
PENGARUH KADAR AIR TERHADAP PROSES PENCAIRAN DAN PRODUK MINYAK BATUBARA

Harli Talla¹ & Herman Tjoleng Taba²

¹) Jurusan Teknik Pertambangan

²) Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri dan Kebumihan, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Jl. Raya Sentani, Padang Bulan. Jayapura 99351

Email: talla_harli@yahoo.com

INTISARI

Pencairan batubara merupakan teknologi pemanfaatan batubara yang dapat menggantikan peran minyak bumi di masa depan. Proses pencairan batubara dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti karakteristik batubara, kondisi operasional, pelarut dan katalis. Komposisi kimia batubara, komposisi mineral, zat terbang dan kadar air merupakan komponen karakteristik batubara yang berpengaruh terhadap peningkatan konversi dan perolehan minyak. Fokus penelitian ini adalah pengaruh kadar air terhadap proses dan hasil pencairan yang dilakukan pada otoklaf berkapasitas 5 liter dengan suhu 400°C. Pengamatan proses pencairan menunjukkan peningkatan tekanan dengan cepat pada pencairan batubara lignit, sebaliknya tekanan reaksi pada pencairan batubara subbituminus dan bituminus cenderung stabil. Data hasil pencairan memperlihatkan bahwa batubara Papua dengan kadar air tinggi menghasilkan konversi tinggi mencapai 88,97 % dan perolehan minyak sebesar 63,34 %, sedangkan batubara Kutai 1 & 2 yang memiliki kadar air rendah menghasilkan konversi rendah masing-masing sebesar 84,79 % dan 78,67 % serta perolehan minyak masing-masing sebesar 60,98 % dan 62,83 %.

Kata kunci: Batubara, pencairan, kadar air, proses, minyak.

ABSTRACT

Coal liquefaction is the technology of coal utilization that can replace the role of petroleum in the future. Coal liquefaction process is influenced by factors such as coal characteristics, operating conditions, solvents and catalysts. The chemical composition of coal, mineral composition, volatile matter and moisture content is component of coal characteristics that take effect to increased the conversion and yield. The focus of study was the effect of water content to the process and the liquefaction results conducted in an autoclave with 5 liters capacity with temperature is 400°C. Observation of the liquefaction process showed an increase in pressure quickly on lignite coal liquefaction, conversely the reaction pressure on liquefaction of bituminous coal and subbituminus tends to stabilize. Liquefaction results show that Papua Coal with high moisture produces high conversion reached 88.97 % and oil yield of 63.34%, whereas the Kutai Coal 1 & 2, which has a low moisture content also resulting low conversion each by 84.79% and 78.67%, and oil yield respectively 60.98% and 62.83%.

Keywords: Coal, liquefaction, moisture content, process, oil.

1. PENDAHULUAN

Mengantisipasi cadangan minyak bumi Indonesia yang semakin menipis dan solusi cerdas untuk meningkatkan nilai tambah batubara maka sudah saatnya pemerintah menggagas kembali pembangunan pabrik pencairan batubara di Indonesia. Pencairan batubara adalah konversi batubara menjadi bahan bakar cair. Proses pencairan batubara dipengaruhi oleh beragam faktor, salah satunya adalah kadar air (*moisture*). Kadar air pada batubara terdiri dari kadar air bawaan (*inherent moisture*) dan kadar air permukaan yang berasal proses penambangan dan pencucian batubara (*surface moisture*). Jumlah kedua jenis air inilah yang disebut kadar air total (*total moisture*). Kadar air biasanya memberikan pengaruh negatif pada pencairan batubara yang berakibat pada gagalnya proses pencairan, khususnya batubara peringkat rendah yang rata-rata memiliki kadar air lebih banyak dibandingkan dengan batubara peringkat tinggi.

Kadar air tinggi pada batubara dapat diatasi saat penanganan dengan proses pengovenan atau pengeringan pada suhu 100-110°C selama 60 menit, namun pada penelitian ini sengaja tidak dilakukan pengeringan kadar air batubara agar pengaruh kadar air dapat teramati dengan baik. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis pengaruh kadar air terhadap proses dan hasil pencairan batubara. Kebaruan riset ini yaitu sampel batubara yang digunakan berasal dari dua cekungan besar di Indonesia yang memiliki peringkat dan kadar air yang berbeda.

