

KARAKTERISTIK FORMASI SEBLAT DI DAERAH BENGKULU SELATAN

Rachmat Heryanto *)

SARI

Formasi Seblat merupakan batuan sedimen Tersier tertua di Cengkungan Bengkulu, yang tersusun oleh batuan sedimen yang terendapkan dalam kondisi susut laut (regresi). Bagian bawah diendapkan di lingkungan paparan laut terbuka - lereng muka dan bagian atas di terumbu muka - paparan laguna. Batupasir Formasi Seblat terdiri atas arkose, litharkose, felspatik litarenit, dan litarenit. Kerangka butiran tersusun oleh butiran kuarsa, feldspar, dan fragmen batuan. Matriks/semen terdiri atas lempung dan lempung gampingan. Mineral tambahannya adalah muskovit, epidot, dan glaukonit. Klastika penyusun batupasir kemungkinan berasal dari busur magmatik dan orogenesis terdaur ulang yang termasuk Lajur Pratersier Gumai Garba.

Proses diagenesis yang teramati dalam batupasir Formasi seblat adalah kompaksi, pembentukan mineral autigenik dan porositas sekunder. Tingkatan diagenesinya termasuk ke dalam mesogenetik matang A, yang ekuivalen dengan mudrock tingkat II, dengan temperatur purba 80° sampai dengan 95°C dan kedalaman timbunan 2 sampai 3 km. Batulumpur dalam Formasi Seblat menunjukkan indikasi sebagai batuan sumber minyak. Semantara itu batupasir dan batugamping baik untuk batuan waduk.

Kata Kunci : Formasi Seblat, diagenesis, kompaksi, mineral autigenik, mesogenetik

ABSTRACT

The Seblat Formation is an oldest Tertiary sedimentary rock in Bengkulu Basin, which was made up of a clastic sedimentary rocks and were deposited in regretion condition. The lower part was deposited in an open sea shelf - fore slope and the upper part in a fore reef - lagoon shelf environment. The sandstones of formation consist of arkose, litharkose, felspathic litarenite, and litarenite. The framework of grains comprises quartz, feldspar, and rock fragments. Matrix/cement consists of clay and calcareous clay. Accessories mineral are muscovite, epidote, and glouconite. Clasts which formed the sandstone were probably derived from a magmatic arc and recycled orogen of the Pre-Tertiary Gumai-Garba Zone.

Diagenetic processes recognized are compaction and the formation of authigenic minerals and secondary porosities. Their diagenetic stage were included in the mesogenetic mature A, which equivalent to mudrock stage II, with the paleo temperature 80° to 95°C , and the burial thickness of 2 to 3 km. The mudstone within the Seblat Formation indicates an oil source rock, whereas the sandstone and limestone are good for a reservoir rock.

Keywords : Seblat Formation, diagenesis, compaction, authigenic mineral, mesogenetic

PENDAHULUAN

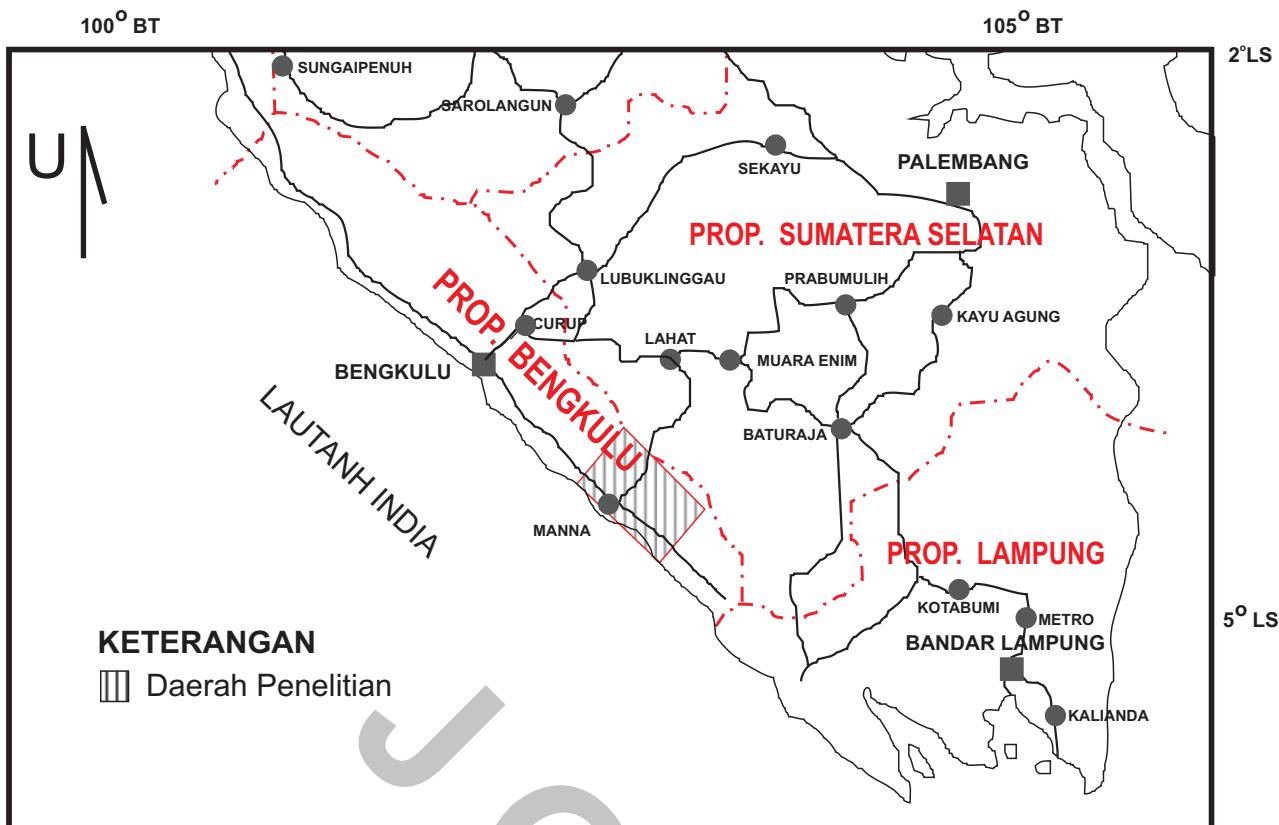
Cekungan Bengkulu merupakan salah satu Cekungan Busur Muka di sebelah barat Pulau Sumatera. Ke arah timur laut cekungan ini dibatasi Pegunungan Bukit Barisan. Secara kewilayahan otonomi daerah penelitian termasuk ke dalam Kabupaten Bengkulu Selatan dengan ibu kotanya Manna, Propinsi Bengkulu (Gambar 1). Fokus penelitian dilakukan di hulu Sungai Kedurang dan di jalan ke arah Tanjungsakti (Gambar 2).

Formasi Seblat diperikan oleh Kusnama dr. (1992) dalam Peta Geologi Lembar Sungaipenuh dan Ketaun berskala 1:250.000, dengan lokasi tipe di hulu

Sungai Seblat. Penelitian lapangan dilakukan dalam bulan Mei-Juli, tahun 2005. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui lebih rinci karakteristik, komposisi batuan sedimen, proses pengendapan, umur batuan, dan batuan sumber klastika penyusun batuan sedimen, serta perubahan klastika penyusun dan semen selama pengendapan sampai dengan pembatuan (diagenesis) batupasir Formasi Seblat di daerah Bengkulu Selatan.

