

Kemenerusan Endapan Batubara Berdasarkan Aspek Geologi dan Geomorfologi Formasi Lati di Area Binungan, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur

Martadi, Setyo Pambudi, Okki Verdiansyah

Institute Teknologi Nasional Yogyakarta, Indonesia

Email: jack.martadi@gmail.com, setyo.pambudi@itny.ac.id, okki.verdiansyah@itny.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kemenerusan endapan batubara di area Binungan, Kabupaten Berau, dengan menganalisis secara terintegrasi aspek geologi permukaan dan kenampakan geomorfologi. Metode penelitian menggunakan pendekatan kualitatif-interpretatif berdasarkan analisis data sekunder berupa peta geologi lokal, data sebaran singkapan, serta data citra satelit SRTM untuk analisis pola aliran sungai dan kelurusan morfologi. Hasil analisis menunjukkan adanya kontrol struktur geologi yang kuat terhadap topografi regional. Kehadiran pola aliran sungai jenis trellis di bagian selatan mengindikasikan adanya struktur perlipatan batuan sedimen. Analisis data citra satelit SRTM juga mengonfirmasi adanya kelurusan punggung yang membentuk struktur sinklinorium regional berarah Timur Laut - Barat Daya. Pola sebaran singkapan batubara di lapangan konsisten dengan arah kelurusan struktur, menunjukkan tren kemenerusan ke arah selatan, keluar dari batas wilayah penelitian. Kesimpulan utama adalah terdapat indikasi kuat kemenerusan endapan batubara ke arah selatan yang dikontrol oleh struktur lipatan regional, memberikan dasar untuk eksplorasi lebih lanjut. Penelitian ini memperkuat pemahaman tentang hubungan struktur lipatan dan kelurusan morfologi dalam memprediksi kemenerusan lapisan batubara sebagai dasar eksplorasi berkelanjutan.

Kata kunci: *Kemenerusan Batubara, Geomorfologi, Formasi Lati, Struktur Geologi, Cekungan Tarakan.*

Abstract

This study aims to identify the continuity potential of coal deposits in the Binungan area, Berau Regency, by integrating surface geological aspects and geomorphological features. The research method employed a qualitative-interpretive approach based on secondary data analysis, including local geological maps, outcrop distribution data, and SRTM satellite imagery for drainage pattern and morphological lineament analysis. The results indicate strong geological structural control over the regional topography. The presence of a trellis-type drainage pattern in the southern part suggests the existence of folded sedimentary rock structures. Analysis of SRTM satellite data also confirms the presence of ridge lineaments forming a regional synclinorium trending Northeast-Southwest. The distribution pattern of coal outcrops in the field is consistent with the structural lineament direction, showing a continuity trend to the south, extending beyond the research area boundary. The main conclusion is that there is a strong indication of coal deposit continuity to the south, controlled by regional fold structures, providing a basis for further exploration. This research strengthens the understanding of the relationship between fold structure and morphological lineaments in predicting coal seam continuity as a basis for sustainable exploration.

Keywords: *Coal Continuity, Geomorphology, Lati Formation, Geological Structure, Tarakan Basin.*

Corresponding: Martadi

E-mail: jack.martadi@gmail.com



PENDAHULUAN

Batubara adalah sumber energi fosil yang memegang peranan krusial dalam pemenuhan kebutuhan energi nasional, terutama untuk pembangkit tenaga listrik (Thomas, 2013). Batubara terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi dalam lingkungan bebas oksigen (anoksik), yang kemudian mengalami proses biokimia dan geokimia (pembatubaraan) akibat tekanan dan suhu selama jutaan tahun (Sukandarrumidi, 2014). Provinsi Kalimantan Timur, khususnya Kabupaten Berau, dikenal sebagai salah satu daerah penghasil batubara utama di

Indonesia (Hibatulloh et al., 2022). Secara geologi regional, area ini termasuk dalam Cekungan Tarakan, di mana endapan batubara ekonomis umumnya ditemukan pada Formasi Lati yang berumur Miosen Tengah (Situmorang & Burhan, 1995).

