

# KARAKTERISASI NILAI KALOR BATUBARA BERDASARKAN PENGUKURAN KAPASITANSI DAN RESISTANSI

## *CHARACTERISATION OF COAL CALORY VALUE BASED ON CAPASITANCE AND RESISTANCE VALUE MEASUREMENT*

Tri Tazkhia R Praha<sup>1</sup>, Dudi Darmawan<sup>2</sup>, Ahmad Qurthobi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[dindarpaha@gmail.com](mailto:dindarpaha@gmail.com), <sup>2</sup>[dudidw@gmail.com](mailto:dudidw@gmail.com), <sup>3</sup>[qurthobi@gmail.com](mailto:qurthobi@gmail.com)

### Abstrak

Batubara merupakan bahan bakar alternative yang kualitasnya dapat dilihat dari kandungannya, salah satunya seperti nilai kalor. Penelitian ini, nilai kalor akan dikarakterisasi menggunakan nilai kapasitansi dan resistansinya. Pengukuran nilai kapasitansi menggunakan sensor kapasitif berbentuk silinder sedangkan nilai resistansi menggunakan sensor penghubung email tembaga yang dihubungkan dengan LCR meter. Dari beberapa frekuensi, didapatkan frekuensi sebesar 1 Khz yang menunjukkan nilai kapasitansi dan resistansi yang stabil. Dari nilai kapasitansi, secara matematis akan diperoleh juga nilai permitivitas. Sama halnya dengan nilai resistansi, secara matematis akan diperoleh nilai resistivitas. Nilai terdapat pada sampel A dengan kalor 3.441, terukur kapasitansi sebesar 18.26 pF dan didapatkan permitivitas sebesar 63.9 pF/m. Nilai terendah pada sampel K dengan nilai kalor 5.626, terukur kapasitansi sebesar 14.48 pF dan didapatkan permitivitas sebesar 50.6 pF/m. Sedangkan nilai resistansi dan penentuan resistivitas tertinggi pada sampel A dengan kalor 3.441 sebesar 160.1 MΩ dan didapatkan 15.200 Ω.m. Nilai terendah pada sampel H dengan nilai kalor 5.349, terukur resistansi 7.72 MΩ dan didapatkan resistivitas sebesar 700 MΩ.m. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, hasil pengukuran nilai kapasitansi dan penentuan permittivitas batubara tidak berpengaruh terhadap nilai kalor batubara sedangkan nilai resistansi dan penentuan resistivitas berpengaruh sangat kecil karena pengaruh kandungan lain yang ada pada batubara.

**Kata kunci :** Batubara, Nilai kalor, Kapasitansi, Resistansi, Resistivitas, Permittivitas

### Abstract

Coal is an alternative fuel whose quality can be seen from its contents, one of which is like a caloric value. In this study, the calorific value will be characterized using the capacitance value and resistance. Measurement of capacitance value using a cylindrical capacitive sensor while the resistance value uses a copper email connecting the sensor that is connected to the LCR meter. From several frequencies, we get a frequency of 1 Khz which shows a stable capacitance and resistance value. From the capacitance value, mathematically the permittivity value will also be obtained. Similar to the resistance value, the resistivity value will be mathematically obtained. Value is found in sample A with 3,441 calories, measured capacitance is 18.26 pF and the permittivity is 63.9 pF / m. The lowest value in the K sample with a calorie value of 5,626, measured the capacitance of 14.48 pF and obtained a permittivity of 50.6 pF / m. While the highest resistance and determination of resistivity in sample A with 3,441 calories is 160.1 M 160 and 15,200 Ω.m is obtained. The lowest value in the H sample with a calorific value of 5,349, measured the resistance of 7.72 MΩ and found a resistivity of 700 MΩ.m. Based on the research conducted, the results of the measurement of capacitance values and determination of coal permittivity have no effect on the calorific value of coal while the resistance value and determination of the effect of resistivity are very small because of the influence of other content present in coal.

