

# STUDI PENGARUH SUHU DAN WAKTU PEMANASAN TERHADAP *ELECTRICAL RESISTIVITY* MATERIAL *CALCINED PETROLEUM COKE* SEBAGAI BAHAN BAKU ANODA *IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION (ICCP)*

Zheldy Yonathan<sup>1</sup>, Akhmad Ardian Korda<sup>2</sup>, Karyanto Herlambang<sup>3</sup>

Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi Sains Bandung  
Jalan Ganesha Boulevard LOT. A1, Deltamas, Kabupaten Bekasi.  
email: [zheldyy14@gmail.com](mailto:zheldyy14@gmail.com)

## ABSTRAK

Perlindungan dengan proteksi katodik *impressed current* dilakukan dengan cara menurunkan potensial antar permukaan logam ke daerah yang pasif dengan memberikan arus anodik. Pada proteksi ini membutuhkan elektroda pembantu. Elektroda pembantu yang dapat digunakan adalah material atau bahan yang relative inert ketika berfungsi sebagai anoda. Ada beberapa bahan yang digunakan sebagai anoda pembantu pada proteksi katodik *impressed current* seperti grafit, baja rongsokan, timbal, dan masih ada yang lainnya. Pada sistem proteksi katodik *impressed current* terdapat DC power. Penyearah biasanya dilengkapi dengan sarana untuk memvariasikan tegangan keluaran DC, dalam peningkatan kecil, pada kisaran yang cukup luas. Metode penelitian ini dimulai dengan persiapan material *calcined petroleum coke* yang telah dihancurkan dengan *crusher* hingga menjadi serbuk. Dalam pembuatan anoda material *calcined petroleum coke* ini melalui beberapa proses dengan tahapan *mixing*, kompaksi, dan pemanasan. Dari pengujian ini proses pemanasan menggunakan variasi temperatur (300°C, 400°C, 500°C, 600°C), dan variasi waktu penahanan pemanasan (30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit). Pengambilan data yang dilakukan adalah pengukuran resistivitas anoda, densitas, dan massa anoda. Menurut teori yang ada semakin tinggi suhu dan lama waktu pemanasan maka akan semakin rendah resistivitas yang didapat. Dari hasil percobaan pengukuran resistivitas dari anoda *calcined petroleum coke* menyatakan nilai resistivitas di suhu 600°C pada penahanan waktu sinter 120 menit lebih rendah dengan nilai resistivitas sebesar 24.0099 Ω-cm dibandingkan nilai resistivitas pada suhu 300°C, 400°C, dan 500°C. Dimana semakin tinggi suhu dan lama waktu pemanasan maka akan semakin tinggi nilai densitas yang didapat sehingga resistivitas yang didapat juga semakin rendah.

Kata Kunci: Proteksi Katodik, *Calcined Petroleum Coke*, Suhu pemanasan, Waktu pemanasan, Resistivitas.

## 1. Pendahuluan

Sistem proteksi katodik digunakan untuk mengendalikan karat (korosi) pada logam dengan cara menjadikan permukaan logam tersebut sebagai katode dari sel elektrokimia<sup>[1]</sup>. Sistem proteksi katodik banyak digunakan untuk melindungi jalur pipa, tangki, kapal dan masih banyak lagi.

Bila dilihat dari sumber listriknya, ada dua metode proteksi yang digunakan, yaitu SACP (*Sacrificial Anode Cathodic Protection*), dan ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection*). Dalam SACP, memanfaatkan sel logam yang lebih reaktif untuk melindungi logam yang ingin di

proteksi. Sedangkan ICCP memanfaatkan arus listrik searah (DC) dari luar yang dialirkan ke logam katoda dan logam anoda.

Penggunaan *calcined petroleum coke* sebagai backfill bertujuan untuk memperpanjang umur anoda. *Calcine petroleum coke* (CPC) digunakan sebagai backfill karna memiliki nilai resistivitas sebesar 0.15 Ω-cm. Keunggulan *calcined petroleum coke* sebagai backfill karna memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi dimana karbon merupakan material yang

memiliki sifat konduktivitas yang baik dan juga memiliki nilai resistivity yang rendah sebagai backfill.

