

POTENSI BATUAN INDUK ANGGOTA ZELDA DAN GITA, FORMASI TALANG AKAR, CEKUNGAN ASRI BERDASARKAN ANALISIS GEOKIMA

Damian Pascal Ginting^{1*}, Edy Sunardi¹, Yoga Andriana Sendjaja¹, Nisa Nurul Ilmi¹, Baharianto Irfree²

¹Program Studi Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

²Saka Energi Indonesia

*Korespondensi: damianpascal2@gmail.com

ABSTRAK

Cekungan Asri merupakan setengah graben tersier yang aktif pada cekungan busur belakang sejak Oligosen Awal, berlokasi sekiranya 200 km dari utara busur gunungapi Jawa dan 400 km dari utara jalur subduksi yang memanjang dari barat ke timur sepanjang pulau Jawa. Interval batuan induk yang aktif menggenerasi minyak pada cekungan Asri belum diketahui dengan pasti dan diasumsi hanya Formasi Banuwati yang berperan sebagai batuan induk aktif tersebut. Studi ini mengevaluasi anggota Zelda dan Gita bagian dari formasi Talang Akar, untuk mengidentifikasi potensinya sebagai batuan induk cekungan Asri. Analisis dilakukan terhadap TOC, *vitrinite reflectance*, warna maseral fluoresen, serta data *nonbiomarker* lainnya sebagai hasil olah metode geokimia berupa *rock eval pyrolysis* dan *gas chromatography*. Potensi sebagai batuan induk diidentifikasi berdasarkan jumlah karbon organik, tipe kerogen, dan tingkat kematangan. Hasil analisis geokimia terhadap kedua kandidat menunjukkan bahwa anggota Zelda Bawah formasi Talang Akar berpotensi sebagai batuan induk dengan nilai TOC dalam rentang 1% - 5%, memiliki kerogen tipe II dengan dominasi minyak, serta tingkat kematangan terkategori matang.

Kata kunci: batuan induk, Zelda, Gita, Talang Akar, cekungan Asri, geokimia migas

ABSTRACT

Asri basin is tertiary half-graben of back-arc basin which has been active since Early Oligocene, located approximately 200 km from north of Java volcanic arc and 400 km from north of subduction trench that extend through Java island in west-east direction. Precise interval of source rock which actively generates oil for Asri basin still remains unknown and it is later assumed that Banuwati formation is the only active source rock. This study evaluates Zelda dan Gita member of Talang Akar Formation to identify its prospect as source rock of Asri Basin. The investigation is comported by analyzing TOC, vitrinite reflectance, colors of fluorescence macerals, as well as other nonbiomarker data as the output of geochemical methods, which are rock eval pyrolysis and gas chromatography. Source rock potential is identified based on total organic carbon, kerogen type, and maturity. The results indicate that Lower Zelda of Talang Akar formation is a probable source rock based on TOC value in 1% - 5% range, oil dominance of type II kerogen, and mature in terms of maturity level.

Keywords: source rock, Zelda, Gita, Talang Akar, Asri basin, petroleum geochemistry

1. PENDAHULUAN

Menurut Direktur Indonesia Resources Studies (IRESS), Marwan Batubara, permasalahan umum dari sektor minyak dan gas bumi Indonesia adalah cadangan energi fosil relatif rendah dibandingkan dengan pertumbuhan konsumsi,

pengembangan energi baru dan terbarukan stagnan, serta defisit neraca perdagangan dan transaksi berjalan berisiko meningkat dengan permasalahan energi yang ada. Sejumlah hal yang sering disebut dapat meningkatkan sektor tersebut adalah dengan memaksimalkan lapangan-lapangan

yang telah menghasilkan migas sebelumnya. Dalam hal ini, mengoptimalkan pengambilan hidrokarbon dari cekungan Asri.

