

KARAKTERISTIK GEOKIMIA ORGANIK PADA FORMASI CIBULAKAN DI DAERAH CIREBON, JAWA BARAT

Praptisih

Pusat Riset Sumber Daya Geologi, OR KM, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Jl. Sangkuriang Bandung, Indonesia

ABSTRAK

Artikel Info:

Naskah Diterima:

05 Agustus 2022

Diterima setelah
perbaikan:

05 September 2022

Disetujui terbit:

15 September 2022

Kata Kunci:

Geokimia Organik

Batulempung

Rembesan Minyak

GC

GCMS

Formasi Cibulakan

Cirebon

Organic Geochemistry

Claystone

Oil Seepage

Penelitian yang dilakukan pada singkapan batulempung dan rembesan minyak pada Formasi Cibulakan di daerah Cirebon, Jawa Barat bertujuan untuk mengetahui karakterisasi geokimia organik yang diduga sebagai batuan sumber hidrokarbon. Metode yang dilakukan adalah pengambilan conto batuan dan rembesan minyak di lapangan untuk analisa laboratorium yang meliputi GC dan GCMS. Berdasarkan hasil analisis GC menunjukkan kromatogram rembesan minyak dan conto ekstrak batuan mengalami biodegradasi yang dicirikan oleh tidak munculnya puncak-puncak alkana normal, pristana dan fitana. Dari diagram Pristana/n17 vs Fitana/n18 conto ekstrak batuan berada dalam kategori *Mixed Organic Source* (campuran kerogen II-III). Fragmentogram massa m/z 191 menunjukkan fasies sumbernya berasal dari tanaman material darat. Lingkungan pengendapan asal material organik Formasi Cibulakan di daerah Cirebon berdasarkan plot diagram segitiga (Huang dan Meinchen, 1979) menunjukkan rembesan minyak dan ekstrak batuan pada *open marine*.

ABSTRACT

Research conducted on claystone outcrops and oil seeps in the Cibulakan Formation in the Cirebon area, West Java, aims to determine the geochemical characterization of organics matter suspected to be hydrocarbon source rocks. The method used is sampling rock samples and oil seeps in the field for laboratory analysis which includes GC and GCMS. Based on the results of the GC analysis, the oil seepage chromatogram and rock extract samples we are biodegraded, which is characterized by the absence of normal alkane, pristane and phytane peaks. From the diagram Pristane/n17 vs Phytane/n18 the rock extract samples are in the Mixed Organic Source category (a mixture of kerogen II-III). The m/z 191 mass fragmentogram shows that the source facies comes from terrestrial plant material. The depositional environment of organic material origin Cibulakan Formation in the Cirebon areas based on a triangular plot diagram (Huang and Meinchen, 1979) shows oil seepage and rock extracts in open marine.

© LPMGB - 2022

Korespondensi:

E-mail: praptie3103@yahoo.com. (Praptisih)

PENDAHULUAN

Hidrokarbon adalah sumber daya energy yang cukup penting peranannya dalam mendukung perekonomian Indonesia. Terdapat 128 cekungan sedimen, baik yang berumur Tersier maupun Pra Tersier (Panggabean 2011, Praptisih, 2018). Sejumlah rembesan dan lapangan migas *The Bogor North Serayu –Kendeng deep water zone* dipercaya adanya batuan sumber di dalam sedimen yang berkarakter laut dalam (Satyana dan Armandita, 2004, Praptisih 2018).

Dijumpainya rembesan minyak di daerah Palimanan, Cirebon mengindikasikan bahwa daerah sekitar terdapat batuan induk yang efektif yang memiliki kemampuan untuk membentuk dan mengeluarkan minyak bumi. Permasalahannya adalah dari mana dan dari jenis batuan apa dan formasi apa, bagaimana kita dapat mengidentifikasi batuan induk tersebut yang menjadi asal rembesan minyak tersebut dari formasi mana. Adapun batuan induk yang menjadi asal rembesan adalah batuan berbutir halus berwarna gelap yang diperkirakan pada Formasi Cibulakan yang merupakan batuan tertua di Cekungan Jawa Barat Utara yang tersingkap di daerah Palimanan Cirebon (Satyana dan Armandita, 2004, Praptisih 2018). Formasi Cibulakan terdiri dari batugamping dibagian bawah dan ditutupi oleh sedimen lempung bersisipan lapisan-lapisan tipis batugamping bagian atas. Berdasarkan fosil foraminifera besar yang terdapat dalam batugamping, Formasi Cibulakan berumur Miosen Tengah atau Tf1-Tf2 menurut klasifikasi huruf Indonesia (Pringgoprawiro dkk, 1977). Singkapan – singkapan ini diperkirakan merupakan bagian atas Formasi Cibulakan di daerah Kromong. Hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa kehadiran lapisan-lapisan lempung pada bagian atas Formasi Cibulakan dapat digunakan sebagai pemisah antara Formasi Cibulakan dan Formasi Parigi yang terletak di atasnya (Praptisih, 2018). Penelitian karakteristik geokimia organik dilakukan pada singkapan lempung Formasi Cibulakan yang tersingkap di daerah Cirebon. Formasi Cibulakan diduga telah diendapkan dilaut lepas dangkal yang hangat yang berangsur-angsur menjadi lebih dangkal dan terlindung hingga waktu Miosen Akhir (Pringgoprawiro dkk, 1977).

Penelitian karakteristik dan potensi batuan sumber hidrokarbon di cekungan Bogor telah dilakukan oleh peneliti terdahulu antara lain Praptisih, 2018, Praptisih dan Kamtono, 2016, Praptisih 2016, Praptisih dan Kamtono, 2014,

Praptisih 2013. Sedangkan di Jawa Tengah juga dilakukan penelitian karakteristik batuan induk hidrokarbon serta hubungannya dengan rembesan minyak oleh Praptisih, 2016, Praptisih 2017 dan Mardianza, 2018, untuk potensi batuan induk di Jawa Tengah diteliti oleh Praptisih 2021 dan Winardi 2013. Di Sumatera karakteristik geokimia batuan induk diteliti oleh M. Syaifudin, 2016 dan Edi Sutriyono 2016. Sutadiwira dkk., 2018 meneliti komposisi biomarker *oil seep* dari Sulawesi Barat, untuk potensi batuan induk diteliti oleh Syahputra dkk, 2019. Karakteristik biomarker *crude oil* serta hubungannya dengan *source rock* di Kurdistan *oilfield*, Northern Iraq juga diteliti oleh Mohialden dkk., 2015. Di Turki potensi batuan induk diteliti oleh Abu Bakar Duman dkk, 2019 dan Mosab Mohammedor, 2017. Geokimia organik dan potensi batuan induk di Cina diteliti oleh Zong dkk, 2017. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik geokimia organik dan lingkungan pengendapan asal material dari ekstrak batuan dari Formasi Cibulakan dan rembesan minyak.

