

Studi Komponen Gas Hidrokarbon Batubara Menggunakan Metode Pirolisis Gas Kromatografi

Mulyono Dwiantoro, Sundek Hariyadi

Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Unikarta Tenggarong

**mulyonodwiantoro@gmail.com*

SARI

Penelitian ini telah dilakukan untuk mengenal karakter batubara yang ditinjau dari pendekatan geokimia organik menggunakan metode pirolisis gas kromatografi. Tujuannya adalah untuk menganalisis tiga hal yaitu komponen gas hidrokarbon yang terbentuk selama pirolisis berlangsung, menghitung luasan (%area) gas hidrokarbon, dan menentukan lingkungan pengendapannya. Produk pirolisis dari batubara disebut pirolisat yang akan terbentuk selama pirolisis berlangsung yaitu berupa grafik kromatogram yang terlihat pada layar komputer yang meliputi rantai karbon pendek (C_{1-4}), rantai karbon menengah (C_{5-14}), dan rantai karbon panjang ($>C_{15}$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase rantai karbon pendek (81,9%) lebih mendominasi dibandingkan rantai karbon menengah (9,5%) ataupun rantai karbon panjang (8,6%). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa batubara memiliki komponen gas hidrokarbon yang sangat bervariasi yang didominasi khususnya metana (C_1) yang terbentuk pada lingkungan darat.

Kata kunci: Gas Hidrokarbon; Pirolisis; Gas Kromatografi.

ABSTRACT

This recent research was conducted to investigate the characteristics of lignite from organic geochemistry side using pyrolysis method of gas chromatography. This aim of the study is to analyze three important things such as the generated hydrocarbon gases, gas volume, and environmental setting. The gas product is called pyrolisat which generated during processing of pyrolysis that shown as chromatogram graph on computer screen which consist of group of short carbon chain (C_{1-4}), medium carbon chain (C_{5-14}), and long carbon chain ($>C_{15}$). The research result revealed that short carbon chain has dominant percentage (81,9%) than medium carbon chain (9,5%) or long carbon chain (8,6%). This condition indicates that coal sample consisted of various organic matter particularly methane which derived from land plants. Based on these research results, it can be conclude that organic matters were originally from terrestrial environmental setting.

Keywords: Hydrocarbon gases; pyrolysis; gas chromatograph.

How to Cite: Dwiantoro, M., Hariyadi, S., 2019. Studi Komponen Gas Hidrokarbon Batubara Menggunakan Metode Pirolisis Gas Kromatografi. *Jurnal Geomine*, 7(3): 171-177.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Article History:

Submite 18 Juli 2019

Received in from 20 Juli 2019

Accepted 29 Desember 2019

Lisense By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



PENDAHULUAN

Batubara merupakan energi fosil yang secara umum digunakan oleh pengguna domestik dan mancanegara sebagai bahan bakar untuk industri pembangkit listrik, semen, dan tekstil. Adapun usaha untuk melakukan konversi batubara menjadi energi lainnya telah dilakukan oleh para peneliti yaitu tentang: gasifikasi (Hardianto dkk., 2015), batubara cair (Umar dkk., 2007; Pratama dkk., 2018), *upgrade brown coal* (Umar dkk., 2006), *underground coal gasification* (Pratiwi, 2012; Purnama dan Huda, 2019), *coalbed methane* (Moore, 2012; Flores, 2014) dan potensi hidrokarbon batubara (Anggayana dkk., 2014; Dwiantoro, 2018). Hasil penelitian tersebut telah memunculkan beberapa cara alternatif lain di dalam meneliti batubara yang dapat digunakan sebagai energi terbarukan untuk mengantisipasi semakin menipisnya sumber energi fosil di Indonesia pada masa yang akan datang.

Seperti diketahui berdasarkan data Outlook Energi Indonesia (Dewan Energi Nasional, 2016) bahwa Indonesia sejak dari tahun 2012-2015 telah melakukan peningkatan penggunaan energi fosil sebesar 47%. Namun demikian, hasil penelitian para peneliti tersebut di atas sampai saat ini belum dapat dimanfaatkan secara langsung oleh pengguna baik masyarakat maupun kalangan industri. Penelitian yang telah dilakukan ini merupakan studi untuk menganalisis komponen gas hidrokarbon dari batubara menggunakan metode pirolisis yang telah banyak digunakan oleh para peneliti dari beberapa negara (Anggayana dkk., 2014; Jin dkk., 2019)

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan kajian awal untuk mendeteksi komponen gas hidrokarbon batubara dari hasil eksperimen pirolisis. Selain itu, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai data pendukung di dalam melakukan konversi batubara menjadi energi terbarukan khususnya gas hidrokarbon. Analisis secara detil tentang metode, hasil penelitian, dan pembahasan tertuang di dalam paragraf selanjutnya.