**Keywords:** Coal, Calorific value, Capacitance, Resistance, Resistivity, Permittivity

### 1. Pendahuluan

Batubara adalah pusat dari kebijakan energi Indonesia sejak akhir 1970-an. Walaupun cadangan batubara Indonesia bukan yang terbesar di dunia, jumlah cadangan batubara relatif signifikan dibandingkan sumber daya fosil lainnya. Total cadangan batubara adalah 22,6 miliar ton atau 2,2% dari total cadangan global, (BP

2018).1 Didorong oleh melimpahnya cadangan batubara, pemerintah telah menetapkan kebijakan untuk meningkatkan penggunaan batubara sebagai pembangkit tenaga listrik serta pengganti minyak dan gas LPG untuk transportasi dan memasak[1]. Melimpahnya cadangan batubara, Indonesia menjadi eksportir batubara terbesar di dunia pada tahun 2017 dengan 28,5% secara tonase [2]

Dalam pengecekan kualitas batubara, sangat perlu diketahui nilai-nilai apa saja yang terkandung di dalam batubara tersebut. Batu bara memiliki nilai kalor, kadar air, nilai kadar abu, dan nilai sulfur. Nilai kalor adalah panas yang dihasilkan batubara. Pada umumnya pengguna batubara sangat memperhatikan kualitas batubara dari nilai kalornya. Bukan hanya nilai kalor, kadar air juga diperhatikan mengingat pertambangan batubara di Indonesia kebanyakan di rawa-rawa yang menyebabkan tingginya kadar air yang dapat berdampak negatif terhadap proses pembakarannya.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang karakteristik kualitas batubara oleh PT Indosemen Tunggal Prakasa Tbk [3]. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas batubara dengan proses pembakaran sempurna menggunakan alat ukur nilai kalor (Bomb calorimeter). Proses pembakaran pada batubara ini mengakibatkan batubara tersebut rusak dan sudah tidak bisa digunakan kembali. Penelitian ini dilanjutkan Sella Pratiwi Zs sebagai tugas akhirnya[4]. Penelitian bertujuan mengetahui karakteristik batubara tanpa merusaknya dengan menggunakan metode *Non destructive Testing* (NDT). Berdasarkan pengukuran nilai kapasitansi menggunakan plat sejajar menjadi acuan nilai kalor dari batubara.

## 2. Dasar Teori dan Metodi Penelitian

### 2.1 Nilai Kalor Batu Bara

Istilah kalor dipergunakan untuk menyatakan energi yang berpindah. Aliran kalor terjadi karena adanya perbedaan suhu, dan kalor mengalir dari suatu tempat yang suhunya tinggi ke tempat lain yang suhunya rendah. Kalor diberi simbol  $Q$ . Kadar energi atau nilai suatu pembakaran batubara adalah suatu sifat yang penting untuk mengetahui jumlah energi yang terdapat pada batubara tersebut. Nilai kalor menunjukkan jumlah energi kimia yang terdapat dalam suatu massa atau volume bahan bakar. Nilai kalor ini dinyatakan dengan satuan kilojoule per kilogram ( $\text{kJ/kg}$ ).[5]

### 2.2 Perancangan Sensor Kapasitif

Kapasitansi atau kapasitans adalah ukuran jumlah muatan listrik yang disimpan untuk membuat potensial listrik yang ditentukan. Kapasitor merupakan salah satu alat elektronik yang tersusun dari dua permukaan yang sejajar (jarak setiap titik antar kedua permukaan sama) yang dapat menyimpan dan melepaskan muatan listrik. Besarnya muatan yang tersimpan pada kapasitor tergantung dengan daya tampung muatan kapasitor tersebut. Setiap kapasitor mempunyai daya tampung yang berbeda-beda. Oleh karena itu ada suatu besaran yang menentukan perbedaan muatan maksimum yang bisa tertampung dalam suatu kapasitor yakni kapasitansi.

Kapasitor yang digunakan terbuat dari dua keeping logam berbentuk silinder yang diletakkan sesumbu dengan jari jari penampang silinder yang berbeda dan dihubungkan dengan kutub sumber arus yang sering berlawanan. [6] Terbuat dari batang tembaga dan besi berbentuk silinder yang disusun berdiameter 1 cm , 3 cm dan panjang 5 cm. Objek batubara lalu diletakkan di antara silinder besi dan batang tembaga. Lalu batang tembaga diberi *probe* pada bagian ujung ujungnya yang nantinya terhubung ke LCR meter untuk distribusinya.



