

KAJIAN INTRUSI ANDESITE TERHADAP RANK BATUBARA BERDASAR ANALISIS REFLEKTAN VITRINITE, DAERAH MUARA WAHAU, KUTAI TIMUR, KALIMANTAN TIMUR

Basuki Rahmad¹, Dwi Fitri Yudiantoro¹, Ganef Harjanto², Murodi Yunus³

¹ Teknik Geologi, FTM, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

² PT. Persada Multi Bara

³ PT. Bhakti Energi Persada

Corresponding author: basukirahmad@upnyk.ac.id

ABSTRAK: Penelitian ini akan membahas pengaruh intrusi andesit terhadap rank/peringkat batubara. Keterdapatannya intrusi batuan beku andesit di daerah Muara Wahau merupakan bagian dari Jalur Vulkanik Sintang yang berumur sama dengan Formasi Wahau yaitu Miosen Awal-Tengah. Rank/peringkat batubara merupakan petunjuk tingkat kematangan batubara sebagai fungsi dari panas/temperatur dan tekanan. Hal ini berkaitan dengan proses penimbunan selama diagenesa batuan sedimen pembawa batubara atau temperatur panas yang berasal dari intrusi batuan beku selama proses pembatubaraan berlangsung. Vitrinite merupakan maseral atau komponen organik terbanyak (lebih dari 75 %) penyusun batubara. Vitrinite berasal dari selulosa, ciri mikroskopisnya adalah peka terhadap sinar putih (sinar reflektan). Semakin tinggi rank/peringkat atau semakin matang suatu batubara maka pantulan vitrinitenya semakin terang.

Hasil pengamatan sayatan tipis batuan penamaan batuan beku intrusi adalah *altered basaltic andesite*, sedangkan data efek bakar tidak ditemukan di sekitar intrusi batuan beku tersebut.

Sample batubara diambil langsung dari inti bor GT-02 dengan metode ply by ply sejumlah 21 sample dari 2 seam batubara yaitu seam-1 (9 sample) dan seam-2 (12 sample). Hasil analisa nilai reflektan vitrinite (Rv random) Batubara Seam-1 berkisar 0,42-0,48 dan Seam-2 berkisar 0,44-0,45 termasuk peringkat/rank subbituminus. Berdasarkan penggambaran histogram dari 2 seam tersebut mulai dari bawah ke atas ternyata tidak diperoleh perubahan Rv secara mencolok. Berdasarkan data tersebut membuktikan bahwa fungsi panas dari intrusi andesit tidak selalu berpengaruh terhadap pematangan batubara. Hal ini disebabkan dapur magma batuan andesit basaltik terletak di kedalaman yang relatif dangkal dan sifat magma yang encer pada temperatur yang rendah 100°C-150°C. Dengan demikian pengaruh panas dari intrusi batuan beku andesit tersebut terhadap batuan di sekitarnya sangat kecil atau tidak ada.

Kata kunci: intrusi, magma, suhu, vitrinite, rank, kematangan.

Abstract: This research will discuss the effect of andesite intrusion on coal rank. The presence of andesite igneous rock intrusion in the Muara Wahau area is part of the Sintang Volcanic Line which is the same age as the Wahau Formation, namely Early-Middle Miocene. Coal rank is an indication of coal maturity level as a function of heat/temperature and pressure. This is related to the stockpiling process during the diagenesis of coal-bearing sedimentary rocks or the hot temperatures that come from the intrusion of igneous rocks during the coalification process. Vitrinite is the most common maceral or organic component (more than 75%) of coal. Vitrinite comes from cellulose, its microscopic characteristics are sensitive to white light (reflective light). The higher the rank or the more mature a coal, the brighter the vitrinite reflection.

The results of the observation of the thin section of intrusive igneous rocks are altered basaltic andesite, while data on the combustion effect were not found around the intrusion of igneous rocks.