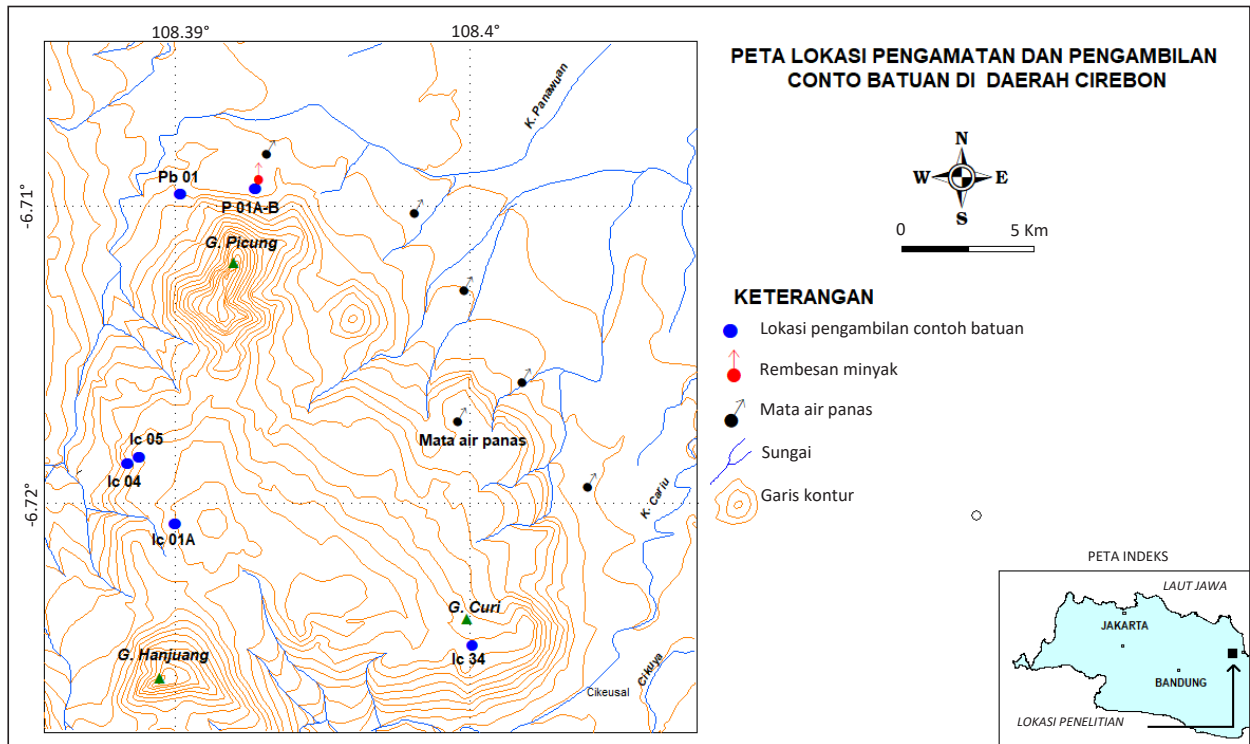
BAHAN DAN METODE

Diawali dengan penelusuran pustaka yang berkaitan dengan cekungan-cekungan sedimen yang telah terbukti mengandung hidrokarbon. Kegiatan lapangan dilakukan pengamatan sifat dan karakteristik batuan sedimen berbutir halus yang diduga mengandung bahan organik pada Formasi Cibulakan di daerah Palimanan, Cirebon. Pengambilan conto sedimen dilakukan pada singkapan batulempung yang masih segar dan berwarna hitam pada lokasi terpilih. Pengambilan conto permukaan sebanyak 6 conto yaitu dan 2 conto rembesan minyak (Gambar 1). Kemudian dilakukan penelitian laboratorium yang meliputi karakteristik geokimia ekstrak batuan dan rembesan minyak bumi yaitu analisis sidik jari Kromatografi Gas (GC) sebanyak 3 conto batuan dan 2 conto rembesan minyak dan biomarker Kromatografi Gas-Spektometri Massa (GC-MS) sebanyak 5 conto batuan dan 2 conto rembesan minyak yang dilakukan pada BSI Lab Tangerang.

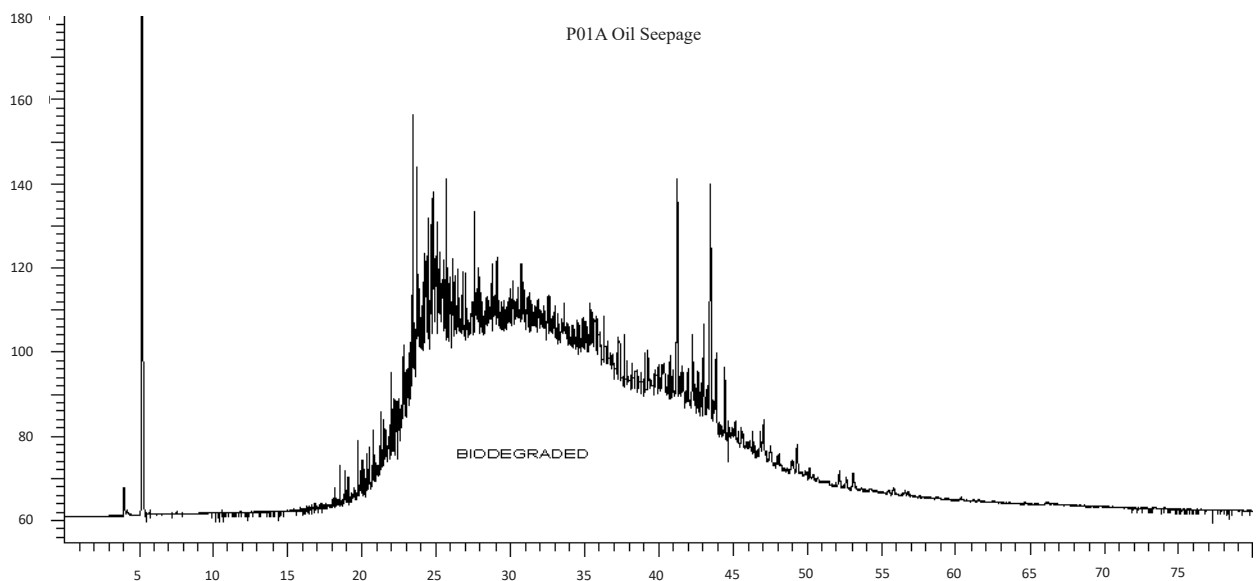
Metoda yang dipakai di dalam analisis sidikjari hidrokarbon adalah menggunakan teknik kromatografi gas (ASTM D-2887). Peralatan kromatografi gas yang digunakan adalah HP 5890. Series II yang dilengkapi dengan detektor FID (*Flame Ionisation Detector*). Program suhu dari 28

°C hingga 280 °C dengan kenaikan suhu 6 °C per menit melalui kolom kapiler gelas CP-Sil-5CB dan gas pengangkutnya Hidrogen. Peralatan GC-MS yang digunakan adalah Perkin Elmer GC Clarus 600 yang dilengkapi dengan *detector* spektrometri massa Clarus SQ 8C dan kolom DB-5MS.

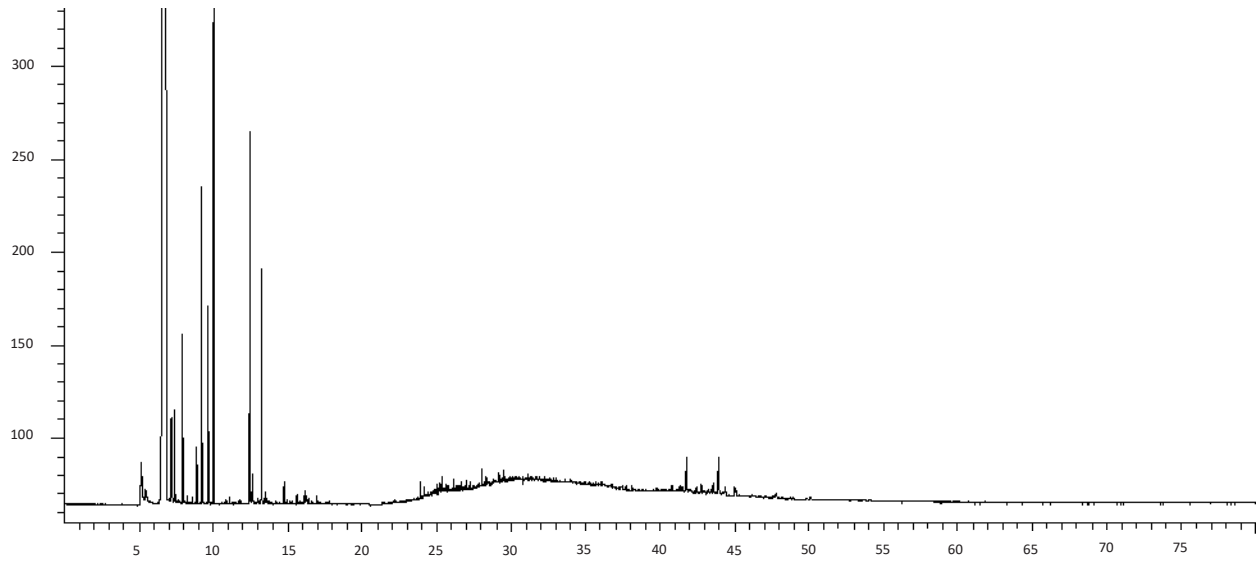
Hasil analisis dilaboratorium diolah untuk mengetahui karakteristik geokimia organik meliputi lingkungan pengendapan asal material dari ekstrak batuan dan rembesan minyak pada Formasi Cibulakan di daerah Cirebon. Pengolahan dan interpretasi hasil analisis laboratorium dengan menggunakan model diagram dan data dari peneliti terdahulu.