*Backfill* merupakan suatu bahan pengisi yang terbuat dari material karbon. Sifat Fisik dari bahan *Backfill* untuk *Anoda Impressed Current* terutama sifat kelistrikkannya (*electrical resistivity*) sangat berperan penting dalam performa *Anode Impressed Current* (Anoda ICCP). Bahan Utama *Backfill* untuk Anoda ICCP adalah Material Karbon.

Anoda pada ICCP pada umumnya menggunakan grafit, besi cor silikon tinggi, campuran logam oksida, platinum, dan baja. Penggunaan *calcined petroleum coke* sebagai anoda dikarenakan *calcined petroleum coke* memiliki nilai *electrical resistivity* yang rendah sebagai backfill sehingga dapat dimanfaatkan sebagai anoda ICCP.

## 2. Tujuan Penelitian

2.1 Mempelajari pengaruh suhu pemanasan bahan baku *calcined petroleum coke* untuk anoda ICCP terhadap *electrical resistivity*.

2.2 Mempelajari pengaruh waktu pemanasan bahan baku *calcined petroleum coke* untuk anoda ICCP terhadap *electrical resistivity*.

## 3. Percobaan

3.1 Persiapan Bahan

Penggerusan *Calcined Petroleum Coke* (CPC) sehingga menjadi serbuk dengan ukuran 100 mesh.

### 3.2 Proses Percobaan

Pembuatan *pellet* dilakukan dengan mencampurkan serbuk CPC dengan binder PVA dengan perbandingan 95% serbuk CPC dan 5% PVA, lalu masukan kedalam *dies* untuk dilakukan proses kompaksi sebesar 7 ton, pembebanan ditahan selama 2 menit setelah itu sampel dapat dikeluarkan dari cetakan atau *dies*. Metode kompaksi yang digunakan yaitu *cold compressing* karna material yang digunakan mudah teroksidasi maka itu metode *cold compressing* ini tepat untuk material berbasis carbon. Sampel kompaksi yang didapat sebanyak 16 sampel.



**Gambar 1** serbuk *calcined petroleum coke* setelah melalui proses kompaksi

### 3.3 Pemanasan *Pellet calcined petroleum coke*.

*Pellet* dari hasil kompaksi diletakan pada krusibel. Setelah diletakan di krusibel, kemudian dilakukan pemanasan dengan tungku pembakaran. Variasi suhu yang digunakan dari 300, 400, 500 dan 600 dengan waktu penahan masing-masing

suhu 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.

#### 4. Pengujian

##### 4.1 Uji *Elektrical Resistivity*

Pada pengujian ini menggunakan multimeter/ avometer digital untuk mengetahui resistivitas pada sampel. Rangkaian pengukuran resistivitas dengan mengkontak langsung kabel ke kedua sisi sampel yang telah tersambung dengan multimeter. Setelah nilai tahanan sudah didapat, maka dapat dimasukkan kedalam persamaan 4.1 untuk mendapatkan resistivitas.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (4.1)$$

Pengujian dilakukan dengan variasi waktu dan suhu pemanasan. Pengujian dilakukan sebelum dan sesudah pemanasan. Pengujian dilakukan sebanyak sampel yaitu 16 sampel.



**Gambar 2** rangkaian pengujian resistivitas

#### 5. Analisis dan Pembahasan

##### 5.1 Analisis Pengamatan Visual Sampel *Calcined Petroleum Coke*

Pada penelitian ini dilakukan proses pemanasan pada serbuk *Calcined Petroleum Coke* yang telah dikompaksi. Meski secara visual hasil kompaksi ini tampak padat dan menyatu. Namun, sebenarnya penyatuan antar serbuk ini hanya secara mekanik saja sehingga sifatnyapun sangat rapuh<sup>[15]</sup>. *Pellet* hasil kompaksi akan dilakukan proses pemanasan yang bertujuan untuk memperkuat ikatan antara permukaan serbuk yang telah dikompaksi karena adanya difusi atom didaerah *interface* serbuk. Besarnya laju difusi atom ini dipengaruhi oleh besarnya energi bebas yang dimiliki suatu material<sup>[15]</sup>.