Coal samples were taken directly from the GT-02 drill core using the ply by ply method of 21 samples from 2 coal seams, namely seam-1 (9 samples) and seam-2 (12 samples). The results of the analysis of the vitrinite reflectance value (Rv random) of Seam-1 coal ranged from 0.42-0.48 and Seam-2 ranged from 0.44-0.45 including sub-bituminous rank. Based on the histogram depiction of the 2 seams from bottom to top, it turns out that there is no significant change in Rv. Based on these data proves that the heat function of andesite intrusion does not always affect coal maturation. This is because the magma chamber of basaltic andesite rock is located at a relatively shallow depth and the magma is dilute at a low temperature of 100°C-150°C. Thus, the influence of heat from the andesite igneous rock intrusion on the surrounding rock is very small or non-existent.

Keywords: intrusion, magma, temperature, vitrinite, rank, maturity.

PENDAHULUAN

Lokasi daerah penelitian berada di wilayah administrasi Kecamatan Muara Wahau Kabupaten Kutai Timur, Propinsi Kalimantan Timur (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sejauh mana pengaruh intrusi andesit di daerah penelitian terhadap perubahan vertikal nilai kalori batubara seam-1 dan seam-2 Formasi Wahau berdasarkan nilai reflektan vitrinite (R_v) sehingga bisa diketahui peringkat atau rank batubara sebagai petunjuk tingkat kematangan/maturity batubara.

Petunjuk tingkat kematangan batubara atau disebut sebagai *coal rank* (Ward, 1984), merupakan refleksi derajat/tahapan yang telah dicapai bahan organik selama metamorfisme atau pembatubaraan terhadap material asal sisa-sisa tumbuhan (*peat*) yang telah terjadi selama sejarah penimbunan yang akan berimplikasi pada tingkat pematangan (*maturity*).

Batubara tersusun oleh unsur organik (maseral) khususnya maseral vitrinite merupakan komponen terpenting untuk mengukur tingkat kematangan rank batubara berdasarkan metode mikroskopis yaitu dari petrografi batubara.

Secara mikroskopi batubara terdiri dari beragam komponen organik (maseral). Pembentukan maseral dari sisa-sisa tumbuhan selama tahap awal akumulasi gambut tergantung pada tipe dari komunitas tumbuhan, iklim, dan kontrol ekologi serta kondisi lingkungan pengendapan (Stach et al., 1982). Maseral batubara terbagi menjadi 3 grup maseral vitrinite, liptinite, dan inertinite berdasarkan nilai reflektansi, kehadiran struktur *cellular*, tingkat gelifikasi, dan kenampakan morfologi. Ketiga grup maseral tersebut berbeda komposisi kimia dan sifat fisik (serta sifat optisnya).

Maseral Vitrinite berasal dari selulosa jaringan kayu tumbuhan kehadirannya sangat mendominasi dalam batubara dengan komposisinya sangat besar yaitu bisa

lebih dari 80% Vol. Sedangkan sebagian kecil tersusun oleh liptinite dan inertinite.

Secara mikroskopis maseral vitrinite memiliki kepekaan yang kuat terhadap sinar pantul atau sinar reflektan adalah dan akan naik seiring dengan kenaikan peringkat/rank batubaranya secara teratur selama proses pembatubaraan (Stach et al., 1982).

Amijaya & Littke, 2006, menjelaskan bahwa kandungan vitrinite akan berkurang ketika jarak intrusi dengan singkapan batubara semakin jauh, hal ini ditandai dengan penurunan kandungan submacerals desmocollinite. Sebaliknya, akan terjadi peningkatan inertinite ketika semakin dekat jarak antara singkapan batubara dengan tubuh intrusi.

Yao, dkk (2011), melakukan kajian pola intrusi batuan beku terhadap peringkat batubara, kualitas batubara dan kapasitas adsorpsi metana, bahwa pola intrusi dike menyebabkan peningkatan rank batubara secara menyeluruh dari bagian bawah sampai atas, sedangkan sill menyebabkan peningkatan rank batubara di bagian bawah atau atas dari lapisan batubara

Ketebalan lapisan batubara Muara Wahau dibandingkan dengan lapisan batubara lainnya di Indonesia adalah sangat tebal yaitu berkisar 8 meter – 66 meter, dengan rata-rata komposisi maseral batubara Muara Wahau untuk grup maseral vitrinite 78% (vol.), liptinite 1,9% (vol.) dan inertinite 20,1% (vol.); (Rahmad, 2013). Peringkat batubaranya adalah sub-bituminus dengan nilai kalori antara 4983-5360 Cal/gr.

