

STUDI GEOKIMIA BATUAN INDUK SERPIH (SHALE) FORMASI SAWAHLUNTO DAERAH BATUBALANG, KEC. HARAU, KAB. LIMAPULUH KOTA, SUMATRA BARAT

Basuki Rahmad¹, Aris Buntoro², Yody Rizkianto¹, Viki Fintaru¹, M.Ocky Bayu
Nugroho¹,

¹ Teknik Geologi, FTM, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

² Teknik Perminyakan, FTM, Universitas

Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Corresponding author: basukirahmad@upnyk.ac.id

ABSTRAK: Daerah penelitian termasuk Cekungan Ombilin dimana target formasinya adalah Formasi Sawahlunto berumur Eosen-Oligosen termasuk dalam Kec. Koto Panjang, termasuk dalam Kabupaten Limapuluh Kota, Sumatra Barat. Studi batuan induk daerah Batubalang bertujuan untuk mengetahui dan mengevaluasi potensial sumber hidrokarbon dari batuan induk serpih. Singkapan tersusun atas 3 unit fasies, yaitu (dari paling tua ke paling muda) unit-1 batubara, unit-2 serpih dan unit-3 perselingan serpih dan batulempung, diendapkan di lingkungan *lacustrine* mulai *shallow lacustrine* hingga *deep lacustrine* pada Kala Eosen Akhir dengan hadirnya fosil polen indeks : *Couperipollisspp.*, *Crassoretiriletes vanraadshooveni* dan *Margocolporites tsukadai*.

Secara umum material organik (maseral) serpih Batubalang didominasi oleh Lamalginite (Liptinite) berasal dari tumbuhan terestrial berupa algae yang akan menghasilkan minyak. Potensi batuan induk shale Formasi Sawahlunto daerah Batubalang secara umum menghasilkan minyak dalam kondisi belum matang (*immature*).

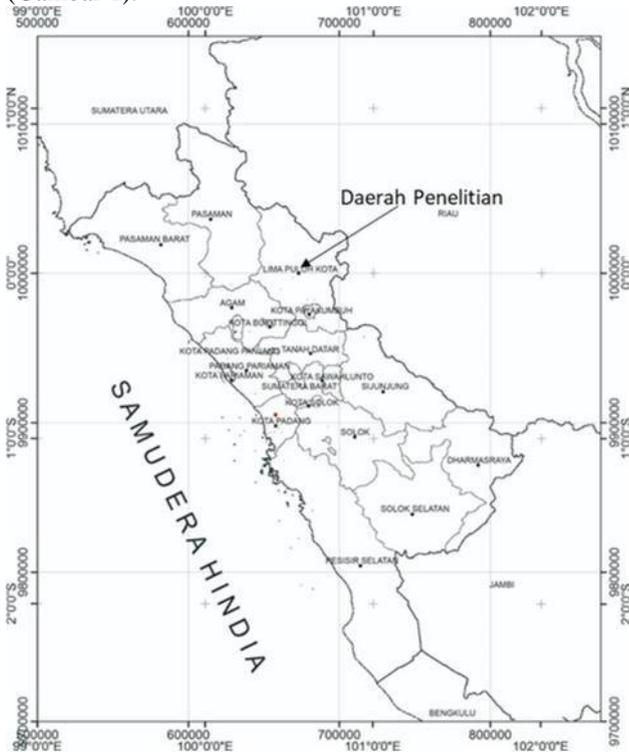
Kata kunci: Shale, Fasies, *Lacustrine*, Kerogen, Minyak, *Immature*.

Abstract: The research area includes the ombilin basin where the target formation is the sawahlunto formation of eocene-oligocene age included in the kec. koto panjang, is included in the limapuluh kota regency, west sumatra. the study of source rock in the batubalang area aims to identify and evaluate potential hydrocarbon sources from shale source rock. the outcrop is composed of 3 facies units, namely (from oldest to youngest) unit-1 coal, unit-2 shale and unit-3 alternating shale and claystone, deposited in a lacustrine environment from shallow lacustrine to deep lacustrine in the late eocene with the presence of index pollen fossil: *couperipollisspp.*, *crassoretiriletes vanraadshooveni* and *margocolporites tsukadai*. In general, the organic material (maceral) of batubalang shale is dominated by lamalginite (liptinite) derived from terrestrial plants in the form of algae that will produce oil. the potential of shale source rock for the sawahlunto formation in the batubalang area generally produces immature oil.

Keywords : Shale, Facies, *Lacustrine*, Kerogen, Oil, *Immature*.

