

Analisis Perbandingan Batubara Formasi Balikpapan dan Batuserpih Formasi Pamaluan sebagai Potensi Sumber Batuan Penghasil Hidrokarbon di Cekungan Kutai

(Comparative Analysis of Coal from the Balikpapan Formation and Shale from the Pamaluan Formation as Potential Hydrocarbon Source Rocks in the Kutai Basin)

Koeshadi Sasmito¹, Bukit Andika², Puspa Indah Rindawati³

¹Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik, Jl. Antasari Blok A Desa Bhuana Jaya, Kutai Kartanegara, 75572

²Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik, Jl. Sambaliung No. 9 Kampus Gunung Kelua Samarinda, 75119

³Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Jl. Sambaliung No. 9 Kampus Gunung Kelua Samarinda, 75119

Abstrak

Berdasarkan batas administrasi daerah penelitian terbagi menjadi 2 (dua) daerah, Kecamatan Tenggarong Seberang yang terletak di Kabupaten Kutai Kartanegara dan Kecamatan Sepaku yang terletak di Kabupaten Penajam Paser Utara. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana karakteristik, tipe, jenis dan geokimia batuan induk berdasarkan data *Total Organic Carbon* (TOC) dan *Rock-Eval Pyrolysis* (REP) batuan Formasi Pamaluan dan Formasi Balikpapan. Daerah Sepaku termasuk kedalam Formasi Pamaluan yang mana terdiri dari litologi serpih merupakan batuan sumber penghasil hidrokarbon terbaik. Memiliki rentan TOC (TOTAL ORGANIC CARBON) 0.49-0.6 wt% dan dapat dikategorikan kedalam nilai Buruk-Cukup (Poor-Fair) untuk sebuah batuan sumber. Formasi Pamaluan daerah Sepaku menunjukkan jenis kerogen tipe IV yang menunjukkan jenis Inert Carbon, dan nilai Tmax menunjukkan bahwa batuserpih pada Formasi Pamaluan menghasilkan *dry* gas dengan tingkat kematangan postmature. Batubara Formasi Balikpapan daerah Separi memiliki rentan TOC (TOTAL ORGANIC CARBON) 50.39-51.12 wt% yang menunjukkan nilai sempurna (*excellent*) untuk sebuah batuan sumber. Batubara pada Formasi Balikpapan daerah Separi menunjukkan jenis kerogen tipe III yang menunjukkan jenis *gas-prone*, yang berarti batubara merupakan batuan sumber hidrokarbon yang berpotensi menghasilkan gas dengan tingkat kematangan *immature - mature*.

Kata Kunci: *Total Organic Carbon, Rock-Eval Pyrolysis, Formasi Pamaluan, Formasi Balikpapan*

Abstract

Based on administrative boundaries, the study area is divided into 2 (two) regions, Tenggarong Seberang District located in Kutai Kartanegara Regency and Sepaku District located in North Penajam Paser Regency. Carbon (TOC) and Rock-Eval Pyrolysis (REP) rocks of the Pamaluan Formation and Balikpapan Formation in the study area. The Sepaku area is included in the Pamaluan Formation which consists of shale lithology which is the best source rock for producing hydrocarbons. It has a TOC (Total Organic Carbon) range of 0.49-0.6 wt% and can be categorized as a Poor-Fair value for a source rock. The Pamaluan Formation in the Sepaku area shows type IV kerogen which indicates the type of Inert Carbon, and the Tmax value indicates that the shale in the Pamaluan Formation produces dry gas with a postmature maturity level. The Balikpapan Formation coal in the Separi area has a TOC (Total Organic Carbon) range of 50.39-51.12 wt% which indicates an excellent value for a source rock. Coal in the Balikpapan Formation in the Separi area shows type III kerogen which indicates a gas-prone type, which means coal is a hydrocarbon source rock that has the potential to produce gas with immature - mature maturity level.

