

KARAKTERISASI KADAR AIR BATUBARA BERDASARKAN PENGUKURAN NILAI KAPASITANSI**CHARACTERIZATION OF COAL MOISTURE BASED ON CAPACITANCE VALUE MEASUREMENT****Paras Novinda Lidyaza¹, Dudi Darmawan^{2,3}, Ahmad Qurthobi³**^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom¹parasnovinda@student.telkomuniversity.ac.id, ²dudidw@telkomuniversity.ac.id,³qurthobi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kadar air merupakan parameter penting dalam analisa batubara karena tingginya nilai kadar air disebabkan penambangan batubara yang dilakukan di rawa-rawa memberikan pengaruh negatif terhadap proses pembakarannya. Penelitian ini merancang alat ukur kapasitansi untuk mengetahui karakteristik dari 13 sampel batubara dengan nilai kadar air berbeda. Pengukuran kapasitansi dilakukan dengan cara menghubungkan alat ukur kapasitif dengan penguat *inverting*. Hasil tegangan keluaran akan di konversi ke nilai kapasitansi menggunakan persamaan regresi linear. Tegangan masukan yang digunakan untuk setiap pengambilan data adalah 4 Vp-p dengan frekuensi 500 Hz. Dari hasil pengujian, nilai kapasitansi tertinggi adalah sebesar $3,20 \times 10^{-9}$ F dengan kadar air 5,36% dan nilai kapasitansi terendah adalah sebesar $3,14 \times 10^{-9}$ F dengan kadar air 7,96%. Hal ini membuktikan bahwa nilai kapasitansi tidak linear terhadap kadar air pada batubara. Banyak faktor yang mempengaruhi hasil nilai tegangan keluaran pada sensor kapasitif. Faktor tersebut meliputi nilai kadar kalori, kadar karbon, dan kadar abu yang cenderung tinggi pada batubara sehingga nilai kapasitansi terhadap kadar air batubara tidak linear.

Kata kunci: Sensor kapasitif, Penguat *inverting*.

Abstract

Water content is an important parameter in coal analysis because the high value of water content due to coal mining carried out in swamps has a negative effect on the combustion process. This study designed a capacitance measuring instrument to determine the characteristics of 13 coal samples with different water content values. Capacitance measurement is done by connecting a capacitive measuring device with an inverting amplifier. The output voltage will be converted to the capacitance value using a linear regression equation. The input voltage used for each data retrieval is 4 Vp-p with a frequency of 500 Hz. From the test results, the highest capacitance value is $3,20 \times 10^{-9}$ F with a water content of 5.36% and the lowest capacitance value is $3,14 \times 10^{-9}$ F with water content 7.96%. This proves that the capacitance value is not linear to the water content in coal. Many factors influence the output voltage value on capacitive sensors. These factors include the value of calorie content, carbon content, and ash content that tends to be high in coal so that the capacitance value of coal water content is not linear.

Keynote: Capacitive Censor, Inverting operational amplifier.

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara berkembang yang membutuhkan energi dengan jumlah cukup besar karena permintaan kebutuhan energi yang terus meningkat setiap tahun. Batubara adalah salah satu sumber energi alternatif untuk menghasilkan listrik dan panas dari bahan dasar mineral yang terbentuk dari endapan organik. Dibandingkan dengan minyak dan gas, batubara memiliki beberapa keunggulan antara lain harga batubara yang murah, aman untuk ditransportasikan dan disimpan, serta kualitas batubara tidak banyak terpengaruh oleh cuaca maupun hujan. Sebagai sumber energi alternatif pengganti minyak bumi maka batubara mendukung pelaksanaan pembangunan yang berkesinambungan [1].

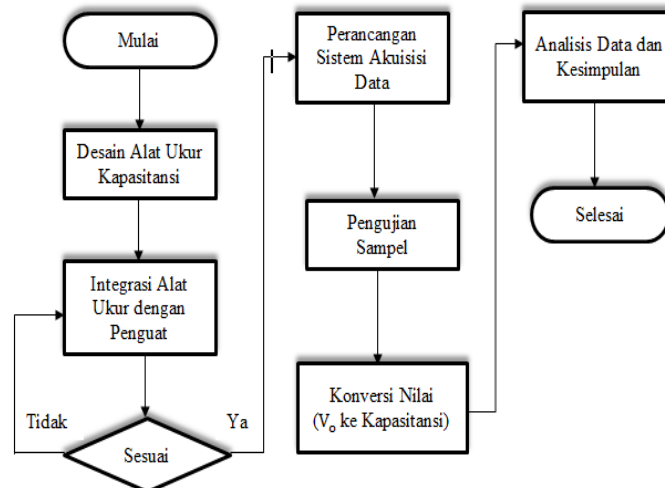
Pada penelitian sebelumnya [2] analisis kadar air batubara sudah dilakukan. Akan tetapi, analisis kadar air batubara harus melewati proses pembakaran dimana batubara dimasukan ke dalam *oven* (pemanas) lalu dibakar dengan temperatur tinggi. Proses analisis batubara ini dinilai merugikan karena dapat merusak kualitas dari batubara itu sendiri. Sehingga, batubara yang sudah melewati analisa tersebut, tidak dapat digunakan kembali.