Meskipun potensi batubara melimpah, salah satu tantangan utama dalam kegiatan eksplorasi dan eksploitasi adalah memahami geometri lapisan batubara (Ahmad Redi & MH, 2022; Muhajiroh, 2020). Berdasarkan fakta di lapangan, lapisan batubara dapat dijumpai dalam sebaran yang tidak teratur, tidak menerus, menebal, dan menipis (Hibatulloh et al., 2022). Ketidakpastian mengenai kemenerusan (continuity) lapisan batubara ini secara langsung memengaruhi akurasi perhitungan sumber daya dan cadangan, serta perencanaan tambang (Chandra & Husin, 2025). Analisis geomorfologi melalui interpretasi foto udara dan citra satelit merupakan metode yang efektif untuk pemetaan geologi awal pada daerah yang luas (Bahar, 2017; Redyafry, 2021).

Kompleksitas geologi, yang mencakup aspek sedimentasi dan tektonik, menjadi faktor pengendali utama dalam variasi geometri endapan batubara (Ernia et al., 2020). Proses-proses geologi yang berlangsung setelah pengendapan, seperti perlipatan dan pensesaran, dapat mengubah orientasi dan membatasi kemenerusan lapisan batubara. Analisis petrografi organik pada batubara di Cekungan Karama/Lariang, Sulawesi, menunjukkan bahwa endapan batubara terbentuk di lingkungan fluvial, yang juga menekankan pentingnya pemahaman proses pengendapan untuk menentukan karakteristik endapan (Rachman et al., 2023). Pemodelan geologi 3D yang akurat menjadi acuan penting dalam menentukan kelayakan tambang dan metode penambangan yang tepat (Saida et al., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kemenerusan endapan batubara di area Binungan, Kabupaten Berau, dengan menganalisis secara terintegrasi aspek-aspek geologi permukaan dan kenampakan geomorfologi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah untuk pengembangan kegiatan eksplorasi lebih lanjut di wilayah selatan area penelitian. Penelitian ini berkontribusi dalam mengintegrasikan analisis geomorfologi dan citra SRTM untuk memprediksi kelurusan struktur lipatan sebagai indikator kemenerusan endapan batubara di Formasi Lati, yang belum banyak dibahas pada penelitian sebelumnya. Berbeda dengan studi terdahulu yang lebih fokus pada pemodelan geologi subsurface dan logging sumur bor, penelitian ini menekankan pendekatan interpretasi geomorfologi permukaan untuk memprediksi kontinuitas lateral lapisan batubara pada skala regional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif-interpretatif berdasarkan analisis data sekunder dan pengamatan kenampakan permukaan untuk mengidentifikasi kemenerusan endapan batubara. Tahapan penelitian dirangkum dalam blok diagram pada Gambar 1. Penamaan satuan batuan dalam penelitian ini mengacu pada standar yang ditetapkan dalam Sandi Stratigrafi Indonesia (Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahap awal meliputi pengumpulan dan review literatur mengenai geologi regional Cekungan Tarakan, stratigrafi Formasi Lati, serta teori dasar geomorfologi terkait pola aliran sungai dan interpretasi citra satelit. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data hasil penyelidikan awal, mencakup: Peta Kemiringan Lereng yang diturunkan dari data topografi. Peta Pola Aliran Sungai yang diekstrak dari data Digital Elevation Model (DEM). Analisis pola aliran ini didasarkan pada prinsip bahwa jaringan sungai beradaptasi terhadap struktur dan litologi batuan di bawahnya (Howard, 1967). Peta Geologi Lokal yang menampilkan satuan batuan dan sebaran singkapan batubara. Data Citra Satelit SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) untuk analisis kelurusan morfologi. Data SRTM terbukti efektif dalam memetakan bentuk lahan dan mengidentifikasi fitur tektonik skala besar (Jordan et al., 2005).