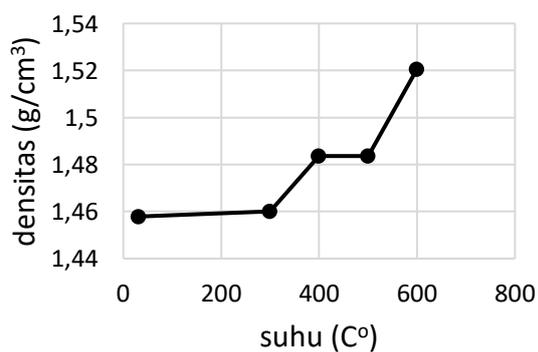
**Gambar 3** (a) sampel hasil kompaksi sebelum pemanasan, (b) sampel hasil kompaksi yang telah pemanasan.

Sampel *Calcined Petroleum Coke* memiliki bentuk seperti silinder yang berukuran kecil dan berwarna hitam, walaupun telah dicampur dengan binder yang memiliki warna putih, sampel tidak berubah dikarenakan ketika binder terlarut dalam air warnanya berubah

menjadi transparan sehingga tidak mengubah warna dari serbuk *Calcined Petroleum Coke*.

## 5.2 Analisis Hasil Pengukuran Densitas

Berdasarkan hasil yang didapat, material uji memiliki densitas yang lebih tinggi setelah proses pemanasan terjadi. Densitas dan porositas adalah dua sifat material yang saling mempengaruhi, dimana bila porositas suatu material tinggi maka densitas material tersebut akan lebih rendah dibandingkan bila material tersebut memiliki porositas yang lebih rendah, begitu juga sebaliknya<sup>[16]</sup>. Berdasarkan gambar 4.2 dapat dilihat perubahan densitas yang terjadi pada saat sebelum pemanasan dan sesudah pemanasan.



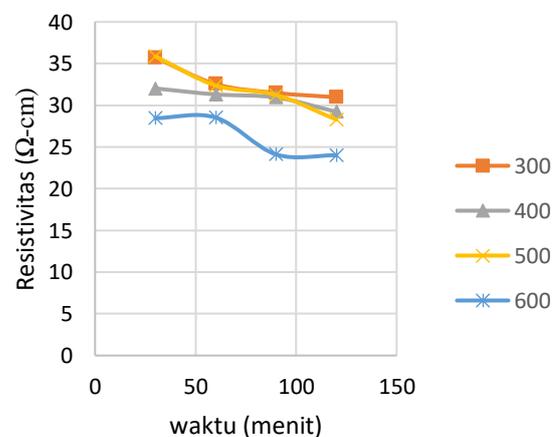
**Gambar 4** Grafik pengaruh suhu vs densitas pada waktu penahanan 60 menit

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa variasi suhu dan waktu penahanan berpengaruh terhadap perubahan densitas. Butir-butir pelet akan mengalami pergerakan yang lebih besar karena semakin tinggi

temperatur pemanasan maka energi dalam menjadi lebih besar pula<sup>[17]</sup>. Pada suhu pemanasan 600°C memiliki nilai densitas tertinggi sebesar 1,520637 g/cm<sup>3</sup>. Semakin tinggi suhu dan waktu penahanan maka terjadi penyusutan linier oleh karna itu volume spesimen semakin lama semakin kecil sehingga densitas semakin tinggi. Jarak antar butir menjadi semakin rapat dan porositas menjadi semakin sedikit sehingga densitas yang diperoleh menjadi semakin tinggi<sup>[17]</sup>.

## 5.3 Analisis Pengaruh Variasi Waktu Terhadap *Electrical Resistivity* Anoda

Pada penelitian ini dilakukan pemanasan pada *calcined petroleum coke* yang kemudian dilakukan pengukuran *electrical resistivity* dengan menggunakan metode *two point method*, hasil perhitungan yang ditunjukkan pada gambar 5 bahwa variasi waktu pemanasan berpengaruh terhadap *electrical resistivity*.