GEOLOGI BATUBARA MUARA WAHAU

Secara regional daerah Muara Wahau merupakan bagian dari Cekungan Kutai yang secara ekonomis merupakan salah satu cekungan sedimen di Indonesia yang paling penting, selain kaya akan minyak dan gas bumi, daerah ini juga kaya endapan batubara. Menurut Ott (1987), Cekungan Kutai dibatasi oleh Tinggian Kuching di sebelah barat, Punggungan Mangkalihat di utara, Sesar Adang di sebelah selatan dan Selat Makassar di sebelah timur (Gambar 2).

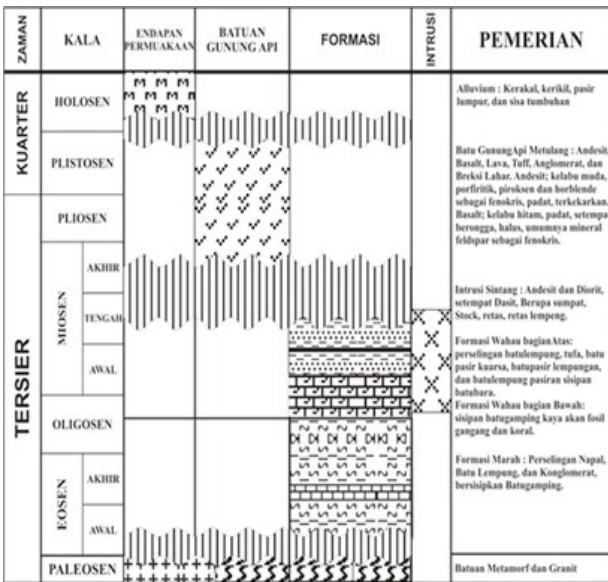


Gambar 2. Posisi daerah penelitian terhadap elemen tektonik di Cekungan Kutai (Ott, 1987)

Cekungan ini adalah yang terbesar dan terdalam dari cekungan Tersier di Indonesia dengan lebih dari 14 km tebal akumulasi sedimen fluvial hingga batial (Allen & Chambers, 1998).

Cekungan Kutai merupakan salah satu cekungan batubara di Indonesia Barat yang ditemukan di bagian kerak benua (*continental crust*) yaitu di *back arch basin* pada bagian tepi continental (*continental margin*), berupa *passive margin* yang berkaitan dengan sistim *rifting*. Berdasarkan stratigrafi dan kerangka tektonik sedimen Tersier, maka pengendapan batubara di Cekungan Kutai berumur Neogen yang terjadi bersamaan dengan proses orogenesis sedangkan sedimen yang diendapkan melalui fase regresi diikuti dengan terobosan intrusi batuan beku atau *Neogen Syn-Orogenic Regression Related Coal Deposits* (Koesoemadinata, 2002).

Stratigrafi regional Muara Wahau berdasarkan korelasi satuan batuan dari Peta Geologi Lembar Muara Wahau (Supriatna dan Abidin, 1995), mulai Tersier dari tua ke muda diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Stratigrafi Regional Muara Wahau, Kalimantan Timur (Supriatna dan Abidin, 1995)

Formasi Merah berumur Eosen Akhir tersusun oleh litologi napal, batulempung, konglomerat dan batugamping. Formasi Merah yang berumur Eosen Akhir merupakan suatu sikuen perselang-selingan napal, batulempung, konglomerat dan batugamping yang tersingkap di Lembar Muarawahau dan Muara Ancalong, Kalimantan Timur. Lokasi tipe dari Formasi Merah adalah Sungai Merah pada Lembar Muarawahau (Supriatna dan Abidin, 1995). Ketebalan formasi ini kurang lebih berkisar antara 400 hingga 800 meter. Di Sungai Merah, Formasi Merah merupakan rangkaian sedimen *sub-littoral* yang terendapkan pada wilayah cekungan *foreland* (Supriatna dan Abidin, 1995). Kandungan fosil dari lapisan napal penyusun Formasi Merah menunjukkan umur Eosen Akhir.