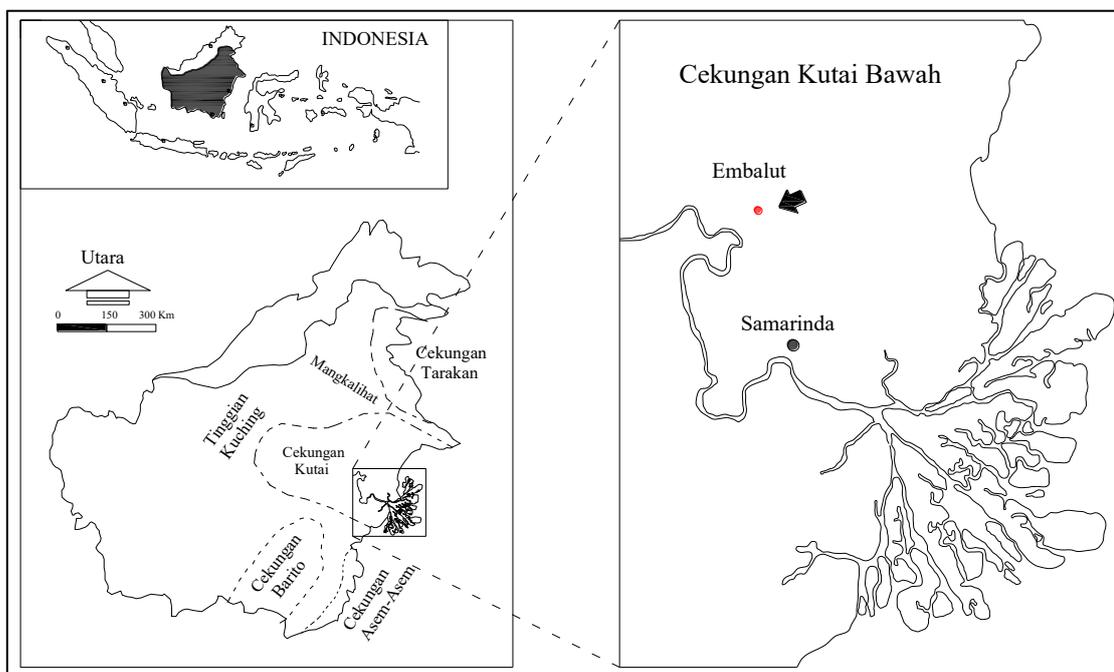
METODE PENELITIAN

Daerah penelitian terletak di Embalut-Tenggarong, Kalimantan Timur (Gambar 1). Material yang digunakan di dalam penelitian ini adalah sebuah sampel batubara yang memiliki nilai kalor 5747 Cal/g. Berdasarkan nilai kalor tersebut, maka sampel batubara ini dikategorikan berada pada peringkat bituminus (Stach dkk., 1982). Selanjutnya sampel tersebut dihaluskan dan lolos pada ayakan ukuran #200, kemudian ditimbang seberat 20 mg dan dimasukkan ke dalam botol gelas berkapasitas maksimum 50 mg sebagai tempat penyimpanan sampel. Selanjutnya sampel diteliti menggunakan metode pirolisis gas kromatografi. Metode tersebut sangat baik digunakan untuk mendeteksi komponen gas hidrokarbon yang terbentuk selama pirolisis berlangsung pada sampel batubara ataupun batuan sedimen lainnya yang mengandung material organik (Schenk dan Horsfield, 1998; Horsfield, 1990).

Instrumen pirolisis yang digunakan adalah Quantum MSSV-2 yang dikombinasikan dengan gas kromatografi Agilent 6890A. Sampel batubara berukuran halus sebanyak ± 5 mg dimasukkan ke dalam tabung gelas kapiler (panjang 26 mm dan memiliki diameter 3 mm di bagian dalamnya) secara perlahan-lahan menggunakan pinset. Sampel batubara sebanyak 5 mg tersebut tidak akan memenuhi isi ruang tabung gelas kapiler tersebut sehingga untuk menjaga kestabilan selama pirolisis berlangsung terhadap sampel batubara, maka ruang kosong pada bagian *top* dan *bottom* tabung gelas kapiler dimasukkan serat halus menyerupai kapas yang terbuat dari kuarsa. Serat kuarsa tersebut sebelumnya telah dibersihkan dengan cara dipanaskan pada suhu 630°C selama 30 menit.