Untuk mengatasi kerugian yang didapatkan, diperlukan metode yang lebih efektif dan praktis untuk dapat menganalisa batubara tanpa merusak kualitas dan tidak banyak memakan energi listrik. Salah satunya dengan menggunakan metode *Non-Destruktif Testing* (NDT). Metode NDT didefinisikan sebagai metode untuk mengidentifikasi sifat fisis dan mekanis bahan tanpa menimbulkan kerusakan yang dapat mengubah kemampuan pemanfaatan akhir dari bahan tersebut [3]. Metode NDT diharapkan dapat langsung melihat nilai kadar air batubara, salah satunya dengan pengukuran kapasitansi dengan melihat sinyal kapasitansi dari batubara.

2. Metode Penelitian

2.1 Diagram Perancangan Sistem

Diagram perancangan sistem menggambarkan cara kerja sistem yang akan dirancang. Lebih lengkapnya akan terlihat seperti pada Gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Diagram Perancangan Sistem

2.2 Sampel Penelitian

Bahan dalam penelitian ini adalah beberapa sampel batubara dengan nilai kadar air yang berbeda. Batubara yang digunakan adalah batubara yang sudah dihaluskan atau dalam bentuk bubuk. Ukuran sampel yang diuji untuk pengukuran kapasitansi dibuat berbentuk persegi dengan ukuran cetakan luas penampang 4,6 x 2,5 x 0,5 cm dengan massa 2,5 gr yang akan dimasukkan ke dalam sensor. Sampel batubara dilapisi kertas mika agar batubara tidak bersentuhan dengan plat tembaga yang akan digunakan secara langsung. Sampel batubara dapat dilihat Gambar 2.2



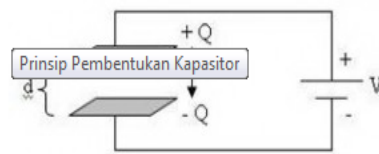
Gambar 2.2 Sampel Batubara

2.3 Perancangan Alat Ukur

2.3.1 Perancangan Sensor Kapasitif

Kapasitor merupakan salah satu komponen elektronik yang tersusun dari dua buah permukaan yang sejajar (jarak antar setiap titik pada kedua permukaan sama) dan diberi muatan yang sama besar di setiap permukaan tetapi dengan jenis muatan yang berbeda. Selama kedua permukaan tersebut tidak terhubung dengan komponen lain (terisolasi) maka muatan akan tetap tersimpan di dalam permukaan kapasitor. Sehingga kapasitor seringkali disebut sebagai komponen penyimpan muatan, inilah salah satu fungsi kapasitor. Setiap kapasitor memiliki daya tampung muatan yang berbeda-beda. Oleh karena itu ada suatu besaran yang menentukan perbedaan muatan maksimum yang bisa disimpan dalam suatu kapasitor, yakni kapasitansi [4]. Kapasitansi dari kapasitor yang dimuati dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$C = \frac{Q}{V} \quad (2.1)$$



Gambar 2. 3 Kapasitor Plat Sejajar

Pada Gambar 2.3 menunjukkan kapasitansi dari kapasitor bergantung pada bahan dielektrik yang digunakan, luas dari kedua plat (A), dan jarak antara kedua plat (d). Kapasitansi kapasitor pelat sejajar berbanding lurus dengan luas plat (A) dan berbanding terbalik dengan jarak antara kedua plat (d) atau dapat ditulis dengan persamaan:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (2.2)$$

Dimana :

ϵ_0 : Permittivitas ruang hampa $8,854 \times 10^{-12}$ (F/m)