Keyword: *Total Organic Carbon, Rock-Eval Pyrolysis, Pamaluan Formation, Balikpapan Formation*

PENDAHULUAN

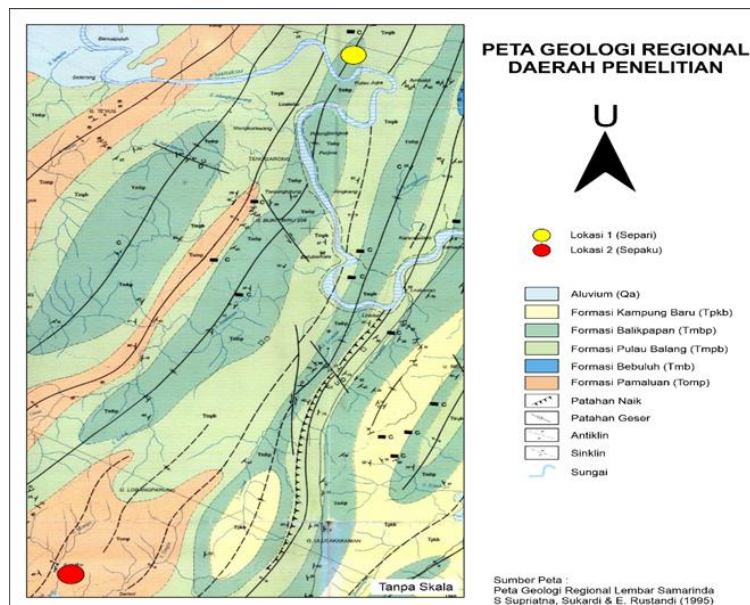
Daerah Tenggara Seberang (Gambar 1) yang secara administratif berada pada Kabupaten Kutai Kartanegara yang secara regional berada pada Formasi Balikpapan yang kaya akan Batubara merupakan lokasi yang menarik dan cocok untuk dijadikan objek studi (Moss & Chambers, 1999). Terkait dengan itu, potensi batuan sumber penghasil hidrokarbon dengan melihat kandungan TOC (*Total Organic Carbon*) dan *Rock-Eval Pyrolysis*-nya dalam studi geokimia.

Sama halnya dengan daerah Sepaku (Gambar 1) yang secara administratif berada pada Kabupaten Penajam Paser Utara yang secara regional berada pada Formasi Pamaluan yang kaya akan Serpih merupakan lokasi yang menarik dan cocok untuk dijadikan objek studi mengenai potensi batuan sumber penghasil hidrokarbon dengan melihat kandungan TOC (*Total Organic Carbon*) dan *Rock-Eval Pyrolysis*-nya dalam studi geokimia.

Batuan sumber (batuan induk) pada umumnya merupakan suatu endapan yang kaya bahan organik, banyak terdiri dari sisa-sisa organisme Phytoplankton khususnya sedimen laut berbutir halus atau lakustrin (lempung yang kaya organisme). Endapan ini telah terkubur hingga kedalaman dengan temperatur tinggi dalam waktu lama. Proses pengendapan dan pembebanan lapisan sedimen yang makin tebal, akan terjadi penurunan ke dalam bumi yang membuat tekanan dan temperatur makin tinggi karena adanya gradien tekanan dan temperatur tinggi (Sumarto, 2016).

TOC (*Total Organic Carbon*) merupakan parameter yang diukur dalam satuan % (persen) dimana TOC (*Total Organic Carbon*) ini merupakan persentase karbon organik dari total berat batuan contoh (Clayton, 2005). TOC (*Total Organic Carbon*) juga merupakan suatu indikator dari total kandungan material organik yang terdapat dalam suatu batuan (Ronov, 1958).

Rock Eval Pyrolysis adalah simulasi proses *hydrocarbon* generation di laboratorium dengan cara melakukan pemanasan bertahap pada sampel batuan induk dalam keadaan tanpa oksigen pada kondisi atmosfer inert dengan temperatur yang terprogram. Pemanasan ini memisahkan komponen organik bebas (bitumen) dan komponen organik yang masih terikat dalam batuan induk (Espitalie dkk, 1977).



Gambar 1. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian (Supriatna, at al., 1995)