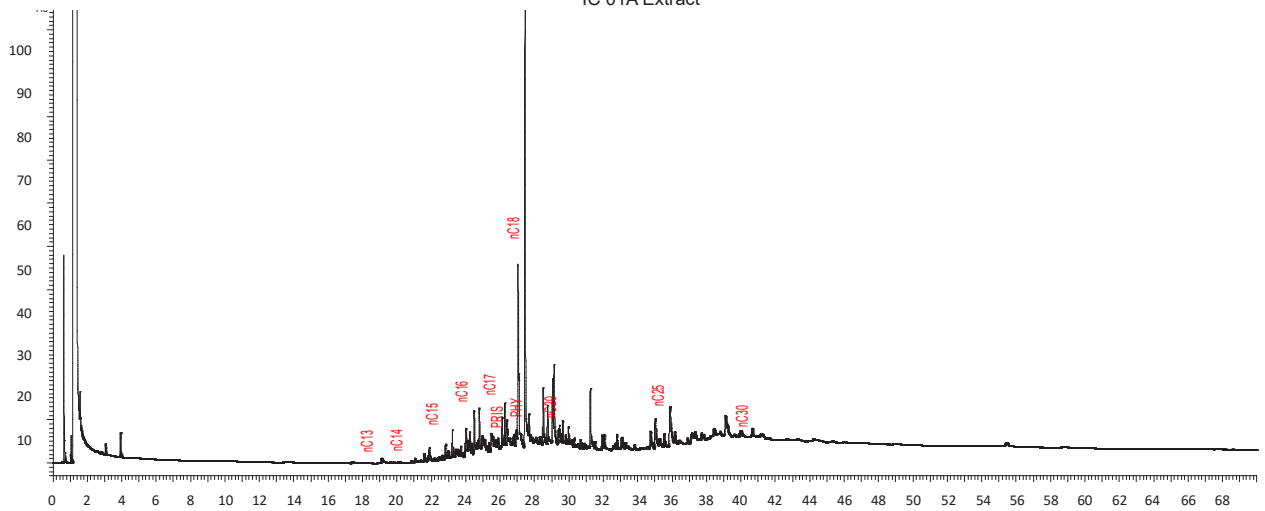
Gambar 1
Peta lokasi pengambilan contoh sedimen dan rembesan minyak di daerah Palimanan, Cirebon.



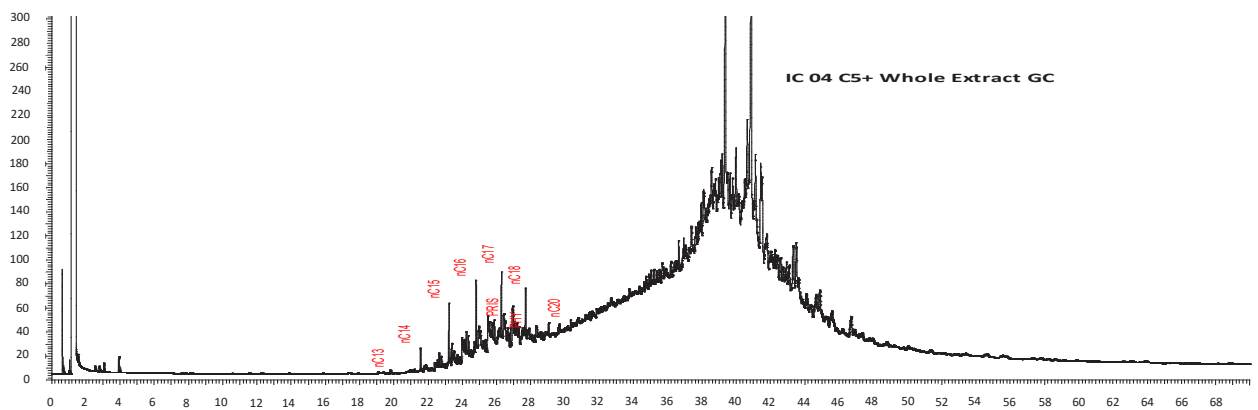
P01B Oil Shale

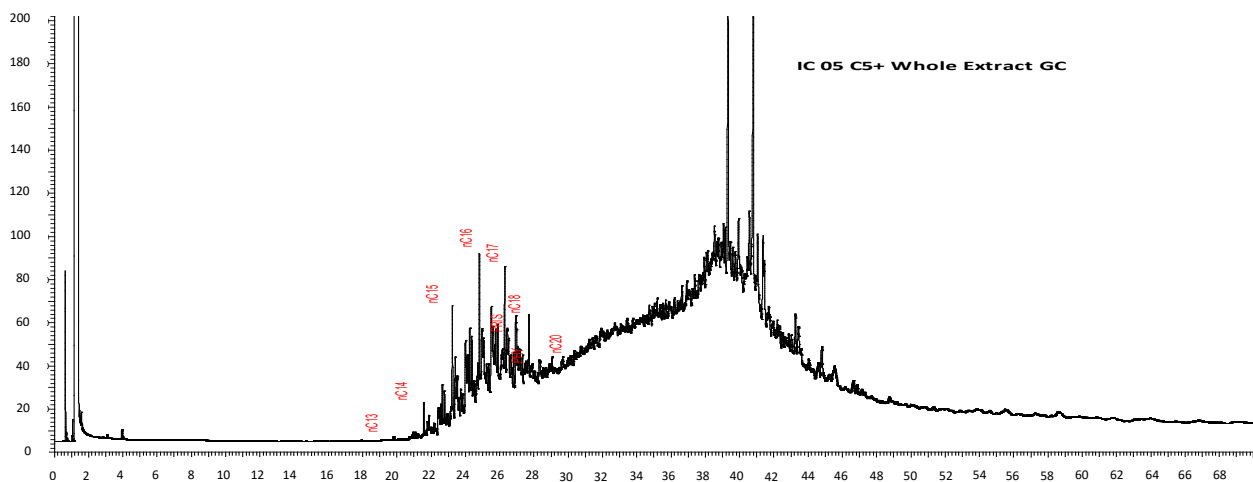


IC 01A Extract



IC 04 C5+ Whole Extract GC





Gambar 2
Gas chromatograms (C_{5+} whole oil/extract analysis)

HASIL DAN DISKUSI

Analisis Kromatografi Gas (GC)

Analisis kromatografi gas dilakukan pada dua conto rembesan minyak dan tiga ekstrak batuan. Kromatogram untuk rembesan minyak (P01A) (Gambar 2) dicirikan dengan tidak munculnya puncak-puncak alkana normal, pristana dan fitana, hal ini menunjukkan bahwa rembesan minyak telah mengalami biodegradasi. Sedangkan kromatogram pada conto P01B ditandai oleh puncak-puncak seperti pelarut kimia dengan distribusi alkana normal yang sangat terbatas. Secara keseluruhan kromatogram conto P01B tidak menunjukkan adanya minyak bumi, kemungkinan hal ini merupakan hidrokarbon alami (*indigenous*) yang berasal dari bahan organik yang melekat pada tanah atau sedimen di daerah setempat.