Pengaruh kadar air terhadap hasil pencairan telah dilaporkan peneliti seperti Miao et al., (2017) pencairan batubara superkritis dengan katalis Ru/C merupakan cara yang efektif untuk pencairan batubara yang memiliki kadar air atau

kelembaban tinggi dan menghasilkan bahan bakar berkualitas tinggi.

Simsek et al., (2010) meneliti kadar air hubungannya dengan rasio Solvent/Coal, menjelaskan besarnya pengaruh kadar air terhadap peningkatan konversi. Vasireddy et al., (2011) yang menghasilkan bahan bakar cair bersih dari pencairan batubara langsung menjumpai adanya pengaruh air terhadap peningkatan kadar hidrogen yang berguna untuk proses hidrogenasi. Yu et al., (2013) kandungan air yang tinggi berpengaruh kuat pada pemanfaatannya termasuk pirolisis, gasifikasi dan perolisis. Alrashdan (2012) menguji pengaruh air bebas pada batubara lignit terhadap hasil konversi dan perolehan produk. Luo et al., (2011) hidrogen aktif pada proses hidrogenasi terutama berasal dari batubara sendiri. Chen et al., (2012) pencairan alga dengan pelarut etanol+air menyimpulkan bahwa terdapat efek sinergis pada pencairan alga *dunaliella tertiolecta*.

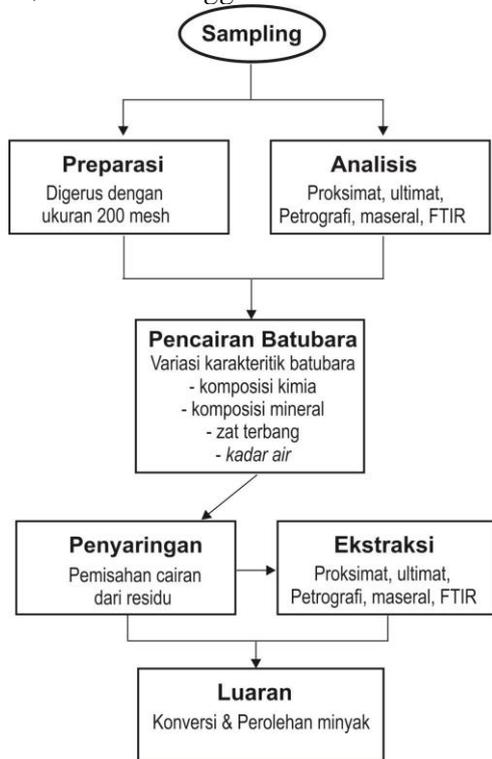
2. METODOLOGI PENELITIAN

Pengambilan sampel batubara dilakukan ditiga lokasi berbeda, yaitu: a). Batubara peringkat rendah (lignit) berasal dari Cekungan Papua Utara (kode = Papua coal); b). Batubara peringkat menengah (subbituminus A) dari Cekungan Kutai (kode = Kutai coal 1); c). Batubara peringkat tinggi (bituminus) dari Cekungan Kutai (kode = Kutai coal 2). Pelarut yang digunakan adalah antrasen yang berasal dari hasil pencairan batubara yang Indonesia yang telah ditingkatkan kadar hidrogennya. Katalis yang digunakan yaitu paladium-alumia (Pd/Al₂O₃). Diaram alir penelitian terlihat pada Gambar 1.

Peralatan utama pencairan batubara adalah otoklaf berkapasitas 5 liter (Gambar 2). Peralatan pendukung terdiri dari pompa isap, penyarin, kasa serta seperangkat alat ekstraksi. Alat yang digunakan untuk menguji gas hasil pencairan adalah orzat

analiser. Suhu operasi yang diterapkan 400°C, waktu tunggu 60 menit dan rasio

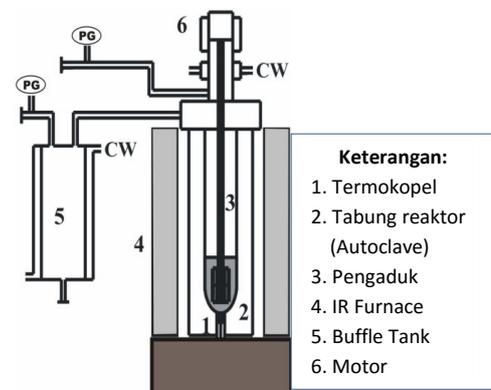
S/C (solven/coal) 5 : 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Metode pencairan batubara yang digunakan adalah metode langsung dengan skema pengujian laboratorium seperti yang terlihat pada Gambar 3. Cara kerja pengujian pencairan batubara diawali dengan penggerusan sampel batubara hingga berukuran 200 mesh, selanjutnya batubara, pelarut antrasen dan katalis palladium-alumina dicampur dan dimasukkan dalam reaktor lalu dipanaskan sesuai suhu yang telah ditentukan (400°C), saat reaksi pemanasan berlangsung suhu akan terus meningkat (suhu naik konstan).

