

## POTENSI BATUAN INDUK FORMASI SALODIK PULAU PELENG BAGIAN BARAT, CEKUNGAN BANGGAI

### *(Source Rock Potential of Salodik Formation, Western Peleng Island, Banggai Basin)*

Guntur Adham Syahputra<sup>1)</sup>, Wardo Utomo<sup>2)</sup> dan Arief Rahman<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Perminyakan, Diploma III Akademi Minyak dan Gas Balongan

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Perminyakan, Diploma III Akademi Minyak dan Gas Balongan

E-mail: [gunturadham@gmail.com](mailto:gunturadham@gmail.com); [bunk.w.utomo@gmail.com](mailto:bunk.w.utomo@gmail.com); [arief1rahman@gmail.com](mailto:arief1rahman@gmail.com)

Teregistrasi I tanggal 3 Mei 2019; Diterima setelah perbaikan tanggal 17 Juli 2019;

Disetujui terbit tanggal: 30 Agustus 2019.

#### ABSTRAK

Cekungan Banggai merupakan suatu cekungan produktif di Indonesia yang terdiri atas offshore (Laut Banda) dan onshore (pesisir Timur Sulawesi Tengah, Pulau Peleng, Kepulauan Banggai). Cekungan Banggai menyumbangkan produksi gas yang cukup signifikan, diantaranya berasal dari Lapangan Senoro dan Donggi-Matindok. Daerah penelitian terletak di Pulau Peleng bagian Barat, yang merupakan tepian dari Cekungan Banggai. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan karakteristik dan potensi kematangan pada batuan induk Eosen-Miosen; Formasi Salodik. Pengukuran data geokimia dilakukan di laboratorium meliputi Total Organic Carbon (TOC) dan Rock-Eval Pyrolysis, dengan data keluarannya yaitu: %TOC,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  dan  $T_{max}$ . Berdasarkan parameter tersebut, secara matematis diperoleh data geokimia turunan yaitu potential yield (PY), hydrogen index (HI), oxygen index (OI) dan productivity index (PI). Analisis dan interpretasi data geokimia dilakukan terhadap plot data kedalaman semu terhadap TOC, PY, HI, dan PI, TOC terhadap HI, OI terhadap HI dan  $T_{max}$  terhadap HI. Analisis dan interpretasi dikaitkan dengan geologi regional di sekitarnya. Hasil penelitian ini adalah; karakter dan potensi batuan induk Formasi Salodik kaya akan material organik yang ditunjukkan dari nilai TOC dan PY, dengan kerogen tipe II/III. Tingkat kematangan menunjukkan kondisi belum matang, tetapi apabila batuan induk Formasi Salodik mencapai kematangan yang optimum, maka dapat menghasilkan minyak dan gas.

**Kata Kunci:** batuan induk, Total Organic Carbon, Rock-Eval Pyrolysis, kematangan.

#### ABSTRACT

Banggai Basin is the productive basins in Indonesia, which are consist of offshore area (Banda Sea) and onshore area (eastern coast of Central Sulawesi, Peleng Island, Banggai Islands). Banggai Basin contributed significant gas production, which are of Senoro and Donggi-Matindok Fields. The research area is located on the western of Peleng Island, which is the edge of the Banggai Basin. This research aims to obtained the maturity characteristics and potential of the Eocene-Miocene source rock of the Salodik Formation. Geochemical data measurements were carried out in the laboratory including Total Organic Carbon (TOC) and Rock-Eval Pyrolysis which data obtained are %TOC,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  and  $T_{max}$ . Based on these parameters, it mathematically obtained derivative of geochemical data such as potential yield (PY), hydrogen index (HI), oxygen index (OI) and productivity index (PI). Analysis and interpretation of geochemical data are conducted through the plots of pseudo depth against TOC, PY, HI, and PI, TOC against HI, OI against HI and  $T_{max}$  against HI. Analysis and interpretation are related to regional geology around the research area. The results of this research are; the source rock character and potential of

*Salodik Formation are rich of organic material which show on the value of TOC and PY, the kerogen type are II / III. The maturity level indicates were immature, but if the source rock of Salodik Formation at optimum maturity condition, it could generated oil and gas.*

**Keywords:** source rocks, Total Organic Carbon, Rock-Eval Pyrolysis, maturity

## I. PENDAHULUAN

Daerah penelitian ini terletak di bagian barat Pulau Peleng, yang merupakan tepi Cekungan Banggai. Cekungan Banggai adalah salah satu cekungan produktif di Indonesia yang terdiri dari wilayah lepas pantai (Laut Banda) dan daratan (pesisir timur Sulawesi Tengah, Pulau Peleng, Kepulauan Banggai). Cekungan Banggai memberikan kontribusi yang signifikan terhadap produksi gas, yaitu; Lapangan Senoro dan Donggi-Matindok.

Geokimia adalah salah satu cara untuk menentukan tingkat kematangan minyak, TOC (*Total Organic Carbon*) dan jenis bahan organik. Jumlah bahan organik terkandung didefinisikan sebagai *total organic carbon* (TOC). Analisis ini relatif terjangkau, sederhana dan cepat. Biasanya membutuhkan sebanyak satu gram batuan, tetapi jika sampelnya terdapat banyak bahan organik, maka jumlahnya lebih sedikit dari satu gram saja sudah cukup. Analisis TOC biasanya dilakukan dengan penganalisa karbon, yaitu *Leco carbon analyzer*.

Tekniknya adalah yaitu dengan membakar sampel bubuk, bebas mineral karbonat pada suhu tinggi dengan batuan oksigen. Semua karbon organik yang terbakar dikonversi menjadi karbon dioksida, yang kemudian terperangkap dalam perangkat dan dilepaskan dalam detektor ketika pembakaran selesai.

*Source rock analysis* adalah metode analisis yang digunakan untuk menentukan kematangan batuan induk dan kualitas batuan induk dalam bentuk data pada  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $T_{max}$ . Dari data tersebut, data diperoleh dari HI, OI, PY, PC dan PI.