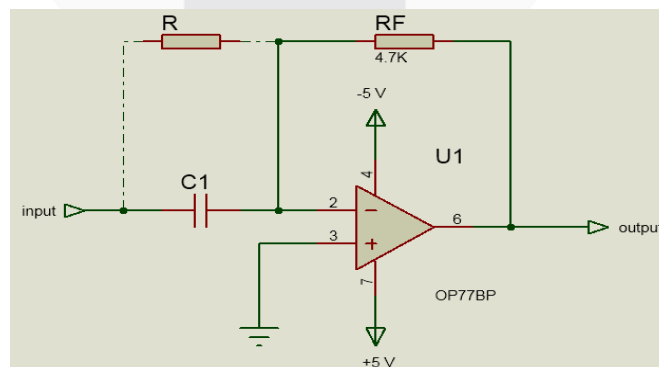
Prinsip kapasitif yang dirancang dengan menggunakan kapasitor plat sejajar. Kapasitor tersebut dirancang dengan menggunakan dua plat tembaga yang disusun sejajar dengan lebar 2,4 cm, tinggi 4,5 cm dan jarak 0,5 cm. Posisi plat ini kemudian diletakkan di sisi objek batubara dimana bagian luar kedua plat tembaga dilapisi oleh bahan akrilik lalu diberi kabel atau *probe* pada bagian tengah kedua plat yang nantinya terhubung ke alat pengukuran. Seperti pada Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2. 4 Sensor Kapasitif

2.3.2 Perancangan Penguat *Inverting*

Pengukuran kapasitansi dilakukan dengan cara menghubungkan sensor kapasitif dengan penguat. Penguat yang digunakan yaitu penguat *inverting*. *Operational amplifier* atau yang biasa disebut op-amp merupakan suatu jenis penguat elektronika dengan arus searah yang memiliki penguatan sangat besar dengan dua masukan dan satu keluaran. Op-amp merupakan rangkaian elektronika yang berfungsi untuk memperkuat dan membalik polaritas sinyal masukan. Maksud dari membalik adalah bahwa hasil penguatan yang ada di tegangan-output Op-Amp akan berbeda fase 180° dari tegangan-input-nya, atau dengan kata lain, jika input berupa tegangan positif, maka output akan berupa tegangan negatif, dan sebaliknya [5]. Op-amp yang berfungsi sebagai penguat dapat dilihat pada Gambar 2.5 di bawah ini.

Gambar 2. 5 Penguat *Inverting*

Dengan rumus yang digunakan adalah:

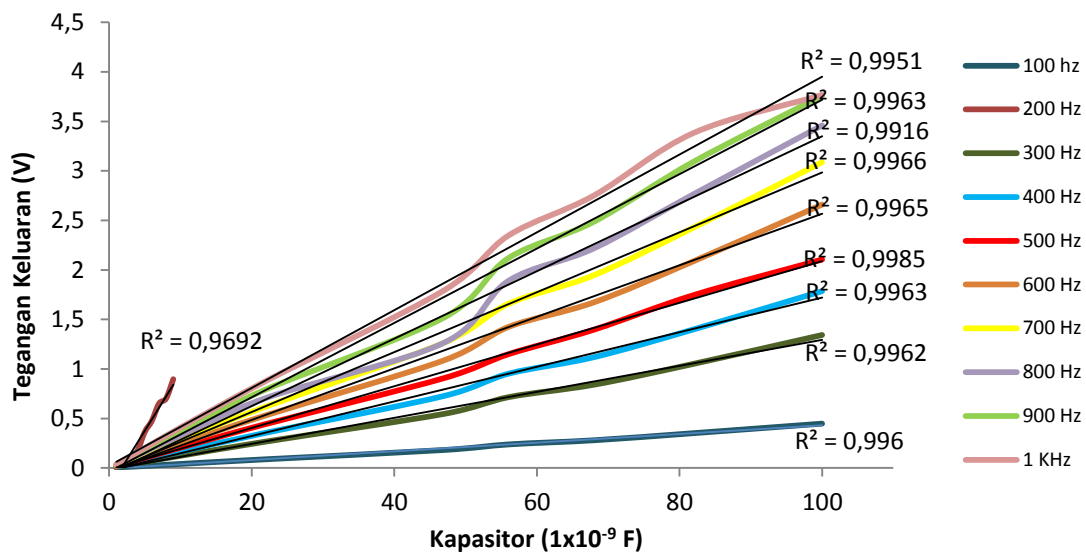
$$\frac{V_o}{V_i}(s) = - \left(\frac{R_f}{R} + R_f C_s(s) \right) \quad (2.3)$$

Penguat inverting menggunakan resistor feedback yang bernilai 4,7 K Ω dan op-amp OP07. Penguat akan disambungkan ke sensor kapasitif dan akan dialiri tegangan AC sebesar 4 V_{p-p} dan frekuensi 500 Hz melalui kaki op-amp (-) dan keluarannya akan bernilai (+).