Secara selaras di atas Formasi Merah diendapkan Formasi Wahau yang berumur Oligosen – Miosen Awal, litologinya terdiri dari perselingan batulempung, batupasir kuarsa, batupasir lempungan dan batulempung pasir. Formasi Wahau dibagi menjadi 2 (dua), Formasi Wahau bagian bawah mengandung sisipan batugamping kaya fosil ganggang dan koral, sedangkan Formasi Wahau bagian atas mengandung sisipan tuf dan lignite.

Secara tidak selaras di atas Formasi Wahau diendapkan Batuan Gunungapi Metulang terdiri dari litologi andesit, basalt, lava, breksi lava, tuf, aglomerat dan breksi lahar. Intrusi Sintang menerobos hingga Formasi Wahau terdiri dari andesit dan diorit. Berdasarkan penanggalan radiometri K – Ar, umur Intrusi Sintang adalah 16 – 21 juta tahun, Miosen Awal (Soeria Atmadja dkk., 1999).

Secara umum kondisi morfologi daerah penelitian bergelombang rendah (5° – 10°) hampir seluruh wilayah penelitian tertutup kebun kelapa sawit, sehingga sebagian besar singkapan batuan dan batubara sudah tertutup oleh tanah buangan saat awal pembukaan kebun kelapa sawit yang sebelumnya berupa hutan primer.

Stratigrafi lokal Formasi Wahau di daerah penelitian terdiri dari, perulangan batulempung hitam karbonan, batulempung tufaan, batupasir halus, batupasir sedang, sisipan batubara tebal serta intrusi batuan beku andesit (Gambar 5).



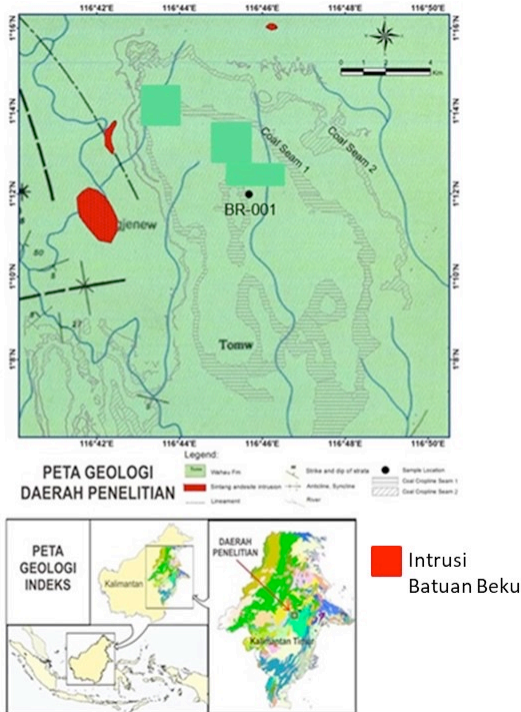
Gambar 4. Geomorfologi daerah penelitian



Gambar 5. Singkapan intrusi andesite di daerah penelitian.

Pola struktur geologi sebaran batubara (*cropline coal*) di daerah penelitian berupa sinklin yang berarah Baratlaut –

Tenggara (Gambar 6). Kedudukan umum lapisan batubara seam utama yaitu seam-1 dan seam-2 adalah barat laut-tenggara dengan kemiringan lapisan batubara berkisar 8°-12°. Secara umum ketebalan batubara Muara Wahau adalah berkisar 8-66 meter. Satuan batumannya adalah batulempung.