## II. BAHAN DAN METODE

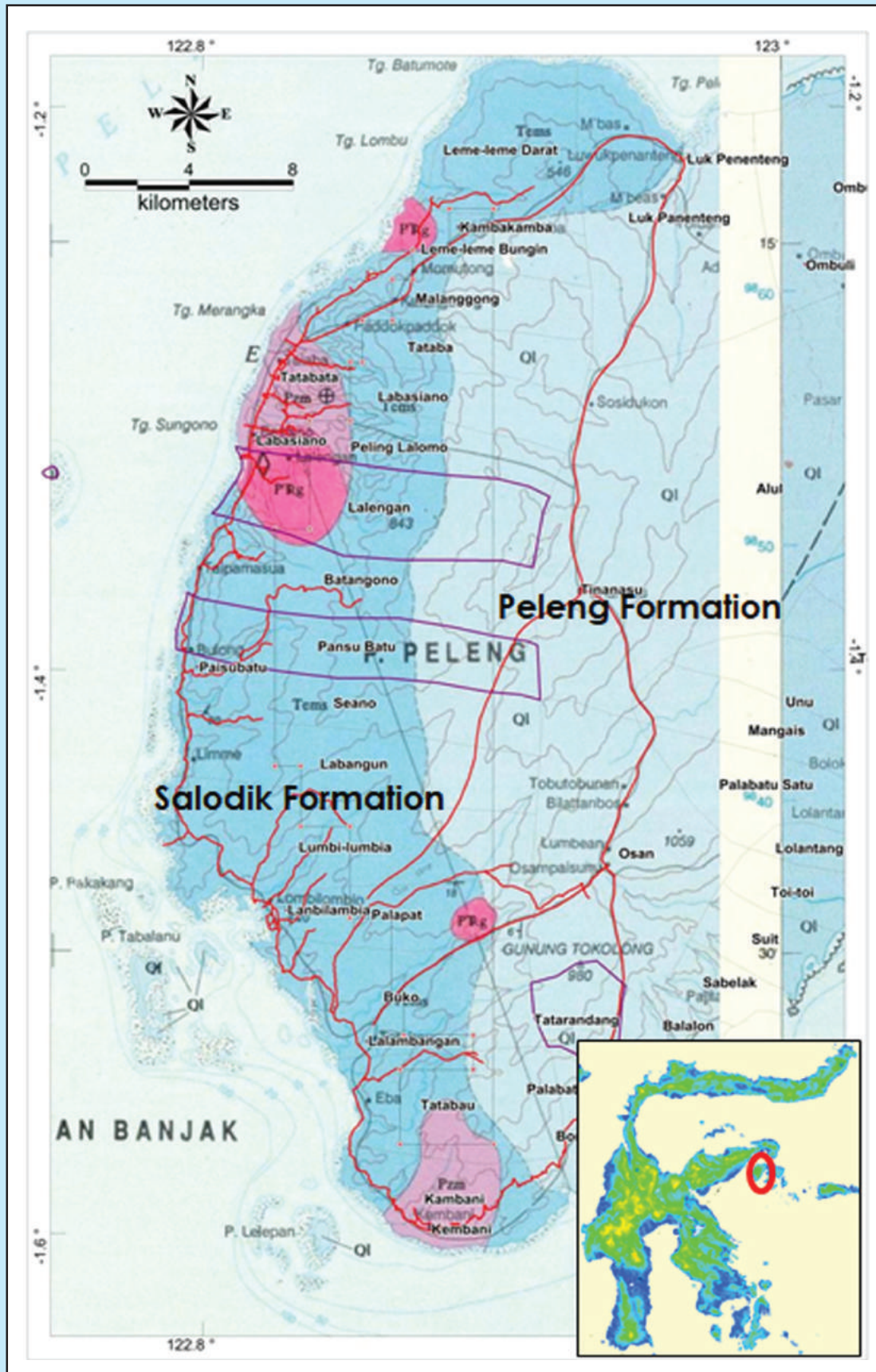
Penelitian ini dilakukan di bagian barat Pulau Peleng (Gambar 1), yang merupakan tepi Cekungan Banggai. Cekungan Banggai (Gambar 2) adalah salah satu cekungan produktif di Indonesia yang terdiri dari lepas pantai (Laut Banda) dan daratan (Pantai Timur Sulawesi Tengah, Pulau Peleng, Kepulauan Banggai). Cekungan Banggai memberikan kontribusi produksi yang signifikan, termasuk dari Lapangan Senoro dan Lapangan Donggi-Matindok.

Data yang digunakan adalah data lapangan berupa 5 sampel batuan utama yang terdiri dari 1 sampel batuan serpih dan 4 sampel batuan batubara. (Gambar 3) Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik, potensi dan kematangan sampel batuan induk Eosen-Miosen Formasi Salodik. Pengukuran data geokimia dilakukan di laboratorium termasuk *total organic carbon* (TOC) dan *Rock-Eval Pyrolysis*. Sampel yang digunakan berasal dari Formasi Salodik. Sebelum pengukuran dimulai, proses persiapan batu dilakukan, yaitu mempersiapkan sampel yang masih dari alam. Proses persiapan dilakukan dalam bentuk penghancuran sampel menjadi bubuk, pencucian, pengasaman dan pengeringan yang setelah proses tersebut dilakukan maka sampel siap digunakan untuk analisis lebih lanjut.

*Leco carbon analyzer* adalah alat yang digunakan untuk mendapatkan nilai TOC. *Source rock analysis* adalah alat yang digunakan untuk memperoleh data dalam bentuk nilai-nilai  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ , dan  $T_{max}$ . Data TOC,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  dan  $T_{max}$  adalah data awal yang diperoleh dari hasil kedua alat tersebut.

Pengukuran dan data awal disajikan dalam Tabel 1. Data awal atau primer digunakan untuk mendapatkan data yang diturunkan. Tabel 1 menunjukkan hasil untuk lima sampel yang dianalisis. Pertama untuk analisis TOC dari lima sampel diperoleh sebagai berikut sampel pertama (GA-3) dengan litologi serpih menerima nilai TOC sebesar 9,9%, kemudian sampel kedua (GA-3S) dengan litologi *shaly coaly* menerima nilai TOC sebesar 20,46%, kemudian sampel ketiga (GA-6) dengan litologi batubara menerima nilai TOC 47,04%, kemudian sampel keempat (GA-7) dengan litologi batubara menerima nilai TOC 53,86%, kemudian sampel kelima (GA-8) dengan litologi batubara menerima nilai TOC 53,28%.

Kedua, tentang nilai-nilai  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ , dan  $T_{max}$ , berikut ini adalah hasil yang diperoleh dari lima sampel. Sampel pertama (GA-3) dengan litologi serpih mendapat nilai  $S_1$  1,91 mg/g,  $S_2$  56,61 mg/g,  $S_3$  1,75 mg/g dan  $T_{max}$  426,3 °C, kemudian sampel kedua (GA-3S) dengan litologi *shaly coaly* mendapat nilai  $S_1$  0,79 mg/g,  $S_2$  49,58 mg/g,  $S_3$  2,96 mg/g dan  $T_{max}$  417,2 °C, Sampel ketiga (GA-6) dengan litologi



Gambar 1  
Peta Geologi Pulau Peleng, (Surono et al, 1993). Area Penelitian terletak di Pulau Peleng Bagian Barat.

**Tabel 1**  
**Data yang berasal dari analisis menggunakan *leco carbon analyzer* dan *source rock analysis***

No.	No. Geokimia	No. Kode	TOC (%)	S <sub>1</sub> (mg/g)	S <sub>2</sub> (mg/g)	S <sub>3</sub> (mg/g)	T <sub>max</sub> (°C)
1	18.38.01	GA-3	9,9533	1,91	56,61	1,75	426,3
2	18.38.02	GA-3S	20,469	0,79	49,58	2,96	417,2
3	18.38.03	GA-6	47,044	1,76	107,11	13,15	407,7
4	18.38.04	GA-7	53,856	2,18	166,27	10,78	412,2
5	18.38.05	GA-8	53,286	0,56	89,72	11,18	408,1

batubara mendapat skor S<sub>1</sub> 1,76 mg/g, S<sub>2</sub> 107,11 mg/g, S<sub>3</sub> 13,15 mg/g dan T<sub>max</sub> 407,7 °C, kemudian sampel keempat (GA-7) dengan litologi batubara mendapat nilai S<sub>1</sub> 2,18 mg/g, S<sub>2</sub> 166,27 mg/g, S<sub>3</sub> 10,78 mg/g dan T<sub>max</sub> 412,2 °C, kemudian sampel kelima (GA-8) dengan litologi batubara mendapat S<sub>1</sub> nilai 0,56 mg/g, S<sub>2</sub> 89,72 mg/g, S<sub>3</sub> 11,18 mg/g dan T<sub>max</sub> 408,1 °C.