Cekungan Asri merupakan salah satu cekungan penghasil migas terbesar di Indonesia. Interval batuan induk yang aktif menggenerasi minyak pada cekungan Asri belum diketahui dengan pasti dan diasumsi hanya Formasi Banuwati yang berperan sebagai batuan induk aktif tersebut. Studi ini mengevaluasi anggota Zelda dan Gita bagian dari formasi Talang Akar, untuk mengidentifikasi potensinya sebagai batuan induk cekungan Asri. Potensi kedua formasi kandidat sebagai batuan induk diidentifikasi berdasarkan jumlah karbon organik, tipe kerogen, dan tingkat kematangan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Total organic carbon (TOC) adalah jumlah karbon yang digambarkan dalam persentase jumlah berat kering batuan. Analisis TOC dilakukan untuk mengetahui deskripsi kualitas batuan induk. Menurut Wapples (1985), batuan yang memiliki nilai TOC lebih rendah dari 0,5% mengindikasikan jumlah keberadaan material organik yang sangat sedikit pada batuan sehingga kecil pula kemampuannya dalam memproduksi hidrokarbon. Selanjutnya, nilai TOC dalam rentang 0,5% dan 1,0% mengindikasikan ketidakefektifan sebagai batuan induk karena menunjukkan produksi hidrokarbon yang tidak ekonomis. Batuan dengan nilai TOC antara 1,0% dan 2,0% dianggap potensial karena dapat menghasilkan hidrokarbon yang cukup ekonomis. Lebih lanjut, batuan dengan nilai TOC antara 2,0% hingga 20% menunjukkan potensi yang sangat baik karena batuan ini terendapkan dalam lingkungan yang didominasi oleh proses reduksi sehingga material organik yang terkandung di dalamnya sudah tereduksi secara sempurna sehingga dapat menjadi hidrokarbon yang sangat ekonomis. Jika nilai TOC adalah lebih dari 20%, maka batuan tersebut

dianggap berpotensi sebagai penghasil batubara.

Rock eval pyrolysis adalah analisis batuan induk yang bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik material organik, melakukan kuantifikasi potensi batuan induk, menghitung total karbon organik, dan mengevaluasi perubahan suhu selama pembentukan hidrokarbon (Bordenave, 1993). Parameter-parameter yang digunakan dalam analisis *rock eval pyrolysis* adalah S_1 , S_2 , S_3 , dan T_{max} (Hunt, 1996). Analisis parameter *rock eval pyrolysis* lainnya berupa indeks hidrogen (HI) juga dapat dilakukan untuk mengetahui lebih lanjut deskriptif batuan induk, dengan ketentuan bahwa HI dengan nilai <150 mengindikasikan kemampuan batuan induk menghasilkan gas dalam kuantitas rendah, 150-300 adalah minyak dan gas dalam kuantitas rendah, 300-450 adalah minyak dalam kuantitas sedang, 450-600 adalah minyak dalam kuantitas tinggi, serta >600 adalah minyak dalam kuantitas tinggi (Wapples, 1985).

Analisis *vitrite reflectance* (%Ro) dilakukan berdasarkan pantulan cahaya pada permukaan sayatan vitrit yang muncul akibat perubahan struktur molekul. Indikator ini memiliki rentang kematangan lebih panjang bila dibandingkan dengan maseral lain seperti liptinit.

Analisis terhadap *fluorescence macerals* dilakukan dengan mengamati secara optikal warna yang tampak dan intensitasnya pada beberapa jenis maseral. Analisis warna *fluorescence maceral* dapat diaplikasikan pada semua jenis batuan sedimen, terkhusus batuan induk dan inklusi minyak (Froder et al., 2015). Warna *fluorescence macerals* berganti dari merah-hijau (immature), biru-hijau (*early mature*), oranye-kuning (*peak mature*), cokelat-kuning (*late mature*), hingga oranye-cokelat (*post mature*) (Stasiuk dan McNeil, 2000).

