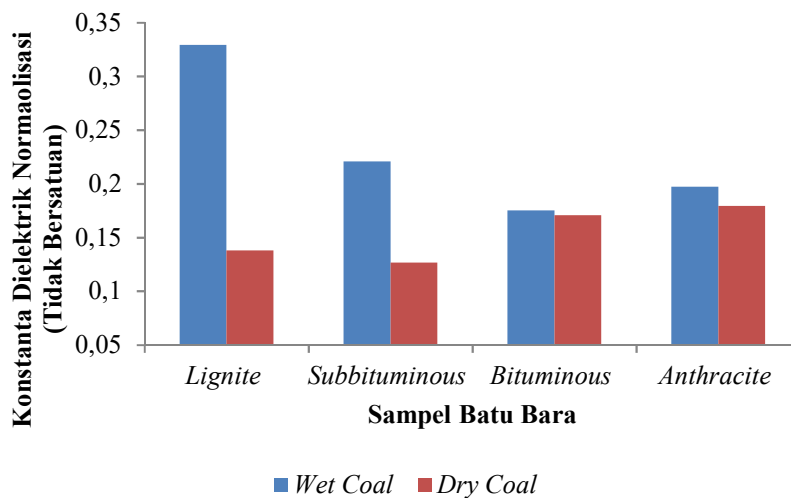


Gambar 5. Grafik hubungan antara hasil analisa proksimat terhadap konstanta dielektrik normalisasi pada sampel *wet coal*.

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa yang grafik dengan *trend* yang sama adalah grafik kandungan *moisture* terhadap konstanta dielektrik normalisasi dibandingkan kandungan *ash*, *volatile matter*, dan *fixed carbon*. Sehingga dapat dikatakan bahwa kandungan proksimat yang paling berpengaruh terhadap konstanta dielektrik *wet coal* yaitu *moisture* yang terlihat sebanding ketika kandungan *moisture* kecil maka konstanta dielektrik batu baranya kecil. Hal ini menunjukkan bahwa nilai konstanta dielektrik batu bara meningkat dengan meningkatnya kadar air (*moisture*) batu bara [5] karena pada hakekatnya keberadaan air dalam batu bara memiliki pengaruh yang kuat terhadap sifat dielektrik [8]. Oleh karena itu, batu bara peringkat rendah memiliki konstanta dielektrik yang tinggi akibat dari meningkatnya kadar *moisture* yang terkait dengan batu bara peringkat rendah [6].

Hal ini dikarenakan *moisture* (H₂O) merupakan senyawa polar karena ikatan kovalennya polar dan bentuk molekul yang asimetris, sehingga terbentuk momen dipol yang dipengaruhi medan listrik. Kadar air yang tinggi menyebabkan besarnya atau mudahnya perubahan orientasi dipol yang besar jika dibandingkan dengan bahan yang kadar airnya rendah. Bantuan adanya kandungan air jelas akan menambah mudahnya penyearahan dipol dari bahan tersebut. Molekul-molekul air sangat konduktif dan penyearahan dipolnya lebih merata. Keseragaman arah momen dipol ini akan menyebabkan besarnya medan listrik internal dalam bahan tersebut. Sehingga memberikan pengaruh yang lebih lanjut pada mudahnya keseragaman orientasi molekuler dari bahan tersebut. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta dielektrik dari bahan tersebut yang besar [9].

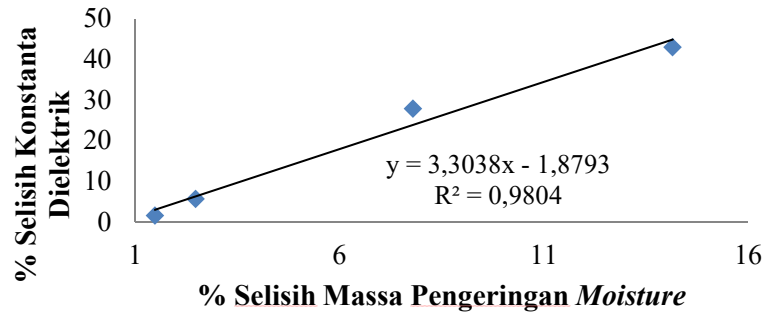
Untuk melihat pengaruh *moisture* terhadap konstanta dielektrik maka sampel batu bara dilakukan pengeringan (*dry coal*). Hasil konstanta dielektrik normalisasi sampel *dry coal* ini dapat dilihat pada Gambar 6, dan dibandingkan dengan hasil percobaan sampel *wet coal*.