Data yang diturunkan adalah data yang diperoleh dari perhitungan matematis dari data primer. Data turunan meliputi PY, PI, HI, OI dan S<sub>1</sub> / S<sub>2</sub>. Hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 2. Untuk persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$PI = \frac{S_1}{S_1 + S_2} \quad (1)$$

$$HI = \frac{S_2}{TOC} \times 100 \quad (2)$$

$$OI = \frac{S_3}{TOC} \times 100 \quad (3)$$

$$PY = S_1 + S_2 \quad (4)$$

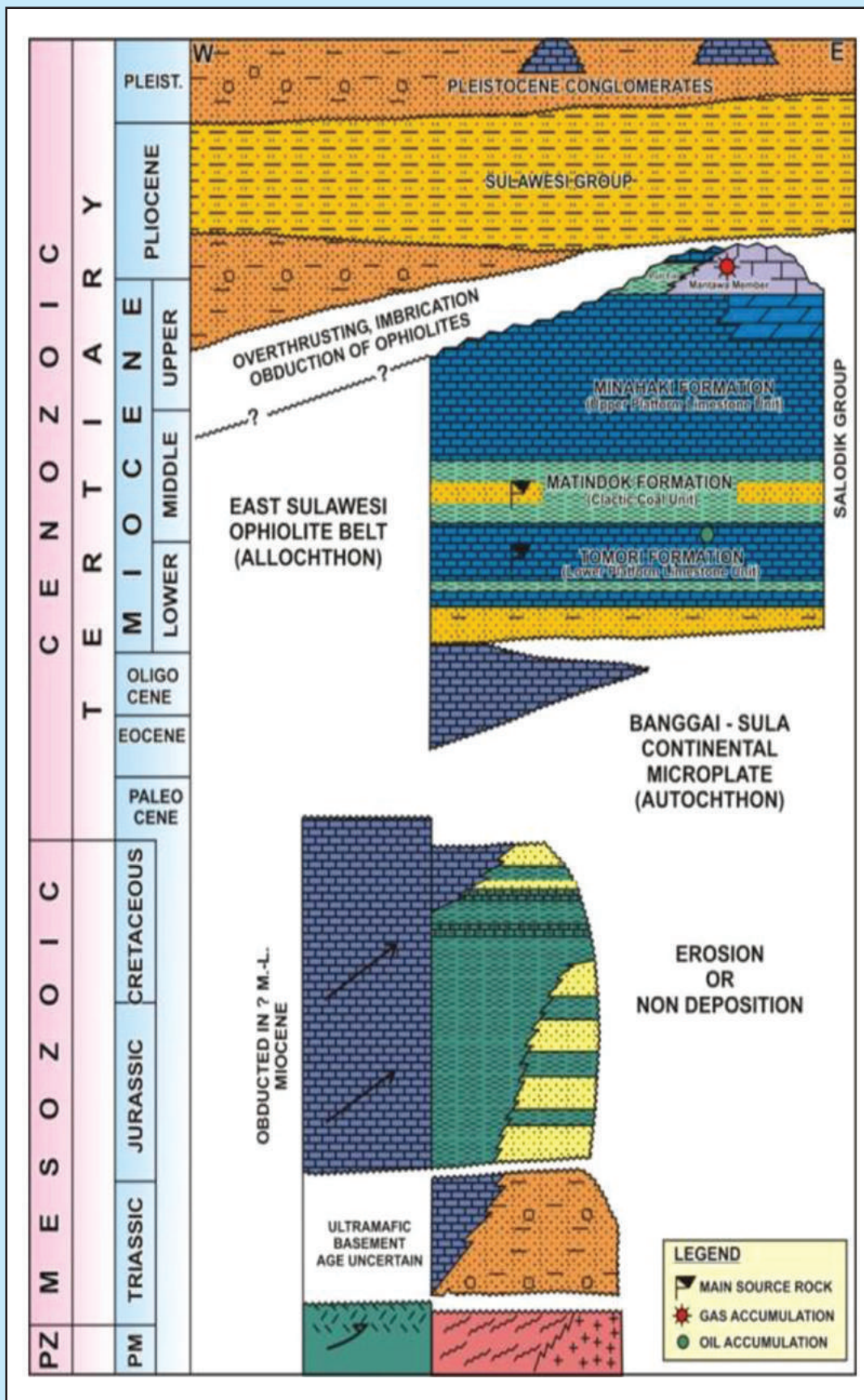
$$S_1/S_2 = \frac{S_1}{S_2} \quad (5)$$

Dimana PI = *Productivity Index*, HI = *Hydrogen Index*, OI = *Oxygen index*, PY = *Potential Yield*, S<sub>1</sub> = *Free Hydrocarbon* di batuan induk, S<sub>2</sub> = Jumlah Kerogen yang dapat digenerasikan di suhu T<sub>max</sub>, S<sub>3</sub> =

Jumlah CO<sub>2</sub> yang Terkandung di batuan induk, TOC = *Total Organic Carbon*. Berikut ini adalah hasil pengolahan data untuk data turunan dalam bentuk nilai HI, OI, PI dan PY. Sampel pertama (GA-3) dengan litologi serpih mendapat nilai *hydrogen index* (HI) sebesar 568,76 kemudian nilai *oxygen index* (OI) adalah 17,58 maka nilai *potential yield* (PY) adalah 58,52 dan yang terakhir nilai *productivity index* (PI) adalah 0,03, kemudian sampel kedua (GA-3S) dengan litologi *shaly coaly* mendapatkan nilai *hydrogen index* 242,22 kemudian nilai *oxygen index* adalah 14,46 kemudian nilai *potential yield* adalah 50,37 dan nilai *productivity index* adalah 0,02, sampel ketiga (GA-6) dengan litologi batubara mendapatkan nilai *hydrogen index* 227,22 kemudian nilai *oxygen index* 27,95 kemudian nilai *potential yield* adalah 108,87 dan nilai *productivity index* adalah 0,02. Sampel keempat (GA-7) dengan litologi batubara mendapatkan nilai *hydrogen index* adalah 308,73 kemudian nilai *oxygen index* adalah 20,02 kemudian nilai *potential yield* adalah 168,45 dan nilai *productivity index* adalah 0,01, sampel kelima (GA-8) dengan litologi batubara mendapat nilai *hydrogen index* sebesar 168,37 lalu nilai *oxygen index* sebesar 20,98 maka nilai *potential yield* 90,28 dan nilai *productivity index* 0,01.

### III. HASIL DAN DISKUSI

Analisis geokimia dan data yang diinterpretasikan mengacu pada jurnal "*Applied Source Rock Geochemistry*" oleh (Kenneth E. & Mary Rose, 1994). Analisis dan interpretasi meliputi karakter batubara secara fisik dikategorikan sebagai batubara bitumen (lignit / batubara coklat). Variasi ketebalan batubara adalah dari 0,3-2 meter dan potensi batuan induk, tipe kerogen, dan kematangan Formasi Salodik.



Gambar 2  
 Stratigrafi regional cekungan Banggai (BATM, 2011).