Setelah mencapai suhu target yang ditentukan. Suhu kemudian dipertahankan selama satu jam (waktu reaksi). Akhirnya reaktor distop, setelah suhu mendingin, kran-kran gas dilepas untuk mengeluarkan gas dari otoklaf. Batubara cair dikeluarkan dan selanjutnya disaring menggunakan kasa dan pompa penyedot. Residu hasil pencairan juga diekstraksi menggunakan toluen untuk memisahkan minyak pada residu dan menghitung konversi total.



Gambar 2. Otoklaf dan komponennya

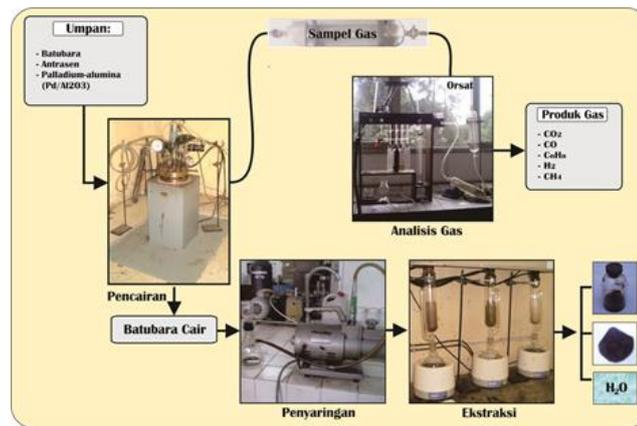
Konversi dan perolehan minyak dihitung dengan persamaan Mochida (1992), yaitu:

$$Conv. (\%) = \frac{\text{batubara} - \text{residu (daf)}}{\text{batubara (daf)}} \times 100$$

$$Yield (\%) = \frac{\text{batubara} - \text{minyak (daf)}}{\text{batubara (daf)}} \times 100$$

Keterangan:

conv. = Konversi (%)
yield = Perolehan minyak (%)
daf = Dried ash free (%)

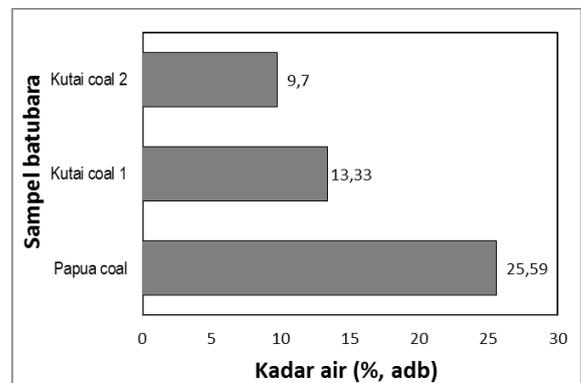


Gambar 3. Skema pengujian pencairan batubara

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data analisis proksimat dan ultimat memperlihatkan karakteristik yang berbeda dari ketiga sampel batubara yang digunakan (Tabel 1). Sampel batubara Papua (*Papua coal*) memiliki kadar air sangat tinggi mencapai 25,59 % adb hidrogen juga tinggi mencapai 5,93 % adb dan oksigen sebesar 37,35 % adb serta rasio H/C sangat tinggi mencapai 1,4.

Batubara Kutai 1 (Kutai coal 1) yang merupakan batubara peringkat menengah memiliki kadar air hanya sebesar 16,04 % adb. Hidrogen sebesar 5,24 % adb, oksigen 23,69 % adb dan rasio H/C 0,9. Sebaliknya, batubara Kutai 2 (Kutai coal 2) mempunyai kadar air rendah hanya sebesar 9,70 % adb. Hidrogen juga rendah sebesar 5,07 % adb, oksigen hanya 17,61 % adb dan rasio H/C 0,8. Peningkatan kadar air (*moisture content*) selaras dengan peningkatan peringkat batubara. Karakteristik batubara terutama kadar air dapat dilihat pada Gambar 4 & Tabel 1.