Selanjutnya tabung gelas kapiler yang telah berisi sampel batubara dimasukkan ke dalam lubang injeksi yang terletak di bagian atas dari alat Agilent 6890A. Kemudian menekan tuas untuk mengalirkan gas helium ke sampel batubara pada rentang suhu <300°C/10 menit.

Gas helium merupakan *carrier gas* yang berfungsi sebagai pembawa gas hidrokarbon hasil pirolisis menuju detektor. Selanjutnya tabung kapiler gelas tersebut ditekan sampai pecah menggunakan alat penekan yang telah terpasang di area injeksi sehingga gas hidrokarbon yang keluar akan dialirkan oleh helium menuju ke detektor FID (*Flame Ionisation Detector*). Selama perjalanan gas hidrokarbon menuju ke detektor inilah kemudian dilakukan pirolisis *non-isothermal* pada rentang suhu (300°C-600°C) selama 3 menit. Gas hasil pirolisis kemudian ditangkap oleh cairan dingin nitrogen (180°C) yang tersimpan di dalam sebuah tabung alumunium yang terletak di dalam ruang oven pada alat Agilent 6890A. Cairan dingin ini berfungsi untuk menjebak gas yang terbentuk selama pirolisis yang dikenal sebagai jebakan *cyrogenic* (*cyrogenic trap*). Selanjutnya gas yang terjebak di *cyrogenic trap* tersebut akan dibebaskan secara balistik pada suhu oven yang telah diatur (30°C-320°C) dengan laju pemanasan 8°C/menit menuju detektor FID melalui kolom kapiler melingkar yang terbuat dari *dimethyl poly siloxane* (HP-Ultra; panjang 50 cm, diameter inner 0,32 mm, dan ketebalan film 0,53 µm).



Gambar 1. Lokasi penelitian terletak di Embalut – Tenggarong, Kalimantan Timur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pirolisis yang telah dilakukan pada sampel batubara menghasilkan produk berupa pirolisat yang secara visual dapat terlihat di layar komputer seiring dengan berakhirnya waktu pemanasan (*retention time*) yaitu berupa grafik kromatogram. Uji pirolisis ini bertujuan untuk menganalisis komponen hidrokarbon secara detil selama pirolisis berlangsung. Selanjutnya berdasarkan kromatogram tersebut, maka luasan (% area) setiap komponen hidrokarbon dapat dihitung dan kemudian digunakan untuk menentukan lingkungan pengendapan terbentuknya gas hidrokarbon.

Standar Eksternal

Standar eksternal yang digunakan di dalam penelitian ini adalah n-butana (berupa bubuk sangat halus berukuran #200) yang harus dipirolisis terlebih dahulu sebelum sampel batubara dipirolisis. Standar eksternal ini digunakan sebagai panduan di dalam menentukan nama-nama komponen hidrokarbon yang terbentuk selama pirolisis dilakukan. Grafik kromatogram n-butana akan muncul pada rentang menit ke 12,8 sampai 13,0. Adapun perangkat lunak yang digunakan untuk menampilkan grafik dan menghitung luasan (% area) setiap komponen gas hidrokarbon adalah *Agilent Chem-Station*.