Surono et al. (1993) menyatakan dalam Peta Geologi Batui, Sulawesi, bahwa Salodik Formasi (Tems); terdiri dari batu kapur yang didominasi dengan interkalasi *marl (shale)*. Usia Formasi Salodik yaitu kala (skala waktu geologi) Eosen-Miosen. Formasi Salodik setara dengan Formasi Tomori dan Matindok (Muhartanto & Taat, 2011). Berdasarkan laporan internal GDA Consulting bahwa, ada beberapa singkapan batubara telah diamati di sekitar Pulau Peleng Barat. Sebagian besar singkapan batubara secara fisik dikategorikan sebagai batubara *bituminous (lignite / brown coal)*. Variasi ketebalan batubara dari 0,3 - 2 meter, dan itu satuan

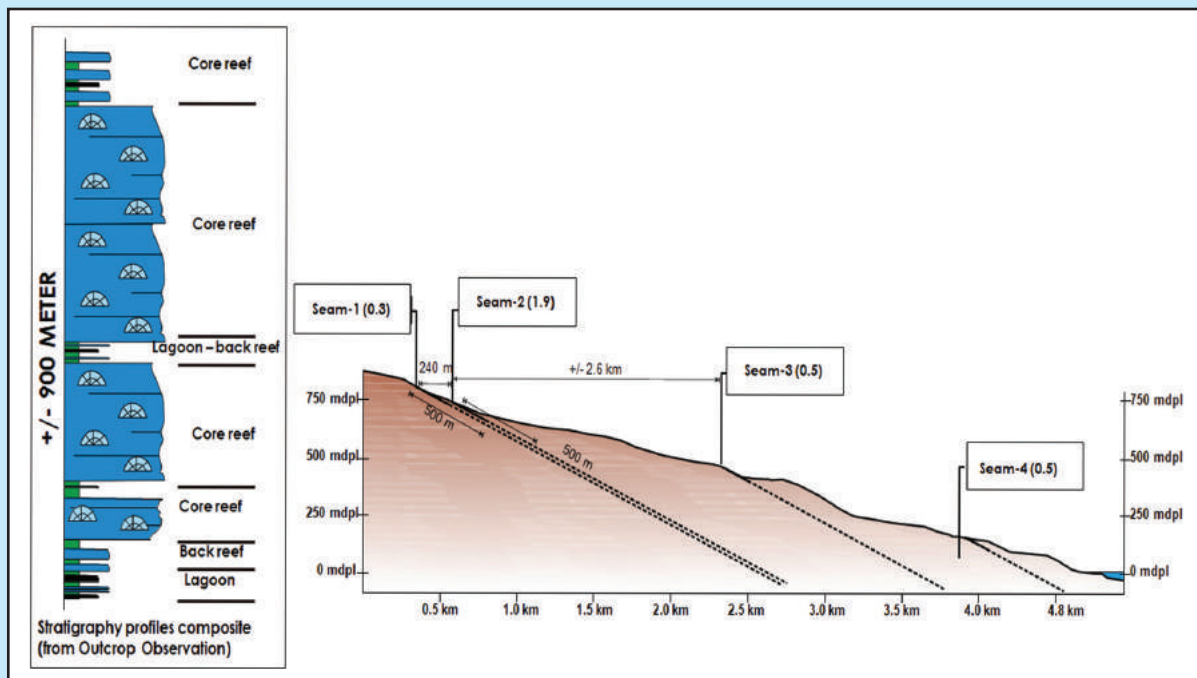
batuan *interbedding* lapisan batubara didominasi oleh batu lempung dan batu kapur. Komposit stratigrafi dari pengamatan singkapan didominasi oleh batu kapur dengan lapisan *interbedding* batubara dan *carbonaceous shale* (Gambar 3). Endapan yang ditafsirkan adalah laguna dengan *setting* arus laut (lingkungan paleo).

**A. Potensi Batuan Induk**

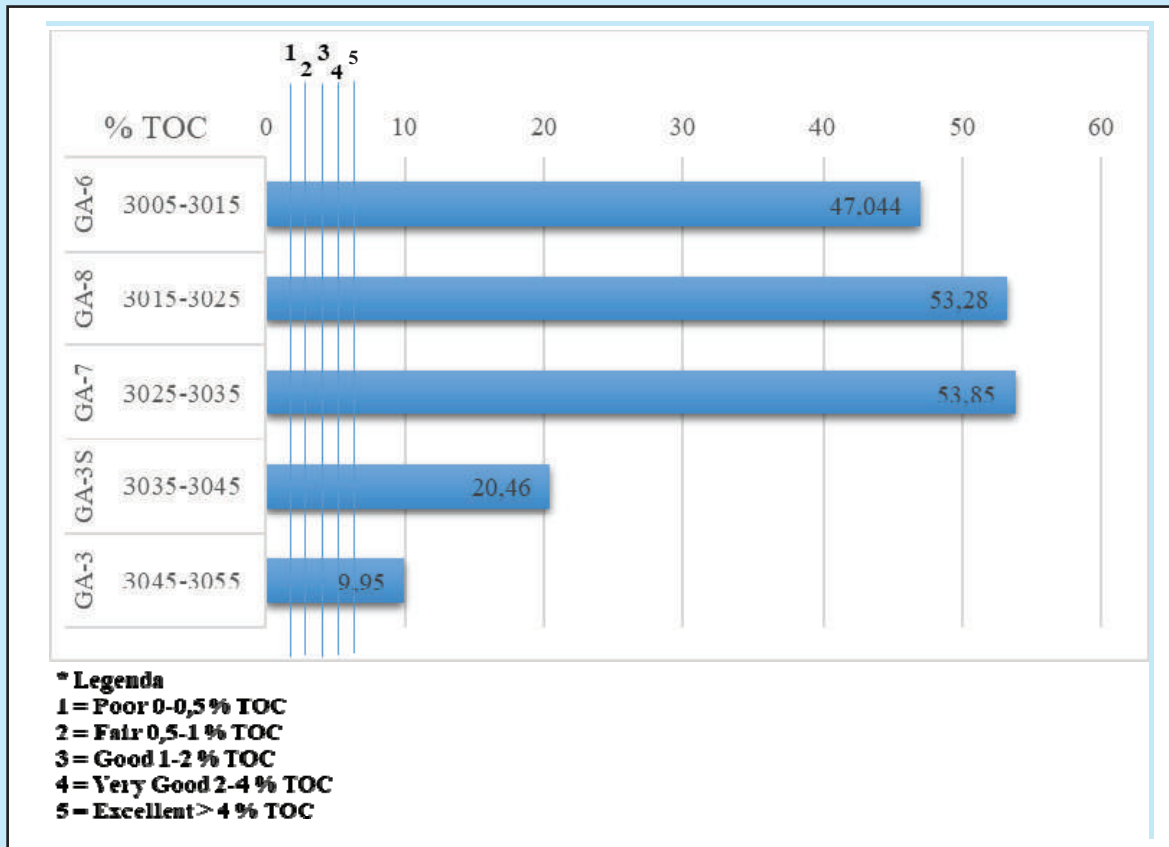
Potensi dan kualitas batuan induk dapat dilihat dari analisis plot TOC, S<sub>1</sub> dan PY terhadap *pseudo-depth*. Gambar 4 menunjukkan plot TOC terhadap *pseudo-depth*, yang potensi batuan