Kenampakan kromatogram pada conto ekstrak batuan IC 01A, IC 04 dan IC 05 ditandai dengan distribusi alkana normal yang berkisar dari nC_{13} hingga nC_{20+} dan nC_{30+} (Gambar 2). Tidak teramatinya komponen ringan, yaitu konsentrasi *alkane* normal dengan karbon di bawah nC_{12} , kemungkinan disebabkan faktor penguapan dan/atau proses biodegradasi.

Berdasarkan hasil perhitungan GC memperlihatkan perbandingan antara pristana dan fitana sebagai indikator lingkungan pengendapan dan facies sumbernya berkisar antara 2.36 hingga 3.42, hal ini menunjukkan bahwa conto ekstrak

batuan berasal dari kondisi lingkungan pengendapan sub-oksik. Dari diagram Pristana/ nC_{17} dibandingkan dengan Fitana/ nC_{18} (Gambar 3) menunjukkan conto ekstrak batuan berada dalam kategori *Mixed Organic Sources* (Campuran Kerogen Tipe II-III).

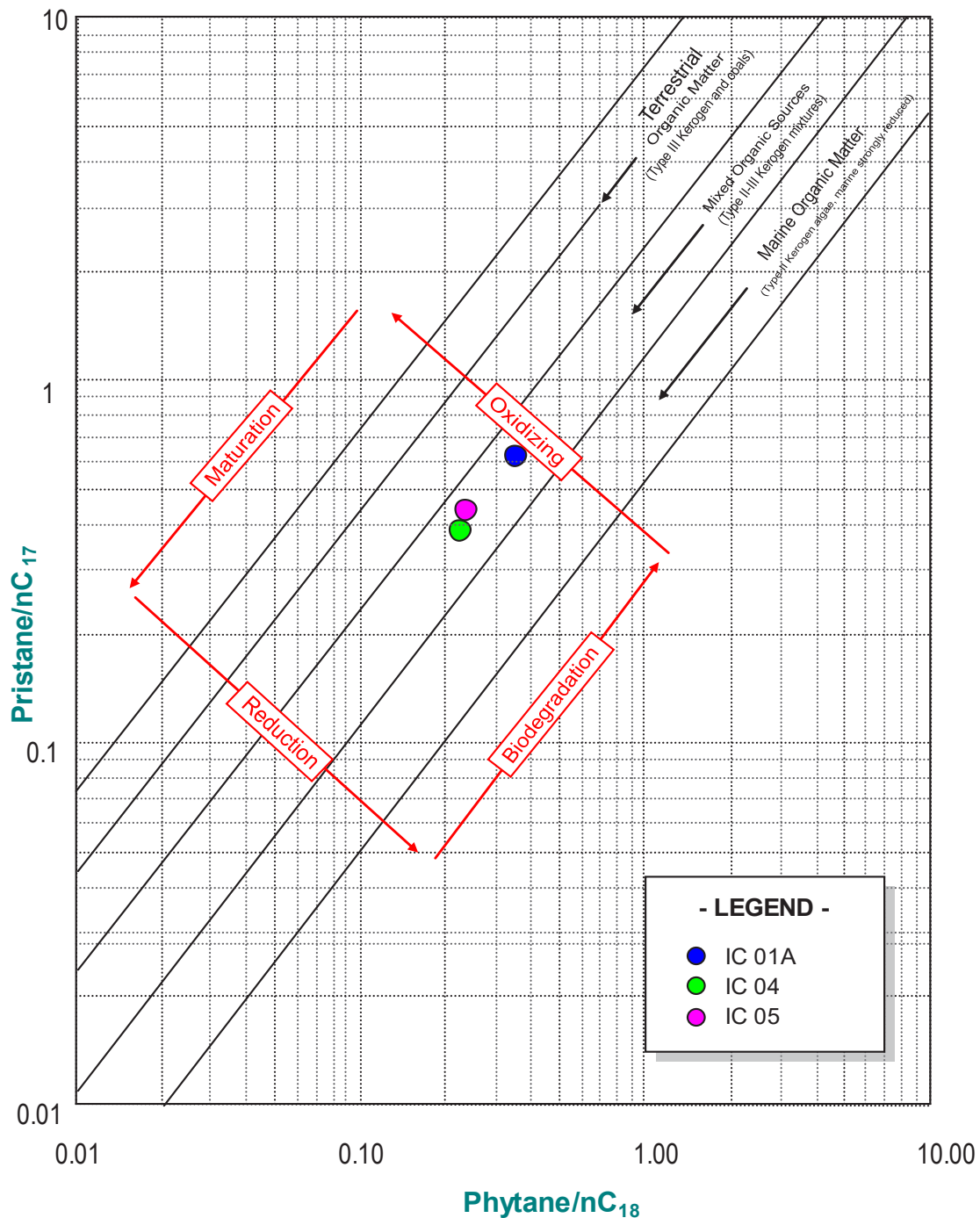
Analisis GC-MS

Analisis Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS) dilakukan terhadap dua conto rembesan minyak (*oil seep*) dan empat ekstrak batuan pada fraksi saturat Formasi Cibulakan yaitu IC01A, IC04, IC05, IC34)

Fragmentogram massa m/z 191

Fragmentogram massa m/z 191 (Tabel 1)(Gambar 4) menunjukkan bahwa conto rembesan minyak dan ekstrak batuan mempunyai distribusi terpana trisiklik dan tetrasiklik yang jumlah atom karbonnya berkisar dari C_{19} sampai C_{27} (Senyawa A-J). Jumlah C_{19} dan C_{20} (Puncak A-C) senyawa trisiklik relative terhadap senyawa trisiklik C_{23} (Puncak F) merupakan indikasi facies sumbernya berasal dari material tanaman darat (Cox dkk., 1986, Praptisih 2018).

Hadirnya 18α (H)-*Oleanana* pada conto rembesan minyak dan ekstrak batuan, di mana senyawa ini diperkirakan adalah tanaman darat. Terutama tumbuh-tumbuhan berbunga atau angiosperma yang mulai berevolusi sejak zaman Kapur. *Oleanana* sering ditemukan pada conto batuan sedimen deltaic berumur Kapur atau lebih muda (Tersier) (Peters & Moldowan, 1993, Praptisih 2018).



Gambar 3
 Diagram pristana/nC₁₇ vs fitana/nC₁₈ (Sumber: After Connan and Cassou, 1980)

Fragmentogram massa m/z 217

Fragmentogram massa m/z 217 (Tabel 2) (Gambar 5) memperlihatkan bahwa conto rembesan minyak dan ekstrak batuan mempunyai proporsi C₂₇ sterana (43.70-63.73%) yang *relative* terhadap C₂₉ sterana (24.52-47.97%) (Tabel 3), hal ini merupakan

peran bahan organik yang berasal dari ganggang. Dari perhitungan prosentase luas jumlah karbon tersebut dan diplot ke diagram segitiga (Huang dan Meinschein, 1979 pada gambar 6, menunjukkan bahwa Formasi Cibulakan di daerah Cirebon pada rembesan minyak dan ekstrak batuan diendapkan

pada lingkungan pengendapan *open marine*.

Berdasarkan fosil foraminifera besar yang terdapat dalam batugamping, Formasi Cibulakan berumur Miosen Tengah atau Tf1-Tf2 menurut klasifikasi huruf Indonesia (Pringgoprawiro dkk, 1977). Formasi Cibulakan diduga telah diendapkan dilaut lepas dangkal yang hangat yang berangsur-angsur menjadi lebih dangkal dan terlindung hingga waktu Miosen Akhir (Pringgoprawiro dkk, 1977).

Tipe kerogen batuan induk hidrokarbon Formasi Cibulakan termasuk Tipe II dan III (Praptisih dkk., 2014). Tipe III terbentuk di lembah dengan pasokan sedimen rendah sebagai endapan *estuarine* atau teluk (coastal) (Jacobson, 1991).

Lingkungan pengendapan asal material organik Formasi Cibulakan di daerah penelitian berdasarkan plot diagram segitiga (Huang dan Meinchen, 1979) menunjukkan rembesan minyak pada *open marine* hal ini sesuai dengan penelitian Pringgoprawiro dkk, 1977 yaitu laut lepas .