Variasi Komponen Gas Hidrokarbon

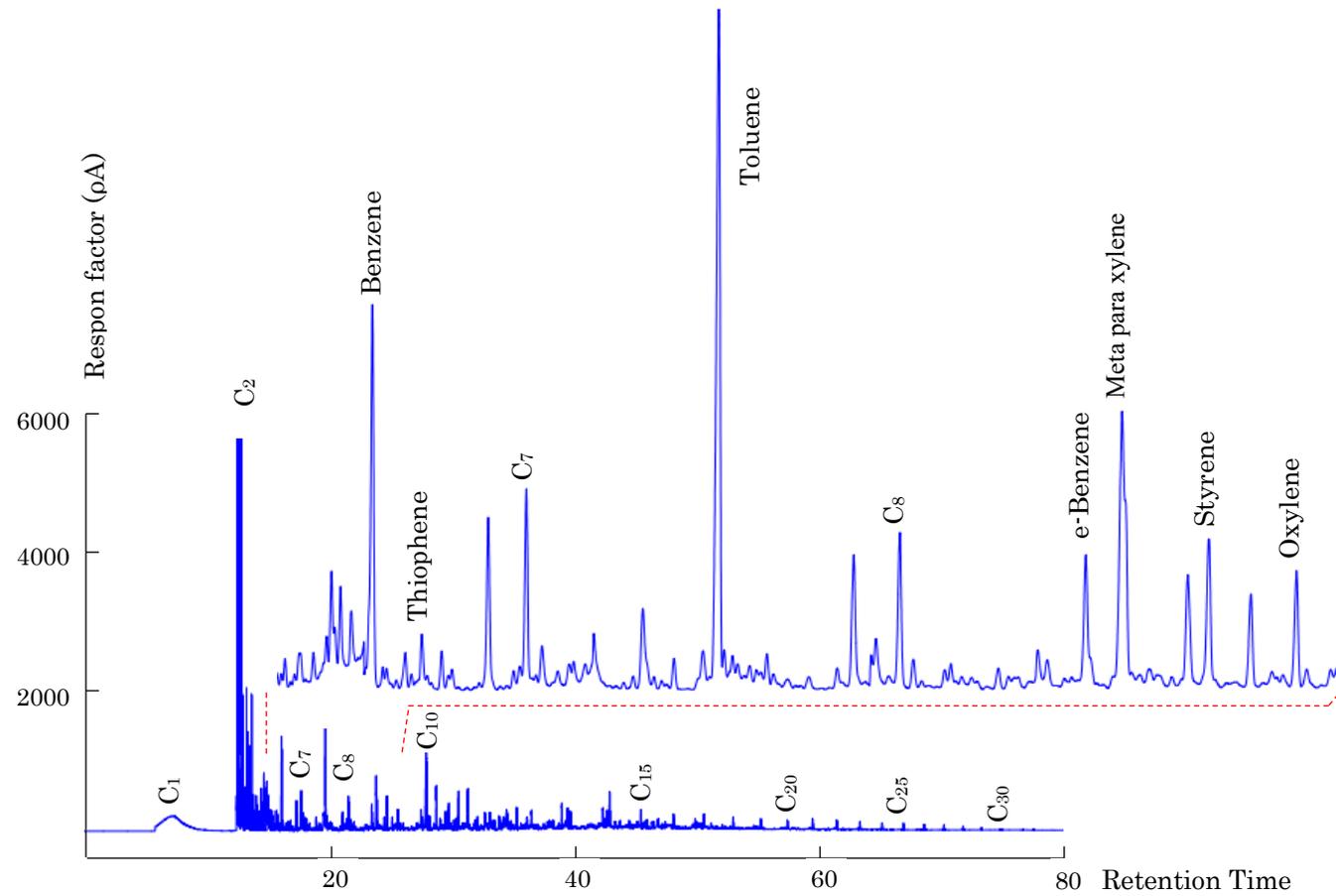
Hidrokarbon merupakan senyawa sederhana yang tersusun oleh unsur karbon dan hidrogen. Contoh senyawa hidrokarbon yang paling sederhana adalah metana (CH_4) yang tersusun oleh unsur C dan H yang mana empat unsur H mengikat satu unsur C. Hasil penelitian menunjukkan hadirnya hidrokarbon alifatik yang meliputi unsur C_1 - C_{10} (memiliki rantai karbon lurus, bercabang, dan melingkar) dan hidrokarbon aromatik (rantainya memiliki cincin atom karbon yang sangat stabil).

Grafik kromatogram yang dihasilkan menunjukkan distribusi komponen hidrokarbon dan karakter visual material organik yang terbentuk selama pirolisis berlangsung. Distribusi komponen hidrokarbon tersebut memiliki struktur visual sangat heterogen yang menunjukkan bahwa sampel batubara yang diuji terbentuk oleh material organik yang beragam. Gas hidrokarbon yang muncul pertama kali pada grafik kromatogram adalah metana (C_1) karena memiliki titik didih yang paling rendah dibandingkan komponen hidrokarbon lainnya. Selanjutnya akan diikuti oleh munculnya komponen gas hidrokarbon lainnya seperti C_2 , C_3 , C_4 , dan seterusnya sampai dengan C_{30} yang muncul pada menit ke 76-80. Komponen hidrokarbon pada grafik kromatografi dapat dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan titik didihnya yaitu karbon rantai pendek (C_1 - C_5), karbon rantai menengah (C_6 - C_{14}), dan karbon rantai panjang ($>\text{C}_{15}$) (Horsfield, 1990).