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai konstanta dielektrik normalisasi antara *wet coal* dan *dry coal* berbagai jenis batu bara.

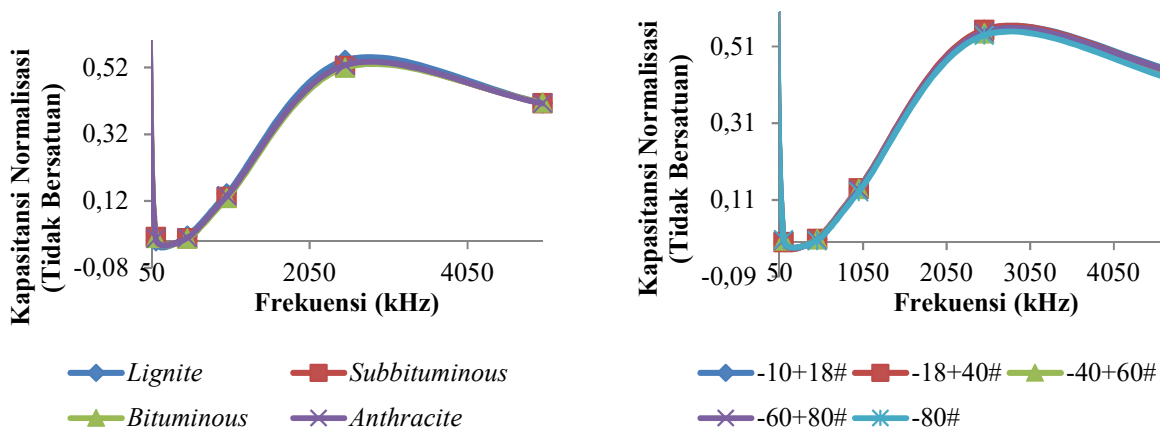
Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai konstanta dielektrik normalisasi untuk sampel *wet coal* dan *dry coal* berbeda. Untuk sampel *wet coal* nilai konstanta dielektrik semakin turun sesuai dengan kenaikan peringkat batu bara, sedangkan untuk sampel *dry coal* konstanta dielektrik semakin naik sesuai kenaikan peringkat batu bara. Hal ini disebabkan karena berkurangnya kadar *moisture* pada sampel *dry coal* yang sebelumnya telah dikeringkan.

Berbeda dengan sampel *wet coal* jika batu bara dalam keadaan kering (*dry coal*) yang menyebabkan kandungan *moisture*nya berkurang, maka konstanta dielektrik batu bara kering cenderung meningkat dengan meningkatnya peringkat batu bara. Kecenderungan ini umumnya dikarenakan berkurangnya *moisture* pada permukaan batu bara yang bervariasi sesuai dengan peringkat batu bara. Hal ini menunjukkan bahwa sifat dielektrik batu bara kering dipengaruhi struktur batu bara, kemampuan penyerapan yang lebih tinggi dengan peningkatan *fixed carbon* [6].



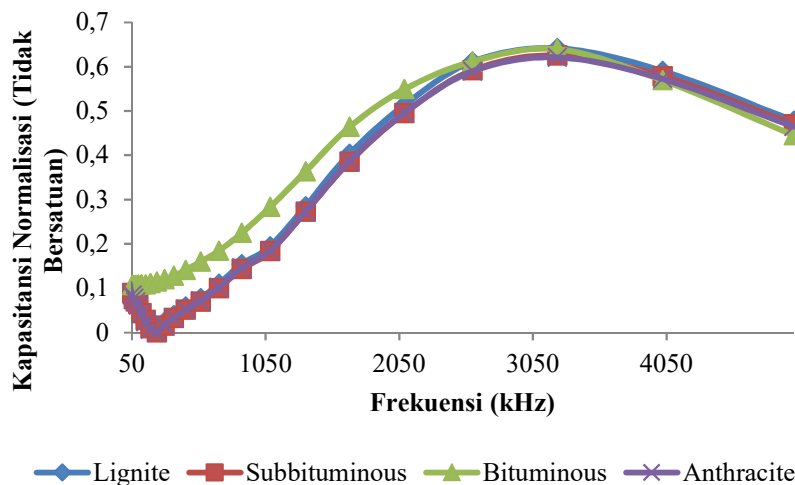
Gambar 7. Grafik korelasi antara % selisih massa pengeringan *moisture* terhadap % selisih konstanta dielektrik

Berdasarkan nilai korelasi pada Gambar 7 dapat dikatakan bahwa pengaruh kadar *moisture* terhadap konstanta dielektrik sangat penting. Hal ini sesuai dengan referensi yang mengatakan bahwa konstanta dielektrik batu bara sangat bergantung pada kadar air, konstanta dielektrik bahkan dapat digunakan sebagai ukuran *moisture* di dalam batu bara [8].