Gambar 1. Sensor Kapasitif

Kapasitansi dari kapasitor plat silinder yang dimuati dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$C = \frac{\epsilon 2\pi L}{\ln \left( \frac{R_2}{R_1} \right)}$$

Dimana dapat pula menentukan permitivitas relatifnya dengan persamaan:[7]

$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$$

**2.3 Resistansi Batuan**

Resistansi adalah perbandingan antara tegangan yang diaplikasikan pada bahan (V) dengan aliran arus listrik yang dihasilkan (I) seperti pada Hukum Ohm yang ditunjukkan oleh Persamaan :

$$R = \frac{V}{I}$$

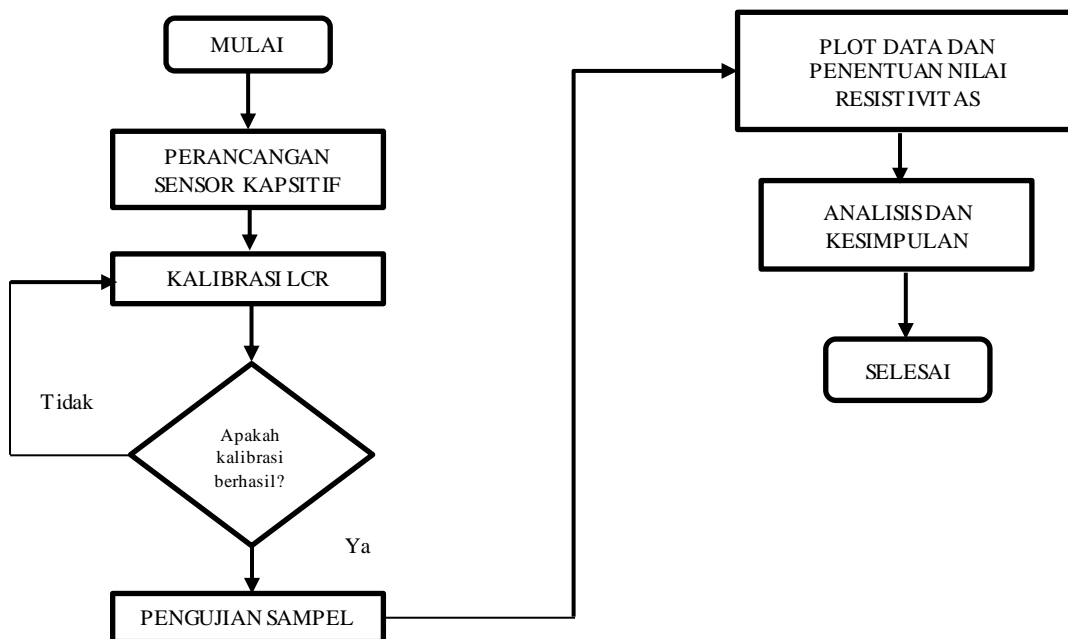
Resistansi suatu bahan tergantung kepada struktur atomik bahan tersebut atau resistivitasnya Resistivitas ( $\rho$ ) adalah kemampuan suatu bahan untuk mengantarkan arus listrik yang bergantung terhadap besarnya medan listrik dan kerapatan arus. Semakin besar resistivitas suatu bahan maka semakin besar pula medan listrik yang dibutuhkan untuk menimbulkan sebuah kerapatan arus. Satuan untuk resistivitas adalah  $\Omega.m$ . Pada pengukuran resistivitas,

Resistivitas berbanding lurus dengan nilai resistansi (R) dan luas alas (A), dan berbanding terbalik dengan panjang bahan (L) atau dapat ditulis dengan persamaan berikut:[8]

$$\rho = R \frac{A}{L}$$

**2.4 Metode Penelitian**

Pengujian ini dilakukan mulai dari perancangan sensor kapasitif, kalibrasi alat, pengujian sampel, penentuan nilai lalu analisis hasil. Mengukur kapasitansi pada sampel batubara yang sudah diketahui nilai kalornya lalu dibuat plot nilai kapasitansi terhadap nilai kalor batubara. Dari hasil nilai kapasitansi akan didapatkan nilai permitivitas lalu di plot terhadap nilai kalor batubara begitu juga dengan resistansi dan resistivitas.