Gambar 4. Kadar air dari sampel batubara

Batubara Papua yang memiliki kadar air tinggi, masih berpotensi mendapatkan tambahan kadar air dari reaksi antara unsur hidrogen dengan oksigen yang membentuk air (H_2O), karena kandungan kedua unsur ini pada batubara Papua sangat tinggi. Reaksi pembentukan air dapat terjadi melalui dua cara, yaitu:

- Reaksi 1: $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$
- Reaksi 2: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

Reaksi ini memperlihatkan semakin tinggi kadar air total batubara Papua karena kandungan hidrogen dan oksigen tinggi.

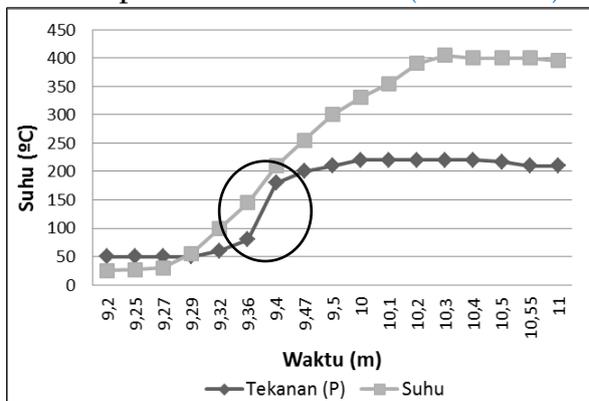
Tabel 1. Karakteristik sampel batubara

Sampel	Analisis ultimat						Analisis Proksimat			
	C	H	N	S	O	H/C	Mst	Ash	VM	FC
Papua coal	48,79	5,93	0,96	3,56	37,35	1,4	25,59	3,41	41,40	29,60
Kutai coal 1	64,78	5,24	1,27	1,93	23,69	0,9	16,04	3,09	39,06	41,81
Kutai coal 2	72,41	5,07	1,32	2,17	17,61	0,8	9,70	1,42	32,77	56,11

SCPU (Sampel Cekungan Papua Utara); SK1 (Sampel Kutai 1 & 2); C (Carbon),

H (Hydrogen); N (Nitrogen); S (Sulfur); O (Oxygen); H/C (Ratio Hydrogen/Carbon);
Mst (Moisture); Ash (Abu) dan VM (Volatile Matter)

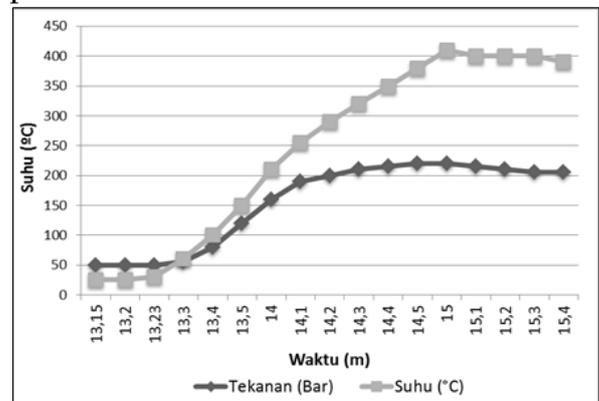
Pengamatan terhadap proses pencairan batubara terlihat adanya perbedaan pergerakan tekanan pada reaksi pencairan batubara. Tekanan reaksi pada pencairan batubara Papua terlihat tidak teratur peningkatannya dibandingkan dengan batubara Kutai, pada suhu 100°C terlihat tekanan meningkat dengan tajam dari 70 MPa naik menjadi 180 MPa pada suhu 210°C, selanjutnya kondisi tekanan terlihat konstan pada suhu 200-250°C (Gambar 5).



Gambar 5. Grafik suhu dan tekanan pada reaksi batubara Papua

Data hasil pencairan batubara yang disajikan pada Tabel 2, memperlihatkan hasil konversi dan perolehan minyak yang berbeda dari ketiga sampel. Batubara Papua (peringkat lignit) yang memiliki kadar air tinggi menghasilkan konversi sangat tinggi mencapai 88,97 % dan perolehan minyak 63,34 %. Kondisi berbeda terjadi pada batubara Kutai 1 (subbituminus) yang memiliki kadar air medium justru menghasilkan konversi yang rendah sebesar 84,79 % dan perolehan minyak hanya 60,98 %. Sedangkan batubara Kutai 2 (bituminus) yang memiliki kadar air rendah juga memiliki konversi rendah hanya sebesar 78,67 %, namun perolehan minyak yang dihasilkan justru sangat tinggi mencapai 62,83 % (Gambar 7 & 8). Hal ini karena kadar air

Menurut Talla et al., (2013) kandungan air mempengaruhi proses pencairan, dimana tekanan dalam otoklaf menjadi lebih besar karena adanya uap air. Kondisi berbeda terjadi pada pencairan batubara Kutai 1 & 2 (Gambar 6), terlihat tekanan reaksi mengalami kenaikan secara normal seiring meningkatnya suhu reaksi. Kondisi reaksi dimana peningkatan suhu seiring dengan peningkatan tekanan reaksi sangat baik untuk keberlangsungan proses pencairan.