Gambar 6. Peta Geologi dan singkapan batubara daerah penelitian (sumber PT. BEP)

Menurut Supriatna dan Abidin, (1995), batuan beku andesit yang ditemukan di daerah penelitian merupakan bagian dari Intrusi Sintang berumur Miosen Awal (Soeria Atmadja dkk., 1999). Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan batuan beku andesit tersebut tersingkap dalam bentuk bongkah-bongkah di permukaan dan sebagian tertimbun dalam tanah dan tidak diketemukan efek bakar antara intrusi batuan beku andesit dengan litologi Formasi Wahau.

METODE DAN ANALISA

Pengamatan mikroskopis dalam penelitian ini dilakukan melalui dua analisa mikroskop yaitu analisa sayatan tipis batuan beku andesit dan analisis mikroskop reflektan untuk mengetahui nilai pantulan maseral vitrinite batubara Seam-1 dan Seam-2 dari inti bor BR-001.

Analisa sayatan tipis batuan beku andesit dilakukan untuk menentukan nama batuan, tesktur batuan beku dan komposisi mineralnya.

Pekerjaan analisis maseral vitrinite di laboratorium meliputi: analisis mikroskopis batubara untuk mengidentifikasi komposisi maseral, mineral dan nilai reflektan vitrinite. Conto batubara yang diambil inti berupa bor kemudian dipreparasi untuk sayatan poles. Dalam preparasi conto diperlukan beberapa alat dan bahan seperti:

1. Sampel batubara

2. Bubuk resin (*transoptic powder*)
3. Alat penumbuk
4. Ayakan ukuran 16, 20, dan 65 *mesh*
5. Cetakan *polished briquette*, pemanas, termometer, dan penekan
6. Alat pemoles (*grinder-polisher*)
7. *Silicon carbide* ukuran 800 dan 1000 *mesh* dan *alumina oxide* ukuran 0,3; 0,05; dan 0,01 mikron
8. Kaca preperat dan lilin malam

Contoh batubara yang diperoleh dari inti bor direduksi secara *coning* and *quartering* untuk mendapatkan jumlah conto yang sesuai untuk kebutuhan analisis. Selanjutnya conto batubara digerus secara manual dan diayak dengan menggunakan ayakan ukuran 16 *mesh* dan 20 *mesh*, fraksi ukuran butiran batubara -16 *mesh* +20 *mesh* yang diperoleh digunakan untuk analisis petrografi batubara.

Batubara fraksi ukuran -16 *mesh* +20 *mesh* tersebut kemudian dicampur dengan bubuk resin (*transoptic powder*) dengan perbandingan 1:1. Campuran selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan dan dipanaskan sampai suhu 200°C. Setelah suhu mencapai 200°C pemanas dimatikan dan cetakan diberi tekanan sampai 2000 psi. *Briquette* dapat dikeluarkan setelah temperatur mencapai suhu kamar. Tahap berikutnya adalah pemotongan menggunakan alat pemoles (*grinder-polisher*) kemudian dihaluskan dengan *silicon carbide* ukuran 800 *mesh* dan 1000 *mesh* di atas permukaan kaca. Selanjutnya dipoles dengan menggunakan *alumina oxide* ukuran 0,3 mikron, 0,05 mikron, dan terakhir ukuran 0,01 mikron di atas kain sutera atau *silk cloth*. Sayatan poles yang dihasilkan diletakkan di atas kaca preperat dengan dudukan lilin malam kemudian dilakukan *levelling*.

Pengamatan sayatan poles dilakukan dengan menggunakan mikroskop reflektan baik secara kualitatif maupun kuantitatif untuk menentukan nilai reflektan vitrinite batubaranya.

Proses pengukuran reflektan vitrinite adalah sebagai berikut, menggunakan mikroskop reflektan yaitu sinar pantul putih seperti yang digunakan pada analisis struktur (analisis petrografi), dipasang alat pengukur pantulan tipe tabung fotoelektrik, dan cahaya dilewatkan filter polarisasi terlebih dahulu sebelum menerangi sampel.