Analisis parameter *non-biomarker* dalam menentukan tingkat kematangan dilakukan terhadap normal alkana yang merupakan hasil dari *gas chromatography*. Data normal alkana digunakan untuk menghitung *carbon preference index* (CPI) dan *odd to even predominance* (OEP). Formula penentuan nilai CPI (Bray dan Evans, 1961) dan OEP Scalan dan Smith, 1970) adalah sebagai berikut.

$$\text{CPI} = \frac{1}{2} \times \frac{C_{25} + C_{27} + C_{29} + C_{31} + C_{33}}{C_{24} + C_{26} + C_{28} + C_{30} + C_{32}} + \frac{C_{25} + C_{27} + C_{29} + C_{31} + C_{33}}{C_{26} + C_{28} + C_{30} + C_{32} + C_{34}} \quad (1)$$

$$\text{OEP (1)} = \frac{C_{21} + 6C_{23} + C_{25}}{4C_{22} + 4C_{24}} \quad (2)$$

$$\text{OEP (2)} = \frac{C_{25} + 6C_{27} + C_{29}}{4C_{26} + 4C_{28}} \quad (3)$$

Nilai CPI dan OEP kemudian didekatkan pada ketentuan yang menyatakan bahwa semakin mendekati satu nilai CPI dan OEP, semakin matang pula batuan induk (Peters dan Moldowan, 1993).

3. METODE

Analisis geokimia terhadap beberapa sampel batuan representative dilakukan terhadap data TOC, *rock eval pyrolysis*, *vitrite reflectance* (%Ro), warna maseral *fluorescence*, serta data *gas chromatography* berupa C_{15} dan EOM. Data geokimia tersebut kemudian digunakan untuk mengevaluasi potensi batuan induk yang dilakukan berdasarkan parameter berupa kualitas batuan induk, tipe kerogen, dan tingkat kematangan.

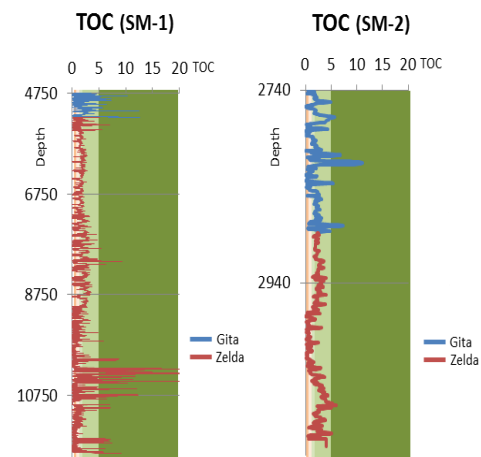
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kualitas Batuan Induk

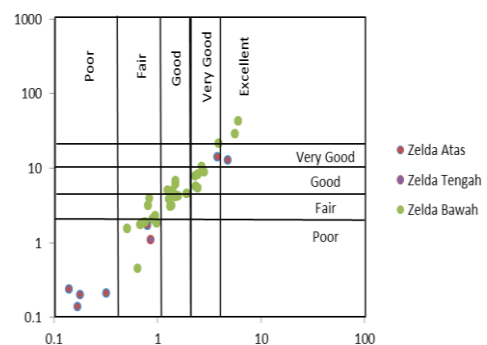
Penentuan kualitas batuan induk dilakukan dengan menganalisis nilai TOC dan *cross plot* TOC terhadap S_2 . Seperti pada gambar 1, berdasarkan nilai TOC dominan pada

sumur SM-1, anggota Gita memiliki kualitas *poor* – *fair*, sedangkan anggota Zelda tergolong *good* – *very good* sebagai batuan induk. Selanjutnya, *cross plot* TOC terhadap S_2 menunjukkan dominasi kualitas *fair* – *good* (sebagian mencapai *excellent*) untuk Zelda Bawah serta *poor* untuk anggota Zelda Tengah dan Atas.

Pada sumur SM-2, nilai TOC anggota Gita menunjukkan batuan induk dengan kualitas *poor* – *fair* dan nilai TOC anggota Zelda yang mengindikasikan kualitas *very good*.