Gambar 6. Grafik suhu dan tekanan pada reaksi batubara Kutai

tinggi berkorelasi dengan kekerasan batuan, dan tingkat kekerasan berhubungan dengan tingkat kelarutan, semakin lunak batubara maka tingkat solubilitasnya semakin tinggi. Menurut Simsek et al., (2010) konversi, perolehan tetrahidrofuran (THF) dan minyak meningkat dengan meningkatnya kadar air

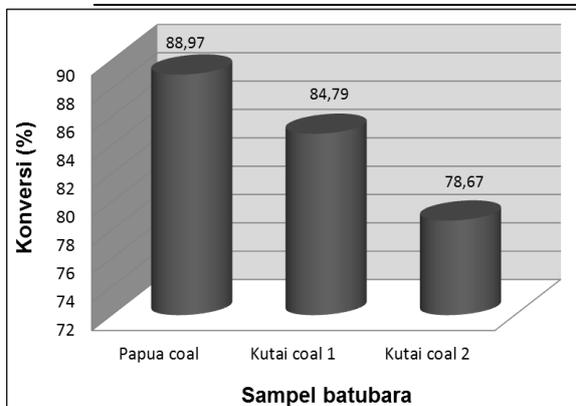
Rendahnya konversi dan perolehan minyak batubara peringkat menengah dan tinggi (batubara Kutai 1 & 2) pada kasus ini juga berhubungan dengan kandungan hidrogen dan oksigen serta struktur kimia ketiga sampel. Kandungan hidrogen tinggi merupakan jaminan suksesnya proses pencairan, karena reaksi pencairan batubara sesungguhnya merupakan reaksi donor hidrogen dari pelarut dan gas H₂ ke dalam struktur batubara. Menurut

Rahman et al., (2015) peningkatan konversi seiring dengan peningkatan *cracking* dan transfer hidrogen ke batubara. Peran oksigen dan struktur hidrokarbon sangat berbungan dengan mudah tidaknya batubara mengalami pemutusan struktur, komposisi struktur alifatik dengan ikatan oksigen akan mudah putus ketika diberi

panas dan tekanan yang tinggi. Rasio H/C juga memberikan pengaruh besar terhadap peningkatan perolehan minyak batubara peringkat rendah. Menurut Vasireddy (2011) pencairan langsung adalah mengkonversi batubara padat menjadi bahan bakar cair dengan menambahkan hidrogen pada suhu dan tekanan tinggi.

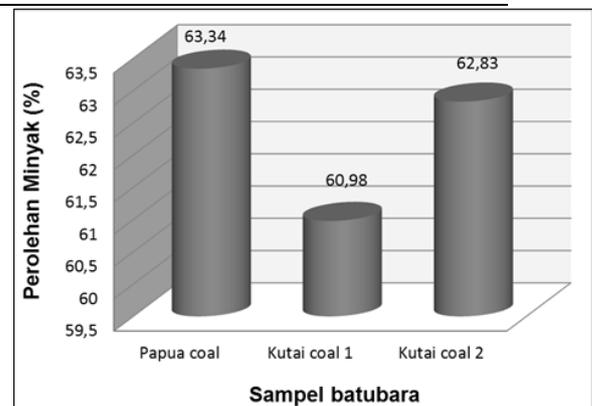
Tabel 2. Hasil pencairan batubara

Batubara	Kondisi Operasi			Konversi (%)	Minyak (%)
	WT (m)	Rasio S/C	Suhu (°C)		
Papua coal	60	5 : 1	400	88,97	63,34
Kutai coal 1	60	5 : 1	400	84,79	60,98
Kutai coal 2	60	5 : 1	400	78,67	62,83



Gambar 7. Konversi pada suhu 400°C

Walaupun kadar air tinggi akan meningkatkan tekanan dalam otoklaf secara tidak normal karena adanya tekanan uap air, namun kondisi ini masih bisa diatasi pada saat penanganan dengan cara pengovenan atau pengeringan pada suhu 100-110°C selama 60 menit (Talla et al., 2016). Faktanya bahwa pencairan batubara berkadar air tinggi (*low rank coal*) rata-rata terkonversi maksimal pada suhu rendah (400°C) dengan hasil konversi yang tinggi dan total waktu reaksi lebih pendek, sehingga pemakaian energi lebih sedikit dibandingkan batubara peringkat tinggi (berkadar air rendah) akan memerlukan energi lebih besar untuk proses perengkahan karena strukturnya kompak dan tidak mudah larut (Talla, 2016).