Validasi hasil interpretasi citra dilakukan melalui overlay antara pola kelurusan morfologi dengan data sebaran singkapan batubara hasil observasi lapangan. Konsistensi arah jurus lapisan batubara dengan orientasi lineament morfologi digunakan sebagai indikator kesesuaian interpretasi. Seluruh proses analisis spasial menggunakan sistem koordinat proyeksi UTM Zone 50S dengan datum WGS 1984 untuk menjaga konsistensi geometri data. Data yang telah dikompilasi kemudian dianalisis secara terpisah untuk mengekstrak informasi spesifik. Hasil dari setiap analisis diintegrasikan untuk membangun sebuah model konseptual mengenai hubungan antara geomorfologi dan geologi di daerah penelitian. Tahap akhir adalah merumuskan kesimpulan berdasarkan hasil interpretasi terintegrasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis terhadap aspek geologi dan geomorfologi menunjukkan adanya keterkaitan kuat yang mengindikasikan potensi kemenerusan endapan batubara di area penelitian ke arah selatan. Untuk memahami konteks area penelitian, dilakukan perbandingan dengan hasil studi di lokasi lain, terutama yang berada di Kabupaten Berau dan formasi geologi yang relevan. Tabel 1 merangkum perbandingan parameter kunci dari beberapa penelitian.

Tabel 1. Perbandingan Karakteristik Endapan Batubara dari Berbagai Studi

Peneliti	Lokasi	Formasi Geologi	Metode Utama	Ketebalan Seam (m)	Kemiringan (Dip)	Kontrol Geologi Utama
Muh. Syaifullah Saida, dkk. (2022)	Binungan, Berau	Lati (Miosen Tengah)	Analisis Geomorfologi & Geologi Permukaan	0,30 – 14,15	Tidak diukur (interpretasi dari struktur)	Lipatan (<i>Sinklinorium</i>)

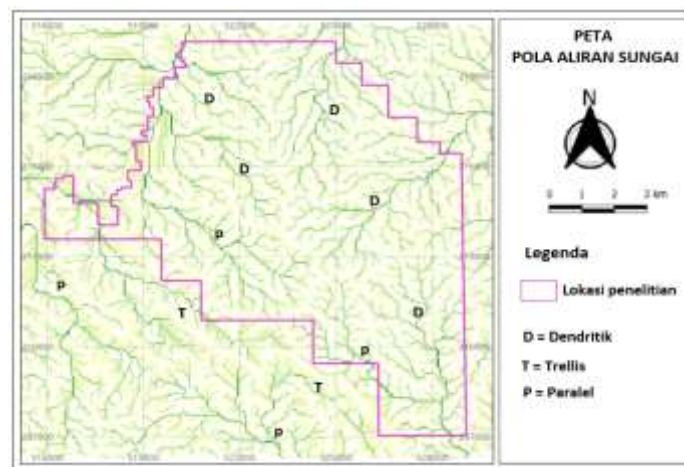
Martadi, Setyo Pambudi, Okki Verdiansyah

Kemenerusan Endapan Batubara Berdasarkan Aspek Geologi dan Geomorfologi Formasi Lati di Area Binungan, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur

Peneliti	Lokasi	Formasi Geologi	Metode Utama	Ketebalan Seam (m)	Kemiringan (Dip)	Kontrol Geologi Utama
Manurung dkk. (2024)	Wilayah 'X', Berau	Lati (Miosen Tengah)	Pemodelan Geologi 3D, Data Bor	Rata-rata 0,80 - 5,30	10,78° - 16,9°	Lipatan (<i>Sinklin</i>), <i>Splitting</i>
Rachman dkk. (2023)	Bonehau, Sulawesi Barat	Toraja (Eosen)	Petrografi Organik, Analisis Ultimat	Tidak disebutkan	Tidak disebutkan	Lingkungan pengendapan fluvial
Ernia dkk. (2020)	Loa Tebu, Kaltim	Balikpapan	<i>Well Logging</i>	Rata-rata 0,14 - 0,43	Landai (8° - 20°)	<i>Splitting</i>
Hibatulloh dkk. (2022)	Bunati, Kalsel	Dahor (<i>Pliosen-Plistosen</i>)	Pemetaan Permukaan	0,12 - 2,93	Landai (3° - 17°)	Struktur (kemiringan lapisan), Erosi, <i>Splitting</i>
Meak & Tandy (2021)	Ombrob, Papua	Aurimi (Tersier)	Penyelidikan Lapangan	0,59 - 1,14	Sedang (13° - 19°)	Lipatan (sedang), Kompleksitas Moderat