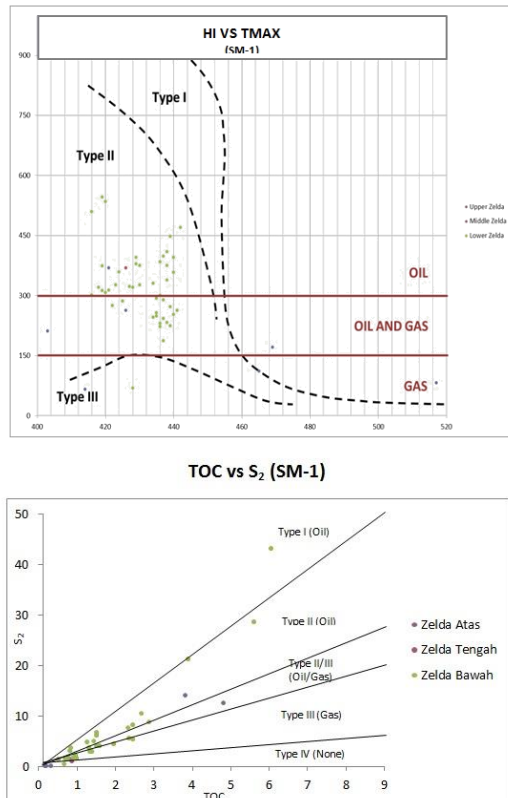


TOC vs S_2 (SM-1)



Gambar 1 Atas: Persebaran nilai TOC untuk setiap kedalaman (Wapples, 1985 dengan modifikasi Chinn, 1991). Bawah: *Cross plot* nilai TOC terhadap S_2 untuk kualitas batuan induk (Wapples, 1985 dengan modifikasi Chinn, 1991 dan Baskin, 1998).

4.2 Tipe Kerogen

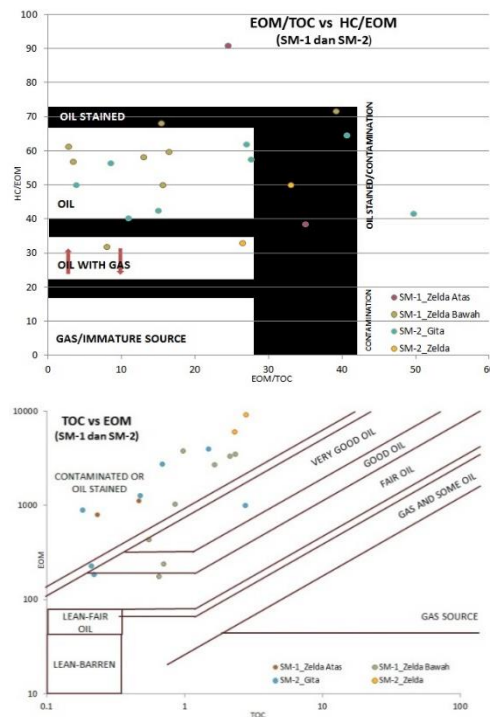


Gambar 2 Atas: Cross plot nilai HI terhadap Tmax (Espitalie *et al.*, 1977). Bawah: Cross plot nilai TOC terhadap S₂ untuk tipe kerogen (Wapples, 1985 dengan modifikasi Chinn, 1991 dan Baskin, 1997).