Metode penelitian lapangan adalah pengamatan susunan dan pengukuran stratigrafi rinci serta pengambilan percontoh batuan. Metode lapangan ini juga didukung oleh metode analisis laboratorium terhadap percontoh batuan terpilih. Analisis laboratorium terdiri atas petrografi dengan memper-

*) Pusat Survei Geologi



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian di Propinsi Bengkulu, Sumatera.

gunakan mikroskop polarisasi untuk batuan sedimen, mikroskop refleksi dengan dan tanpa sinar fluoresen untuk material organik, dan *scanning electron microscope* (SEM). Selain itu juga dilakukan analisis paleontologi yang terdiri atas palinologi dan nanofosil untuk mengetahui umur dan lingkungan pengendapan batuan di dalam Formasi Seblat.

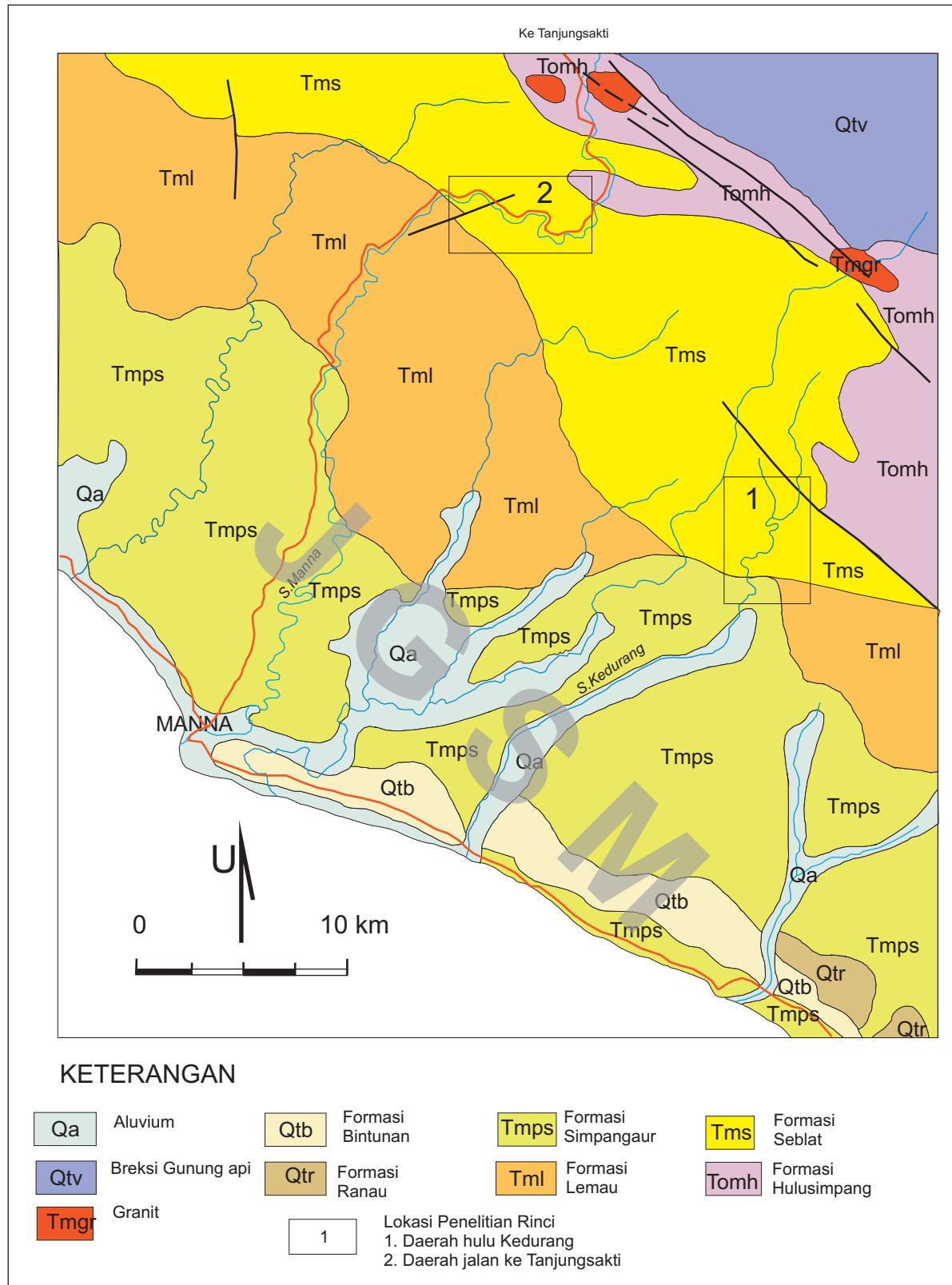
GEOLOGI REGIONAL

Satuan batuan yang menempati daerah Bengkulu terdiri atas Lajur Barisan dan Lajur Bengkulu. Lajur Barisan dibentuk oleh Formasi Hulusimpang, batuan terobosan dalam, Formasi Bal, Formasi Ranau, dan batuan gunung api. Satuan batuan yang termasuk Lajur Bengkulu merupakan batuan pendukung Cekungan Bengkulu yang meliputi Formasi Seblat, Lemau, Simpangaur, Bintunan, dan satuan batuan gunung api Kuarter. Kolom stratigrafi Cekungan Bengkulu terlihat dalam Gambar 3.