3. Pembahasan

3.1 Pengujian Frekuensi Optimal

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan hubungan berbagai variasi kapasitor yang di berikan sebesar 1 nF, 5 nF, 10 nF, 22 nF, 47 nF, 56 nF, 68 nF, 82 nF dan 100 nF dengan frekuensi yang berbeda diberikan mulai dari 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz, 700 Hz, 800 Hz, 90 Hz, hingga 1 kHz. Diberikan masukan tegangan sebesar 4 V_{p-p} untuk setiap percobaan. Berikut merupakan grafik hubungan menggunakan 9 jenis kapasitor murni dengan masukan frekuensi berbeda-beda.

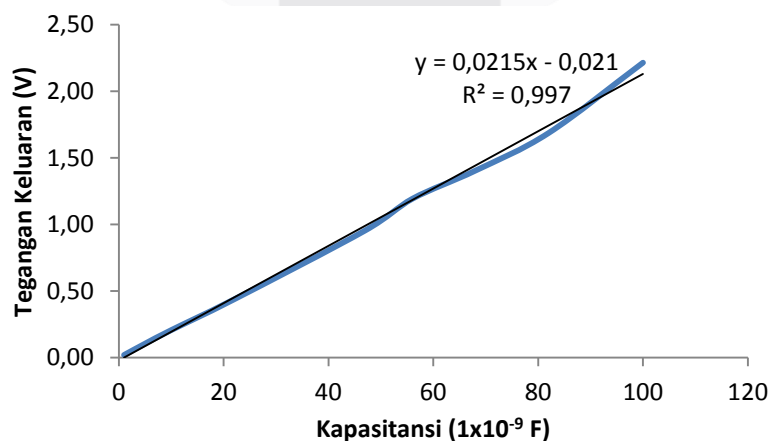


Gambar 3. 1 Grafik Hubungan sembilan jenis kapasitor murni menggunakan masukan frekuensi berbeda

Pada Gambar 3.1 terlihat bahwa hasil pengukuran sembilan kapasitor murni menggunakan masukan frekuensi yang berbeda-beda menghasilkan grafik yang linear. Pengujian diperlukan untuk mendapatkan nilai frekuensi yang tepat agar dapat digunakan di setiap percobaan. Dari data yang didapatkan, terlihat bahwa frekuensi 500 Hz menghasilkan grafik yang sangat linear dengan linearitas sebesar 0,9985.

3.2 Pengujian Variasi Kapasitor Murni dengan Penguat *Inverting*

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan hubungan beberapa variasi kapasitor murni terhadap nilai tegangan keluaran. Kemudian nilai tegangan keluaran yang didapatkan akan di konversi ke nilai kapasitansi menggunakan persamaan regresi linear. Selanjutnya, diberikan masukan frekuensi sebesar 500 Hz dan amplitudo sebesar 4 V_{p-p} untuk melihat tegangan keluaran yang terbaca.



Gambar 3. 2 Variasi Kapasitor Terhadap Tegangan Keluaran dengan Frekuensi 500 Hz

Pada Gambar 3.2 terlihat perubahan nilai kapasitor dapat mempengaruhi besar tegangan keluaran pada sensor kapasitif. Dari data yang didapatkan, terlihat bahwa nilai kapasitor berbanding lurus dengan tegangan keluaran dimana semakin besar kapasitor yang diberikan maka semakin besar pula tegangan keluaran.

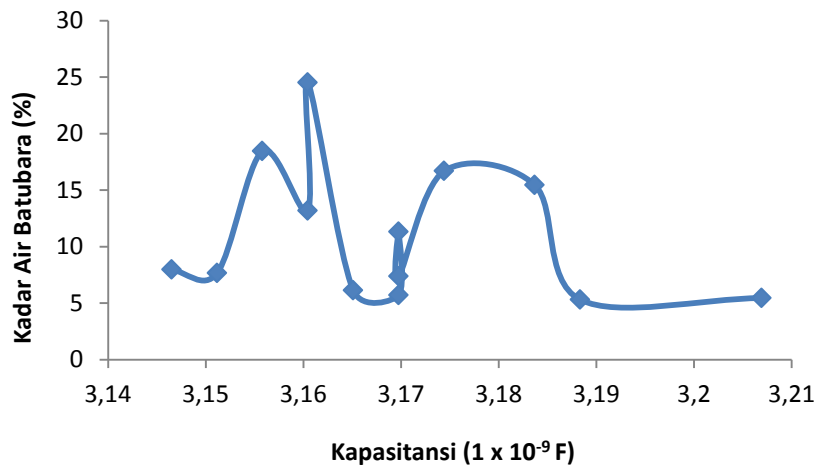
3.3 Karakterisasi Alat Ukur Sensor Kapasitif Menggunakan Berbagai Objek Batubara dengan Kandungan Kadar Air Berbeda