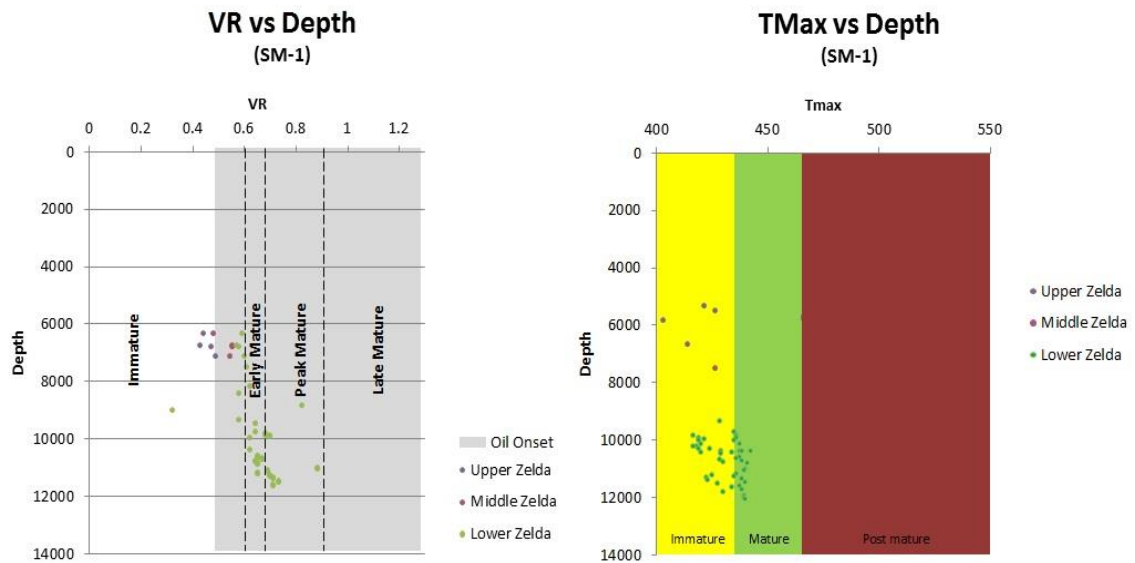
Penentuan tipe kerogen pada sumur SM-1 dilakukan berdasarkan *cross plot* nilai Tmax dan HI, TOC dan S₂, EOM/TOC dan HC/EOM, serta TOC dan EOM. *Cross plot* nilai Tmax dan HI pada sumur SM-1 menunjukkan bahwa anggota Zelda Atas memiliki kerogen tipe III (*gas prone*), Zelda Ttengah dengan tipe kerogen II (*oil and gas prone*), dan Zelda Bawah dengan tipe kerogen II (*oil prone – oil and gas prone*) yang didominasi oleh hidrokarbon minyak berdasarkan nilai HI. Hasil analisis berdasarkan *cross plot* TOC dan S₂ pada sumur SM-1 menghasilkan kerogen dengan tipe III (*gas prone*) untuk anggota Zelda Atas, Zelda Tengah dengan dominasi tipe kerogen IV (*no potential*), dan Zelda Bawah dengan kerogen tipe II/III (*oil prone/gas prone*) – kerogen tipe II (*oil*). Hasil analisis berdasarkan *cross plot* rasio

EOM/TOC dan HC/EOM menunjukkan bahwa pada sumur SM-1, anggota Zelda Atas tergolong *oil stain* dan Zelda Bawah dengan jenis hidrokarbon *oil with gas - dominan oil*. Hasil analisis berdasarkan *cross plot* nilai TOC dan EOM menunjukkan bahwa pada sumur SM-1, anggota Zelda Atas memiliki hidrokarbon dengan jenis *oil stained* dan Zelda Bawah dengan jenis hidrokarbon *oil stained – oil*.

Penentuan tipe kerogen pada sumur SM-2 dilakukan berdasarkan *cross plot* nilai EOM/TOC dan HC/EOM, serta TOC dan EOM. Hasil analisis berdasarkan *cross plot* rasio EOM/TOC dan HC/EOM menunjukkan bahwa pada sumur SM-2, anggota Gita memiliki hidrokarbon dengan jenis *oil* dan anggota Zelda dengan jenis hidrokarbon *oil with gas - oil stained*. Hasil analisis berdasarkan *cross plot* nilai TOC dan EOM menunjukkan bahwa pada sumur SM-2, anggota Gita memiliki hidrokarbon dengan jenis *oil stained – oil* dan anggota Zelda dengan jenis hidrokarbon *oil stained*.



Gambar 3 Atas: Cross plot nilai EOM/TOC terhadap HC/EOM (modifikasi Taguchi, 1962; Sato *et al.*, 1972; dan Othman, 2003). Bawah: Cross plot nilai TOC terhadap EOM (Othman, 2003).



Gambar 4 Kiri: Persebaran nilai vitrinite reflectance pada kedalaman terukur (Peters dan Cassa, 1991). Kanan: Persebaran nilai Tmax pada kedalaman terukur (Espitalie et al., 1977).