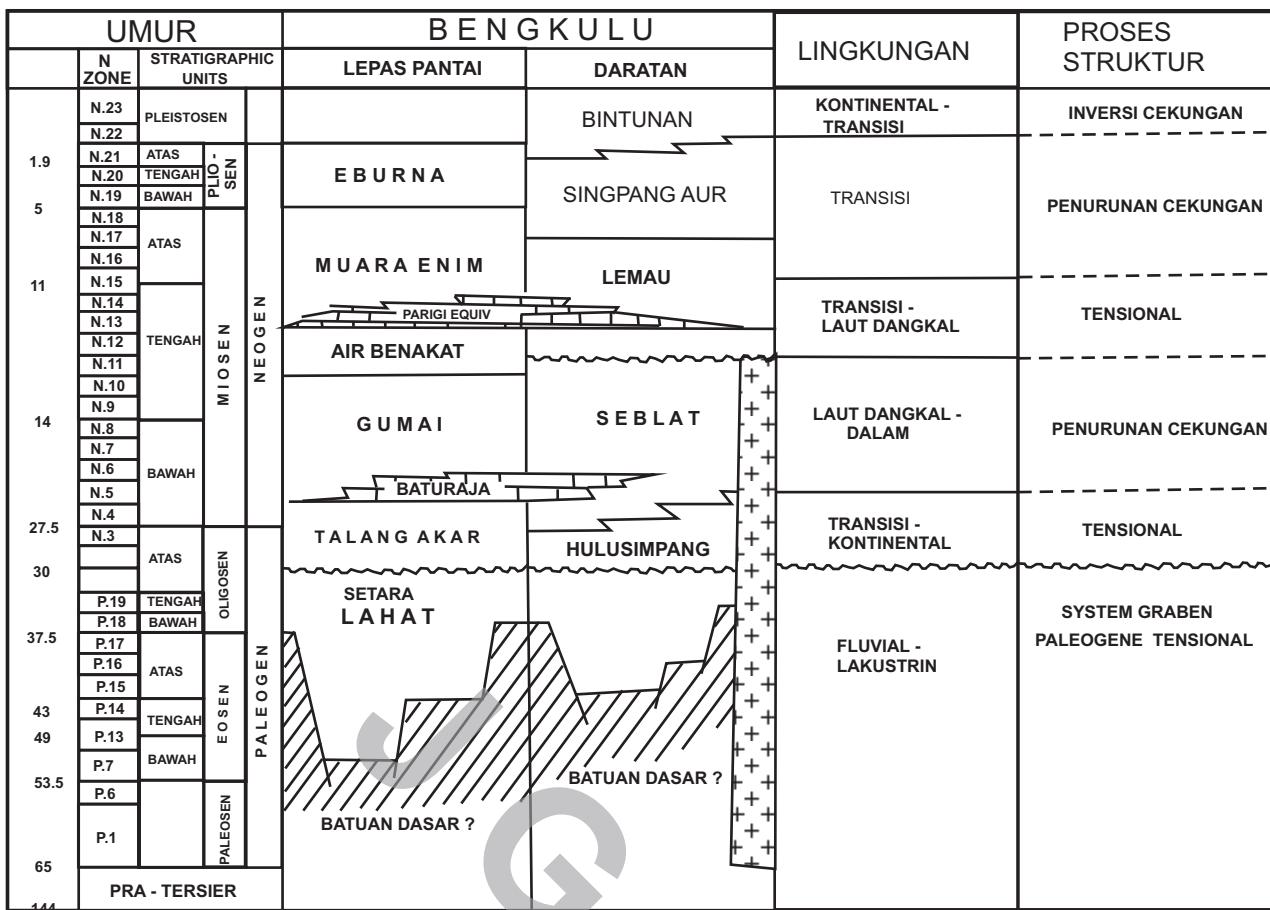
Sebaran satuan batuan di daerah penelitian tersaji dalam Gambar 2. Batuan tertua yang tersingkap di daerah ini adalah Formasi Hulusimpang yang tersusun oleh lava, breksi gunung api, dan tuf dengan

mineralisasi sulfida dan urat-urat kuarsa. Bagian atas formasi ini menjemari dengan bagian bawah Formasi Seblat yang terdiri atas perselingan batulempung, batulempung gampingan, batulanau dengan sisipan batupasir dan konglomerat. Formasi ini berumur Miosen Bawah sampai Miosen Tengah (Yulihanto drr., 1995). Batuan terobosan dalam yang berumur Miosen Tengah dan bersusunan granit hingga diorit, menerobos Formasi Hulusimpang dan Formasi Seblat (Gafoer drr., 1992; dan Amin drr., 1994).

Secara tak selaras Formasi Seblat ditindih oleh Formasi Lemau (batulempung, batulempung gampingan, batubara, batupasir dan konglomerat), berumur Miosen Tengah-Akhir dan terendapkan di daerah transisi sampai laut dangkal (Yulihanto drr., 1995). Kemudian formasi ini tertindih secara tak selaras oleh Formasi Simpangaur (batupasir konglomeratan, batupasir, batulumpur mengandung cangkang moluska dan batupasir tufan), berumur Miosen Akhir - Pliosen, dan terendapkan di daerah transisi. Formasi Bintunan (batuan tufan, konglomerat polimik, tuf, dan batulempung tufan dengan sisipan lignit dan sisa tumbuhan) berumur Plio-



Gambar 2. Peta geologi daerah Bengkulu Selatan modifikasi dari Amin drr. (1994)



Gambar 3. Korelasi stratigrafi daerah lepas pantai dan darat di Cekungan Bengkulu (modifikasi dari Yulihanto drr., 1995)

Plistosen, diendapkan di lingkungan air tawar sampai payau dan setempat laut dangkal, menindih tak selaras Formasi Simpangaur (Gafoer drr., 1992), sedangkan menurut Yulihanto drr. (1995; Gambar 3) bagian bawah Formasi Bintunan menjemari dengan bagian atas Formasi Simpangaur. Formasi Bintunan setara dengan Formasi Ranau yang tersingkap di Lembar Manna (Amin drr., 1994), terdiri atas breksi gunung api berbatuapung dan tuf riolit-andesit. Breksi gunung api tampak berwarna kekuningan, lunak, tidak berlapis, berkomponen kepingan batuapung dan lava andesit-basal di dalam matriks tuf pasiran (Amin drr., 1994). Kemudian satuan batuan yang termuda adalah aluvium yang terdiri atas bongkah, kerakal, pasir, lanau, lumpur dan lempung.

LITOLOGI

Penelitian terhadap batuan sedimen Formasi Seblat di daerah Bengkulu Selatan dilakukan di sepanjang jalan dari Manna ke Tanjungsakti dan di hulu Sungai

Kedurang (Gambar 2). Komposit penampang stratigrafinya tersaji dalam Gambar 4 dan 5. Bagian bawah Formasi Seblat didominasi oleh batulempung dan batulumpur berwarna kelabu sampai kehitaman berlapis tebal sampai pejal, setempat dijumpai beberapa serpihan bahan organik (Foto1). Selain itu dijumpai pula sisipan batupasir berbutir halus sampai sampai sedang dengan ketebalan perlapisan berkisar antara 5 sampai 50 cm (Foto 2). Nodul batulumpur gampingan dijumpai di dalam batulempung dengan diameter 5 sampai 30 cm. Setempat sisipan batupasir mencapai ketebalan hingga 10 m. Batupasir berbutir kasar sampai konglomerat, berlapis baik dengan ketebalan 25 sampai 150 cm, komponen sebagian besar terdiri atas fragmen batuan (andesit dan sedikit batuan sedimen), diameter komponen berkisar 0,2 sampai 5 cm, bentuk butir membulat tanggung sampai menyudut tanggung, terpilah buruk dengan massa dasar batupasir halus tufan (Foto 3).

Bagian atas Formasi Seblat di lintasan jalan ke Tanjungsakti (Gambar 4) terdiri atas perselingan batulempung tufan dengan batupasir tufan, dengan ketebalan 25-150 cm. Setempat dijumpai batulempung dan batupasir dengan ketebalan 500 cm. Batulempung tufan berwarna putih kecoklatan, dengan struktur sedimen laminasi sejajar. Batulempung warna kelabu kehijauan - kehitaman, setempat menyerpih dan gampingan. Batupasir tufan berbutir halus-sedang, berwarna kelabu (segar) kuning kecoklatan (lapuk). Batupasir berbutir sedang-kasar hingga konglomeratan, berwarna kelabu, komponen terdiri atas kuarsa, felspar dan kepingan batuan, membulat tanggung-menyudut



Foto 1. Singkapan Formasi Seblat terdiri atas batulempung warna kelabu kehijauan - kehitaman, kompak, berlapis tebal hingga masif, mengandung sisipan batupasir halus dengan ketebalan 5 - 10 cm. Tersingkap di muara Sungai Seredangan, jalan ke Tanjungsakti.