METODOLOGI

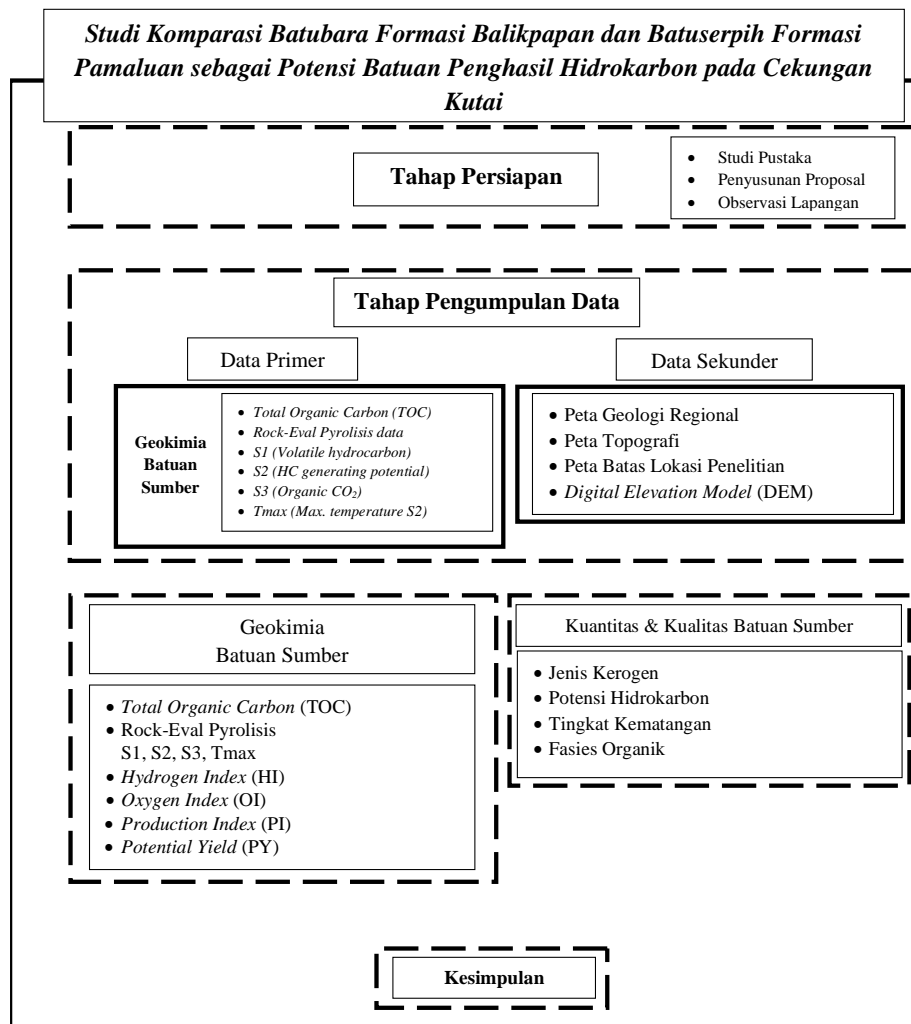
Kegiatan penelitian ini menggunakan 2 (dua) tahapan yaitu diantaranya adalah metode pengumpulan data dan analisis data (Amin Syam et al., 2020). Berikut adalah rincian penjelasannya:

Metode Pengumpulan Data

Dalam proses pengumpulan data penelitian terdapat 2 (dua) data yaitu data primer dan data sekunder. Data Sekunder yaitu berupa data geologi regional, data batas administrasi, peta topografi (dari data *Digital Elevation Model*) dan peralatan geologi berupa *Global Positioning System*, Palu Geologi dan Plastik sampel (Sasmito & Rindawati, 2017). Sedangkan data primer adalah data pengambilan langsung di lapangan.

Metode Analisis Data

Analisa kuantitas dan Kualitas batuan sumber dilakukan dengan data analisa TOC (TOTAL ORGANIC CARBON) & Rock-Eval Pyrolysis yang didapatkan dari laboratorium. Data TOC (TOTAL ORGANIC CARBON) meliputi total karbon organik dalam suatu sampel dengan satuan wt%, sedangkan data Rock-Eval meliputi data jumlah hidrokarbon bebas (S1) pada sampel dengan satuan mg hidrokarbon / g batuan, jumlah hidrokarbon yang dihasilkan (S2) pada sampel dengan satuan mg hidrokarbon / g batuan, jumlah CO₂ yang dihasilkan saat pirolisis (S3) dengan satuan mg CO₂ / g batuan, dan temperatur maksimum pada pirolisis saat generasi hidrokarbon dari kerogen terjadi dan berhubungan dengan kurva S₂ (Tmax). Alur singkat dari penelitian terlihat pada diagram alir (Gambar 2).



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah penelitian berada di daerah Separi tepatnya di Desa Bhuana Jaya dan Bukit Pariaman yang termasuk dalam formasi Balikpapan. penulis menjumpai 3 satuan batuan yang tersingkap, berturut-turut daru tua ke muda adalah satuan batulempung, satuan batupasir, dan satuan endapan alluvial (Sasmito, 2014). Berikut adalah analisis dan pembahasannya :

Total Organic Carbon (TOC)

Daerah Tenggarong Seberang Desa Bhuana Jaya termasuk kedalam Formasi Balikpapan yang mana terdiri dari perselingan batupasir dan batulempung dengan sisipan lanau, serpih, batugamping dan batubara. Pada penelitian ini litologi yang menjadi objek adalah batubara (Gambar 3), dimana batubara merupakan salah satu batuan sumber penghasil hidrokarbon (*source rock*) yang baik.