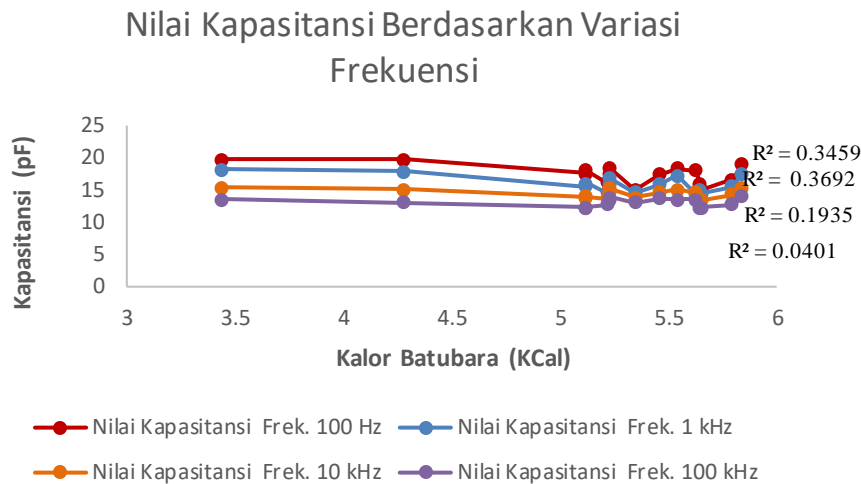


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Pembahasan

3.1 Penentuan Parameter Pengukuran

Pengukuran nilai kapasitansi dan nilai resistansi menggunakan LCR meter ini menggunakan beberapa variasi frekuensi yang diberikan dalam LCR tersebut. Variasi frekuensi tersebut 100 Hz, 1 KHz, 10KHz dan 100Khz.



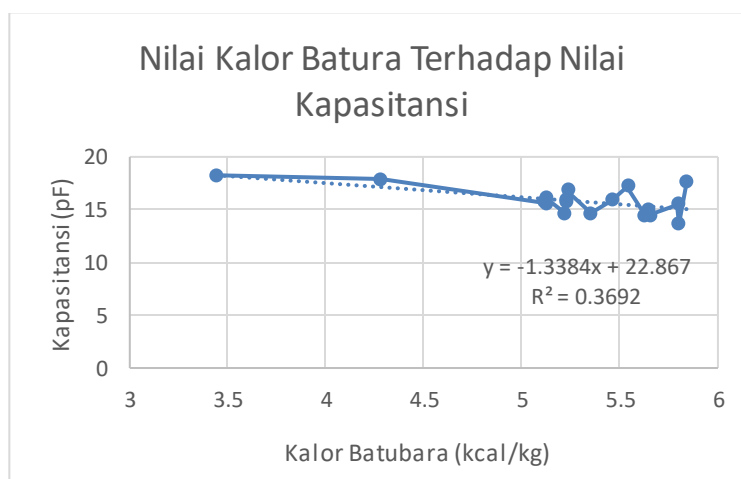
Gambar 3 Grafik nilai kapasitansi berdasarkan variasi frekuensi

Pada gambar 3 terlihat bahwa semakin besar masukan frekuensi semakin kecil nilai kapasitansinya. Dari percobaan yang dilakukan, terlihat bahwa frekuensi 1KHz menghasilkan data yang lebih stabil dan linearitasnya lebih baik dari yang lain yaitu 0.3692.

Sama halnya dengan pengukuran nilai resistansi masukan frekuensi 1 KHz menghasilkan data paling stabil sedangkan frekuensi yang lain tidak. Berdasarkan spesifikasi LCR meter yang digunakan, 1 KHz adalah masukan frekuensi yang disarankan.

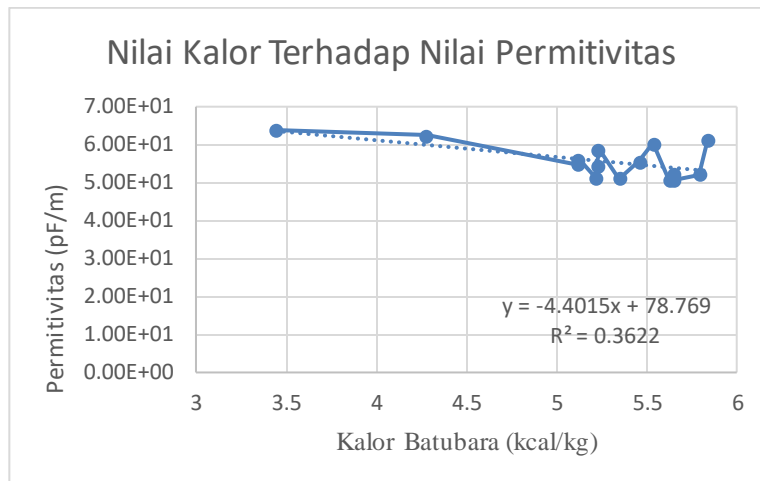
3.2 Pengukuran Nilai Kapasitansi dan Penentuan Permittivitas

Pengukuran nilai kapasitansi ini menggunakan 15 sampel batubara yang sudah diketahui nilai kalornya. Langkah selanjutnya adalah menghubungkan sensor kapasitif berbentuk silinder pada LCR meter. Selanjutnya objek batubara dimasukkan kedalam sensor kapasitif untuk mengukur nilai kapasitansi yang tertera langsung pada LCR meter. Berikut adalah hasil pengukuran kapasitansi menggunakan LCR meter.