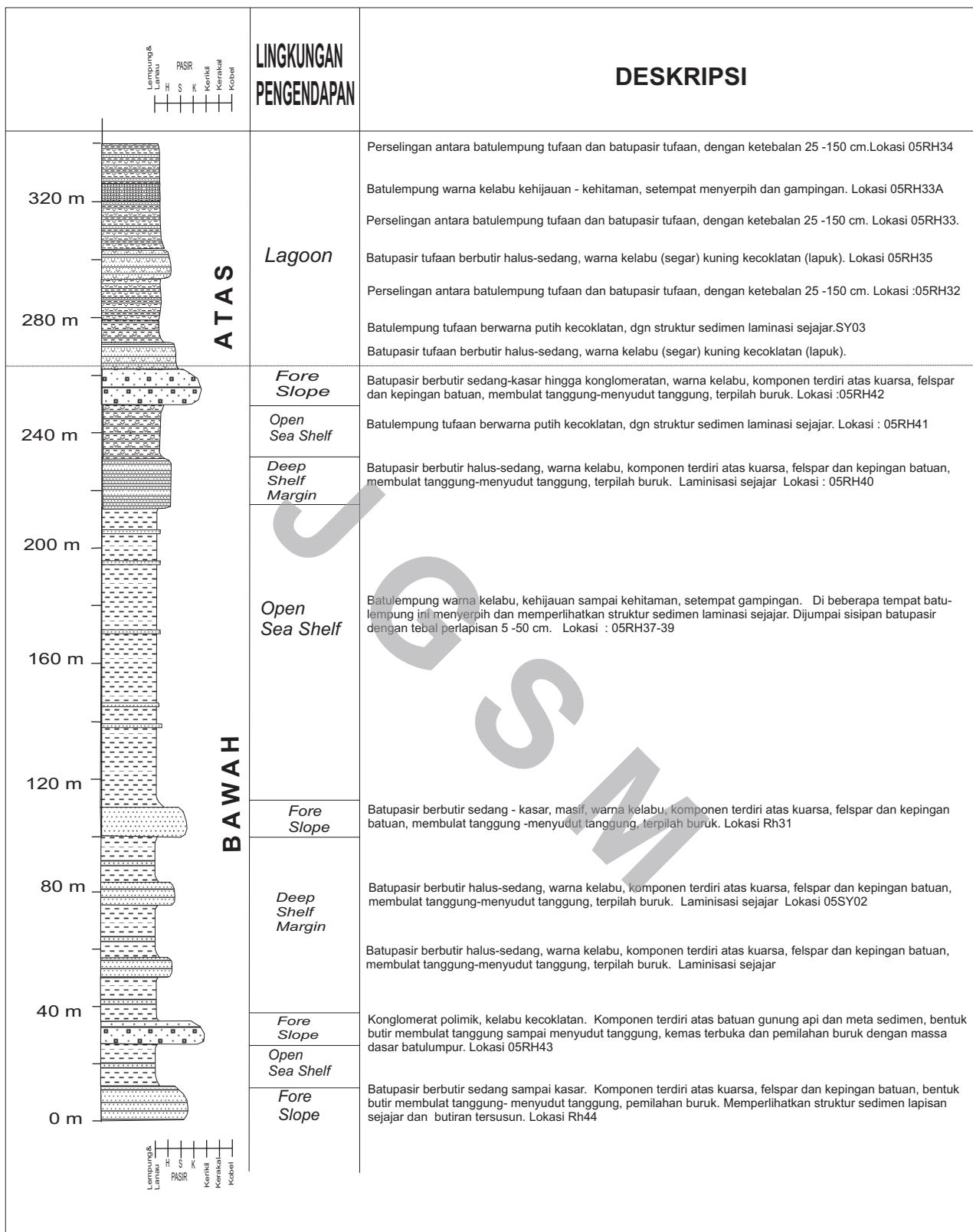
Foto 2. Singkapan batupasir Formasi Seblat, berbutir halus-sedang, memperlihatkan struktur sedimen lapisan sejajar merupakan sisipan dalam batulumpur berlapis baik (kemiringan 80°). Tersingkap di anak sungai Cawangpasang, hulu Sungai Kedurang.

tanggung, terpisah buruk. Hulu Sungai Kedurang pada bagian atas formasi ini dimulai oleh runtunan batugamping klastika. Runtunan ini dimulai dari batugamping berbutir lempung yang diikuti oleh perselingan antara batugamping berbutir lempung dengan berbutir pasir halus-kasar. Kemudian ditindih oleh batupasir berbutir sedang sampai kasar, warna kelabu, berlapis tebal sampai masif (30 - 150 cm) yang dikuti oleh perselingan batulumpur gampingan dengan batupasir halus-kasar gampingan, dengan ketebalan 10 - 30 cm. Terakhir ditutupi oleh perselingan antara betulempung, batulempung tufaan dan batupasir tufaan, berketinggi 5 - 25 cm (Gambar 5).

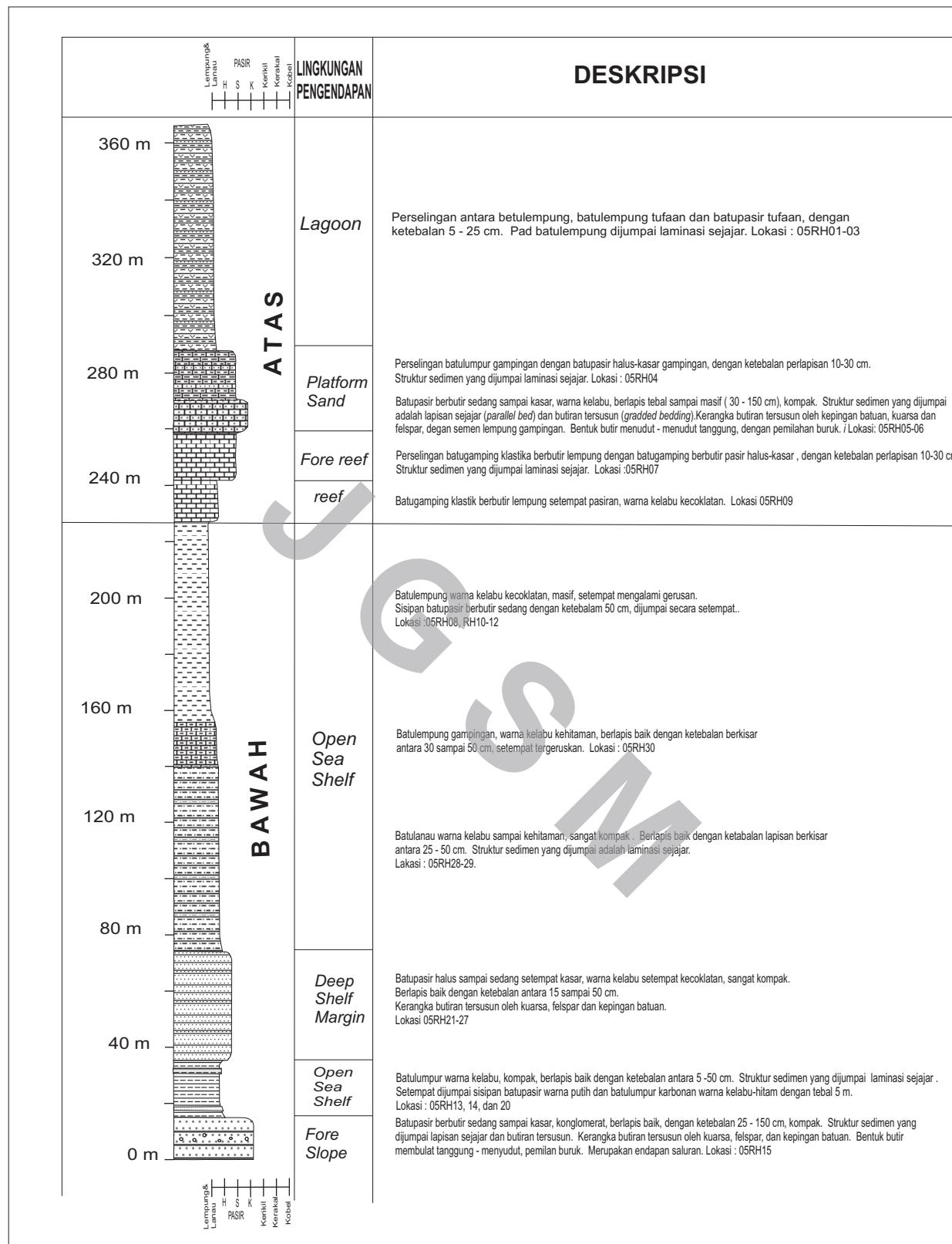
Pada bagian bawah formasi, dijumpai sisipan batupasir berlapis dengan struktur lapisan sejajar dan butiran tersusun (Foto 3) yang menunjukkan adanya arus turbidit. Dijumpainya sisipan konglomerat dengan pemilahan yang buruk menunjukkan adanya pengaruh longsoran (*gravity flow*). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa bagian bawah Formasi Seblat diendapkan pada daerah laut dangkal dengan kemiringan yang tajam (*deep shelf margin - fore slope*). Adanya struktur sedimen laminasi sejajar menunjukkan pengendapan pada daerah air tenang atau paparan laut terbuka (*open sea shelf*). Dengan demikian bagian bawah formasi ini diendapkan di lingkungan paparan laut terbuka (*open sea shelf*) sampai dengan lereng muka (*fore slope*).