**Tabel 2**  
Data pengolahan data hasil analisis menggunakan alat *leco carbon analyzer* dan *source rock analyzer*

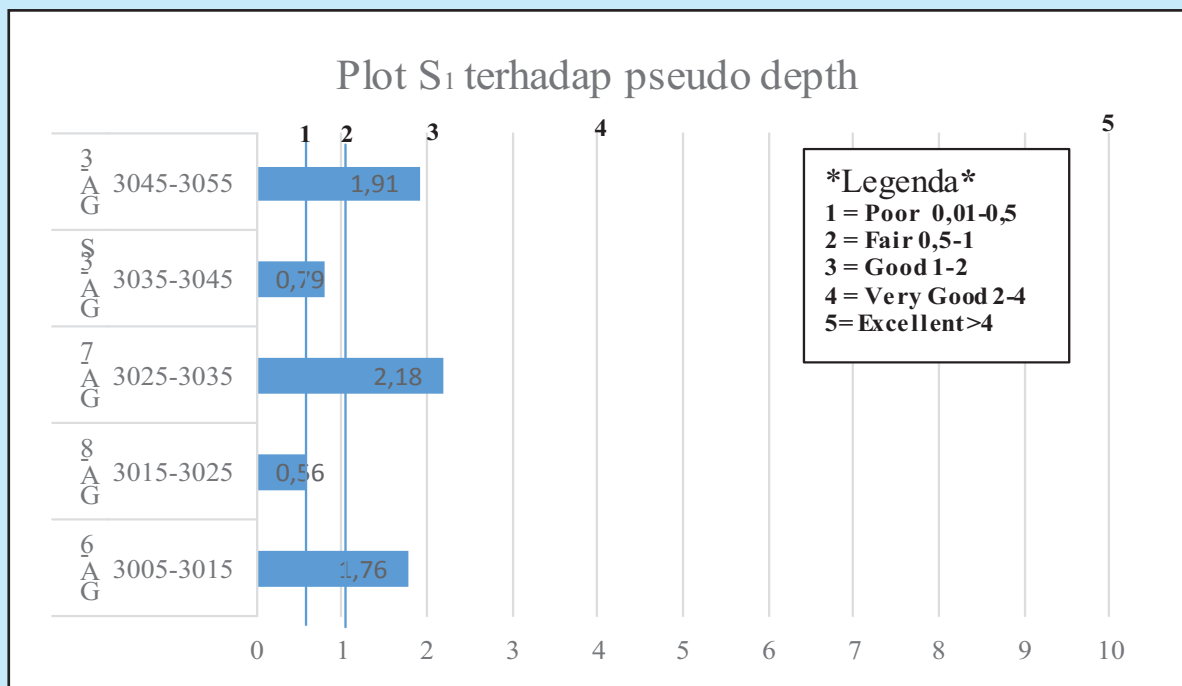
No.	No. Geokimia	No. Kode	TOC (%)	Pyrolysis								S2/S3
				S1 (mg/g)	S2 (mg/g)	S3 (mg/g)	T <sub>max</sub> (°C)	PY	PI	HI	OI	
1	18.38.01	GA-3	9,9533	1,91	56,61	1,75	426,3	58,52	0,03264	568,756	17,5821	32,3486
2	18.38.02	GA-3S	20,469	0,79	49,58	2,96	417,2	50,37	0,01568	242,22	14,4609	16,75
3	18.38.03	GA-6	47,044	1,76	107,11	13,15	407,7	108,87	0,01617	227,68	27,9526	8,14525
4	18.38.04	GA-7	53,856	2,18	166,27	10,78	412,2	168,45	0,01294	308,731	20,0163	15,4239
5	18.38.05	GA-8	53,286	0,56	89,72	11,18	408,1	90,28	0,0062	168,374	20,9811	8,02504



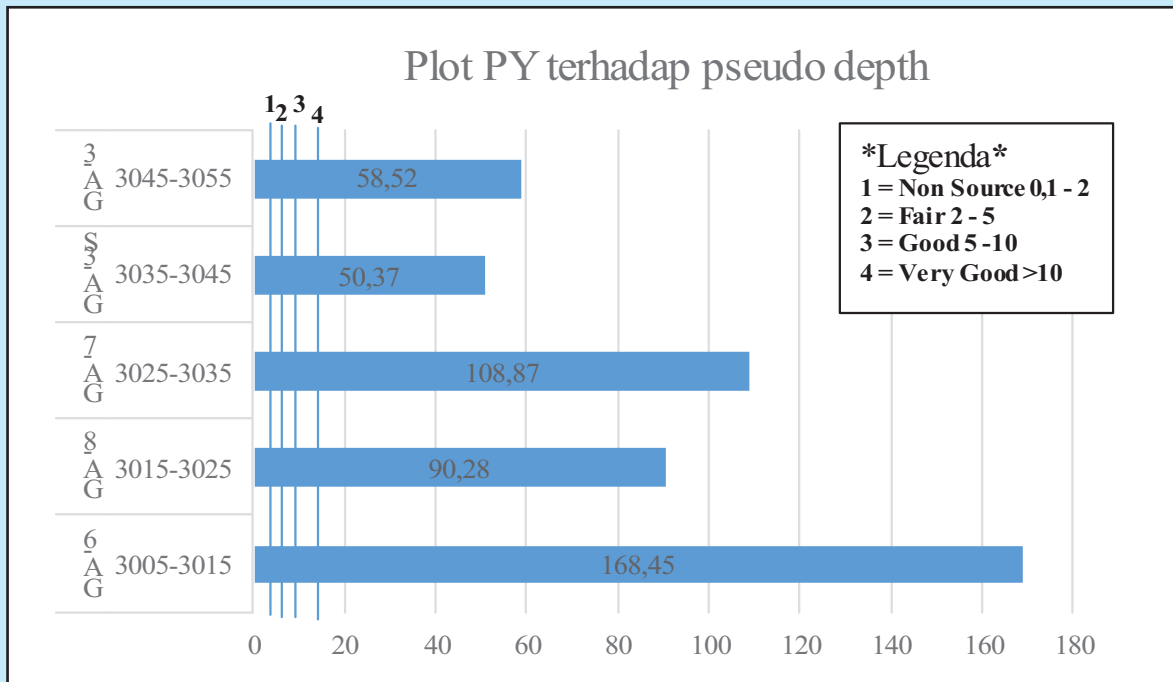
**Gambar 3**  
Bagian stratigrafi dari formasi salodik di pulau peleng (GDA Team, 2017).



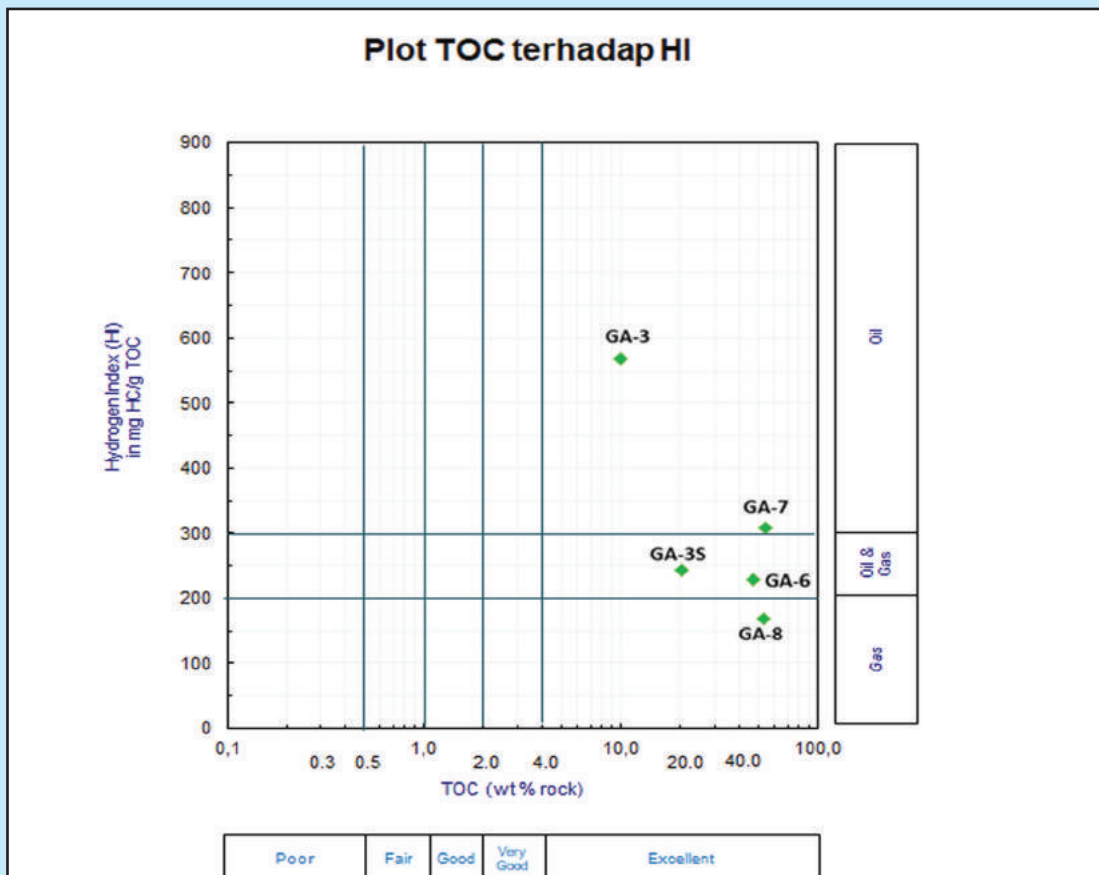
Gambar 4  
 Plot TOC terhadap pseudo-depth.