PENDAHULUAN

Daerah Sarilamak, Kec. Koto Panjang, termasuk dalam Kabupaten Limapuluh Kota, Sumatera Barat (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian

Daerah penelitian termasuk Cekungan Ombilin dimana target formasinya adalah Formasi Sawahlunto berumur Eosen-Oligosen (Gambar 1). Cekungan Ombilin terbentuk oleh patahan-patahan blok batuan dasar yang sangat kompleks sehingga membentuk pegunungan pada akhir Pra-Tersier. Patahan-patahan ini terbentuk oleh Sesar mendatar Silungkang yang berarah barat laut-tenggara, sejajar dengan sistem sesar Sumatera. Pergerakan Sesar mendatar Silungkang tersebut juga menjadi tempat pengendapan sedimen-sedimen Tersier di lingkungan darat. (Koesoemadinata & Matasak, 1981).

Noeradi dkk. (2005), menjelaskan bahwa Cekungan Ombilin dibatasi oleh Pegunungan Barisan bagian barat yang merupakan volcanic arc dan non-volcanic arc Pegunungan Barisan.

Menurut Yeni (2011), Cekungan Ombilin adalah pull apart basin yang membentang sejauh 120 km dari bagian selatan Solok hingga barat laut Payakumbuh dan ditutupi oleh batuan vulkanik kuartar hingga resen dari Gunungapi Malintang, Merapi, Maninjau dan Singgalang pada bagian selatannya

Sedangkan menurut Husein dkk. (2018) berdasarkan pada studinya tentang perspektif baru dalam Evolusi Cekungan Ombilin Sumatera Barat. Model tektonik pembentukan cekungannya didekati dengan model cekungan pull apart basin Danau Singkarak yang terletak di sebelah barat Cekungan Ombilin yang pengisian cekungan didominasi oleh proses sedimentasi daratan pada lingkungan kipas aluvial, danau, hingga

fluvial. Cekungan Ombilin terbentuk pada Paleogen akibat regangan Oroklin Sunda dalam merespon kolisi India kepada Eurasia. Pola sedimentasi pengisi cekungan sangat dipengaruhi oleh fluktuasi muka laut regional yang dikontrol oleh beberapa peristiwa tektonik utama. Kondisi tersebut tampak, terutama pada saat perubahan fasies sungai berkelok Sawahlunto menjadi fasies sungai teranyam Sawahtambang yang sangat dipengaruhi oleh turunnya muka laut regional akibat pembukaan Laut Tiongkok Selatan.

Linggadipura,dkk.,(2017) menjelaskan bahwa lingkungan pengendapan dan karakteristik batubara pada Formasi Sawahlunto di daerah Rantih dan sekitarnya-Kec. Talawi, Sumatera Barat berupa lingkungan fluvial sungai berkelok (meander river) dengan karakteristik batubara adalah *limnic*. Hasil ini didapatkan berdasarkan hasil analisis Tissue Preservation Index (TPI) dan nilai Gelification Index (GI). Batubara pada daerah telitian memiliki nilai reflektan vitrinit rata-rata (Rv), yaitu 0.36 - 0.58 % yang menunjukkan peringkat batubara Sub-Bituminous – High Volatile Bituminous B.

UMUR	NAMA FORMASI		TEBAL (M)	LINGKUNGAN PENGENDAPAN	
	PH.SILITONGA & KASTOWO (1995)	RP.KOESOEMADINATA & T.MATASAK (1981)			
KUARTER	Tuf Basal			Terestrial	
	Tuf Berbungung	F. Ranau			
PLIOSEN	Volkanik tak terpisahkan				
MIOSEN	Akhir				
	Tengah	Angg. Atas F.Ombilin			
	Awal		F. Ombilin	1400	Neritik
			Angg. Poro	300	
TERSIER	Akhir	Angg. Bawah F.Ombilin			
	Tengah		F. Sangkarewang	600	Braided River
OLIGOSEN	Awal				
			Angg. Rasau	300	Meandering
EOSEN					
			F. Sawahlunto	190	Meandering & Swamp (flood plain)
PALEOSEN					
			F. Sangkarewang	1400	Lacustrin
KAPUR					
YURA					
TRIAS					
		F. Tuhur			
PERM					
		F. Silungkang			
KARBON					
		F. Kuantan			

Gambar 2. Stratigrafi regional Cekungan Ombilin (Koesoemadinata dan Matasak, 1981)

Pada daerah penelitian tersingkap batuan serpih sisipan batubara. Kondisi ini menarik untuk diteliti terutama untuk mengevaluasi tingkat kematangan batuan induk termasuk komposisi organik serpih dan batubaranya.

Terdapat beberapa parameter dalam mengevaluasi batuan induk serpih, secara geokimia. Peters dan Cassa (1994) menjelaskan bahwa dalam evaluasi batuan induk terdapat 3 faktor yang perlu diperhatikan, yaitu kuantitas atau jumlah, kualitas atau tipe, dan kematangan termal material organik.