Foto 3. Singkapan batupasir kasar-sangat kasar berlapis (kemiringan 75°), termasuk ke dalam Formasi Seblat, tersingkap di Sungai Cawangpasang.



Gambar 4. Komposit penampang stratigrafi Formasi Seblat di jalan raya ke Tanjungsakti.



Gambar 5. Komposit penempang stratigrafi Formasi Seblat di hulu S.Kedurang.

Contoh batugamping berbutir lempung dan pasir yang terdapat pada bagian atas Formasi Seblat di hulu Sungai Kedurang (Gambar 5) mengandung foraminifera besar yang terdiri atas: *Amphistegina* sp., *Lepidocyclina (Nephrolepidina) sumatreensis* (Brady), *Lepidocyclina (Nephrolepidina) verrucosa* (Brady), *Miogypsina (Lepidosemicyclina) thecideaformis* Rutten, *Miogypsina* sp., *Cycloclypeus* sp., dan *Carpenteria* sp. Himpunan spesies foram ini menunjukkan umur Miosen Awal - awal Miosen Tengah (Te_5 - Tf_1 , Adams, 1970, 1984). Mungkin sekali Tf_1 (bagian akhir Miosen Awal - awal Miosen Tengah). Lingkungan pengendapan dari semua spesies tersebut di atas adalah laut dangkal (*shallow inner sublittoral*) dengan energi tinggi (*high energy*). Maka dengan demikian dapat disimpulkan bahwa batugamping ini diendapkan di dalam lingkungan terumbu muka (*fore reef*), dengan energi yang berasal dari gelombang normal dan *storm wave*.

Pengendapan batugamping berkembang dengan baik hanya pada lintasan di hulu Sungai Kedurang (Gambar 5), sedangkan di lintasan jalan ke Tanjungsakti, susunan batuan bagian atas Formasi Seblat hanya berkembang di paparan laguna (*shelf lagoon*), dimana batulempung gampingan dan tufan terendapkan (Gambar 4). Sementara itu pada lintasan hulu Sungai Kedurang setelah diendapkan batugamping kemudian diikuti oleh lapisan batupasir gampingan yang diendapkan pada *edge platform sands*. Terakhir terendapkan batulempung gampingan dan tufan dengan sisipan batupasir tufan pada *shelf lagoon* (Gambar 5).

Dari hasil analisis nanofosil pada percontoh batuan dari bagian atas Formasi Seblat dijumpai spesies : *Sphenolithus heteromorphus*, *S. belemnos*, *S. Moriformis*, *Helicosphaera carteri*, *Discoaster deflandrei*, *D. drugii*, *Cocco lithus miopelagicus*, *Cyclicargolithus floridanus*, dan *Calcidiscus macintyre i*. Kumpulan spesies tersebut di atas menunjukkan umur Miosen Awal pada zone NN 3 (Martini, 1971) dengan lingkungan pengendapan laut dangkal (*shallow marine*).

Semua data tersebut di atas menunjukkan bahwa Formasi Seblat terendapkan dalam kondisi susut laut (regresi), yang bagian bawahnya diendapkan di laut yang relatif lebih dalam (*open sea shelf - fore slope*) dan kemudian urutan bagian atas berubah menjadi laut yang relatif lebih dangkal (*reef - shelf lagoon*).

PETROGRAFI BATUAN SEDIMENT KLASTIKA

Analisis petrografi sedimen klastika Formasi Seblat di daerah Bengkulu Selatan tersaji dalam Tabel 1. Klasifikasi batuan sedimen klastika yang dipergunakan dalam penelitian ini mengacu pada diagram segi tiga Folk (1980). Klasifikasi ini berdasarkan proporsi detritus kuarsa (Q) yang termasuk ke dalamnya semua jenis kuarsa, felspar (F), dan kepingan batuan (R), termasuk segala jenis batuan seperti rijang, batugamping, batupasir, batulempung, batusabak, sekis dan detritus batuan volkanik. Dalam penelitian ini, hasil analisis petrografi tersebut juga dihitung kembali dengan menggunakan parameter yang dibuat oleh Ingersol dan Suczek (1979) dan Dickinson drr. (1983), yaitu QFL, QmFLt, QpLvmLsm dan LmLvLs (Gambar 7).

Batupasir yang dijumpai di lapangan hanya berupa sisipan, selain itu pada umumnya telah lapuk sehingga untuk mendapatkan percontoh batuan yang segar agak sulit. Dari sekian banyak percontoh batuan yang diambil di lapangan hanya sembilan percontoh yang dapat di sayat, terdiri enam batupasir dan tiga batulanau (Tabel 1). Data ini paling tidak, dapat memberikan ulasan mengenai kerangka butiran, diagenesis, dan batuan sumber dari klastika penyusun batupasir.