Pantulan cahaya dari permukaan filter, setelah melewati filter akan berupa cahaya monokrom (umumnya dengan panjang gelombang $\lambda = 546 \pm 5\text{nm}$). Setelah diarahkan ke tabung fotoelektrik, tegangan listrik yang terjadi lalu dibaca dari alat pencatat. Yang perlu diingat adalah bahwa diameter bidang pengamatan saat melakukan pengukuran diatur mewakili jarak 20 μm . Pengukuran biasanya dilakukan dalam kondisi tercelup minyak (*oil immersion*). Rasio pantulan (*reflectance*) ditentukan dengan membandingkannya terhadap material standard (kaca standard).

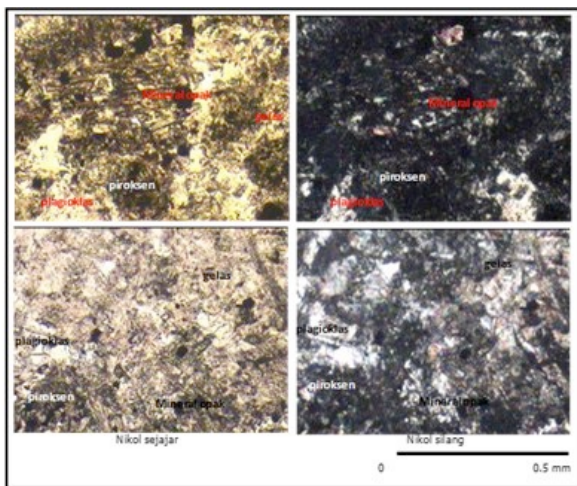
Kaca standard diletakkan di bawah mikroskop, lalu fokusnya diatur. Setelah listrik untuk masing-masing peralatan dinyalakan, tunggu sampai jarum pada alat pencatat menjadi stabil. Setelah stabil, catat nilai saat itu (V_{Si}). Setelah itu, ganti kaca standard dengan sampel

batubara. Dengan metode pencacahan, catat intensitas cahaya pantulan (V_A) dari masing-masing vitrinite di permukaan gosok briket. Dengan cara ini, setelah melakukan pengukuran terhadap kira-kira 25 titik, sampel batubara diganti lagi dengan kaca standard. Catat nilai V_{S2} saat itu. Tingkat pantulan dihitung dari persamaan berikut:

R_0 (%) = rasio pantulan kaca standard (R_s) % (V_A rata-rata)/(V_{S1-S2} rata-rata).

HASIL DAN PEMBAHASAN

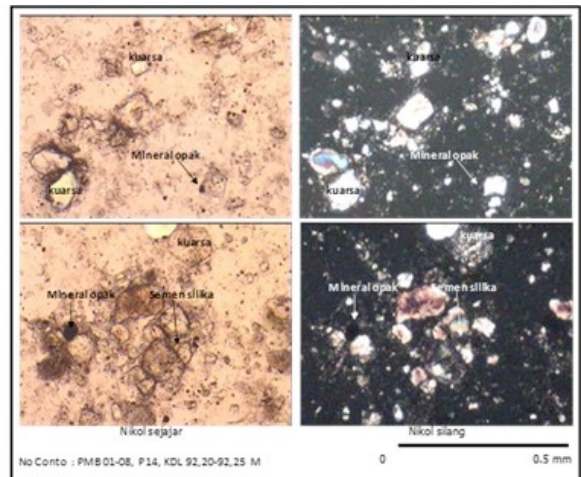
Berdasarkan hasil sayatan tipis batuan intrusi batuan beku andesit sebagai bagian dari Intrusi Sintang (Supriatna dan Abidin, 1995) salah satunya tersingkap di Kampung Ben Hes yaitu bagian utara daerah penelitian (Gambar 5). Penamaan batuan beku andesit (Gambar 7) berdasarkan hasil pengamatan sayatan tipis adalah *altered basaltic andesite*, berwarna abu-abu, tekstur porfiritik, ukuran mineral 0,2 – 0,5mm, subhedral-anhedral, afanitik halus-sedang, disusun oleh mineral plagioklas, piroksen, mineral gelas dan mineral opak. Plagioklas, piroksen dan gelas telah berubah menjadi klorit, kalsit, lempung dan mineral opak. Dalam Wilson, (2000), menjelaskan bahwa untuk dapur magma batuan andesit basaltik (batuan beku vulkanik/dangkal) terletak pada kedalaman yang relatif dangkal dan sifat magma yang encer pada temperatur yang rendah 100°-150°C. Dengan demikian pengaruh panas dari intrusi batuan beku andesit tersebut terhadap batuan di sekitarnya sangat kecil atau tidak ada. Pendapat ini dikuatkan dengan terdapatnya singkapan batuan beku andesit yang tidak diketemukan efek bakar terhadap batuan sekitarnya.