Menurut Waples (1985), penggunaan istilah batuan induk sering rancu, dikarenakan sering disebut bahwa batuan induk merupakan batuan sedimen yang berbutir halus. Sebenarnya pengertian tersebut kurang tepat karena artinya menjadi terlalu luas, sehingga Waples

(1985) membuat beberapa pengertian tentang batuan induk, antara lain:

1. **Batuan induk efektif (*effective source rock*).** Batuan induk yang telah membentuk dan mengeluarkan hidrokarbon.
2. **Mungkin batuan induk (*possible source rock*).** Setiap batuan sedimen yang belum pernah dievaluasi potensinya, tetapi mempunyai kemungkinan membentuk dan mengeluarkan hidrokarbon.
3. **Batuan induk potensial (*potential source rock*).** Setiap batuan sedimen yang belum matang, tetapi mempunyai kemampuan membentuk dan mengeluarkan hidrokarbon jika kematangannya bertambah tinggi.



Gambar 4. Pembuatan batubata di Desa Batubalang

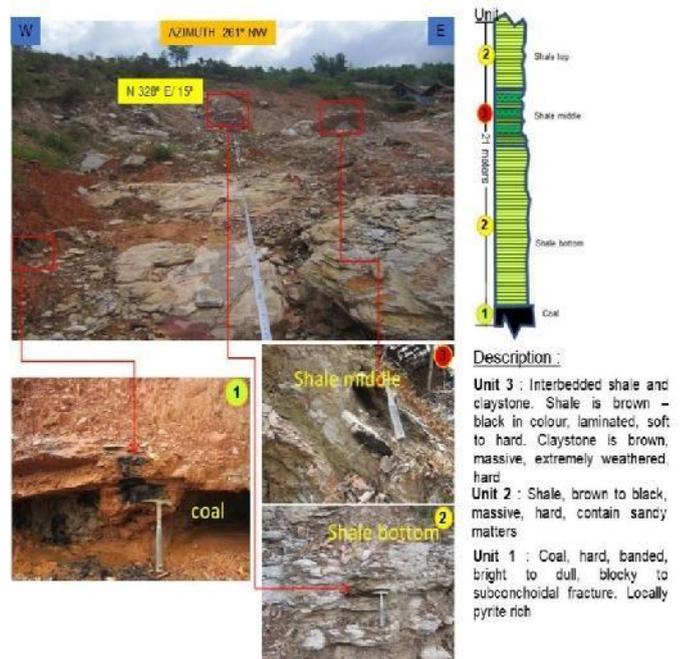
GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Daerah penelitian yang terletak di Desa Batubalang secara administratif termasuk Kecamatan Harau, Kabupaten Limapuluh Koto, Provinsi Sumatera Barat. Singkapan shale terletak di pinggir jalan (Gambar 3). Kondisi singkapan sebagian besar lapuk berubah menjadi batulempung kaolinitan yang dimanfaatkan masyarakat sekitarnya untuk pembuat batubata (Gambar 4).



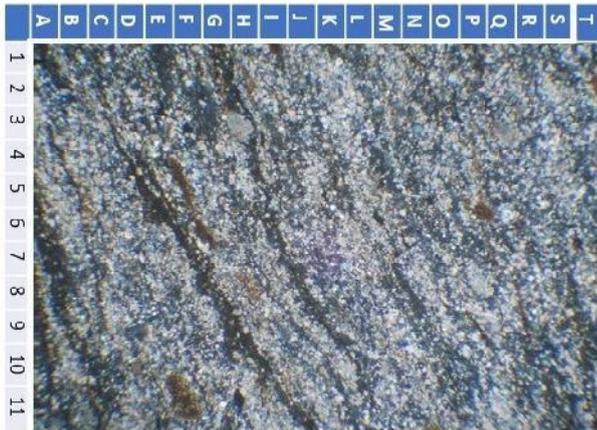
Gambar 3. Singkapan shale di Desa Batubalang

Singkapan shale tersusun atas 3 unit fasies, yaitu (dari paling tua ke paling muda) unit-1 batubara, unit-2 serpih dan unit-3 perselingan serpih dan batulempung (Gambar 5). Unit-1 tersusun atas batubara berwarna hitam, keras, kilap cerah hingga kusam, pecahan *blocky* hingga *subconchoidal*, setempat kaya akan mineral pirit. Unit-2 tersusun atas serpih berwarna abu-abu dan hitam, ukuran butir lempung hingga lanau, masif, mengandung butiran pasir dan keras. Unit-3 tersusun atas perselingan serpih dan batulempung. Serpih berwarna coklat dan hitam, ukuran butir lempung – lanau, laminasi dan lunak – keras. Batulempung berwarna coklat, ukuran butir lempung, masif, sangat lapuk dan keras.