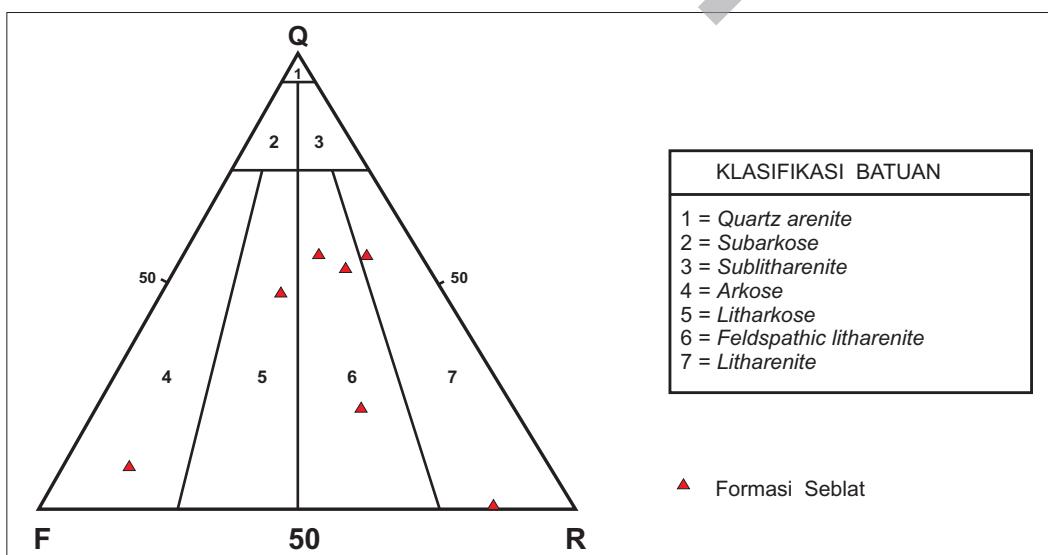
Kerangka Butiran dan Matriks

Secara petrografi batupasir Formasi Seblat di Bengkulu Selatan tersusun oleh 70% - 90% kerangka butiran dengan besar butir maksimum 3,5 mm dan besar butir rata-rata berkisar antara 0,3 mm dan 0,5 mm. Butiran terebut terpisah buruk dengan kemas tertutup hubungan butir kontak titik, dan bentuk butir membulat tanggung sampai menyudut tanggung. Batupasir Formasi Seblat di daerah Bengkulu Selatan menunjukkan jenis arkose, litharkose, felspatik litarenit, dan litarenit menurut klasifikasi Folk (1980) (Gambar 6).

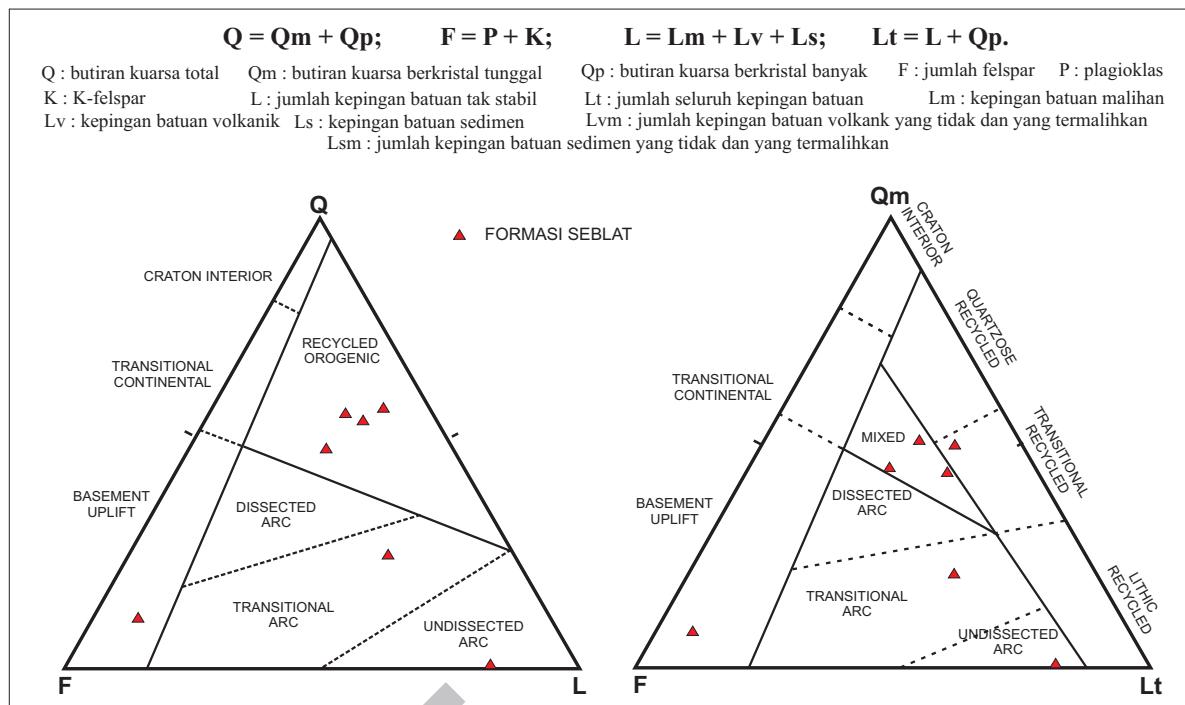
Kuarsa merupakan kerangka butiran paling dominan dalam batupasir Formasi Seblat, sebagian besar berupa kuarsa tunggal (0,67% - 37,3%) dengan persentase rata-rata 28,6%, sedangkan kuarsa jamak hanya sebagian kecil (0% - 3,6%) dengan persentase rata-rata 2,12% (Tabel 1). Kuarsa tunggal sebagian besar merupakan komponen segar dengan pemadaman yang tegas dan sebagian kecil memperlihatkan pemadaman bergelombang. Pada

Tabel 1. Pemerian hasil petrografi batupasir Formasi Seblat di Bengkulu Selatan

No Percontoh Perian	05RH 04	05RH 06A	05RH 13B	05RH 15	05RH 22	05RH 40	05RH 42	05RH 43	05RH 44	Rata rata
Pemilahan	baik	buruk	baik	buruk	buruk	buruk	buruk	buruk	buruk	
Kemas	terbuka	tertutup	tertutup	tertutup	terbuka	terbuka	tertutup	terbuka	terbuka	
Ukuran Butir (mm)	0,05-0,2	0,5-1,8	0,5-1,2	1,1-3,5	0,1-0,5	0,01-0,6	0,01-0,03	0,5-2,0	0,1-0,4	
Kebundaran	SA-SR	SA-SR	SA-SR	A-SA	SA-SR	SA_SR	SA_SR	SA_SR	SA_SR	
Hubungan Butir	floating	poin kntk	pnt-long	poin	poin-lon	floating	floating	pnt-long	flt-pnt	
Kuarsa tunggal	30,3	33,6	3,5	0,67	16,6	10,3	6,3	37,3	21,7	28,6
Kuarsa jamak	3,6	3	0,7	-	0,6	1,6	0,3	1,3	1,2	1,48
K-Felspar	2,3	5	40,2	1,67	5,6	-	-	1,6	2,2	6,96
Plagioklas	6,0	20	23	10,33	9,6	-	-	10,3	1,7	15,0 7
Kepingan Volkanik	15,6	11	4,5	20,67	19,3	-	-	12	10	12,3 4
Kepingan Sedimen	-	-	0,2	2,67	-	-	-	2	0,2	0,42
Kepingan Malihan	-	-	-	-	-	-	-	0,6	-	
Kepingan Rijang	4,6	5,3	2,5	-	16,3	1	1,3	9,3	6,2	5,98
Biotit / Bat tak Terperikan	-	-	-	- / 35,33	-	2,3/-	-	-	-	
Muskovit /kep. gelas	0,6	2 /-	-	- / 4,67	3,3/-	1	0,6	-	0,7	0,91/
Epidot	-	-	-	-	-	0,6	0,6	-	-	
Mineral Opak	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	
Fosil	1,6	4,3 / -	-	-	-	-	-	6,6	15	
Glaukonit/Laumontit	-	3 / -	- / 3,2	-	0,3/-	-	-	-	0,6/-	0,56 /-
Lempung/kaolinit	-	0,6	4,5	4,33	-	39	30,6	-	-	
Klorit/serisit	-	-	-	1,67	-	3,3/13,6	6,6/24	-	-	
Karbonat/mikrit	30	8	7,5	-	14,0	21,3	28,3	16	25,6	
Oksida besi/Siderit	1,3/2	0,6	-	5,67 / -	- / 0,6	- / 0,6	- / 1	- / 1	-	
Silika/gelas	-	-	-	4,0 / 23	-	-	-	-	-	
Pori Batuan	1,6	3	4,7	1,00	4	5,6	-	2,6	9,4	
Nama Batuan	Felitarenit	Litarkose	Arkose	Litarenite	Felitarenit	Batulanau	Batulanau	Felitarenit	Litarenite	
Q	54,33	46,98	5,6	0,8	25,1				51,9	53,0
F	13,31	32,09	84,4	14,1	22,8				16,0	9,1
L	32,36	20,93	10	85,1	52,1				32,1	37,9
Qm	48,56	43,13	4,7	0,8	24,3				50,1	50,2
F	13,31	32,09	84,4	14,1	22,8				16,0	9,1
Lt	38,13	24,79	10,9	85,1	52,9				33,8	40,7