Gambar 3. Singkapan dengan litologi Batubara pada Formasi Balikpapan

Daerah Sepaku termasuk kedalam Formasi Pamaluan terdiri dari litologi serpih dengan sisipan batupasir kuarsa dan batubara. Pada penelitian ini litologi yang menjadi objek adalah batuserpih (Gambar 4), batuserpih merupakan batuan sumber penghasil hidrokarbon terbaik.

Hasil pengujian *Total Organic Carbon* (TOC) pada lokasi penelitian memiliki nilai yang mengindikasikan kualitas komponen organik masing-masing daerah (Tabel 1). Batubara Formasi Balikpapan daerah Tenggara Seberang memiliki nilai TOC (*Total Organic Carbon*) 50.39-51.12 wt% yang menunjukkan nilai sempurna untuk sebuah batuan sumber berdasarkan klasifikasi Peter & Cassa (1994). Sedangkan batuserpih Formasi Pamaluan pada daerah Sepaku memiliki nilai TOC (*Total Organic Carbon*) 0.49-0.6 wt% dan dapat dikategorikan kedalam nilai Buruk sampai Cukup untuk sebuah batuan sumber berdasarkan klasifikasi Peter & Cassa (1994) (Tabel 2). Batuan yang mengandung TOC (*Total Organic Carbon*) < 0,5% biasanya dianggap kurang berpotensi membentuk hidrokarbon. Jumlah hidrokarbon yang akan terbentuk dalam batuan semacam ini sangat kecil sehingga ekspulsi (proses pelepasan atau pengeluaran hidrokarbon) tidak akan terjadi. Lebih dari itu, kerogen di dalam batuan yang miskin tersebut sering kali teroksidasi yang mengakibatkan tidak berpotensi. Batuan dengan TOC (*Total Organic Carbon*) antara 0,5 sampai 1,0% berada pada batas antara berpotensi rendah dan baik. Batuan ini kemungkinan besar tidak menjadi batuan induk yang sangat efektif tetapi tetap dapat menghasilkan sejumlah kecil hidrokarbon dan karena itu tidak boleh terlalu diabaikan. Namun kerogen dalam batuan sedimen dengan kandungan TOC (*Total Organic Carbon*) < 1% umumnya akan teroksidasi dan karena itu potensinya membentuk hidrokarbon menjadi terbatas.



Gambar 4. Singkapan dengan litologi batuserpih pada Formasi Pamaluan

Tabel 1. Nilai TOC (Total Organic Carbon) pada daerah penelitian

Location	Code	TOC (Total Organic Carbon) (% wt)
Tenggarong Seberang	BA 1	50.39
	BA 2	51.12
Sepaku	BS 1	0.59
	BS 2A	0.49
	BS2B	0.6

Tabel 2. Skala nilai Total Organic Carbon (TOC) (Peter & Cassa, 1994).

Implikasi Batuan Induk	TOC (Total Organic Carbon) (% Berat)
Buruk	< 0.5
Cukup	0.5 – 1.0
Baik	1.0 – 2.0
Sangat Baik	2.0 – 4.0
Sempurna	>4.0

Rock-Eval Pyrolysis (REP)