Pengujian alat ukur sensor kapasitif dilakukan untuk melihat perubahan tegangan keluaran AC yang keluar dari sensor. Pengujian dilakukan dengan cara sensor kapasitif diisi batubara dengan nilai kadar air berbeda. Frekuensi yang diberikan adalah 500 Hz dan amplitudo sebesar 4 Vp-p. Berikut adalah nilai kadar air pada sampel Batubara.

Tabel 3. 1 Nilai Kadar Air Batubara

No Sampel	Kadar Air Batubara (%)
12	5,32
3	5,46
4	5,71
5	6,13
6	7,37
7	7,66
8	7,96
9	11,31
10	13,17
11	15,44
12	16,44
13	16,68
14	24,51

Pada Tabel 3.1 dapat dilihat nilai kadar air yang berbeda pada setiap sampel batubara. Dari data yang didapatkan, dibuat hubungan antara nilai kadar air dan nilai kapasitansi batubara yang dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Nilai Kapasitansi Terhadap Kadar Air Batubara

Pada Gambar 3.3 terlihat grafik nilai kapasitansi pada 13 sampel batubara dengan kadar air yang berbeda. Nilai kapasitansi didapatkan dari regresi linear pada pengujian kapasitor murni dengan penguat inverting. Dari hasil pengujian, didapatkan nilai kapasitansi tertinggi adalah sebesar $3,20 \times 10^{-9}$ F dengan kadar air 5,36% dan nilai kapasitansi terendah adalah sebesar $3,14 \times 10^{-9}$ F dengan kadar air 7,96%. Hal ini menjelaskan bahwa nilai kapasitansi tidak linear dengan nilai kadar air batubara.

4. Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut, diantaranya:

1. Sensor kapasitif mampu membaca nilai tegangan keluaran terhadap batubara dengan nilai kadar air yang berbeda. Nilai tegangan keluaran akan dikonversi ke nilai kapasitansi menggunakan persamaan regresi linear.
2. Besar amplitudo yang digunakan untuk semua percobaan adalah 4 V_{p-p} karena apabila menggunakan nilai diatas 4 V_{p-p}, IC op 07 akan mudah *sort*. Besar frekuensi yang digunakan untuk semua percobaan adalah 500 Hz karena frekuensi 500 Hz menghasilkan grafik yang paling linear.
3. Nilai kapasitansi tidak banyak berpengaruh pada nilai kadar air pada batubara.
4. Banyak faktor yang mempengaruhi hasil nilai tegangan keluaran pada sensor kapasitif. Faktor tersebut meliputi nilai kadar kalori, kadar karbon, dan kadar abu yang cenderung tinggi pada batubara sehingga nilai kapasitansi terhadap kadar air batubara tidak linear.

4.2 Saran

Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat memperbaiki kekurangan yang ada dan diharapkan dapat mengembangkan apa yang telah dilakukan pada penelitian ini. Untuk itu disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Mengembangkan penelitian dengan mencari parameter elektrik yang lain.
2. Melakukan pengujian sensor kapasitif dengan menggunakan sebanyak-banyaknya jenis batubara dengan nilai kadar air yang lebih tinggi dibandingkan kadar lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Word Coal Institute. 2009. *Sumberdaya Batubara (Tijauan Lengkap Mengenai Batubara)*. Indonesia : Word Coal Association.
- [2] Permadi, Rendi. 2015. *Analisis Batubara Dalam Penentuan Kualitas Batubara Untuk Pembakaran Bahan Baku Semen Di P.T. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Palimanan-Cirebon*. Tugas Akhir. Jurusan S1 Teknik Pertambangan. Universitas Islam Bandung.
- [3] Bolt, Wayes. 2010. *Instrumentation Reference Book (Fourth Edition)*. United Kingdom : Butterworth-Heinemann.
- [4] Darmawan, Dudi. 2010. *Bertanya Fisika Seri Listrik Magnet*. Indonesia : CV Maju Jaya.
- [5] Elektronika Dasar, "Pengertian Penguat Inverting," 2012. [Online]. Available: <http://elektronika-dasar.web.id/karakteristik-penguat-membalik-inverting-amplifier/>. [Accessed 10 september 2017].