Gambar 6. Diagram segi tiga penamaan batupasir Formasi Lemau dan Seblat di daerah Bengkulu berdasarkan diagram dari Folk (1980).



Gambar 7. Diagram segitiga yang menunjukkan tipe *provenance* dari batupasir Formasi Seblat di daerah Begkulu, berdasarkan diagram segitiga dari Dickinson drr. (1983).

umumnya percontoh batuan memperlihatkan adanya butiran kuarsa tumbuh (*overgrowth*). Struktur *embayment* hanya dijumpai dalam beberapa percontoh batuan, beberapa di antaranya telah retak akibat kompaksi.

Urutan kedua ditempati oleh komponen felspar, yang terdiri atas plagioklas (1,7 - 23%) dengan nilai rata-rata 15,07% dan K-felspar (1,6 - 40,2%) dengan nilai rata-rata 6,96%. Butiran felspar umumnya relatif segar dan sedikit saja yang telah lapuk, namun masih memperlihatkan kembar. Beberapa butiran felspar telah mengalami pertumbuhan (*overgrowth*) dan telah teretakan akibat kompaksi (Foto 4).

Kepingan batuan menempati urutan yang ketiga pada Formasi Seblat, sebagian besar dikuasai oleh batuan volkanik (4,5 - 20,67%) dengan nilai rata-rata 12,34%, sebagian telah terubah menjadi mineral lempung dan oksida besi. Kemudian diikuti oleh kepingan batuan rijang (0 - 11,5%) dengan persentase rata-rata 5,98%. Kepingan batuan sedimen dijumpai dalam beberapa percontoh batuan, dengan persentase rata-rata 0,42%. Sedangkan kepingan batuan malihan hanya dijumpai dalam satu percontoh batuan dengan persentase 0,6%.

Fosil foraminifera kecil dijumpai dalam beberapa percontoh batuan dengan persentase kurang dari 15%. Mika hadir berupa muskovit (0-3,3%), sangat

jarang biotit. Penampakannya berlembut hingga ber-serabut. Beberapa komponen telah mengalami kompaksi dengan memperlihatkan pembengkokan butiran. Butiran lainnya yang dijumpai dalam batupasir Formasi Seblat adalah glaukonit dan epidot. Butiran glaukonit dijumpai pada batupasir dengan matriks dari mikrit dan atau spari kalsit. Sedangkan epidot sangat jarang dengan persentase kurang dari 1%. Selain fosil foraminifera, hadirnya butiran glaukonit di dalam batupasir memberi petunjuk bahwa pengendapan terjadi di lingkungan laut dangkal.

Matriks/semen adalah butiran yang berukuran kurang dari 35 mikron dan terdapat di antara kerangka butiran yang dijumpai dalam batupasir Formasi Seblat di Bengkulu Selatan yang umumnya kurang dari 15%, beberapa di antaranya sampai 30%. Sebagai detritus matriks yang dijumpai adalah mineral lempung (kaolinit dan serisit) dan atau mikrit/spari kalsit.

Proses sementasi membuat porositas berkurang atau dengan perkataan lain proses materian pengisi rongga. Proses ini terjadi dalam batupasir Formasi Seblat yang berupa proses pengisian rongga oleh semen karbonat, silika dan oksida besi. Proses sementasi juga berupa pengisian rongga antar butir oleh mineral autigenik seperti lempung, kuarsa autigenik dan juga laumontit.

Penyemenan oksida besi berwarna coklat kotor kehitaman, di beberapa sayatan terlihat merata di sekeliling butiran dan sebagai oksidasi total butiran. Oksida besi ini maksimum persentasenya kurang dari 12%. Penyemenan silika hadir dalam rongga di antara butir, tidak hanya sebagai kuarsa autigenik, tetapi juga sebagai kuarsa tumbuh yang mengelilingi butiran kuarsa, dengan persentase kurang dari 5%. Penyemenan karbonat (kalsit) hanya dijumpai dalam beberapa sayatan berupa kalsit yang berstruktur mosaik anhedral, dengan persentase maksimal 20%. Secara keseluruhan proses sementasi terjadi bersamaan dengan periode diagenesis awal hingga akhir.

Porositas yang dijumpai dalam sayatan adalah porositas primer dan porositas sekunder. Porositas primer dijumpai sebagai porositas antarbutir. Sebagian besar porositas ini sudah terisi sewaktu peristiwa diagenesis oleh mineral autigenik lempung seperti kaolinit, klorit dan serisit, dan juga autigenik kuarsa. Porositas sekunder dijumpai berupa disolusi yaitu pelarutan dari mineral felspar dan kepingan batuan volkanik, terbentuk pada peristiwa diagenesis lanjut atau akhir. Porositas yang teramat dalam sayatan pada umumnya tidak lebih dari 5%, hanya satu percontoh batuan dengan porositas 9,4%.

Batuan Sumber (*Provenance*)

Klastika yang menyusun batupasir Formasi Seblat adalah kuarsa, felspar dan kepingan batuan. Kepingan batuan dikuasai oleh batuan volkanik, hanya sedikit kepingan batuan sedimen dan malihan. Komponen kuarsa tunggal (28,6%) merupakan komponen utama yang menyusun batupasir Formasi Seblat. Diikuti oleh kepingan batuan volkanik (12,34%), kemudian K-felspar (6,96%), plagioklas (15,07%), kepingan rijang (5,98%) dan kuarsa jamak (2,12%). Sebagai komponen tambahan adalah kepingan batuan sedimen (0,42%), glaukonit (0,56%), dan muskovit (0,91%). Dijumpainya komponen kuarsa tunggal dengan pemandaman tegas yang merupakan komponen dominan dalam batupasir Formasi Seblat, sangat boleh jadi batuan sumber didominasi oleh batuan granit, baik berupa singkapan atau yang telah terdaur ulang (*recycled*). Kepingan volkanik dan butiran felspar merupakan sebagian butiran yang menyusun batupasir Formasi

Seblat, sehingga memberi petunjuk bahwa kegiatan vulkanik telah mempengaruhi tersusunnya batupasir Formasi Seblat. Selain itu diperkuat dengan hadirnya butiran kuarsa dengan struktur berlekuk (*embayment*) yang dipastikan berasal dari kegiatan vulkanik. Dijumpai butiran kuarsa dengan pemandaman bergelombang dan kepingan batuan sedimen dan malihan menunjukkan bahwa batuan sedimen dan malihan juga tersingkap di daerah sumber.