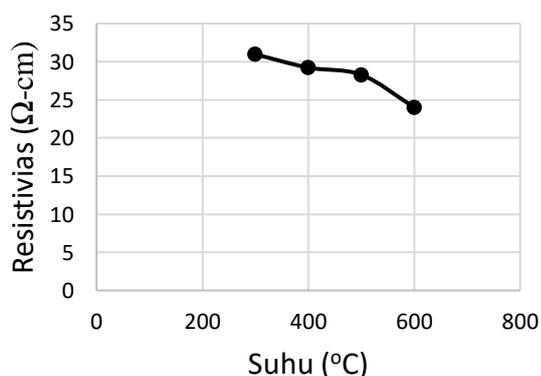


**Gambar 5** Grafik pengaruh waktu pemanasan vs resistivitas

Pada gambar 5 dapat dilihat adanya terjadi perubahan nilai *electrical resistivity* yang disebabkan oleh variasi waktu pemanasan, dimana semakin lama waktu pemanasan maka nilai *electrical resistivity* semakin rendah. Lamanya waktu pemanasan akan memberikan proses karbonisasi lebih lanjut dari material dan akibatnya resistivitas menurun<sup>[18]</sup>. Dapat dilihat bahwa resistivitas terendah didapat pada suhu 600°C dan waktu pemanasan 120 menit, hal ini disebabkan semakin tinggi dan waktu pemanasan yang lama akan memberikan nilai resistivitas yang rendah.

#### 5.4 Analisis Pengaruh Variasi Suhu Terhadap *Electrical Resistivity* Anoda

Pada penelitian ini dilakukan pemanasan pada *calcined petroleum coke* lalu dilakukan dengan pengukuran metode *two point method* hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 6 bahwa variasi suhu berpengaruh terhadap *electrical resistivity* anoda.



**Gambar 6** Grafik Resistivitas VS Suhu pada waktu penahana 120 menit

pada gambar 6 diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhunya maka semakin rendah nilai resistivitasnya, hal ini terjadi karena semakin besar nilai densitasnya. Sehingga terjadinya difusi atom yang membuat berkurangnya porositas pada material uji sehingga material uji semakin padat. Pada suhu pemanasan yang lebih tinggi, terbentuk struktur yang lebih padat karena laju difusi atom yang tinggi disebabkan oleh besarnya energi bebas yang dimiliki material tersebut<sup>[15]</sup>. Semakin tinggi nilai densitasnya semakin rendah juga nilai resistivitasnya. Hasil terbaik yang didapatkan ada pada suhu 600°C dan waktu pemanasan 120 menit dengan nilai *electrical resistivity* sebesar 24,0099 Ω-cm, dimana nilai ini cukup jauh dari kriteria yang diinginkan. Suhu tinggi yang diberikan mampu menghilangkan komponen - komponen pengotor pada kadar air, komponen volatile, dan mineral sehingga meningkatkan kadar karbon dan sekaligus menambah keteraturan stukturnya<sup>[19]</sup>. Hal ini juga dapat menyebabkan resistivitas listriknya pun semakin menurun.

#### 5.5 Perbandingan Dengan Anoda Karbon

Pada pengujian yang telah dilakukan bahwa hasil yang didapat pada pengukuran *electrical resistivity* pada sampel anoda *calcined petroleum coke* yang terbaik

memiliki nilai resistivitas 24,0099  $\Omega$ -cm pada suhu 600°C dan waktu pemanasan 120 menit. Sedangkan pada anoda karbon yang dibeli di *Chemistry Lab* memiliki nilai resistivitas 0.23 $\Omega$ -cm, dimana nilai ini cukup dekat dengan kriteria yang diinginkan yaitu 0.1  $\Omega$ -cm. Dengan nilai resistivitas yang cukup jauh bisa diasumsikan bahwa nilai densitas yang dimiliki anoda karbon dari *Chemistry Lab* sangat tinggi sehingga nilai resistivitas yang didapat sangat rendah.

## 6. Kesimpulan dan Saran

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan percobaan dan pembahasan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi suhu dapat menurunkan nilai resistivitas dari suhu 300, 400, 500, 600 memiliki nilai resistivitas berturut-turut 30.9617, 29.2223, 28.2783, 24.0099. Dimana semakin tinggi suhu semakin rendah nilai resistivitasnya.
2. Nilai resistivitas terendah didapatkan sebesar 24,0099  $\Omega$ -cm.
3. Pada penahanan waktu pemanasan dapat mempengaruhi nilai resistivitas.