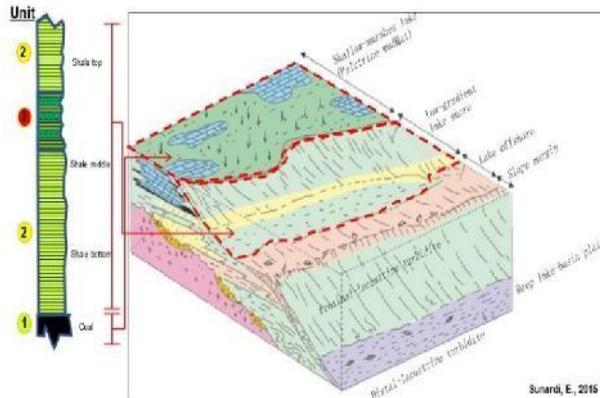
Gambar 5. Pembagian fasies shale unit-1, 2 dan 3.

Hasil sayatan tipis, memperlihatkan warna abu-abu kecoklatan-coklat muda, komposisi didominasi oleh mineral lempung (75%), kuarsa (20%), feldspar (4%), dan mineral opak (1%), dengan ukuran butir 0,01–0,015mm, mengambang dalam matrik lempung. Penamaan petrografisnya adalah shale (Gambar 6).



Gambar 6. Kenampakan mikroskopis shale

Berdasarkan hasil analisa aspek fisik pada singkapan ini yang dipadukan dengan model pengendapan Sunardi (2015), unit-1 diendapkan pada daerah *shallow – marshes lake (palustrine mudflat)* dan unit-2 serta unit-3 diendapkan pada daerah *low-gradient lake shore*.



Gambar 7. Fasies pengendapan shale di Desa Batubalang

Berdasarkan hasil analisa biostratigrafi, unit-2 diendapkan di daerah *lacustrine* (ditunjukkan kehadiran fosil *index Magnastriatites howardi* dan tidak ditemukan fosil mikro foraminifera) pada kala Eosen Akhir (ditunjukkan kehadiran fosil *index Couperipollis spp., Crassoretitrites vanraadshooveni, Margocolporites tsukadai*).

METODE DAN ANALISA GEOKIMIA HIDROKARBON

Analisis geokimia petroleum dilakukan dengan tujuan mengevaluasi potensial sumber hidrokarbon pada suatu batuan, atau mengetahui karakter sampel tertentu secara kimia, yang mungkin bertujuan mendapatkan suatu korelasi terhadap sampel lain. Dua tujuan yang berbeda ini melibatkan teknis atau metode analisis yang berbeda pula.

Penelitian ini dilakukan dengan analisis pekerjaan geologi di lapangan dan di laboratorium. Data-data pekerjaan lapangan yaitu pengamatan singkapan batuan selanjutnya dilakukan analisis profil singkapan batuan di daerah Pangkalan Balai. Selanjutnya dilakukan analisis

macam batuan penyusun, kandungan kimia, kandungan mineral dan pelontologi. Analisis geokimia terutama mengenai kandungan zat organik dilakukan analisis leccarbon guna mengetahui nilai TOC (Total Organic Carbon) yang dikandungnya.

Kemudian dilakukan analisis Rock-Eval pirolisis guna mengetahui karakter conto secara cepat ada tidaknya hidrokarbon di daerah telitian. Analisis laboratorium disajikan dalam bentuk diagram alir (Gambar 5). Beberapa analisis kematangan thermal juga dilakukan berdasarkan microscopic sayatan petrografi guna melihat komposisi kerogenya untuk penentuan vitrinite reflectant (Ro).

Lingkup kegiatan yang dilakukan dalam studi ini meliputi:

1. Analisis profil singkapan batuan guna mengambil conto batuan di lapangan
2. Analisis laboratorium
3. Interpretasi potensi kualitas dan kematangan batuan induk ditinjau secara geokimia

Analisis TOC menggunakan sebuah alat penganalisis bernama karbon Leco. Tekniknya cukup sederhana, yaitu dengan cara membakar sampel yang telah digerus hingga menjadi bubuk dan bebas dari mineral karbonat pada temperatur tinggi dengan bantuan oksigen. Semua karbon organik diubah menjadi karbon dioksida, yang kemudian diperangkap di dalam alat tersebut dan dilepaskan ke suatu detektor ketika pembakaran sudah usai. Jumlah karbon diokasida yang didapat proporsional dengan jumlah karbon organik di dalam batuan. Karbonat harus dihilangkan dari sampel dengan asam klorida sebelum pembakaran, karena mineral karbonat juga terurai selama pembakaran dan akan menghasilkan karbon dioksida.