Tabel 1.
Terpane identifications

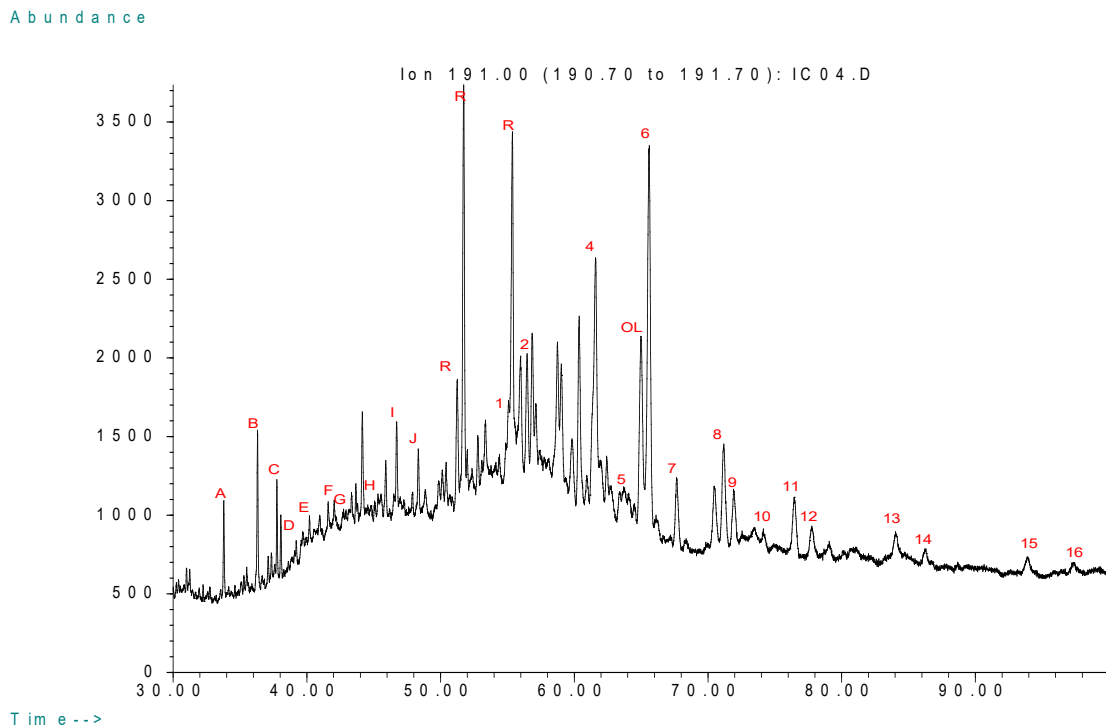
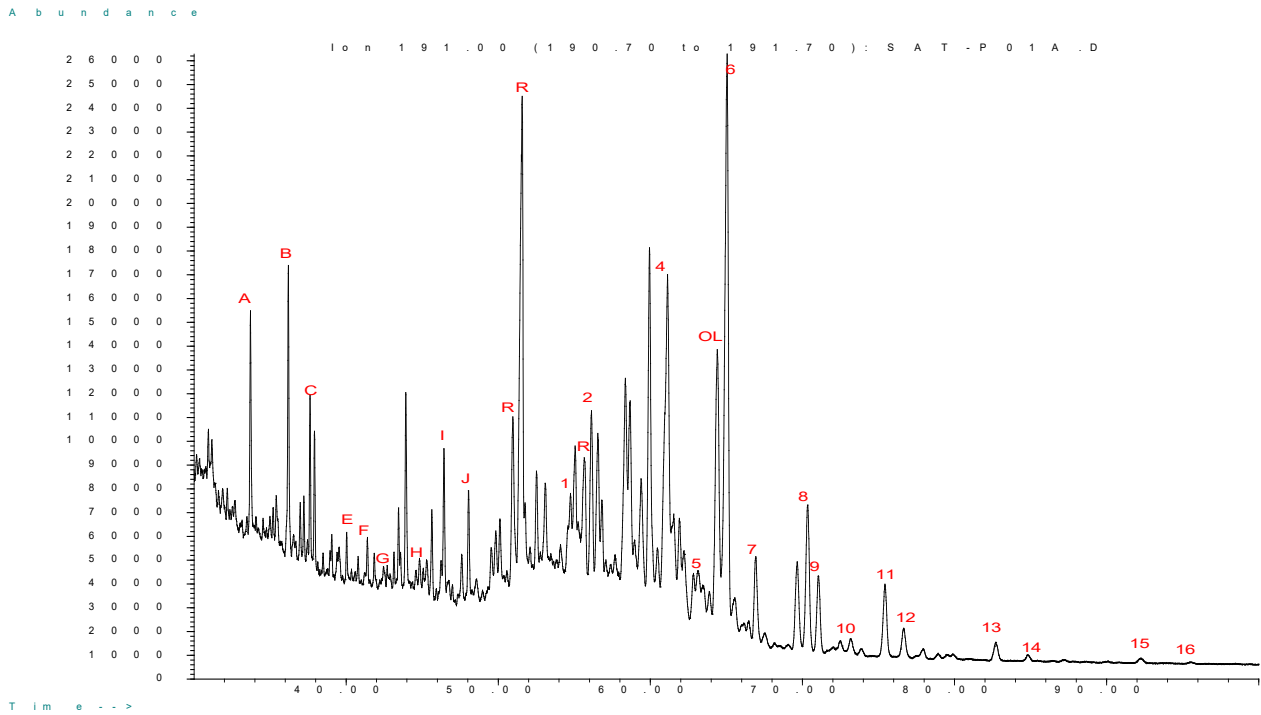
Peak No.	Carbon No.	Identification
A	18	Tricyclic diterpane
B	19	Tricyclic diterpane
C	20	Tricyclic diterpane
D	21	Tricyclic diterpane
E	22	Tricyclic diterpane
F	23	Tricyclic diterpane
G	24	Tricyclic diterpane
H	25	Tricyclic diterpane
I	26	Tricyclic diterpane
J	27	Tricyclic diterpane
K	28	Tricyclic diterpane
L	29	Tricyclic diterpane
1	27	18 α (H),21 β (H)-22,29,30-trisnorhopane(Ts)
2	27	17 α (H),21 β (H)-22,29,30-trisnorhopane(Tm)
M	30	Tricyclic diterpane
3	28	17 α (H),21 β (H)-28,30-bisnorhopane
4	29	17 α (H),21 β (H)-30-norhopane
5	29	17 β (H),21 α (H)-30-normoretane
6	30	17 α (H),21 β (H)-hopane
7	30	17 β (H),21 α (H)-moretane
8	31	17 α (H),21 β (H)-30-homohopane(22S)
9	31	17 α (H),21 β (H)-30-homohopane(22R)
10	31	17 β (H),21 α (H)-homomoretane
11	32	17 α (H),21 β (H)-30,31-bishomohopane(22S)
12	32	17 α (H),21 β (H)-30,31-bishomohopane(22R)
13	33	17 α (H),21 β (H)-30,31,32-trishomohopane(22S)
14	33	17 α (H),21 β (H)-30,31,32-trishomohopane(22R)
15	34	17 α (H),21 β (H)-30,31,32,33-tetrahomohopane(22S)
16	34	17 α (H),21 β (H)-30,31,32,33-tetrahomohopane(22R)
17	35	17 α (H),21 β (H)-30,31,32,33,34-pentahomohopane(22S)
18	35	17 α (H),21 β (H)-30,31,32,33,34-pentahomohopane(22R)
OL	30	18 α (H)-Oleanane
R	30	Cyclic Alkane