Gambar 8. Perolehan minyak pada suhu 400°C

Pergerakan tekanan secara tiba-tiba pada otoklaf harus diperhatikan dengan cermat, karena hal ini dapat menimbulkan ledakkan ketika ada kebocoran pada otoklaf. Uji kebocoran otoklaf sebelum runing harus dilakukan dengan teliti.

4. KESIMPULAN

Batubara Papua yang memiliki kadar air tinggi menghasilkan konversi dan perolehan minyak yang lebih banyak karena tingkat solubilitinya lebih baik, kondisi ini didukung dengan kandungan hidrogen tinggi dan didominasi oleh struktur hidrokarbon alifatik dengan ikatan oksigen.

Batubara Kutai 1 & 2 (peringkat menengah dan tinggi) berkadar air rendah

memiliki tingkat kelarutan yang kurang baik, kadar hidrogen minim dan struktur hidrokarbon cenderung lebih aromatik dan kompak.

DAFTAR PUSTAKA

- Akash, B.A., 2013. *Thermochemical Liquefaction of Coal*. International Journal of Thermal & Environmental Engineering, Vol. 5, No. 1, pp. 51-60.
- Alrashdan, M., 2012. *Catalytic Hydro-Liquefaction Of Lignite Coals Under Mild Conditions*. Dissertation, University Of Texas. 97 p.
- Chen, Y., Wu, P., Zhang, D., Hua, M., Yang, C., Li, Z., Chen and Liu, J., 2012. *Direct liquefaction of Dunaliella tertiolecta for bio-oil in sub/supercritical ethanol-water*, Bioresour. Technol. 124, pp. 190–198.
- Luo, H.F., Ling, K.C., Zhang, W.S., 2011. *Role of Hydrogen for Quick Coal Liquefaction at High Temperature*. Advanced Materials Research, Vols. 233-235, pp. 888-891.
- Miao, R., Zhang, Q., Shi, Y., Gu, J., Ning, P., Guan, Q., 2017. *Liquefaction of Lignite with a Ru/C Catalyst in Supercritical Ethanol*. Royal Society of Chemistry. RSC Adv.7,pp. 5402-5411.
- Rahman, M., Adesanwo, T., Gupta, R., deKlerk, A., 2015. *Effect of Direct Coal Liquefaction Conditions on Coal Liquid Quality*. Energy Fuels, 29 (6), pp. 3649-3657.
- Simsek, E.H., Karaduman, A & Togrul, T., 2010. *The Effect of Moisture on the Liquefaction of Some Turkish Coals in Tetralin with Microwave Energy*. Journal Energy Sources, Vol. 24, Iss. 7, pp. 675-684.
- Talla, H., Amijaya, D.H., Harijoko, A., dan Huda, M., 2013. *Karakteristik Batubara dan Pengaruhnya terhadap Proses Pencairan*. Reaktor, Vol. 14 No. 4, pp. 267-271.
- Talla. H., 2016. *Pengaruh Karakteristik Batubara Terhadap Hasil Konversi dan Perolehan Minyak pada Pencairan Batubara Langsung Batubara Asal Formasi Unk (Cekungan Papua Utara), Formasi Balikpapan dan Formasi Pulau Balang (Cekungan Kutai)*. Disertasi, Universitas Gadjah Mada, 310 hal.
- Vasireddy, S., Morreale, B., Cugini, A., Song, C., and Spivey, J.J., 2011. *Clean liquid fuels from direct coal liquefaction: chemistry, catalysis, technological status and challenges*. Energy Environ. Sci.,4, pp. 311-345.
- Yu, J., Han, Y., Tahmasebi, A., li, X., 2013. *A review on water in low rank coals: The existence, interaction with coal structure and effects on coal utilization*. Fuel Processing Technology 106:9–20, pp. 9-20.