Batuan yang mengandung TOC < 0,5% dikatakan memiliki potensi rendah dan miskin material organik. Jumlah hidrokarbon batuan ini tidak cukup untuk terekspulsi dan kerogen yang ada cenderung akan teroksidasi (Peters dan Cassa, 1994). Batuan dengan TOC antara 0,5-1% berada pada batas antara berpotensi rendah hingga baik. Batuan tersebut tidak akan menjadi batuan induk yang sangat reaktif, tetapi batuan itu mungkin saja mengeluarkan sejumlah kecil hidrokarbon dan karena itu tidak boleh terlalu diabaikan. Namun kerogen dalam batuan sedimen dengan kandungan TOC < 1% umumnya akan teroksidasi, oleh karena itu potensinya membentuk hidrokarbon menjadi terbatas.

Batuan sedimen yang mengandung TOC > 1% secara umum memiliki potensi yang cukup. Pada beberapa batuan, TOC antara 1-2% berasosiasi dengan lingkungan pengendapan pertengahan antara oksidasi dan reduksi yang merupakan tempat terjadinya pengawetan material organik yang kaya akan lemak dan berpotensi membentuk minyak bumi. Sementara itu, TOC dengan nilai lebih dari 2% umumnya berasal dari lingkungan reduksi dengan potensi yang sangat baik. Penentuan potensi hidrokarbon dalam aspek kuantitas dari suatu batuan induk menggunakan klasifikasi Peters dan Cassa (1994) yang dikhususkan untuk batuan induk dalam kondisi belum matang.

Rock-Eval pyrolysis merupakan teknik pengujian batuan induk yang melibatkan pemanasan dalam jumlah kecil (50-400 mg tergantung pada kandungan karbon) dari batuan yang dihancurkan dan mengukur massa gas hidrokarbon yang dihasilkan sebagai fungsi suhu (Barker, 1995). Karbon dioksida yang dihasilkan selama pemanasan disimpan dalam perangkap selama pemanasan dan kemudian dianalisis untuk memperkirakan total kandungan karbon organik dari sampel tersebut. Selama tahap awal pemanasan, hidrokarbon yang diserap atau bebas di dalam sampel didorong dan dicatat sebagai puncak S_1 . Dengan meningkatnya suhu, bahan organik dalam sampel terurai menjadi hidrokarbon dan CO_2 , yang masing-masing dicatat sebagai puncak S_2 dan puncak S_3 , dan senyawa lain yang tidak dianalisis.

Dalam interpretasi tipe kerogen, jenis maseral pada umumnya dibagi menjadi maseral-maseral yang menghasilkan minyak, gas dan tidak menghasilkan apa-apa. Tipe kerogen dibagi menjadi tipe I, II, III, dan IV. Menurut Waples (1985), kerogen tipe I berasal dari algae lakustrin dan mempunyai kapasitas yang tinggi untuk menghasilkan hidrokarbon cair. Kerogen tipe I umumnya tersusun oleh maseral liptinit seperti alginit.

Kebanyakan kerogen tipe II ditemukan pada endapan sedimen laut di bawah kondisi reduksi. Kerogen tipe II terdiri dari resinit, kutinit dan eksinit. Tipe ini mempunyai kapasitas untuk membentuk hidrokarbon cair dan sedikit gas. Kerogen tipe III terdiri dari material organik darat yang kekurangan unsur lemak dan lilin. Tipe ini umumnya menghasilkan gas. Vitrinit merupakan maseral yang dominan sebagai penyusun kerogen tipe III. Kerogen tipe IV merupakan kerogen yang mengandung material rombakan dari berbagai sumber dan di bawah kondisi oksidasi yang tinggi. Kerogen tipe ini tidak akan menghasilkan minyak maupun gas. Maseral inertinit adalah penyusun dari kerogen tipe IV.

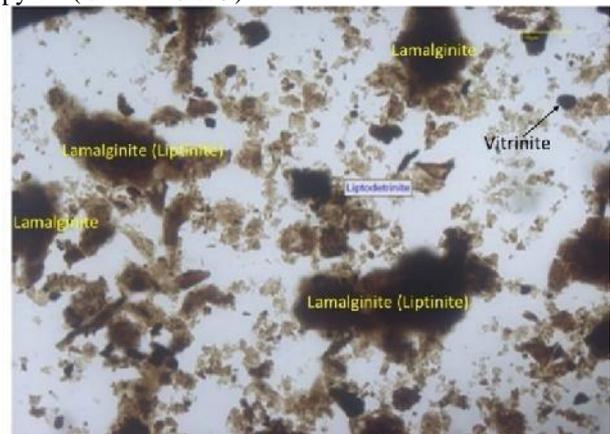
Katagenesis merupakan tahap terpenting dalam proses pembentukan hidrokarbon. Pada tahapan ini terjadi peristiwa-peristiwa mulai terbentuknya hidrokarbon dari material organik, keluarnya gas dari batuan induk. Material organik terus mengalami pemanasan dan tekanan yang mengubah molekul-molekulnya menjadi lebih sederhana. Material hasil ubahan tersebut salah satunya dikenal sebagai kerogen.