Gambar 5  
 Plot S<sub>1</sub> terhadap pseudo-depth.

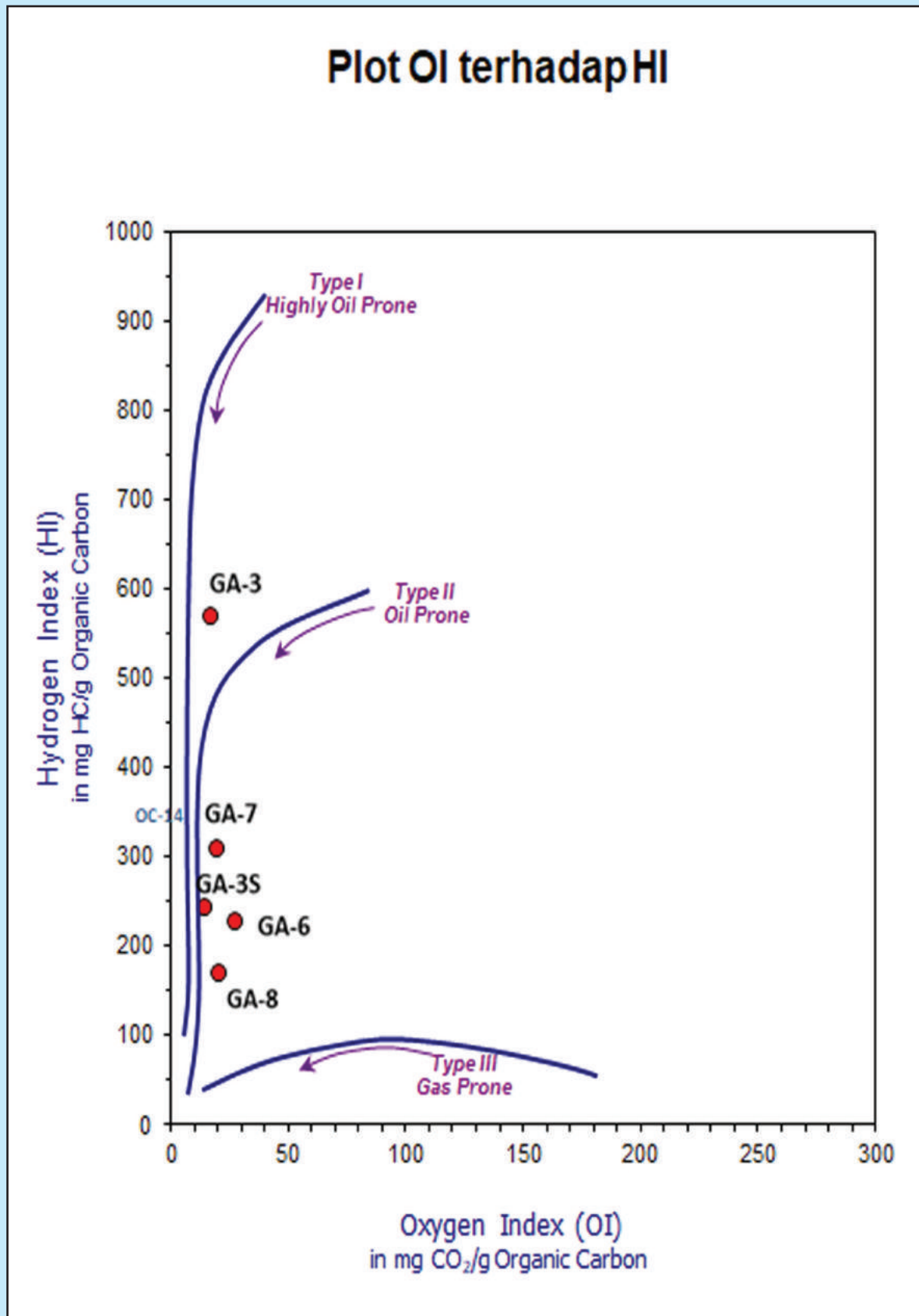


**Gambar 6**  
Plot PY terhadap *pseudo*-depth.

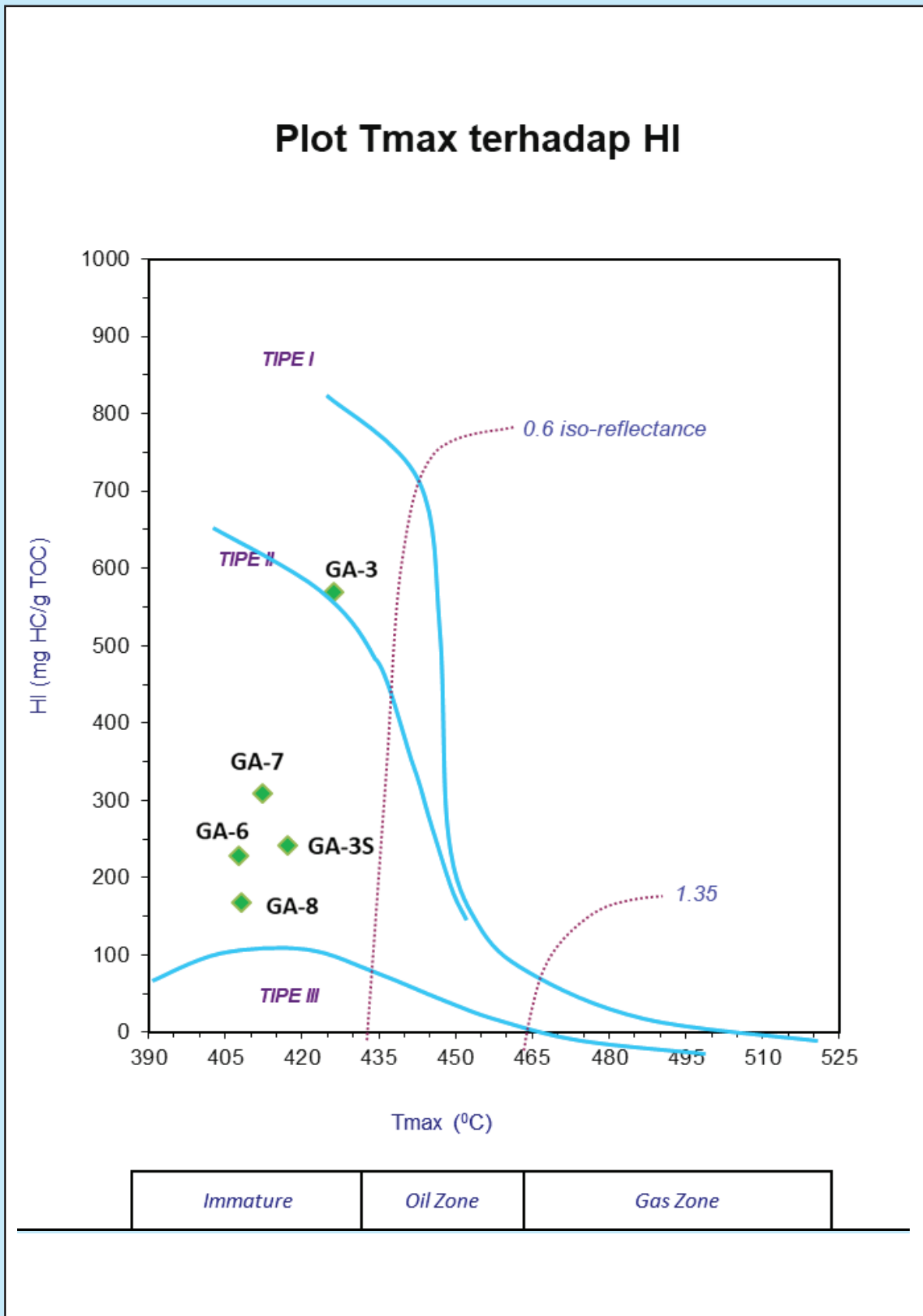


**Gambar 7**  
Plot TOC terhadap HI untuk mengidentifikasi potensi batuan induk.  
TOC menunjukkan predikat sempurna dan cenderung menghasilkan minyak dan gas.

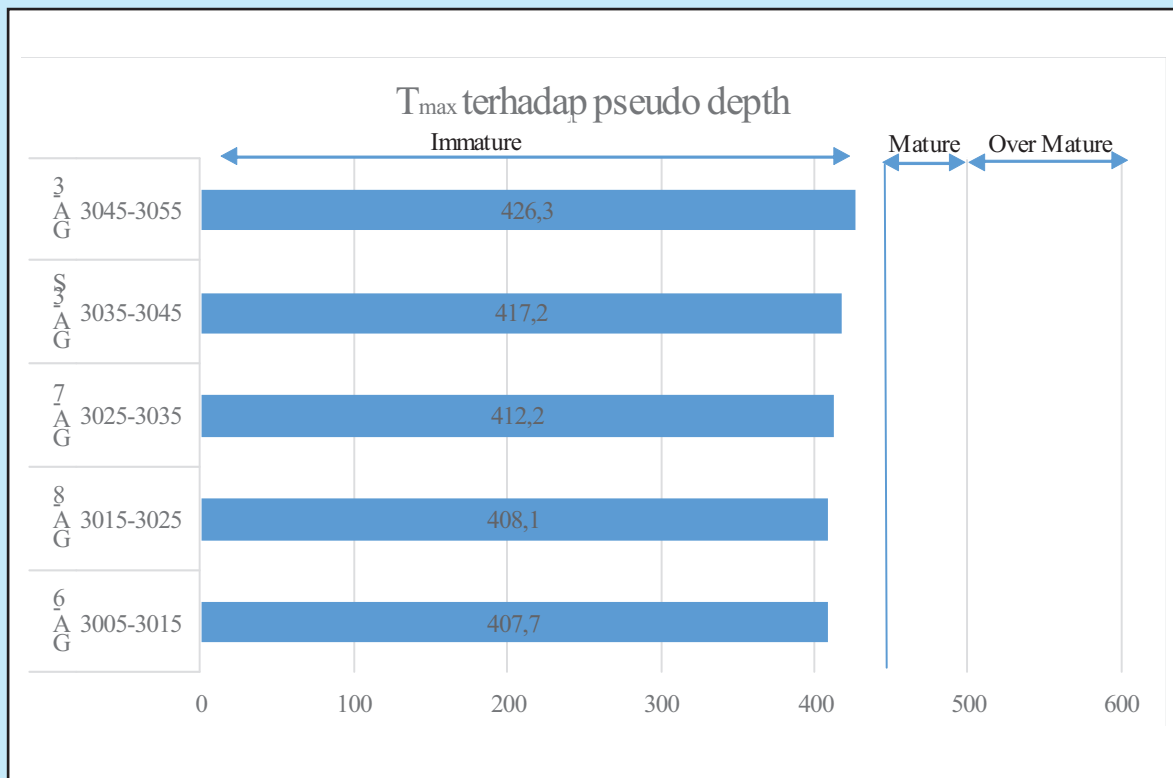




Gambar 8  
Plot OI terhadap HI untuk analisis tipe koregen di studi ini.



**Gambar 9**  
Plot Tmax terhadap HI untuk analisis tipe kerogen di studi ini.



Gambar 10  
 Plot T<sub>max</sub> terhadap pseudo-depth.

induk Formasi Salodik secara keseluruhan sangat baik. Gambar 5 menunjukkan plot S<sub>1</sub> terhadap *pseudo-depth*, yang potensi batuan induk Formasi Salodik secara keseluruhan berkisar dari sedang hingga baik. Gambar 6 menunjukkan plot PY terhadap *pseudo-depth*, yang