Gambar 7. Sayatan tipis intrusi batuan beku andesit (*altered basaltic andesite*) sebagai bagian dari Intrusi Sintang.

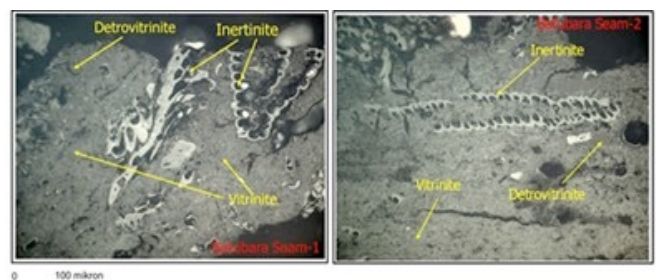
Sayatan tipis batupasir Formasi Wahau diambil dari inti bor BR-001 di kedalaman 92,20 – 92,25m (*Quartz arenite*), coklat muda, tekstur klastik, ukuran butir 0,1 - 0,2mm, membulat tanggung, terpilah baik, kemas terbuka. Batupasir ini disusun oleh butiran, baik fragmen

dan matrik terdiri dari mineral kuarsa dan opak yang tersemen oleh silika. Hubungan antar butir terlihat *point contact*, sehingga batupasir tersebut belum begitu kompak dan mudah diremas, termasuk dalam diagenesis awal/*eogenesis* (Choquette dan Pray, 1970 dalam Mc Lane, 1995); (Gambar 8). Berdasarkan sayatan tipis batupasir *Quartz arenite* tidak ditemukan petunjuk ada mineral ubahan.



Gambar 8. Kenampakan mikroskopis sayatan tipis batupasir

Berdasarkan pengamatan mikroskopis maseral batubara seam-1 dan seam-2 terlihat maseral vitrinite sudah banyak mengalami degradasi menjadi detrovitrinite dan teralterasi menjadi maseral inertinite (Gambar 9). Secara umum komposisi maseral vitrinite pada batubara seam-1 dan seam-2 antara 77-80% Vol., komposisi vitrinite yang rendah sangat khas atau cukup unik pada batubara Muara Wahau. Hal ini disebabkan perubahan vertikal kondisi lingkungan pembentukan batubara mengalami fluktuasi yang sangat kuat, dari kondisi anoxic ke oxic atau sebaliknya (Rahmad 2013). Dengan demikian perubahan fasies ini sangat berpengaruh terhadap komposisi maseral batubara Muara Wahau.



Gambar 9. Kenampakan mikroskopis maseral vitrinite.

Secara vertikal nilai reflektan vitrinite batubara Muara Wahau Seam-1 dan seam-2 tidak menunjukkan perubahan nilai reflektan vitrinite yang berarti, secara umum rata-rata nilai reflektan vitrinite seam-1 antara 0,42 – 0,48 % Vol. sedangkan seam-2 rata-rata reflektan vitrinitenya antara 0,44 – 0,45 % Vol. (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai reflektan vitrinite batubara dan Rank Batubara seam-1 dan seam-2