Tampak bahwa kromatogram (Gambar 2) tersusun oleh senyawa alkana (C_1 /metana), alifatik rantai pendek (C_2 /Etana, C_3 /Propana, C_4 /Butana, dan C_5 /Pentana), aromatik (benzene, toluene, phenol, dan naphthalene), alifatik rantai menengah (C_6 - C_{14}), dan alifatik rantai panjang ($>\text{C}_{15}$). Kenampakan secara visual pada kromatogram menunjukkan bahwa metana (C_1) sangat mendominasi dibandingkan komponen hidrokarbon lainnya.

Persentase Komponen Hidrokarbon

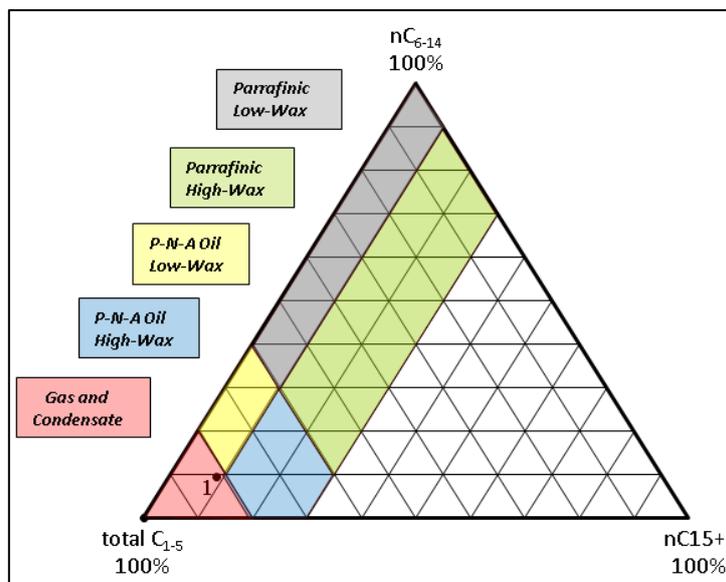
Komponen rantai pendek (C_1 - C_5) memiliki persentase luasan area yang lebih besar yaitu 81,9% jika dibandingkan terhadap rantai karbon menengah (C_6 - C_{14}) sebesar 9,5% maupun rantai karbon panjang ($>\text{C}_{15}$) sebesar 8,6%. Berdasarkan luasan area kelompok komponen tersebut nantinya dapat ditentukan lingkungan pengendapan terbentuknya gas hidrokarbon. Komponen hidrokarbon yang terbentuk, secara berurutan didominasi oleh metana (C_1), alifatik rantai pendek (C_2 - C_5), aromatik (benzena, toluena, fenol, dan naftalena), alifatik rantai menengah (C_6 - C_{14}), dan alifatik rantai panjang ($>\text{C}_{15}$). Sehingga metode ini sangat detil dalam menganalisis komponen hidrokarbon pada contoh batubara yang diuji.



Gambar 2. Kromatogram gas hidrokarbon batubara dari hasil uji pirolisis

Lingkungan Pengendapan Terbentuknya Gas Hidrokarbon

Berdasarkan kromatogram dari hasil pirolisis yang telah dilakukan, maka dapat ditentukan lingkungan pengendapan terbentuknya gas hidrokarbon dari batuan induknya. Penentuan lingkungan pengendapan yaitu berdasarkan distribusi komponen hidrokarbon (% area) pada tiga kelompok komponen yaitu rantai pendek (C_{1-5}), menengah (C_{6-14}) dan panjang ($>C_{15}$). Penentuan lingkungan pengendapan dilakukan menggunakan diagram segitiga (Horsfield, 1990) yang menggambarkan distribusi ketiga komponen tersebut seperti terlihat pada Gambar 2. Berdasarkan plot dari luasan persentase masing-masing kelompok tersebut di atas, terlihat bahwa gas hidrokarbon terletak pada area *Gas and Condensate* sebagai sumber gas yang didominasi oleh unsur rantai karbon pendek terutama metana (C_1). Tingginya dominasi oleh unsur rantai karbon pendek, terutama metana (C_1) dikarenakan batubara tersusun secara umum oleh material organik dari grup maseral vitrinite yang berasal dari tanaman darat (Moore, 2012; Flores, 2014).