Gambar 4 Grafik Pengukuran Kapasitansi

Pada gambar 4 adalah grafik hasil pengukuran kapasitansi. Dari data pengukuran kapasitansi batubara, didapatkan nilai permitivitas menggunakan rumus 2.1. Berikut hasil grafik nilai kalor batubara terhadap nilai permitivitas.

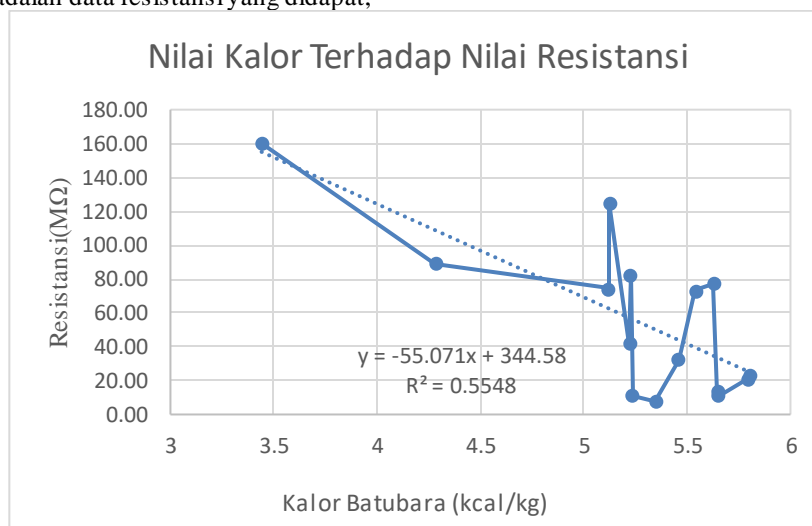


Gambar 5 Grafik Penentuan Nilai Permittivitas

Pada gambar 4 dan gambar 5 menunjukkan hubungan antara nilai kapasitansi dan permittivitas terhadap nilai kalor batubara. Dari data hubungan antara nilai kapasitansi yang terukur dengan nilai kalor batubara didapatkan hubungan matematis  $y = -1.3348x + 22.867$  dengan  $R^2 = 0.3692$ . Sedangkan untuk permittivitas dengan nilai kalor batubara didapatkan hubungan matematis  $y = -4.4015x + 78.76$  dengan  $R^2 = 0.3622$ . Terlihat bahwa nilai kapasitansi dan permittivitas tidak linier terhadap nilai kalor batubara. Seperti penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sella Pratiwi ZS pada tahun 2018, Hal ini menunjukkan bahwa nilai kapasitansi dan permittivitas memang tidak berpengaruh terhadap nilai kalor batubara dan tidak dapat dipakai untuk melakukan karakterisasi.

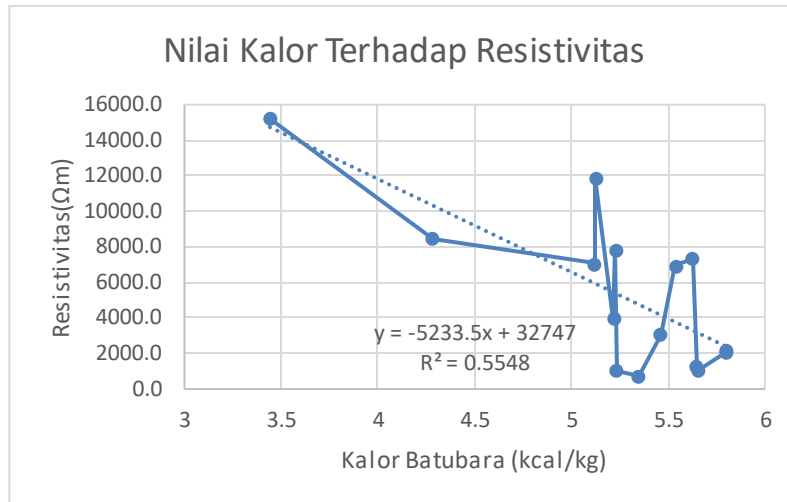
### 3.3 Pengukuran Resistansi dan Penentuan Resistivitas