No. Sample	Seam-1 (Rv % Vol.)	Seam-2 (Rv % Vol.)	Coal Rank
1 (Top)	0.42	0.44	Sub-Bituminus
2	0.44	0.44	Sub-Bituminus
3	0.43	0.44	Sub-Bituminus
4	0.44	0.45	Sub-Bituminus
5	0.43	0.45	Sub-Bituminus
6	0.48	0.44	Sub-Bituminus
7	0.42	0.45	Sub-Bituminus
8	0.42	0.45	Sub-Bituminus
9 (Bottom)	0.44	0.44	Sub-Bituminus

Dengan demikian data reflektan vitrinite ini sesuai dengan analisis sayatan tipis batuan beku yaitu *altered basaltic andesite*, dimana dapur magma relatif dangkal, sifat magmanya relatif encer dengan temperatur relatif rendah 100-150°C sehingga temperatur yang relatif rendah tersebut kurang kuat untuk meningkatkan pantulan/reflektan pada maseral vitrinite seam1 maupun seam-2. Secara umum peringkat batubara Muara Wahau adalah sub-bituminus.

KESIMPULAN

1. Secara umum perubahan nilai reflektan vitrinite secara vertikal tidak menunjukkan perubahan yang berarti yaitu seam-1 antara 0,42-0,48 % Vol. dan seam-2 antara 0,44-0,45 % Vol. Peringkat batubara Muara Wahau adalah sub-bituminus.
2. Intrusi batuan andesit di daerah Muara Wahau tidak mempengaruhi nilai reflektan vitrinite (rank batubara), karena merupakan intrusi batuan beku dangkal (andesit basaltik), temperaturnya relatif rendah 100-150°C dan sifat magma relatif encer.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada jajaran management PT. Persada Multi Bara dan PT. Bhakti Energi Persada, atas fasilitas yang telah diberikan selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Amijaya, H., Littke, R., 2006. Properties of thermally metamorphosed coal from Tanjung Enim Area, South Sumatra Basin, Indonesia with special reference to the

coalification path of macerals. *International Journal of Coal Geology* 66, 271–295.

Koesoemadinata, R.P., 2002. Outline of Tertiary Coal Basins of Indonesia. *Sedimentology Newsletter. Number 17/1/2002. Published by The Indonesian Sedimentologist Forum, the sedimentology commission of the Indonesian Association of Geologist.* p.2-13.

Ott, H.L., 1987. The Kutai Basin a Unique Structural History, *Proceeding IPA 16th Ann, Conv.* p.307-316.

Rahmad B., 2013. Pengembangan Model Genesa Batubara Muara Wahau, Kalimantan Timur Berdasarkan Karakteristik Maseral, Geokimia Organik dan Isotop Karbon Stabil. Disertasi Program Doktor Institut Teknologi Bandung (tidak dipublikasikan).

Soeria Atmadja, R., Noeradi, D., Priadi, B. 1999. *Zenozoic Magmatism In Kalimantan And Its Related Geodynamic Evolution. Journal of Asian Earth Science 17 (Indonesian Island Arcs : Magmatism, Mineralization, and Tectonic Setting).* Edited by : R.P. Koesoemadinata and D. Noeradi). p.303-323.

Stach, E., Mackowsky, M., Th., Teichmuller, M., Taylor, G.H., Chandra, D. & Techmuller, R., 1982. *Stach's Textbook of Coal Petrology 3th edition.* Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart. p.481

Supriatna, S., Abidin, Z.A., 1995. *Geological Map of Muara Wahau, Sheet, Scale 1:250.000.* Geological Research and Development Center, Bandung.

Ward, C.R., 1984. *Coal Geology and Coal Technology,* Blackwell Scientific Publications, Singapore, p.40 – 73.

Wilson, M., 2000. *Igneous Petrogenesis.* Department of Earth Science, University of Leeds. Kluwer Academic Publishers.

Yao, Y.B., Liu, D.M., Huang, W.H., 2011. Influences of igneous intrusions on coal rank, coal quality and adsorption capacity in Hongyang, Handan and Huaibei coalfields, North China. *International Journal of Coal Geology* 88, 135–146.