potensi batuan induk Formasi Salodik secara keseluruhan berkualitas sangat baik. Perbandingan analisis TOC dengan penelitian sebelumnya oleh (Muhartanto & Taat, 2011) seperti di bawah ini;

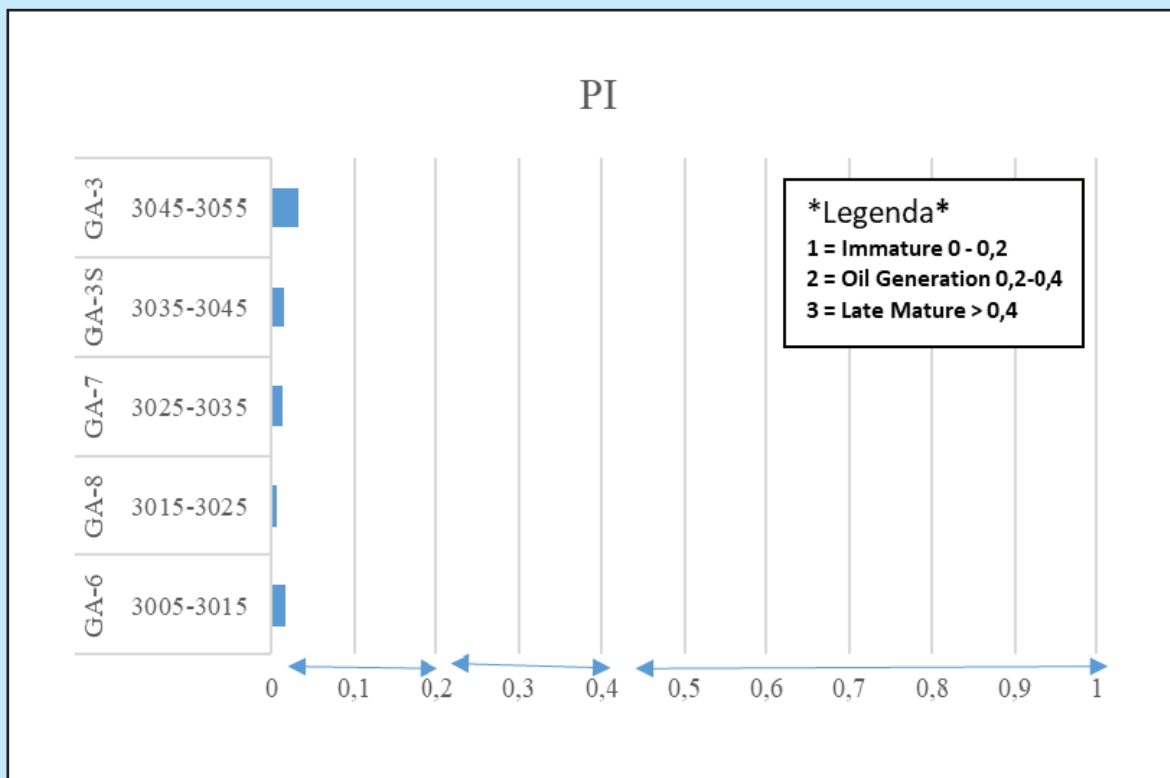
Formasi Salodik setara dengan Formasi Tomori dan Matindok. Formasi Tomori memiliki nilai TOC dalam kisaran predikat baik (1,81%) hingga sangat baik (2,83%) dan Formasi Matindok memiliki TOC yang adil (<1%). Merujuk pada (Muhartanto & Taat, 2011), ditunjukkan nilai S<sub>1</sub> pada Formasi Matindok pada interval 0,1 hingga 0,3 dengan kategori buruk dan Formasi Tomori memiliki nilai S<sub>1</sub> pada interval 0,3 hingga 9 dengan predikat *poor* hingga *excellent*. Formasi Tomori dan Matindok memiliki nilai PY dalam kisaran kategori baik hingga sangat baik. Secara umum, berdasarkan analisis dan studi sebelumnya, bahwa Formasi Salodik Pulau Peleng