4.3 Tingkat Kematangan

Penentuan tingkat kematangan anggota Zelda pada sumur SM-1 dilakukan berdasarkan vitrinite reflectance, Tmax, warna fluorescence macerals, serta CPI dan OEP. Hasil analisis berdasarkan nilai vitrinite reflectance menunjukkan bahwa pada sumur SM-1, batuan induk anggota Zelda Atas memiliki tingkat kematangan immature, Zelda Tengah dengan tingkat kematangan late immature, dan Zelda Bawah dengan tingkat kematangan early to peak mature. Hasil analisis berdasarkan nilai Tmax menunjukkan bahwa pada sumur SM-1, batuan induk anggota Zelda Atas

memiliki tingkat kematangan immature, Zelda Tengah dengan tingkat kematangan immature, dan Zelda Bawah dengan tingkat kematangan late immature to mature. Hasil analisis berdasarkan warna fluorescence macerals menunjukkan bahwa pada sumur SM-1, batuan induk anggota Zelda Bawah memiliki tingkat kematangan peak mature. Hal ini disimpulkan melalui warna amorphous, alginite, cutinite, sporinite, resinite, dan liptodetrinite yang dominan kuning hingga oranye.

Hasil analisis berdasarkan nilai CPI dan OEP menunjukkan bahwa pada sumur SM-1, batuan induk anggota Zelda Atas dan Zelda

Tabel 1 Warna Fluorescence Macerals

Sumur	Kedalaman (ft)	Formasi	Amorphous	Alginite	Cutinite	Sporinite	Resinite	Liptodetrinite
SM-1	9900-10000	Zelda Bawah	y-yo	y	yo-o	yo-o		y-yo
	10200-10300		y-yo	y-yo	y-yo	yo-o	yo-o	y-yo
	10300-10400		yg-y		y-yo		yo-o	y-yo
	10367		yo-o		yo-o	yo-o	yo-o	yo-o
	10400-10500		y-yo	y-yo	yo-o	yo-o	yo-o	y-yo
	10700-10800		y-yo	y-yo	yo-o	yo-o	yo-o	y-yo
	10900-11000		y-yo	y-yo	yo-o	yo-o		y-yo
	11000-11200		y-yo		yo-o	yo-o	yo-o	yo-o
	11300-11400		y-yo	y-yo	yo-o	yo-o		yo-o
	11600-11700		y-yo	y-yo		yo-o		yo-o
	11700-11800		y-yo		yo-o	y-yo	yo-o	yo-y
	11800-11900		y-yo		yo-o	yo-o		y-yo
Kesimpulan			y-yo	y-yo	yo-o	yo-o	yo-o	y-yo
Keterangan: - yg – y = yellowish green to yellow - y = yellow - y – yo = yellow to yellowish orange - yo – o = yellowish orange to orange								

bawah memiliki tingkat kematangan *mature*.

Penentuan tingkat kematangan anggota Zelda dan Gita pada sumur SM-2 dilakukan berdasarkan CPI dan OEP. Hasil analisis berdasarkan nilai CPI dan OEP menunjukkan bahwa pada sumur SM-2, batuan induk anggota Gita memiliki kematangan *late immature to mature* dan anggota Zelda Bawah dengan tingkat kematangan *mature*.

Tabel 2 Nilai CPI dan OEP pada kedalaman terukur

Sumur	Kedalaman (ft)	Formasi	CPI	OEP
SM-1	5243	Zelda Atas	1.25	1.23
	7158	Zelda Atas	1.11	1.01
	10300-10400	Zelda Bawah	1.46	1.14
	10367	Zelda Bawah	1.45	1.18
	11890-11980 (Batupasir)	Zelda Bawah	1.08	1.04
	11890-11980 (Serpilh)	Zelda Bawah	1.11	1.05
SM-2	2776.2	Gita	1.14	0.89
	2782.3	Gita	1.01	0.90
	2784.1	Gita	1.04	0.92
	2810	Gita	1.04	0.92
	2907	Zelda	1.11	1.01
	2931	Zelda	1.07	1.04