Dari tabel di atas, terlihat bahwa endapan batubara pada Formasi Lati di Kabupaten Berau, memiliki karakteristik ketebalan dan kemiringan yang signifikan serta dikontrol oleh struktur geologi seperti perlipatan dan *splitting* (percabangan lapisan) (Manurung et al., 2024). Temuan ini sangat relevan dengan penelitian ini, karena menguatkan hipotesis bahwa struktur lipatan (*sinklinorium*) yang teridentifikasi melalui analisis geomorfologi merupakan pengendali utama dari kemenerusan lapisan batubara di area Binungan. Ketebalan lapisan yang mencapai lebih dari 14 meter di area studi ini juga konsisten dengan rentang ketebalan yang ditemukan di lokasi lain dalam Formasi Lati (Saida et al., 2022).

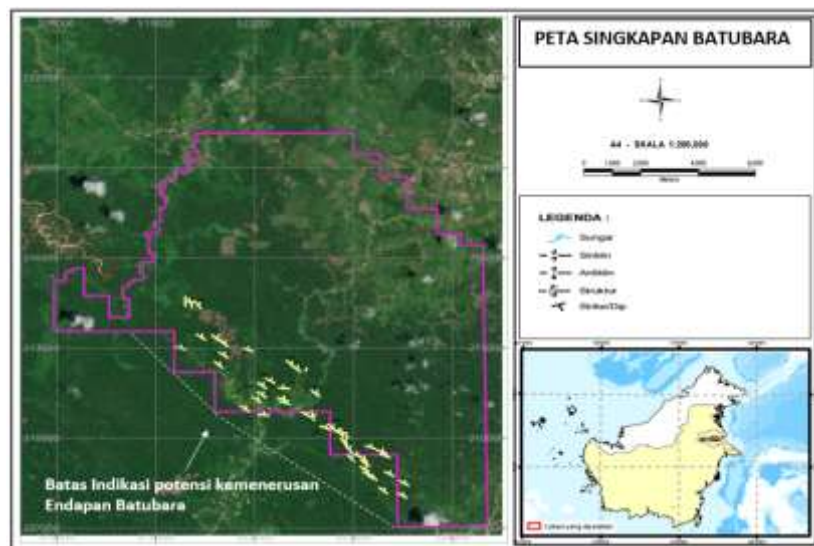
Daerah penelitian memiliki morfologi yang beragam, mulai dari pedataran dengan kemiringan 0-8% hingga perbukitan berelief kasar dengan kemiringan >40%. Secara umum, teramati adanya kelurusan kontur yang dominan berarah relatif barat daya - tenggara. Kelurusan ini mengindikasikan adanya kontrol struktur geologi berupa monoklin yang memengaruhi topografi regional. Morfologi yang beragam ini tidak hanya disebabkan oleh proses denudasi aktif, tetapi juga oleh variasi resistensi batuan penyusun yang berbeda. Pola aliran sungai di daerah penelitian didominasi oleh tiga jenis utama: dendritik, paralel, dan trellis (Gambar 2).



Gambar 2. Peta Pola Aliran Sungai Area Penelitian. Pola Dendritik (D) di utara, serta Paralel (P) dan Trellis (T) di selatan.