memiliki potensi dan kualitas batuan induk dalam rentang interval sedang hingga sangat baik dengan kaya akan bahan organik.

### B. Tipe Kerogen

Tipe kerogen pada batuan induk dari Formasi Salodik dapat dilihat dari analisis plot TOC terhadap HI, OI terhadap HI dan Tmax terhadap HI. Berdasarkan plot TOC terhadap HI yang ditunjukkan pada Gambar 7, Formasi Salodik menunjukkan potensi batuan induk yang dihasilkan berupa minyak dan gas. Plot HI terhadap OI dalam diagram van Krevelen, (Gambar 8) menunjukkan batuan sumber Formasi Salodik memiliki tipe kerogen I dan II. Sedangkan plot T<sub>max</sub> terhadap HI (Gambar 9) menunjukkan batuan

induk di Formasi Salodik menunjukkan kerogen tipe II dan II/III. Muhartanto & Purwanto (2011) menyatakan bahwa untuk Formasi Tomori untuk tipe kerogen adalah II / III dan III, Formasi Matindok untuk tipe kerogennya adalah tipe kerogen III. Akhirnya, tipe kerogen pada Formasi Salodik adalah yaitu tipe I (sampel serpih) lalu tipe II, II / III dan III (untuk sampel batubara).



Gambar 11  
Plot PI terhadap *pseudo-depth*.

### C. Tingkat Kematangan Batuan Induk

Kematangan diperoleh dengan menganalisis plot  $T_{\max}$  terhadap *pseudo-depth* dan  $T_{\max}$  terhadap HI (Gambar 10 dan 9).  $T_{\max}$  diperoleh dari analisis *Rock-Eval*. Berdasarkan plot  $T_{\max}$  terhadap kedalaman *pseudo*, batuan induk Formasi Salodik di Pulau Peleng menunjukkan belum matang.

Juga, berdasarkan plot PI terhadap kedalaman *pseudo* (Gambar 11) sampel geokimia Formasi Salodik memiliki kisaran 0,006 hingga 0,032 dengan predikat tingkat kematangan yaitu belum matang.

Muhartanto & Purwanto (2011) menyatakan bahwa, tingkat kematangan Formasi Matindok adalah belum matang, sedangkan tingkat kematangan Formasi Tomori yaitu dalam interval belum matang hingga awal matang.

Akhirnya, Formasi Salodik di Pulau Peleng memiliki potensi dan kualitas batuan induk dengan kisaran sedang hingga sangat baik berdasarkan dari estimasi potensi dan kualitas oleh TOC,  $S_1$ , dan PY. Formasi Salodik memiliki tipe kerogen II, II / III dan III, dengan menghasilkan hidrokarbon berupa minyak dan gas (*oil and gas prone*). Formasi Salodik

memiliki tingkat kematangan yang belum matang, tetapi jika batuan induk Formasi Salodik pada kondisi kematangan optimal, dapat menghasilkan minyak dan gas.

### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan kegiatan analisis total organik karbon dan tipe material organik dengan metode *pyrolysis* pada batuan induk di Formasi Salodik, dapat disimpulkan bahwa potensi dan kualitas batuan induk dari Formasi Salodik Eo-Miosen secara keseluruhan berkisar dari sedang hingga sangat baik. Karakter batuan induk Formasi Salodik kaya akan bahan organik yang ditunjukkan pada nilai TOC (9,95%-53,85%),  $S_1$  (0,54 – 2,18) dan PY (50,37-168,45).

Jenis kerogen dari batuan induk Formasi Salodik Eo-Miosen adalah tipe II (Sampel GA-3 dengan lithologi *shale*), tipe II/III (Sampel GA-3S, GA-6, GA-7, GA-8 dengan lithologi *coal*) cenderung untuk menghasilkan minyak dan gas (*oil and gas prone*).

Tingkat kematangan batuan induk Formasi Salodik Eo-Miosen berdasarkan nilai  $T_{\max}$  (407°C - 426°C), bahwa batuan induk dalam keadaan belum matang (<435°C). Jika batuan induk Formasi

Salodik mencapai kematangan optimal, maka dapat menghasilkan minyak dan gas.

Untuk penelitian selanjutnya agar dapat meneliti sampel pada keadaan suhu yang optimum yaitu pada kedalaman dan lokasi yang tepat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami berterima kasih kepada Manajemen Konsultasi GDA yang memberikan izin untuk mempublikasikan jurnal ini (data), kepada Bpk. Wanto Utomo, S.Si., M.Eng., Dan Bpk. Arief Rahman, S.Si., M.Si., atas saran dan dukungan mereka untuk penyelesaian jurnal ini, kepada Bpk. Ario Budi Wicaksono, ST, M.Sc. (LEMIGAS) untuk memberi nasihat selama penelitian di Laboratorium, kemudian Teman-teman Akamigas Balongan untuk mendukung selama persiapan jurnal ini.

#### KEPUSTAKAAN

- BATM**, 2011. *Studi Penajaman Prospek Hidrokarbon Tiara dan Grupa Wilayah Offshore Toili, Blok Senoro-Toili*, s.l.: s.n.
- GDA Team**, 2017. *Coal Prospection Survey; Peleng Island, Banggai Kepulauan Sub-Province, Central Sulawesi*, Jakarta: s.n.
- Kenneth E., P. & Mary Rose, C.**, 1994. Applied Source Rock Geochemistry. In: *L. B. Magoon and W. G. Dow (eds.), The Petroleum System-From Source to Trap.* Tulsa: American Association of Petroleum Geologists (AAPG), pp. 93-120.
- Muhartanto, A. & Taat, P.**, 2011. Potensi Batuan Induk Di Cekungan Banggai, Sulawesi Tengah. *MINDAGI*, 2(1), pp. 29-40.
- Surono, Simandjuntak, T., & Sukido, H.**, 1993. *Geological Map of the Batui, Sulawesi*, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Waples, D. W.**, 1985. *Geochemistry in Petroleum Exploration*,. Boston: D. Reidel Publishing Company.