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis geokimia, anggota Gita kurang berpotensi sebagai batuan induk cekungan Asri karena kualitasnya yang tergolong *poor-fair* berdasarkan kandungan karbon organik dan tingkat kematangan yang masih *immature* pada sebagian kedalaman. Sebaliknya, anggota Zelda bagian Bawah menunjukkan potensi sebagai batuan induk yang disimpulkan berdasarkan: (a) dari segi kuantitas, nilai TOC yang dominan berada dalam rentang kategori 1,0% – 5,0%, mengindikasikan kualitas batuan induk terkategori *good – very good*; (b) dari segi kualitas, kerogen yang dominan dihasilkan adalah kerogen

tipe II (*oil and gas prone*) dengan dominasi hidrokarbon berupa minyak, (c) tingkat kematangan yang tergolong *mature*.

DAFTAR PUSTAKA

- Baskin, D. K., 1997, *Atomic H/C Ratio of Kerogen as an Estimate of Thermal Maturity and Organic Matter Conversion*, AAPG Bulletin, V.81, pp. 1437-1450.
- Chinn, E. W., 1991, *The Roles of Organic Geochemistry in Petroleum Exploration*, Basin Research Institute Bulletin of Louisiana State University, pp. 15-23, Baton Rouge: Louisiana State University.
- Espitalie, J. et al., 1977, *Rapid Method for Source Roc Characterization and for Determination of Their Petroleum Potential and Degree of Evolution*, Rev. Inst. Fr. Pet., V.31, pp. 23-42.
- Froder, C. H. et al., 2015, *Optical Thermal Maturity Parameters and Organic Geochemical Alteration at Low Grade Diagenesis to Anchimetamorphism: A Review*, International Journal of Coal Geology 150-151, pp. 119.
- Othman, R., 2003, *Petroleum Geology of the Gunned Ah-Bowen-Surat Basin, Northern New South Wales: Stratigraphy, Organic Petrology, and Organic Geochemistry*, PhD. Thesis, Science, University of New South Wales.
- Peter, K. E. et al., 2005, *The Biomarker Guide Volume I: Biomarkers and Isotopes in the Environment and Human History*, Second Edition, New York: Cambridge University Press.

- Peter, K. E. et al., 2005, *The Biomarker Guide Volume II: Biomarkers and Isotopes in Petroleum Systems and Earth History*, Second Edition. New York: Cambridge University Press.
- Saro, S., K. Sasaki, dan K. Taguchi, 1972, *Distribution of Organic Carbon and Extractable Organic Matter in Neogene Tertiary Rocks of Akita and Niigata Districts, with Particular Reference to the Removal of Carbonate Carbons in Sediments*, J. Geol. Soc. Japan 78:643-651.
- Stasiuk, L. D. dan McNeil, D. H., 2000, *Preliminary Results on the Fluorescence Properties of Organic Cement in Recent and Fossil Agglutinated Foraminifera*, Geological Survey of Canada, pp. 3303-3333.
- Sukanto, J. et al., 1998, *Petroleum Systems of The Asri Basin, Java Sea, Indonesia*. Proceedings of Indonesian Petroleum Association, 26th Annual Convention, pp. 291-312.
- Taguchi, K., 1962, *Basin Architecture and Its Relation to the Petroleum Source Rocks Development in the Bordering Akita and Yamagata Prefectures and the Adjoining Areas, with Special Reference to the Depositional Environment of Petroleum Source Rocks in Japan*, Sci. Rep. Tohoku Univ., Series 3, 7:278-289.
- Van Krevelen, D. W., 1984, *Organic Geochemistry: Old and New*, Organic Geochemistry, V.6, pp. 1-10.
- Waples, D. W. dan R. Cunningham, 1985, *Shipboard Organic Geochemistry, Leg 80, Deep Sea Drilling Project, in P.-C de Graciansky and C. W. Poag, eds., Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, V.80*, pp. 949-968, Washington D. C.: Government Printing Office.