Tabel 2.
Sterane Identifications

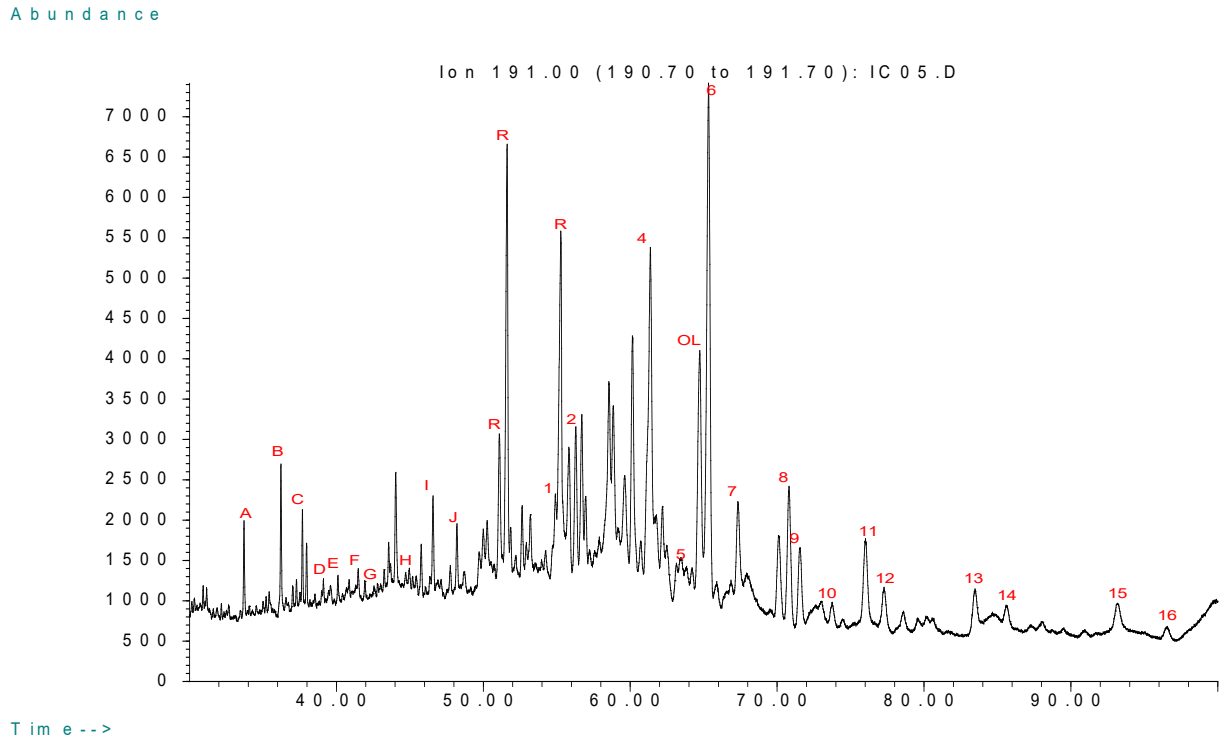
Peak No.	Carbon No.	Identification
A	27	13 β (H),17 α (H)-Diacholestane(20S)
B	27	13 β (H),17 α (H)-Diacholestane(20R)
C	28	24-Methyl-13 β (H),17 α (H)-Diacholestane(20S)
D	28	24-Methyl-13 β (H),17 α (H)-Diacholestane(20R)
E	29	24-Ethyl-13 β (H),17 α (H)-Diacholestane(20S)
F	29	24-Ethyl-13 β (H),17 α (H)-Diacholestane(20R)
a	27	13 α (H),17 β (H)-Diacholestane
b	27	13 α (H),17 β (H)-Diacholestane
c	28	24-Methyl-13 α (H),17 β (H)-Diacholestane
d	28	24-Methyl-13 α (H),17 β (H)-Diacholestane
e	29	24-Ethyl-13 α (H),17 β (H)-Diacholestane
f	29	24-Ethyl-13 α (H),17 β (H)-Diacholestane
1	27	5 α (H),14 α (H),17 α (H)-Cholestane(20S)
2	27	5 β (H),14 α (H),17 α (H)-Cholestane(20R)
3	27	5 α (H),14 β (H),17 β (H)-Cholestane(20R)
4	27	5 α (H),14 β (H),17 β (H)-Cholestane(20S)
5	27	5 α (H),14 α (H),17 α (H)-Cholestane(20R)
6	28	24-Methyl-5 α (H),14 α (H),17 α (H)-Cholestane(20S)
7	28	24-Methyl-5 β (H),14 α (H),17 α (H)-Cholestane(20R)
8	28	24-Methyl-5 α (H),14 β (H),17 β (H)-Cholestane(20R)
9	28	24-Methyl-5 α (H),14 β (H),17 β (H)-Cholestane(20S)
10	28	24-Methyl-5 α (H),14 α (H),17 α (H)-Cholestane(20R)
11	29	24-Ethyl-5 α (H),14 α (H),17 α (H)-Cholestane(20S)
12	29	24-Ethyl-5 β (H),14 α (H),17 α (H)-Cholestane(20R)
13	29	24-Ethyl-5 α (H),14 β (H),17 β (H)-Cholestane(20R)
14	29	24-Ethyl-5 α (H),14 β (H),17 β (H)-Cholestane(20S)
15	29	24-Ethyl-5 α (H),14 α (H),17 α (H)-Cholestane(20R)
R	30	Cyclic Alkane
*	30	C ₃₀ -Methylated Sterane
*	30	C ₃₀ -Rearranged Methylated Sterane
0	30	C ₃₀ -Sterane

Tabel 3
Sterane data (M/Z217)

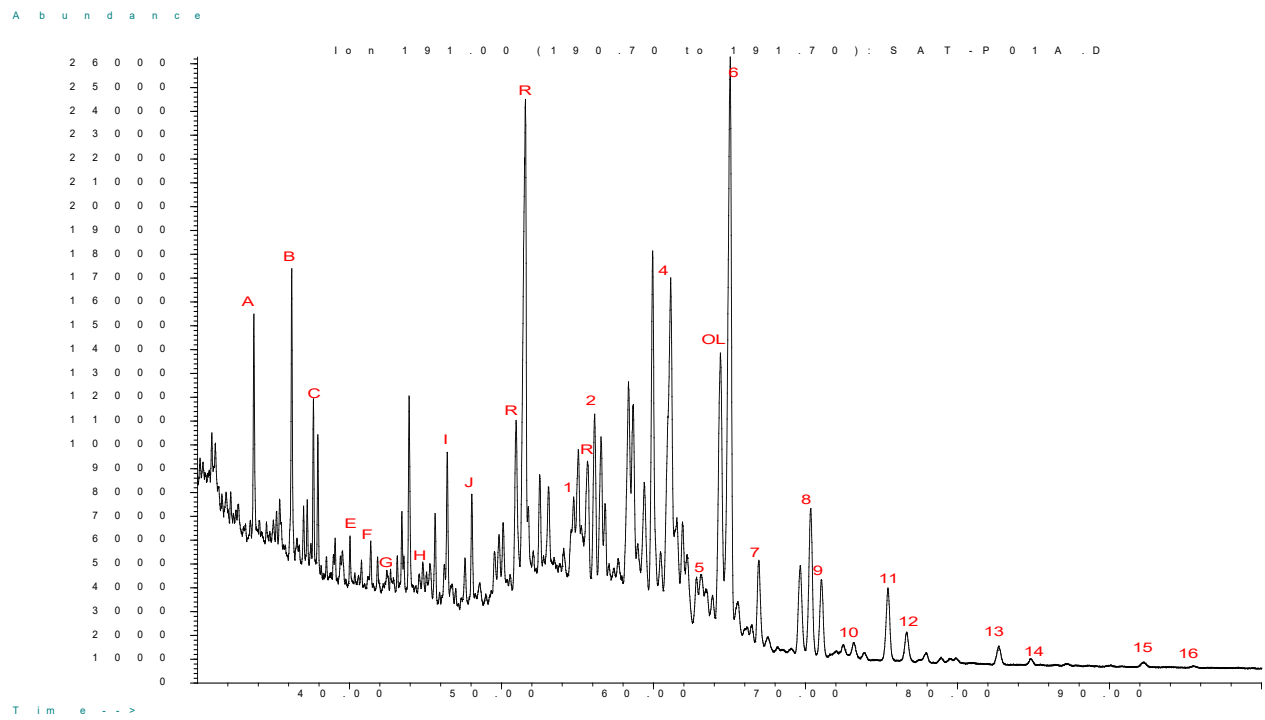
Type of Parameter	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	a	a,c
P 01B	9.05	18.64	52.96	17.61	29.44	1.80	0.00	0.00	0.76	0.23	0.51	0.00	0.05
P 01A	8.75	24.77	64.73	11.76	23.52	2.75	0.00	0.00	0.75	0.27	0.86	0.00	0.10
IC01A	5.99	7.54	46.51	5.52	47.97	0.97	0.00	0.00	0.45	0.73	1.24	0.00	0.10
IC04	5.93	8.50	45.07	8.88	46.05	0.98	0.00	0.00	0.39	0.45	2.05	0.00	0.08
IC05	6.77	9.27	43.70	11.43	44.86	0.97	0.00	0.00	0.51	0.45	1.52	0.00	0.07
IC34	8.19	8.10	46.67	3.33	50.00	0.93	0.00	0.00	0.51	0.75	-	0.00	0.00