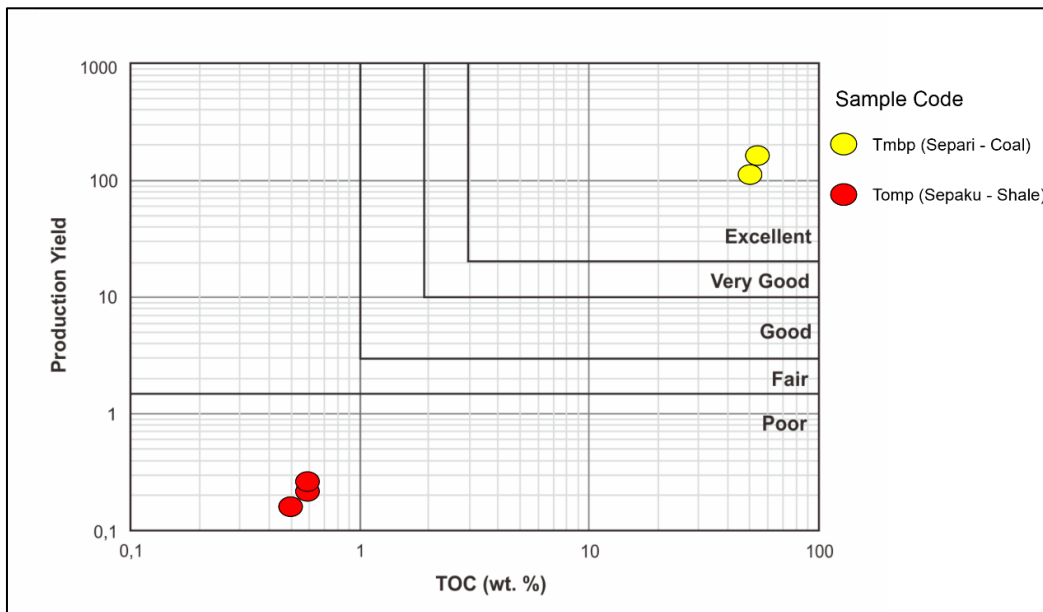
Analisis pirolisis dilakukan dengan peralatan evaluasi/TOC (*Total Organic Carbon*) mengikuti metode yang dijelaskan oleh Espitalie dkk. (1985). Setelah penghilangan unsur karbonat dari sampel dengan menggunakan larutan HCl, Rock-Eval Pyrolysis dilakukan, dan setiap sampel dengan keseluruhan berat batuan sekitar 100 mg dipirolisis pada 300 °C selama 3-4 menit, diikuti oleh pirolisis terprogram pada 25 °C/menit hingga 550 °C. Kedua tahap proses dilakukan keluar dalam atmosfer helium (Espitalié et. al., 1985; Peters, 1986). Nilai S2 memiliki rentan 0.14 - 121.38 mg/g mengindikasikan batuan sumber dengan potensi yang bervariasi (Tabel 3). Nilai Tmax yang memiliki rentan 412 - 484 °C mengindikasikan tingkat kematangan hidrokarbon yang bervariasi dan juga menunjukkan tingkat kematangan dari kerogen.

Tabel 3. Nilai Rock-Eval Pyrolysis pada daerah penelitian

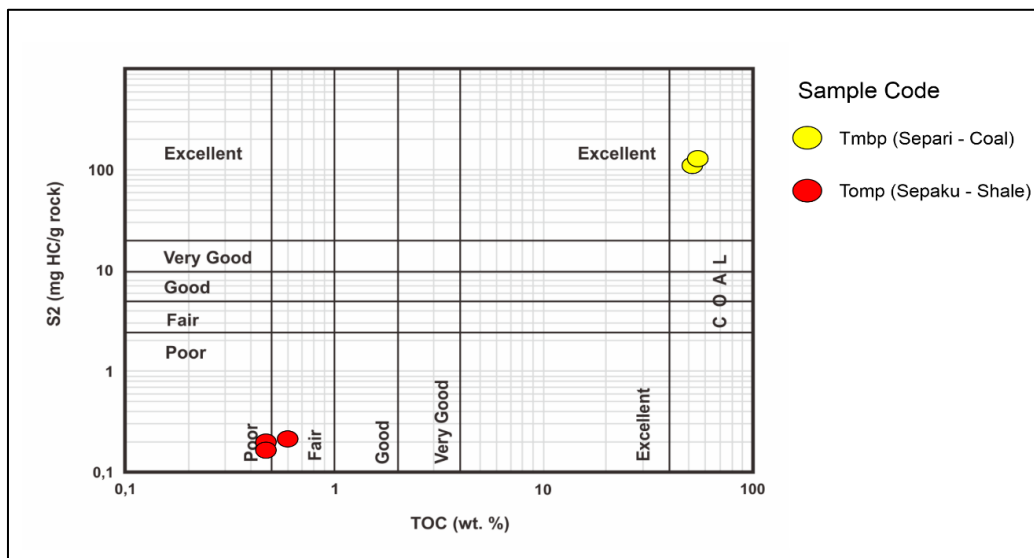
Location	Code	S1	S2	S3	Tmax
		mg/g	mg/g	mg/g	°C
Tenggarong Seberang	BA 1	0.59	105.75	11.2	412
	BA 2	0.49	121.38	8.14	414
Sepaku	BS 1	0.05	0.2	0.35	472
	BS 2A	0.02	0.14	2.01	473
	BS2B	0.04	0.23	0.13	484