Kematangan material organik dikontrol oleh dua faktor utama yaitu suhu dan waktu. Pengaruh suhu tinggi dalam waktu yang singkat atau sebaliknya akan mengakibatkan kerogen berubah menjadi hidrokarbon. Selain dua faktor tersebut, batuan juga terlibat mempengaruhi proses pemanasan dan jumlah panas yang akan diterima oleh batuan induk.

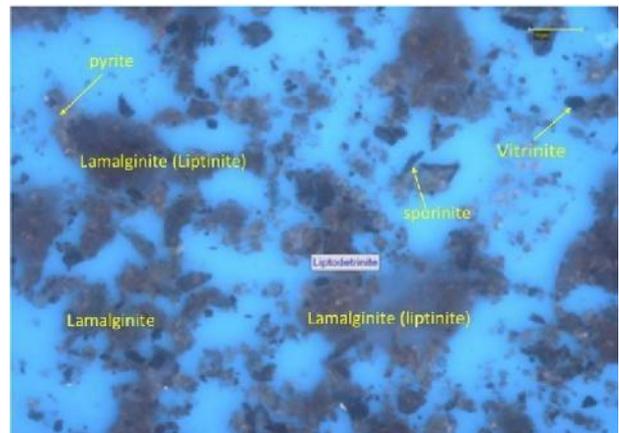
Terdapat beberapa metode yang berkembang yang dapat dipergunakan untuk menentukan kematangan material organik yang terkandung di dalam batuan induk, seperti reflektansi vitrinit, warna spora atau indeks alterasi termal (TAI/*Thermal Alteration Index*), dan temperatur pirolisis (Tmaks). Metode yang digunakan peneliti dalam menentukan tingkat kematangan material organik yaitu temperatur pirolisis (Tmaks) dan reflektansi vitrinit.

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN GEOKIMIA BATUAN INDUK

Evaluasi batuan induk bertujuan untuk mengetahui dan mengevaluasi potensial sumber hidrokarbon dari suatu batuan induk, oleh karena itu perlu dilakukan analisis geokimia dalam tiga aspek yaitu kuantitas atau kekayaan, tipe, tingkat kematangan dan karakteristik material organik (petrologi organik) yang hadir di sampel batuan shale. Secara umum komposisi organik (kerogen) dari shale HC untuk Formasi Sawahlunto daerah Batubalang terdiri dari vitrinite, lamalginite (liptinite), sporinite (liptinite), liptodetrinite (liptinite), kuarsa dan pyrite (Gambar 8 & 9).



Gambar 8. Kenampakan mikroskopis organik shale di Desa Batubalang (posisi sinar putih)



Gambar 9. Kenampakan mikroskopis organik shale di Desa Batubalang (posisi sinar ultra violet)

Lamalginite berasal dari unicellular lamalginite berbentuk lonjong memanjang dengan struktur biologi yang tidak dikenali atau sedikit terstruktur. Lamalginite memiliki fluoresensi yang terang, berwarna coklat muda sampai keabu-abuan, umumnya lamalginite, sporinite berasal dari alga lacustrine dan fitoplankton. Lamalginite memberikan ciri dimensi yang cukup besar sebagai pembentuk hidrokarbon (minyak dan gas). Material organik di shale Desa Batubalang merupakan antara komponen alga yang lebih dominan dari organik terrestrial yg dominan dengan bahan organik terrestrial

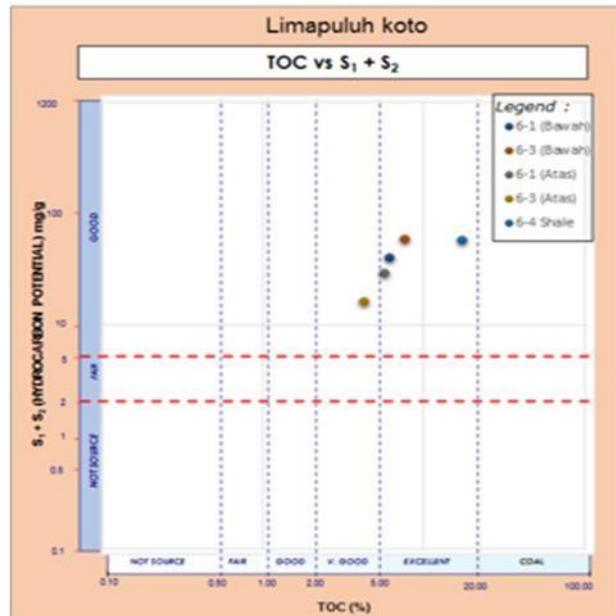
mulai dari lingkungan shallow lacustrine hingga deep lacustrine.