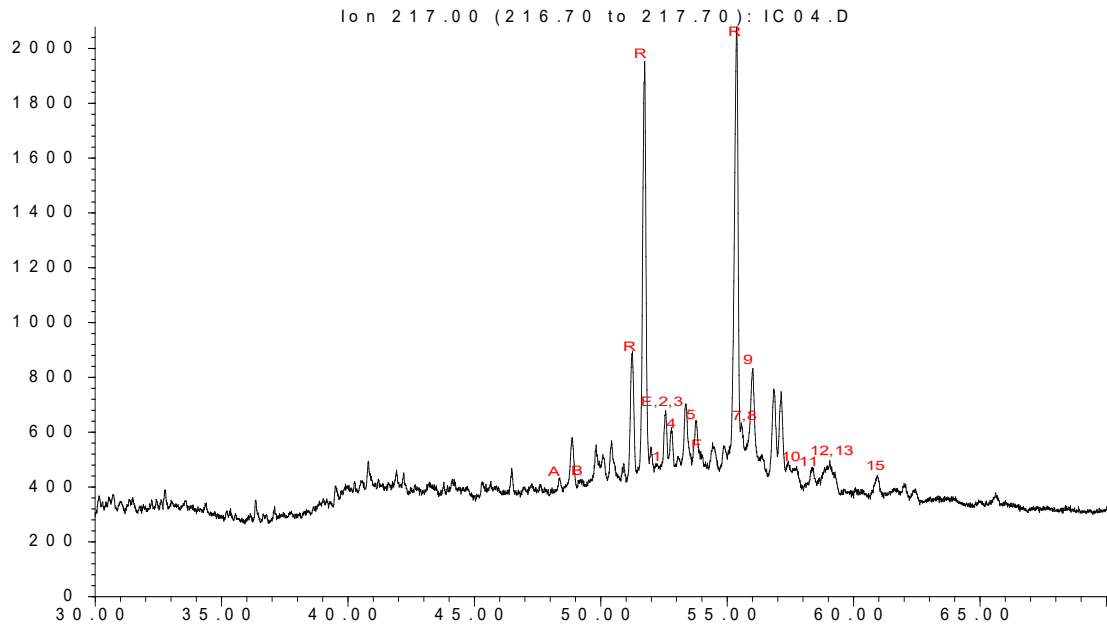
Karakteristik geokimia organik pada Formasi Cibulakan di daerah Cirebon, Jawa Barat (Praptisih)



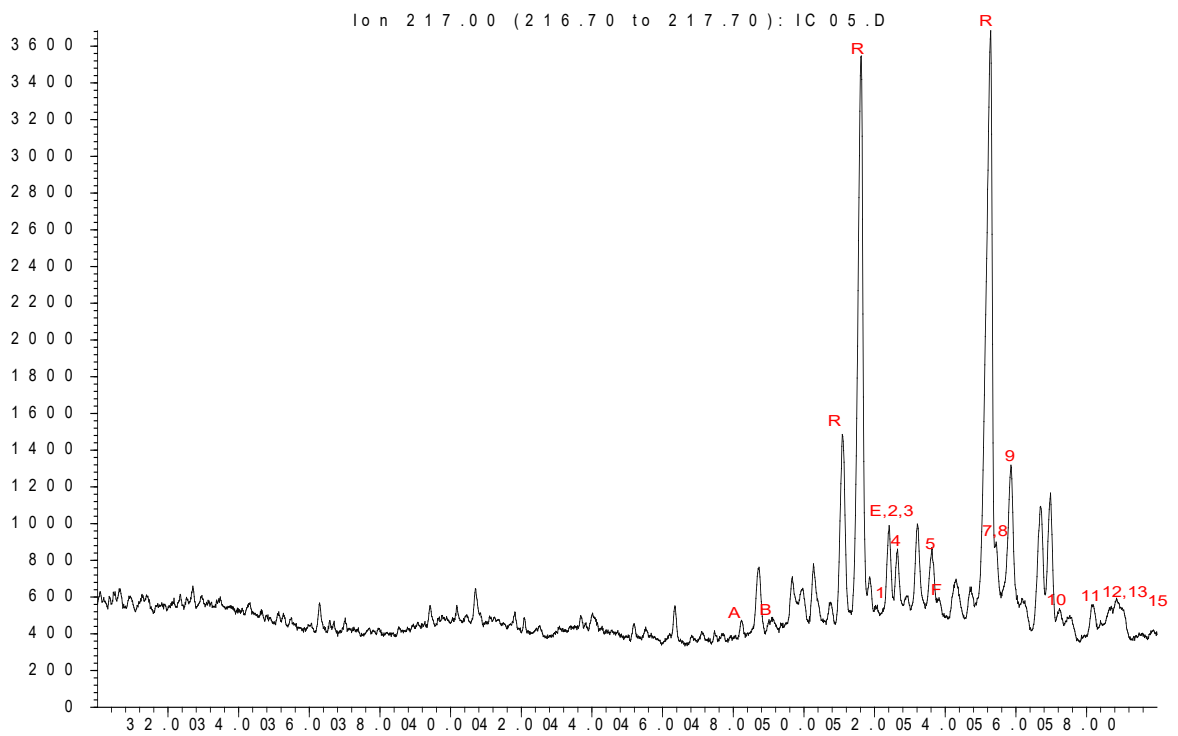
Gambar 4
GC-MS fragmentograms saturate fraction (m/z 191)



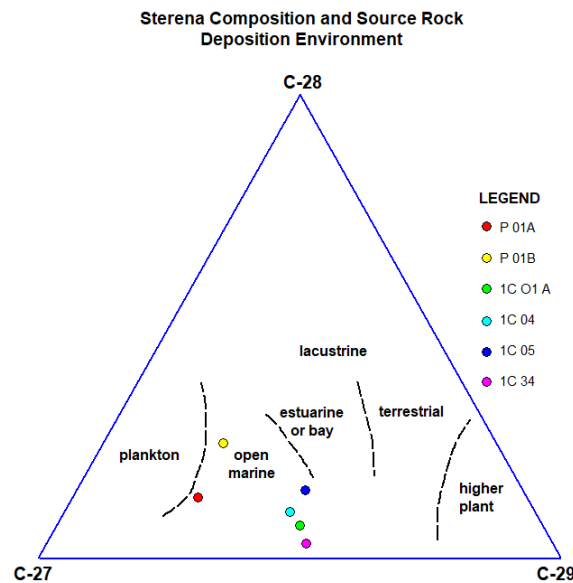
Abundance



Abundance



Gambar 5
GC-MS fragmentograms saturate fraction (m/z 217)



Gambar 6
Diagram segitiga sterana C₂₇, C₂₈ dan C₂₉ di daerah Cirebon (Sumber: Huang and Meinschein's 1979).