Evaluasi Potensi Batuan Sumber

Batubara Formasi Balikpapan pada daerah Tenggarong Seberang memiliki nilai TOC (*Total Organic Carbon*) yang tinggi dan mengindikasikan sebagai batuan sumber yang sangat potensial, sedangkan batuserpih Formasi Pamaluan pada daerah Sepaku memiliki nilai TOC (*Total Organic Carbon*) yang sangat rendah, mengindikasikan bahwa batuserpih tidak potensial lagi menjadi batuan sumber penghasil hidrokarbon. Pada grafik hubungan antara TOC (*Total Organic Carbon*) dan PY, TOC (*Total Organic Carbon*) dan S2, Batubara (warna kuning) menunjukkan potensi yang sangat baik (*excellent*) sebagai batuan sumber, sedangkan batuserpih (warna merah) menunjukkan potensi yang buruk – cukup (*poor-fair*) sebagai batuan sumber (Gambar 5).

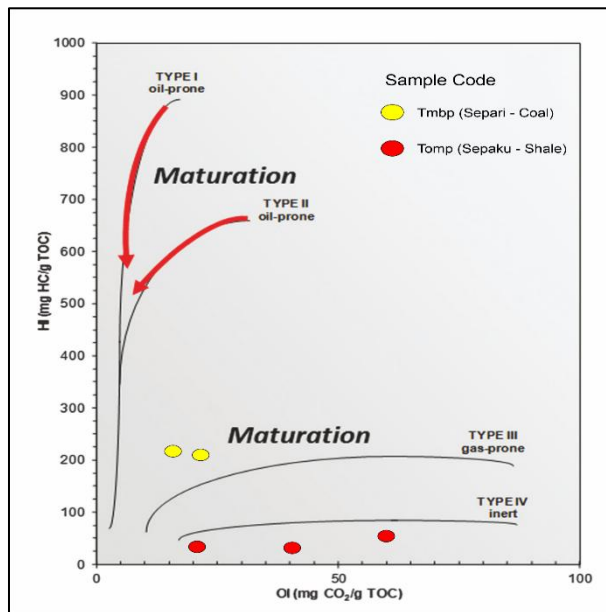


Gambar 5. Hubungan antara TOC (*Total Organic Carbon*) dengan *Production Yield* (PY)

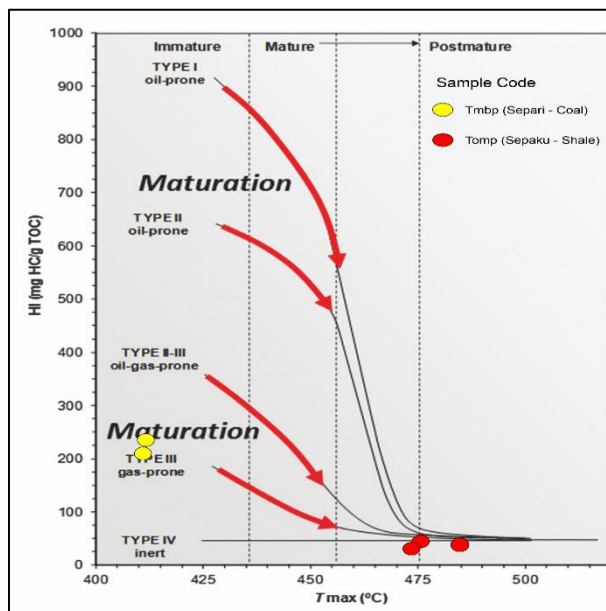


Gambar 6. Hubungan antara TOC (*Total Organic Carbon*) dengan S2

Pada grafik hubungan OI dengan HI serta Tmax dengan HI, batubara (warna kuning) pada Formasi Balikpapan daerah Tenggara Seberang menunjukkan jenis kerogen tipe III yang menunjukkan jenis gas-prone, yang berarti batubara merupakan batuan sumber hidrokarbon yang berpotensi menghasilkan gas dengan tingkat kematangan immature sampai mature. Kerogen tipe III mengandung hidrogen yang cukup untuk menghasilkan gas tetapi tidak cukup untuk menjadi minyak. Dalam bentuknya yang murni, Batubara Formasi Balikpapan terdiri dari vitrinit, sebuah maseral yang terbentuk dari kayu tanaman darat. Namun, seperti jenis kerogen perantara lainnya, berbagai campuran maseral atau proses degradasi dapat berkontribusi pada pembentukan kerogen tipe III (Gambar 7 dan 8).