Gambar 3. Berdasarkan konsentrasi kelompok rantai karbon menunjukkan bahwa gas hidrokarbon berada pada area *gas and condensate* pada lingkungan darat

KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan memberikan hasil studi berupa analisis komponen gas hidrokarbon menggunakan metode pirolisis gas kromatografi. Komponen gas yang terbentuk sangat bervariasi yang dapat dikelompokkan menjadi rantai karbon pendek (C_1-C_5), rantai karbon menengah (C_6-C_{14}), dan rantai karbon panjang (C_{15+}). Komponen gas hidrokarbon yang sangat mendominasi adalah kelompok karbon rantai pendek terutama gas metana (C_1). Selanjutnya berdasarkan luasan (%area) dan penggambaran pada diagram segitiga, menunjukkan bahwa batubara yang diteliti terletak pada area *gas* dan *condensate* sebagai sumber gas khususnya metana (C_1) yang terbentuk pada lingkungan pengendapan darat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Kemenristekdikti atas hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun 2019, Sumargyanto dan Samsul Rizal dari PT Kitadin di Embalut-Tenggarong Seberang atas berkenannya di dalam pengambilan sampel batubara.

PUSTAKA

- Anggayana, K., Dwiantoro, M., dan Widayat, A.H. 2014. *Hydrocarbon Generation Potential of Indonesia Coals from the Viewpoints of Organic Petrology and Geochemistry* (pp.99-104). CINEST. Fukuoka, Japan. Kyushu University.
- Dwiantoro, M., 2018. *An Initial Study to Investigate Generating Hydrocarbon Potential of Tertiary Coals from Balikpapan and Pulubalang Formations in Lower Kutai Basin East Kalimantan*. Conferences Series Earth and Environmental Science. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 212, No. 1, p. 01 2018). IOP Publishing.
- Dewan Energi Nasional. 2016. *Outlook Energi Indonesia 2016*.
- Flores, R.M. 2014. *Coal and Coalbed Gas: Fueling the future*. Waltham USA.
- Hardianto, T., Amelia, A.R., Suwono, A., dan Riauwindu, P. 2015. *Study of Indonesia Low Rank Coal Utilization Modified Fixed Bed Gasification for Combined Cycle Power Plant. 7th International Conference on Cooling and Heating Technologies*. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 88, No. 1, p. 012042). IOP Publishing.
- Horsfield, B. 1990. *Evaluating Kerogen Type According to Source Quality, Compositional Heterogeneity and Thermal Lability. Review of Palaeobotany and Palynology*, 65(1-4), pp.357-365.
- Jin, L., Zhao, H., Wang, M., Wei, B., dan Hu, H. 2019. *Effect of Temperature and Simulated Coal Gas Composition on Tar Production during Pyrolysis of a Subbituminous Coal*. Fuel, 241, pp.1129-1137.
- Moore, T.A., 2012. *Coalbed Methane: a review. International Journal of Coal Geology*, 101, pp.36-81.
- Pratama, F.R., Solihin, dan Sriyanti. 2018. *Kajian Pembuatan Coal Water Mixture dari Batubara Sorong Sebelum dan Sesudah Upgrading* (pp. 80-86). Bandung, Indonesia: Teknik Pertambangan UNISBA.
- Pratiwi, R. 2012. *Underground Coal Gasification: a Safe, Secure and Clean Unconventional Gas Technology for Development in Indonesia*. Jakarta, Indonesia: Prosiding Indonesian Petroleum Association, 12-SG-053
- Purnama A.B. dan Huda M., 2019. *A Preliminary Study of Indonesian Coal Basins for Underground Coal Gasification Development*. Indonesian Mining Journal, 22(1), pp.61-76.
- Schenk, H.J. dan Horsfield, B., 1998. *Using natural maturation series to evaluate the utility of parallel reaction kinetics models: an investigation of Toarcian shales and Carboniferous coals, Germany. Organic Geochemistry*, 29(1-3), pp.137-154.
- Stach, E., Mackowsky, M., Teichmuller, M., Taylor, G.H., Chandra, D., dan Teichmuller, R. 1982. *Stach's Textbook of Coal Petrology*. Gebruder Borntraeger, Stuttgart.
- Umar, D.F., Usui, H., Daulay, B., Rijwan, I., dan Sodikin, I. 2006. *Chemical and Physical Properties of Upgraded Brown Coal*. Indonesia Mining Journal, 9(3), pp.1-8.
- Umar, D.F., Daulay, B., Usui, H., dan Komoda, Y. 2007. *Effect of Coal Upgrading on Rheology of Coal Water Mixture*. Indonesian Mining Journal, 10(3), pp.13-17.