### 6.2 Saran

Terdapat beberapa saran yang perlu diberikan untuk penelitian selanjutnya, berikut adalah saran-saran untuk di penelitian selanjutnya:

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan variasi tekanan agar dapat mengetahui apakah variasi penekanan berpengaruh terhadap nilai resistivitas.

### Referensi

- [1]. Rahatri. Proteksi Katodik (*Cathodic Protection*). **2017**.
- [2]. Peabody, A.W. *Control Of Pipeline Corrosion second edision*. **2001**.
- [3]. Brown, Theodore, L; Lemay, H, Eugene, Jr; Bursten, Bruce, E; Murphy, Catherine, J; Woodward, Patrick, M. *Chemistry: The Central Science (12<sup>th</sup> edition)*. **2012**.
- [4]. Roberge, R. Pierre. *Handbook of Corrosion Engineering*. **1999**.
- [5]. Sharifi, Khashayar; Rohani, Aliasghar; Golpasha, Rahmatollah. *Production and Application of Calcined Coke In Rotary Kilns Calciners*. **2014**.
- [6]. Rani, Adila; Nam, SeungWoong; Oh, Kyoung Ah; Park, Min. *Electrical Conductivity of Chemcally Reduced Graphene Powders under Compression*. **2010**.
- [7]. Geim, A. K.; Novoselov, K. S. *The Rise Of Graphene. Nature Material*. **2007**.

- [8]. Stansberry, G. PETER; Zondlo, W. Jhon; Stiller, H. Alfred. *Coal-Derived Carbons*. **1999**.
- [9]. Brady, George S; Clauser, Henry R; Vaccari Jhon. A. *Materials Handbook Fifteenth Edition*.
- [10]. Kang, Suk-Joong L. *Sintering Densification, Grain Growth & Microstructure*. **2005**.
- [11]. Taspika, M. Astuti. *Pembuatan Elektroda Karbon Berpori Dari Tempurung Kemiri dan Perancangan Prototipe Sistem Capacitive Deionization (CDI) Untuk Desalinasi Air Payau*. **2014**.
- [12]. Rouget. G; Majidi. B; Picard. D; Gauvin. G; Ziegler, D; Mashreghi, J; Alamdar, H. *Electrical Resistivity Measurement Of Petroleum Coke Powder By Means Of Four-Probe Methode*
- [13]. Yafiedan, M.S., dan Widyastuti. (2014). *JURNAL TEKNIK POMITS* Vol. 3, No. 1, (2014) ISSN: 2337-3539. "Pengaruh Variasi Temperatur Sintering dan Waktu Tahan Sintering Terhadap Densitas dan Kekerasan pada Mmc W-Cu Melalui Proses Metalurgi Serbuk". Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [14]. Layssi, Hamed; Ghods, Pouria; R. Alizadeh, Aali; Salehi, Mustafa. *Elictrical Resistivity of Concrete*. **2015**
- [15]. Callister, William D, Jr. *Material Science and Engineering: an Introduction 7th edision*. **2007**
- [16]. Dviratana, Putta, Dhiga. *STUDI KARAKTERISTIK KONDUKTIVITAS SERBUK TEMBAGA HASIL ELEKTROLISIS*. **2019**
- [17]. Safrudin, Yafiedan, Mohammad; Widyastuti. *Pengaruh Variasi Temperatur Sintering dan Waktu Tahan Sintering Terhadap Densitas dan Kekerasan pada Mmc W-Cu Melalui Proses Metalurgi Serbuk*. **2014**
- [18]. Masrukan; Mujinem. *PENGARUH PROSES SINTERING TERHADAP PERUBAHAN DENSITAS, KEKERASAN DAN MIKROSTRUKTUR PELET U-ZrHx*. **2016**
- [19]. Anders, Eidem, Per. *Electrical Resistivity of Coke Beds*. **2008**
- [20]. Destyorini, Fredina; Suhandi, Andi; Subhan, Achmad; Indayaningsih, Nanik. *PENGARUH SUHU KARBONISASI TERHADAP STRUKTUR DAN KONDUKTIVITAS LISTRIK ARANG SERABUT KELAPA*. **2010**