Sangat sedikitnya kandungan maseral vitrinite yang terbentuk, umumnya hampir pada setiap conto yang diamati, vitrinite jauh lebih kecil dari kehadiran liptinite dan inertinitanya, sebaliknya kandungan liptinite sangat dominan mencapai 45%. Makin banyak kandungan alginate maka kandungan minyak juga makin banyak (Yen and Chilingarian, 1976; Hutton 1987).

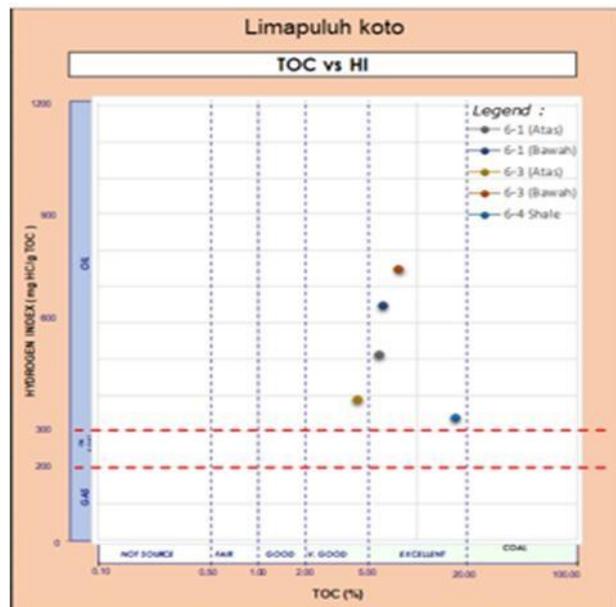
Pemerian petrografis organik menunjukkan semua conto mengandung sporinite (*Botryococcus*) dan phytoplankton dengan jumlah yang bervariasi. Material organik atau maseral tersebut diyakini sebagai *source rock* hidrokarbon yang potensial, sekaligus keberadaan material organik ini mengindikasikan pengendapannya dalam lingkungan danau air tawar (lakustrin), kondisi yang tenang dan tidak terpengaruh ombak/arus (Yen and Chilingarian, 1976; Hutton 1987).

Lamalginit, berupa lembaran yang sangat halus dan berselang-seling dengan mineral *matter*. Maseral ini tampak sebagai komponen pembentuk masa dasar. Lamalginit umumnya berasosiasi dengan phytoplankton yang “*alongate*” pada sayatan poles. Berdasarkan pengamatan mikroskop liptinite berwarna kuning terang sampai jingga. Liptinite terutama dari jenis alginate tipe lamalginit. Lamalginit berwarna kuning-kuning terang dan memperlihatkan flourecense sedang, terlihat sebagai lembaran yang halus atau amorf dan membentuk susunan lapisan dengan mineral matter (Gambar 9). Mineral matter yang mendominasi adalah oksida besi, pirit dan quartz.

Berdasarkan cross plot data antara S1 + S2 Vs TOC dan HI Vs TOC dari 5 sampel shale di Desa Batubalang dengan kode sampel : 6-1 bawah; 6-1 atas; 6-3 bawah; 6-3 atas dan 6-4 shale, di Desa Batubalang memiliki kandungan TOC sebesar 4 - 17 wt% sehingga masuk dalam kategori batuan induk sangat baik hingga sempurna, nilai S1 + S2 sebesar 16 - 58 mg/g sehingga memiliki potensi hidrokarbon yang baik dan nilai HI sebesar 300 – 750 mgHC/gTOC sehingga batuan induk tersebut dapat menghasilkan minyak (Gambar 10 & 11).