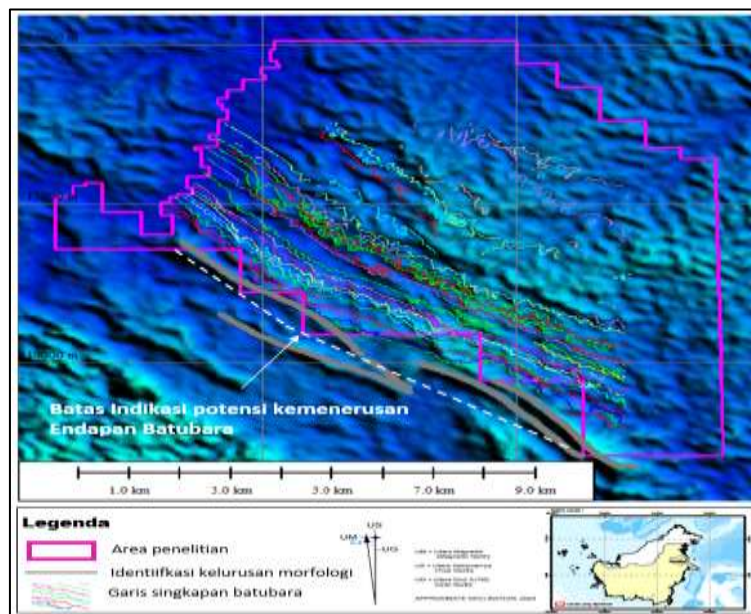
Pola dendritik umumnya berkembang di bagian utara dan barat, yang mencirikan daerah dengan kemiringan lereng yang landai dan litologi yang relatif homogen. Pola paralel dan trellis lebih dominan di bagian selatan area penelitian. Pola trellis, yang ditandai dengan anak-anak sungai yang bergabung pada sudut hampir siku-siku, merupakan indikator kuat adanya kontrol struktur geologi. Pola ini sangat khas terbentuk pada daerah dengan batuan sedimen yang terlipat, di mana sungai-sungai subsekuen mengalir pada batuan lunak di sepanjang sumbu antiklin dan sinklin. Kehadiran pola trellis di selatan ini menjadi bukti geomorfologis adanya struktur lipatan yang mengontrol sistem drainase, sekaligus menjadi petunjuk kemenerusan perlapisan batuan, termasuk batubara, di area tersebut.

Secara litologi, area penelitian didominasi oleh Satuan Batupasir Batubaraan dari Formasi Lati, yang terdiri dari perselingan batupasir, batulempung, dan batulanau. Variasi fasies ini merupakan karakteristik dari lingkungan pengendapan delta, di mana terjadi perubahan energi pengendapan yang cepat (Nichols, 2009). Sisipan batubara memiliki ketebalan bervariasi antara 0,30 hingga 14,15 m.



Gambar 3. Peta Sebaran Singkapan Batubara. Garis putus-putus menunjukkan batas indikasi potensi kemenerusan endapan.

Peta sebaran singkapan batubara (Gambar 3) menunjukkan bahwa jurus umum perlapisan batubara berarah antara 170° - 290° . Pola sebaran yang konsisten dan mengarah keluar dari batas wilayah IUP ini mengindikasikan bahwa lapisan batubara merupakan bagian dari sayap sebuah struktur lipatan yang menerus ke arah selatan.



Gambar 4. Morfologi Prospek di Selatan Area Penelitian Berdasarkan Data SRTM.

Analisis data SRTM (Gambar 4) memberikan gambaran morfologi regional yang lebih luas. Hasil interpretasi menunjukkan bahwa kelurusan punggung yang jelas berarah Timur Laut – Barat Daya membentuk sebuah struktur sinklinorium di bagian selatan area penelitian. Struktur lipatan skala besar seperti ini secara signifikan memengaruhi kontinuitas dan kondisi lapisan batubara, yang penting untuk dipertimbangkan dalam perencanaan tambang dari sudut pandang geomekanika (Jeremic, 1985). Gabungan antara data sebaran singkapan dengan citra kelurusan morfologi memberikan bukti kuat bahwa lapisan-lapisan batubara di area penelitian secara genetik memiliki kemenerusan ke arah selatan.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis terintegrasi antara aspek geologi dan geomorfologi, dapat disimpulkan bahwa terdapat indikasi kuat adanya kemenerusan endapan batubara dari area penelitian di Binungan ke arah selatan. Kesimpulan ini didukung oleh beberapa bukti kunci: Kehadiran pola aliran trellis di bagian selatan area penelitian, yang secara khas mencirikan adanya kontrol struktur geologi berupa perlipatan batuan sedimen. Kelurusan punggung perbukitan berarah Timur Laut – Barat Daya yang teridentifikasi dari data citra satelit SRTM, yang diinterpretasikan sebagai bagian dari struktur sinklinorium regional. Pola sebaran singkapan batubara di lapangan yang konsisten dengan arah kelurusan struktur dan menunjukkan tren menerus keluar dari batas wilayah penelitian. Hubungan antara kondisi geologi dan geomorfologi sangat jelas, di mana struktur lipatan (antiklin dan sinklin) menjadi pengendali utama morfologi perbukitan dan pola aliran sungai, sekaligus mengontrol kemenerusan lapisan batubara.