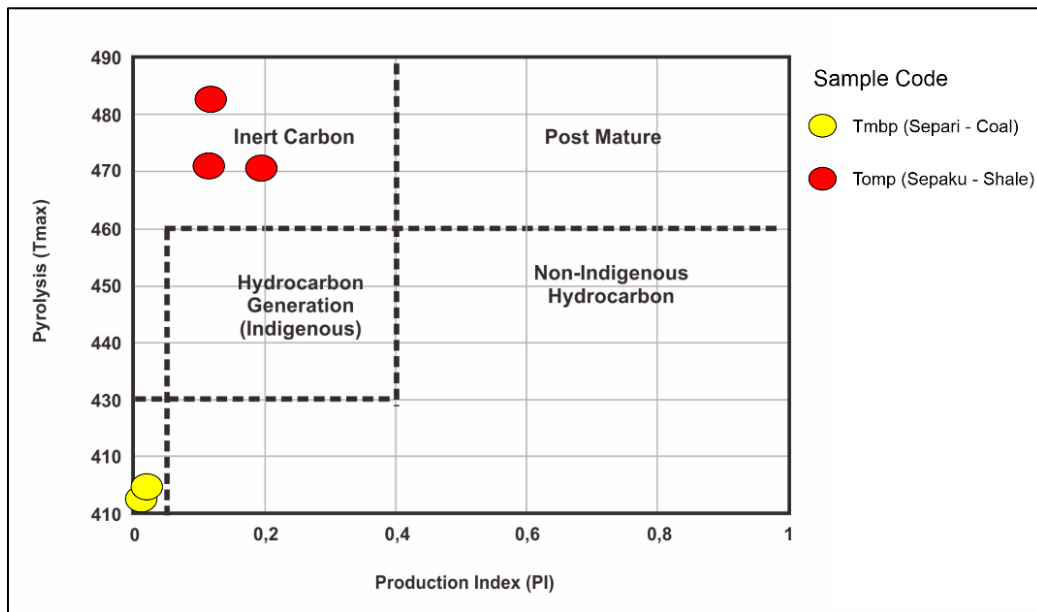


Gambar 7. Hubungan antara OI dengan HI



Gambar 8. Hubungan antara Tmax dengan HI

Kerogen tipe III yang berasal dari material organik darat yang sedikit mengandung lemak dan lilin, serta mengandung material selulosa dan lignin terutama senyawa aromatik dari sisa tanaman sehingga didominasi maseral vitrinit yang menjadi penyumbang terbesar di kerogen tipe III. Kerogen tipe III mempunyai kapasitas produksi hidrokarbon cair lebih rendah daripada kerogen tipe II, biasanya kerogen tipe III cenderung menghasilkan gas.



Gambar 9. Hubungan antara PI engan Tmax

Lingkungan pembentuk batubara mewakili beberapa jenis kerogen yang berbeda. Sebagian besar batubara terbentuk di rawa paralic yaitu tipe rawa yang berada di wilayah transisi antara lingkungan daratan dan laut, dan saluran sungai yang ditinggalkan. Vail dkk. (*in press*) menemukan bahwa di daerah di mana suplai sedimen rendah, lembah yang diiris mengandung sedimen ini sebagai endapan muara atau dataran pantai. Sedangkan batuserpih (warna merah) pada Formasi Pamaluan daerah Sepaku menunjukkan jenis kerogen tipe IV yang menunjukkan jenis *Inert Carbon*, dan nilai Tmax menunjukkan bahwa batuserpih pada Formasi Pamaluan menghasilkan dry gas (tidak mengandung gas) dengan tingkat kematangan *postmature* (Gambar 9). *Inert Carbon* adalah istilah yang tidak digunakan secara universal oleh ahli geokimia organik karena sulit untuk membedakan tipe IV dari tipe III hanya dengan menggunakan *pyrolysis Rock-Eval*. Ini adalah anggota akhir inert (tidak menghasilkan hidrokarbon) pada spektrum generatif hidrokarbon. Kerogen tipe IV terdiri dari konstituen miskin hidrogen seperti inertinit, yang merupakan bahan organik detrital yang dioksidasi secara langsung oleh pematangan termal termasuk api (arang) atau oleh daur ulang biologis atau sedimentologis. Kerogen tipe IV terdiri dari *recycle* dan material organik yang teroksidasi yang berasal dari berbagai sumber. Kerogen ini tidak memiliki potensial menghasilkan hidrokarbon.