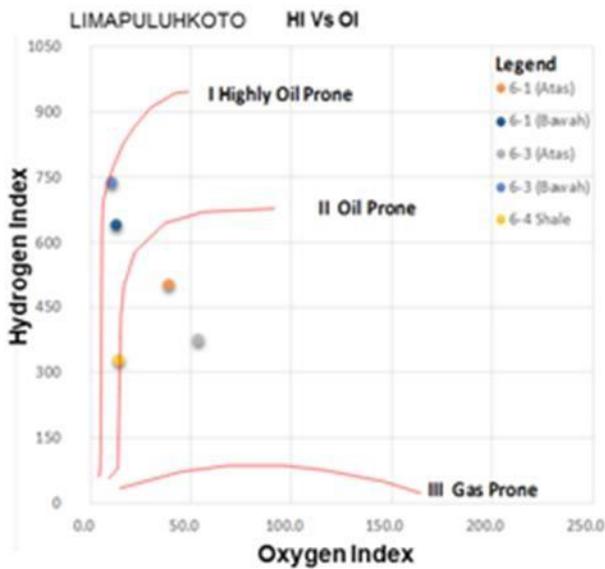


Gambar 10. Plot data antara S1 + S2 Vs TOC

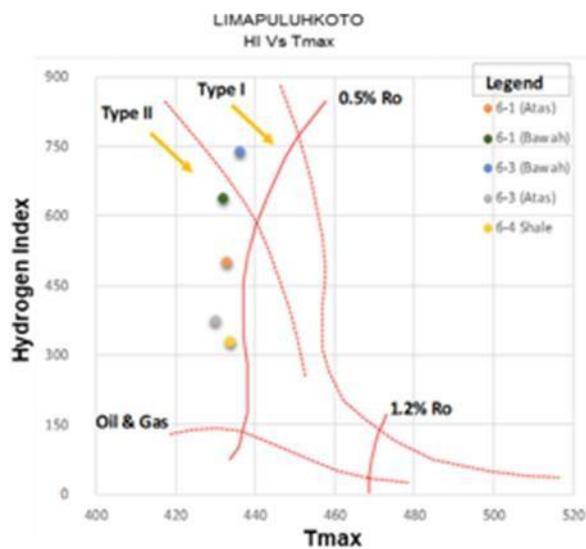


Gambar 11. Plot data HI Vs TOC

Hasil analisis HI Vs OI dan HI Vs Tmax didapatkan bahwa tipe kerogen pada Batubalang adalah tipe I-II (membentuk minyak) dan berdasarkan analisis nilai Ro batuan induk ini belum matang (Gambar 12 & 13).



Gambar 12. Plot data HI Vs OI



Gambar 13. Plot data HI Vs Tmax

KESIMPULAN

1. Litostratigrafi daerah penelitian terbagi menjadi unit coal, unit shale dan unit perselingan shale - batulempung-silt diendapkan di lingkungan lacustrine mulai shallow lacustrine hingga deep lacustrine pada kala Eosen Akhir dibuktikan dengan kehadiran fosil polen *index* : *Couperipollis* sp., *Crassoretitriletes vanraadshooveni* dan *Margocolporites tsukadai*.
2. Shale Desa Batubalang secara umum didominasi maseral lamalginite (liptinite) berasal dari tumbuhan terestrial berupa algae yang akan menghasilkan minyak.

3. Potensi batuan induk shale Formasi Sawahlunto daerah Batubalang secara umum menghasilkan minyak dalam kondisi belum matang (*immature*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada CPP Block BOB PT. Bumi Siak Pusako - Pertamina Hulu Energi (PHE).

DAFTAR PUSTAKA

- Barker, C.E. 1995. Organic Geochemical Analysis and Thermochronologic Modeling of Potential Petroleum Source Rocks in the Malheur, Jordan and Andrews Resource Areas, Southeastern Oregon. United States of America: Open File Report 95-637 U.S. Geological Survey.
- Hutton, A.C., 1987, Petrographic Classification of Oil Shale, International Journal of Coal Geology, p. 203-231, Amsterdam.
- Husein, S., dkk., 2018. Perspektif Baru Dalam Evolusi Cekungan Ombilin Sumatera Barat. Prosiding Seminar Nasional Kebumihan ke-11 Universitas Gadjah Mada.
- Koesoemadinata, R.P., and Matasak, Th. (1981) Stratigraphy and Sedimentation Ombilin Basin Central Sumatra (West Sumatra Province). Proceedings Indonesian Petroleum Association 10th Annual Convention, 217-249.
- Linggadipura, dkk., 2017. Lingkungan Pengendapan dan Karakteristik Batubara pada Formasi Sawahlunto Daerah Rantih dan sekitarnya, Sumatera Barat. Prosiding Seminar Nasional Kebumihan ke-10 Universitas Gadjah mada.
- Noeradi, D., Djuhaeni, and Simanjuntak, B. (2005) Rift Play in Ombilin Basin Outcrop, West Sumatra. Proceedings of the 30th Annual Convention Indonesian Petroleum Association, IPA05-G-160, 39-51.
- Sunardi, E., 2015. The Lithofacies Association of Brown Shales In Kiliran Jao Subbasin, West Sumatra Indonesia. Indonesian Journal On Geoscience (IJOG)
- Peters, K. E., dan Cassa, M. R. 1994. Applied Source Rock Geochemistry. *Memoirs-American Association of Petroleum Geologists* 60.
- Waples, D. W., 1985. *Geochemistry In Petroleum Exploration*. Boston: D. Reidel Publishing Company
- Yen, T.F., and Chilingarian, G.V, 1976, Oil Shale, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.
- Yeni, Y.F. (2011). Perkembangan Sedimentasi Formasi Brani, Formasi Sawahlunto dan Formasi Ombilin ditinjau dari Provenance dan Komposisi Batupasir Cekungan Ombilin. Proceeding JCM Makassar. The 36th HAGI and 40th IAGI Annual Convention and Exhibition.