Gambar 8. Grafik hubungan kapasitansi normalisasi batu bara yang berbeda jenis dan ukuran terhadap frekuensi secara manual

Berdasarkan Gambar 8 dapat dikatakan bahwa konstanta dielektrik batu bara tampak bervariasi sesuai frekuensi pengukuran.



Gambar 9. Grafik hubungan kapasitansi normalisasi batu bara yang berbeda jenis terhadap frekuensi.

Eksperimen menggunakan LCR meter secara otomatis ini bertujuan untuk mencari nilai frekuensi yang paling sensitif atau frekuensi dimana nilai kapasitansi dari tiap jenis batu bara.

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa hasil eksperimen menggunakan LCR meter baik secara manual maupun otomatis tidak berbeda jauh. Dari Gambar 9 terlihat bahwa frekuensi pengukuran kapasitansi maksimal berada pada rentang frekuensi 2,5 – 3,2 MHz serta terlihat nilai kapasitansi normalisasi batu bara di tiap titik frekuensi berbeda-beda. Hal ini dapat dikatakan bahwa pengukuran kapasitansi pada frekuensi yang berbeda akan menghasilkan nilai kapasitansi yang berbeda pula karena respon terhadap frekuensi juga penting untuk aplikasi dielektrik (seperti pengukuran kapasitansi), bergantung pada mekanisme polarisasi. Frekuensi juga penting untuk mengendalikan kehilangan dielektrik akibat panas dan kehilangan ini meningkat apabila salah satu kontribusi terhadap polarisasi mengalami hambatan [10].

KESIMPULAN

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi peringkat batu bara dalam keadaan *free basis* maka semakin kecil konstanta dielektriknya. Ukuran fraksi batu bara tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai kapasitansi batu bara, sedangkan untuk tiap jenis batu bara nilai kapasitansinya berbeda-beda pada frekuensi yang berbeda-beda pula. Frekuensi pengukuran kapasitansi maksimal berada pada rentang frekuensi 2,59 – 3,2 MHz. Kandungan dalam batu bara yang paling mempengaruhi konstanta dielektrik batu bara adalah kadar *moisture*nya dengan hubungan korelasi yang hampir linear.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ismul Hadi, Arif, dkk. 2012. *Analisis Kualitas Batu Bara Berdasarkan Nilai HGI dengan Standar ASTM*. Bengkulu : Universitas Bengkulu.
- [2] Kate, D. M , Choudhari, N. K, and Chaudhari, A.R. 2013. *Evaluation of Properties of Coal Using Various NDT Methods*. India : Smt. Bhagwati Chaturvedi College of Engineering.
- [3] Chatterjee, Indira dan Misra, Manoranjam. 1990. *Dielectric Properties of Various Ranks of Coal*. University of Nevada : Nevada.
- [4] Speight, James G. 1994. *The Chemistry and Technology of Coal, 2nd ed*. New York : Marcel Dekker.
- [5] Clendenin, J.D, Barclay, K. M, Donald, H. J, Gillmore, G. W, and Wright, C. C. 1949. *Thermal and Electrical Properties of Anthracite and Bituminous Coals*. Conference of Lehigh University. Bethlehem, Pa.
- [6] Marland, S, *et al*. 2001. *Dielectric Properties of Coal*. Birmingham : University of Birmingham.
- [7] Nelson, S. O. 1996. *Determining Dielectric Properties of Coal and Limestone by Measurements on Pulverized Samples*. Georgia.
- [8] Speight, James G. 2005. *Handbook of Coal Analysis*. Canada : Inc. Publication.
- [9] Juansah, Jajang and Irmansyah. 2008. *Kajian Sifat Dielektrik Buah Semangka Dengan Pemanfaatan Sinyal Listrik Frekuensi Rendah*. Bogor : IPB.
- [10] Smallman, R. E dan Bishop, R. J. 2000. Judul Terjemahan : *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material Edisi Keenam*. Jakarta : Erlangga