REFERENSI

- Ahmad Redi, S. H., & MH, M. S. (2022). *Hukum mineral dan batubara: Instrumen ekonomi lingkungan pada kegiatan pertambangan mineral dan batubara berkelanjutan*. PT. RajaGrafindo Persada.
- Bahar, H. (2017). Interpretasi kondisi geologi wilayah vulkanik menggunakan analisa citra satelit Landsat 8 (Daerah studi: Gunung Penanggungan, Jawa Timur). *Jurnal Iptek*, 21(2), 43–50.
- Chandra, A. D., & Husin, H. (2025). Analisis rekonsiliasi model geologi batubara terhadap data aktual penambangan untuk optimasi cadangan: Studi kasus Pit 2 Blok 17 PT. Senamas Energindo Mineral. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 11(1), 22–26.
- Ernia, Y., Djayus, & Supriyanto. (2020). Identifikasi sebaran dan ketebalan lapisan batubara berdasarkan data well logging di PT Borneo Emas Hitam Loa Tebu Kalimantan Timur. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 3(2), 1–10.
- Hibatulloh, M. F., Kuncoro, B., & Harjanto, A. (2022). Geologi dan karakteristik geometri lapisan batubara di Daerah Bunati, Kecamatan Angsana, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 5(1), 26–41.
- Howard, A. D. (1967). Drainage analysis in geologic interpretation: A summation. *AAPG Bulletin*, 51(11), 2246–2259.
- Jeremic, M. L. (1985). *Strata mechanics in coal mining*. A. A. Balkema.
- Jordan, G., van der Wal, T. J. H. M., & Gremmen, P. A. M. (2005). Practical aspects of SRTM data, DEMs of the Netherlands and Belgium. In *Proceedings of the ISPRS Working Group III/3, III/4, V/3 Workshop 'Laser Scanning 2005'* (pp. 12–14). Enschede, the Netherlands.
- Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia. (1996). *Sandi stratigrafi Indonesia*. Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI).
- Manurung, J., Nurdrajat, Alfadli, M. K., & Asmoro, Y. D. (2024). Pemodelan geologi dan estimasi sumber daya batubara di Wilayah 'X', Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur. *Journal of Geoscience Engineering and Energy (JOGEE)*, 5(1), 70–80.
- Muhajiroh, E. N. (2020). *Perancangan museum pertambangan batubara dengan pendekatan metafora tangible: Batubara antrasit di Kabupaten Kutai Timur* [Undergraduate thesis, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim].
- Nichols, G. (2009). *Sedimentology and stratigraphy* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Rachman, R. S., Wibisono, S. A., & Hidayat, R. (2023). Identifikasi lingkungan pengendapan batubara berdasarkan analisis petrografi organik pada Formasi Toraja, Sulawesi Barat. *Jurnal Geosapta*, 9(2), 87–93.
- Redyafry, L. (2021). *Analisa struktur geologi berdasarkan data citra Landsat 8 OLI/TIRS C2 L1, Daerah Pulau Padang dan sekitarnya, Kecamatan Singingi, Kabupaten Kuantan Singingi, Provinsi Riau* [Undergraduate thesis, Universitas Islam Riau].
- Saida, M. S., Permana, A. P., Kasim, M., & Asmoro, Y. D. (2022). Analisis geologi dan sebaran batubara Seam X Daerah Gurimbang, Kabupaten Berau. *Jurnal Juitech*, 5(2), 1–9.
- Situmorang, R. L., & Burhan, G. (1995). *Peta geologi lembar Tanjung Redeb, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sukandarrumidi. (2014). *Batubara dan gambut*. Gadjah Mada University Press.
- Thomas, L. (2013). *Coal geology* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Ltd.