KESIMPULAN

Kualitas batuan penghasil hidrokarbon, batubara Formasi Balikpapan pada daerah Separi memiliki kualitas Sempurna (*Excellent*) sebagai batuan penghasil hidrokarbon, sedangkan batuserpih Formasi Pamaluan pada daerah Sepaku memiliki kualitas Buruk – Cukup (*Poor – Fair*) sebagai batuan penghasil hidrokarbon. Perbandingan batuan sumber pada daerah penelitian. Batubara Formasi Balikpapan pada daerah Separi memiliki kualitas Sempurna (*excellent*) sebagai batuan sumber dengan jenis kerogen tipe III yang menunjukkan jenis gas-prone dengan tingkat kematangan *immature – mature*. Sedangkan batuserpih Formasi Pamaluan pada daerah Sepaku memiliki kualitas Buruk – Cukup (*poor – fair*) sebagai batuan sumber dengan jenis kerogen tipe IV yang menunjukkan jenis *inert carbon* dengan tingkat kematangan *postmature*. Pengaruh geologi regional terhadap kualitas batuan sumber. Batuserpih Formasi Pamaluan secara regional merupakan batuan tertua pada stratigrafi cekungan Kutai, berdasarkan hasil plot grafik dan Analisa diinterpretasikan bahwa batuserpih mengalami tingkat kematangan yang berlebihan (*postmature*) sehingga menghasilkan *inert carbon*, pada batubara Formasi Balikpapan berdasarkan hasil Analisa diinterpretasikan memiliki potensi penghasil hidrokarbon yang sangat baik pada *gas-prone* sehingga geologi regional sangat berpengaruh terhadap tingkat kematangan dan siklus sedimentologi juga sangat berpengaruh sebagai bahan baku dari batuan sumber.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterimakasih kepada Fakultas Teknik Universitas Mulawarman atas segala dukungannya dalam menjalankan penelitian ini hingga selesai dan tidak lupa juga penulis berterimakasih kepada seluruh pihak yang ikut membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin Syam, M., Sasmito, K., Sardilla, M., & Muchlis Sidiq, M. (2020). Geologi Dan Analisis Kekuatan Massa Batugamping Menggunakan Kaidah Kriteria Keruntuhan Hoek-Brown Di Daerah Batu Putih, Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur Province. *Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 3(1), 1–7.
- Clayton, C., (2005). Petroleum Generation and Migration. *Nautilus, Ltd.*
- Dembicki, Harry JR., (2017). Practical Petroleum Geochemistry for Exploration and Production. *Elsevier Inc.*
- Espitalie, J., Madec, M., Tissot, B., Mennig, J. J., & Leplat, P. (1977). *Source Rock Characterization Method for Petroleum Exploration*. Offshore Technology Conference.
- Hazra, Bodhisatwa, et al., 2019. Evaluation of Shale Source Rocks and Reservoirs. *Springer Nature Switzerland AG*.
- Moss, S. J., & Chambers, J. L. C. (1999). Tertiary facies architecture in the Kutai Basin, Kalimantan, Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 17(1–2), 157–181. [https://doi.org/10.1016/S0743-9547\(98\)00035-X](https://doi.org/10.1016/S0743-9547(98)00035-X)
- Nuey, E. S., (1987). Early Middle Miosen Deltaic Progradation in Southern Kutai Basin, *Proceeding of the 14th Annual Convention, Ind Petroleum Assac.*
- Peters, K. E., and Cassa, M. R. (1994). Applied Source Rock Geochemistry. *Memoirs-American Association of Petroleum Geologist*.
- Ronov, A.B., (1958). Organic Carbon in Sedimentary Rocks (in relation to the presence of petroleum). *Geochemistry*, 5, 497-509.
- Rose, R. and P. Hartono, (1978) Geological Evolution of the Tertiary Kutai-Melawi Basin Kalimantan, Indonesia. *Proceeding of the IPA 4th Annual Convention, Ind Petroleum Assac*, 27-39.
- Sasmito, K., (2014). Geologi Dan Pola Sebaran Batubara Daerah Separi Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Ilmiah MTG*, Vol. 7, No. 1, Januari 2014
- Sasmito, K., & Rindawati, P. I. (2017). Kendali Morfostruktur Pasif terhadap Bentuk Morfologi Daerah Bhuana Jaya dan Sekitarnya Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *In Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV* (pp. 60–69).
- Sumotarto, Untung., (2016). *Geologi Minyak & Gas Bumi*. Yogyakarta: Penerbit Ombak
- Supriatna, S., Sukardi, Rustandi, E., (1995). Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan, *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi*, Bandung, Indonesia.
- Waples, Douglas W., (1985). Geochemistry in Petroleum Exploration. Denver, Colorado. *Brown and Ruth Laboratories, Inc.*