Penentuan nilai resistivitas suatu bahan tertentu bisa dilakukan dengan pengukuran resistansi pada bahan terlebih dahulu. Objek batubara yang dipadatkan di wadah tertentu dan tiap ujungnya disambungkan ke LCR meter menggunakan kawat tembaga untuk membaca langsung nilai resistansinya. Berikut adalah data resistansi yang didapat,



Gambar 6 Grafik Pengukuran Resistansi

Pada gambar 6 bisa dilihat hasil pengukuran resistansi dari 15 sampel batubara yang memiliki nilai kalor yang berbeda-beda. Dari data resistansi tersebut didapatkan nilai resistivitas batubara. Berikut hasil penentuan nilai resistivitas dengan menggunakan rumus 2.2



**Gambar 7 Grafik Penentuan Resistivitas**

Berdasarkan Gambar 6 dan 7 menunjukkan hubungan antara nilai Resistansi dan resistivitas terhadap nilai kalor batubara. Dari data hubungan antara nilai resistansi yang terukur dengan nilai kalor batubara didapatkan hubungan matematis  $y = -55.071x + 344.58$  dengan  $R^2 = 0.5548$ . sedangkan untuk resistivitas dengan nilai kalor batubara didapatkan hubungan matematis  $y = -5233.5x + 32747$  dengan  $R^2 = 0.5548$ . Grafik terlihat cenderung menurun namun masih ada data yang *unstable*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai resistansi dan resistivitas tidak memiliki pengaruh yang signifikan dengan nilai kalor batubara. Hal ini menunjukkan bahwa nilai resistansi maupun resistivitas tidak dapat dijadikan parameter untuk karakterisasi nilai kalor batubara. Karna adanya pengaruh lain dari karakterisasi nilai kalor batubara seperti kadar sulfur, kadar air dan kadar abu yang memiliki nilai berbeda-beda.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka kesimpulannya:

1. Nilai kalor batubara berpengaruh sangat kecil terhadap pengukuran nilai kapasitansi dan penentuan permittivitas yang diperoleh. Nilai tertinggi pada sampel A dengan nilai kalor 3,441 Kkal/Kg, terukur kapasitansi sebesar 18,26pF dan didapatkan permittivitas sebesar 63,9 pF/m. Nilai terendah pada sampel K dengan nilai kalor 5,626 Kkal/Kg, terukur kapasitansi sebesar 14,48 pF dan didapatkan permittivitas sebesar 50,6 pF/m.
2. Nilai Kalor Batubara tidak berpengaruh terhadap pengukuran nilai resistansi dan penentuan resistivitas yang diperoleh. Karena tidak hanya nilai kalor yang terkandung dalam batubara, tetapi ada kandungan lain yaitu kadar air, kadar sulfur, dan kadar abu yang dapat mempengaruhi penentuan karakterisasi batubara. Nilai tertinggi pada sampel A dengan nilai kalor 3,441 Kkal/Kg, terukur resistansi sebesar 160,1 MΩ dan didapatkan resistivitas sebesar 15.200 Ω.m. Nilai terendah pada sampel H dengan nilai kalor 5,349 Kkal/Kg, terukur resistansi sebesar 7,72 MΩ dan didapatkan resistivitas sebesar 700 Ω.m.

#### 5. Daftar pustaka

- [1] Institute for Essential Services Reform (IESR) 2019. Dinamikan Batubara Indonesia
- [2] International Energy Agency, 2018. Coal Information 2018 Edition.
- [3] 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.
- [4] Pratiwi Zs, Sella 2018. *Karakterisasi Nilai Kalor Batubara Berdasarkan Pengukuran Nilai Kapasitansi*. Tugas Akhir. Jurusan S1 Teknik Fisika. Telkom University
- [5] Surindra, M Denny. 2013 Analisis Variasi Nilai Kalor Batubara DIPLTU Tanjung Jati B Terhadap Energi Input System.
- [6] Darmawan, Dudi. 2010. Bertanya Fisika Seri Listrik Magnet. Bandung. Indonesia.
- [7] Rizki Taufik, Sammi 2016. Karakterisasi Dispersi Dielektrik Batuan Shale Gas Berbasis Teknik Kapasitansi. Tugas Akhir. Jurusan S1 Ilmu Fisika. Universitas Lampung.
- [8] Telford, W.M., Geldart LP., & Sheriff, RE., 1990. Applied Geophysics Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge: London, New York, Melbourne