KESIMPULAN DAN SARAN

Rembesan minyak P01A telah mengalami biodegradasi, sedangkan P01B, kemungkinan merupakan hidrokarbon alami (indigenous) yang berasal dari bahan organik yang melekat pada sedimen di daerah tersebut. Berdasarkan distribusi biomarker, ditafsirkan bahwa rembesan minyak dan ekstrak batuan berasal dari fasies batuan sumber yang mengandung ganggang non-marin (Kerogen Tipe II) dengan kontribusi beberapa material organik tanaman darat (Kerogen Tipe III). Dari diagram Pristana/n17 vs Fitana/n18 contoh ekstrak batuan berada dalam kategori *Mixed Organic Source* (campuran kerogen II-III). Fragmentogram massa m/z 191 menunjukkan fasies sumbernya berasal dari tanaman material darat. Lingkungan pengendapan asal material organik Formasi Cibulakan di daerah Cirebon berdasarkan plot diagram segitiga (Huang dan Meinchen, 1979) menunjukkan rembesan minyak dan ekstrak batuan pada *open marine*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk menerbitkan tulisan ini. Terimakasih juga pada pimpinan proyek Program dan Pengembangan IPTEK Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Tahun Anggaran 2013 atas

kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melakukan penelitian. Kepada rekan-rekan peneliti penulis ucapkan terimakasih atas diskusinya.

DAFTAR ISTILAH / SINGKATAN

Singkatan	Definisi	Satuan
BRIN	Badan Riset dan Inovasi Nasional	
ORKM	Organisasi Kebumihan dan Maritim	
GC	Gas Chromatography	
GCMS	Gas Chromatography and Mass Spectrometry	
FID	Flame Ionisation Detector	
OL	Oleanana	

KEPUSTAKAAN

- Cox, H.C., Leeuw, J.W., Schenk, P.A. et al., 1986. Bicadinane, a C30 pentacyclic isoprenoid hydrocarbon found in crude oil. *Nature*, 316-319.
- Abubekir Duman and Ayse Bozcu, 2019, Source rock potential of the Sayindere formation in Sambayat oil field, SE Turkey, *Petroleum Science and Technology*, 37:2, 171-180. <https://doi.org/10.1980//10916466>

.2018.1533856

Edi Sutriyono, Endang Wiwik Dyah Hastuti, Budhi Kuswan Susilo, 2016, Geochemical assessment of Late Paleogen Synrift source rock in the South Sumatra Basin. *International Geomate*, July 2016, vol 11, Issue 23 pp, 2208-2215.

Jacobson, S.R., 1991, Petroleum Source Rocks and Organic Facies, In : *Source and migration processes and evaluation techniques*, Merrill, R.K., AAPG, Oklahoma. P.3-11.

Mardianza, A. dan Dianita, C., 2018, Korelasi geokimia antara batuan induk dan rembesan minyak dan gas di zona Kendeng bagian Barat, Jawa Tengah. Lembaran Publikasi minyak dan gas bumi. Vol. 52 no. 2, Agustus 2018, hal 67-77.

M. Syaifudin, 2016, Organic geochemical characteristic of crude oils from orange Graben, South Sumatra Basin. *Journal of Geoscience Engeneering, Environment, and Technology* vol 1, No. 1, 2016. 27-34.

Mohialdeen I.M.J, Hakimi M.H., Al Beyati F.M., 2013, Biomarker characteristics of certain crude oils and the oil-source rock correlation for the Kurdistan oil fields, Northern Iraq. *Arabian Journal of Geosciences*. DOI.10.1007/s1251-7-013-1228-3.

Mosab Mohammedor, Hukmu Orhan, 2017, Organic geochemical characteristics and source rock potential of upper Pliocene shales in the Akcalar Lignite Basin, Turkiye. *Oil shale*, 2017, vol34, No. 4, pp. 295-311. doi: <https://doi.org/10.3176/oil.217.4.01>

Panggabean H., 2011. Suatu konsep “Road Map” eksplorasi huluminyak dan gas bumi (Migas). *Pemaparan Workshop, Road Map Eksplorasi Migas*. Jakarta : Kementrian ESDM.

Peters, K.E. and Moldowan, J.M., 1993. *The Biomarker Guide. Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments*.

Prentice Hall, New Jersey, 363.

Praptisih, Kamtono dan Prahara I., 2013, Potensi dan karakteristik batuan sumber hidrokarbon dari sampel permukaan di daerah Karawang, Jawa Barat. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 23 (2), 113-123. Puslit Geoteknologi LIPI.

Praptisih dan Kamtono, 2014. Karakteristik Batuan Induk Hidrokarbon Formasi Cibulakan Di Daerah Palimanan, Cirebon, Jawa Barat. *Buletin Sumberdaya Geologi dan Mineral*, Vol.9 No.1, 27-40.

Praptisih, 2016, Karakteristik Batuan Induk Hidrokarbon dan hubungannya dengan rembesan minyak di lapangan Cipluk, Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa Tengah. *Buletin Sumberdaya Geologi dan Mineral*, Volume 11 No. 2, A6 thgustus 2016, halaman 133-143.

Praptisih dan Kamtono, 2016, Potensi batuan induk hidrokarbon pada Formasi Cinambo di daerah Majalengka, Jawa Barat. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*. Volume 17 Nomor 1, Februari 2016. Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, halaman 1-11.

Praptisih, 2017, Biomarker characteristics of source rock and oil seepage correlation in Central Java. *Global Colloquium on Geosciences and Enginerig 2017*. Bandung Indonesia 18-19 October 2017. IOP Confence Series. Earth and Environmental Science. Vol 118. Page 60-67.

Praptisih, 2018, *Karakteristik batuan induk hidrokarbon di Cekungan Bogor, Jawa Barat*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian Geoteknologi, LIPI Press, 2018, xvi dan 97 hal.

Praptisih, 2021, Sendjaja, Y.A., Isnaniawardhani, dan V., Mursito, A.,T., Karakteristik potensi batuan sumber hidrokarbon dari conto permukaan di daerah Pematang, Jawa Tengah. *Lembaran Publikasi minyak dan gas bumi*. Vol. 55 no. 1, April 2021, hal 1-10.

- Pringgoprawiro, H., Suwito S., & Roskamil, P.**, 1977. The Kromong carbonate rocks and their relationship with the Cibulakan and Parigi Formation. *Paper presented at the 6th Ann. Indonesian Petroleum Association, Jakarta.*
- Satyana, A. H & Armandita C.**, 2004. Deep-water plays of Java, Indonesia: regional evaluation on opportunities and risks. *Proc. Deepwater and Frontier Exploration in Asia , Australasia Symposium, Indonesia Petroleum Association*, pp 293-320.
- Syahputra, G.A., Utomo, W., dan Rahman, A.**, Potensi batuan induk Formasi Salodik Pulau Peleng bagian Barat , Cekungan Banggai. Lembaran Publikasi minyak dan gas bumi. Vol. 53 no. 2, Agustus 2019, hal 67-77.
- Sutadiwiria, Y., Ahmad Helman Hamdani, Yoga Adriana Sendjaya, Iyan Haryanto dan Yeftamikha**, 2018, Biomarker composition of some oil seeps from West Sulawesi, Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience*, volume 5 Number 3, December 2018, page 211-220.
- Winardi S., Toha. B, and Amijaya D.H.**, 2013. The potential of Eocene shale of Nanggulan Formation as a hydrocarbon source rock. *Indonesian Journal Geology*, vol 8 Number 1, 13-23.
- W.Y. Huang, W.G.. Meinschein**, 1979, Sterols as ecological indicators, *Journal Geochemica at Cosmochemica Acta* 43. Pergamon Press.739-745.
- Zhong-Ying Miao and Qing-Xia Xu**, 2017, Organic geochemistry and hydrocarbon potential of source rocks from the Mohe Formation of the Upper Jurassic in the Mohe Basin, Northeast China. *Geosciences Journal* Vol. 21, No. 3, p. 417-430, June 2017.