Berdasarkan analisis sumber (*provenance*) model Dickinson drr. (1983; Gambar 6), kemung-kinan besar klastika yang menyusun batupasir Seblat di daerah Bengkulu Selatan sebagian besar termasuk dalam Orogenesa Terdaurulang (*Recycled Orogen*) dan Busur Magmatik (*Magmatik Arc*) atau campuran keduanya.

Batuan Pratersier di daerah Sumatera bagian selatan yang dapat merupakan batuan sumber batupasir Formasi Seblat terbagi atas empat lajur, di mana satu sama lain dibatasi oleh sesar (Andi Mangga drr., 1994). Lajur-lajur tersebut adalah Bahorok Pegunungan Tigapuluh, Kuantan - Pegunungan Duabelas, Gumai - Garba, dan Gunung Kasih Tanjungkarang. Sedangkan yang berhubungan dengan Cekungan Bengkulu adalah Lajur Kuantan Pegunungan Duabelas (malihan derajat rendah, klastika halus, batuan karbonat, batuan volkanik dan granit tipe I) dan Lajur Gumai - Garba (batuan sedimen, karbonat, gunung api, tektonit dan granit tipe I). Benturan lajur Bahorok-Pegunungan Tigapuluh dengan Kuantan - Pegunungan Duabelas, terjadi pada Karbon Akhir - Perem yang mengakibatkan terlipatnya batuan Karbon secara kuat. Benturan berikutnya antara Lajur Kuantan Pegunungan Duabelas dengan Lajur Gumai - Garba pada Jura - Kapur (Andi Mangga drr., 1994). Benturan-benturan tersebut merupakan Orogenesis Terdaurulang (*Recycled Orogen*) yang menyebabkan sebagian daerah Sumatera (Bukit Barisan) terangkat dan menjadi sumber batuan di Cekungan Tersier di Sumatera bagian selatan, yaitu Cekungan Bengkulu.

Diagenesis

Parameter diagenesis yang dapat diamati dalam batupasir Formasi Seblat di daerah Bengkulu Selatan, adalah kompaksi, pembentukan mineral autigenik dan porositas sekunder. Efek kompaksi yang teramat

dalam sayatan pipih mikroskopik batupasir Formasi Seblat antara lain butiran mika, felspar, kuarsa dan kepingan sedimen. Efek kompaksi diawali pada butiran kepingan batuan lempung bersifat lunak tertusuk oleh butiran kuarsa dan kepingan batuan volkanik yang relatif keras (Foto 5). Efek kompaksi yang agak kuat, terlihat pada butiran mika, berbentuk pembengkakan karena bersifat lentur akibat ditekan oleh butiran lainnya yang relatif lebih keras. Kompaksi lebih kuat teramat dalam butiran kuarsa dan felspar (Foto 4) yang terlihat telah teretakan dan terpatahkan yang disebabkan oleh sifat fisik butiran kuarsa dan felspar yang tidak lentur.

Mineral autigenik terlihat pada sayatan pipih mikroskopik dan pada analisis SEM percontoh batupasir. Pertumbuhan mineral autigenik terlihat diawali oleh pertumbuhan mineral autigenik

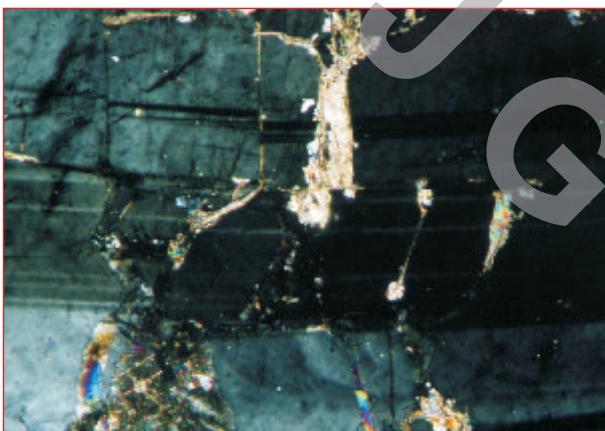


Foto 4. Foto mikrograf sayatan batupasir Formasi Seblat, menunjukkan butiran plagioklas yang telah teretakan akibat kompaksi, kemudian terisi oleh semen kalsit. (Perbesaran 125X; nikol X).

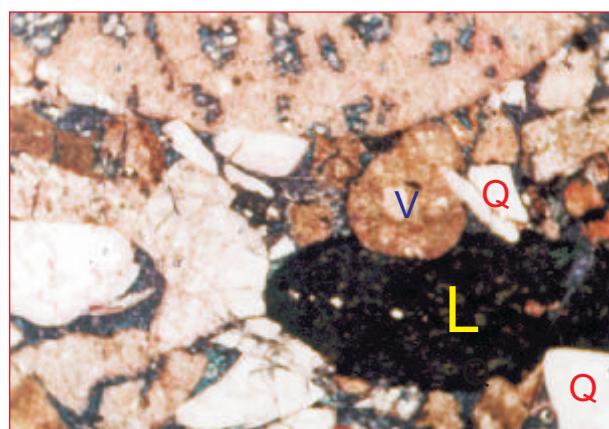


Foto 5. Foto mikrograf sayatan batupasir Formasi Seblat, menunjukkan fragmen batuan lempung (L), terleukukkan akibat tertekan oleh fragmen volkanik (V) dan butiran kuarsa (Q), pada batupasir tersebut mengalami kompaksi. (Perbesaran 40X; nikol //)

lempung yang terdiri atas kaolinit smektit dan ilit (Foto 6) dan juga mineral autigenik kuarsa pada rongga antar butir. Kemudian proses diagenesis berlanjut dengan hadirnya kuarsa tumbuh (*overgrowth*) pada butiran kuarsa. Pengamatan secara sayatan pipih, garis tumbuh mineral autigenik lempung masih terlihat berupa bekas batas butiran. Mineral tumbuh juga teramat pada butiran felspar. Mineral autigenik yang tumbuh pada tingkat diagenesis yang lebih kuat, ditandai oleh munculnya mineral laumontit atau pada diagenesis lanjut, yaitu timbunan (*burial diagenesis*).

Porositas sekunder yang teramat umumnya adalah hasil pelarutan kepingan batuan gunung api dan juga pelarutan butiran felspar yang jumlahnya kurang dari 5%, sementara hanya ada satu yang menunjukkan porositas 9,4%.

Dijumpainya cementasi mineral autigenik laumontit dan karakter kompaksi yang cukup kuat, menunjukkan bahwa peristiwa diagenesis yang terjadi pada batupasir Formasi Seblat sesuai dengan klasifikasi Helmold dan van de Kamp (1984) yang didefinisikan sebagai diagenesis timbunan bawah permukaan kelompok C. Bila mengacu kepada Schmidt dan McDonald (1979), maka tingkat diagenesis batuan ini dikategorikan sebagai mesogenetik matang (*mature*) A, yang ekuivalen dengan "batulumpur" tingkat II menurut Burley dan Kantorowicz (1987), dengan perkiraan paleotemperatur antara 80° sampai 95°C dan kedalaman timbunan antara 2 sampai 3 km.

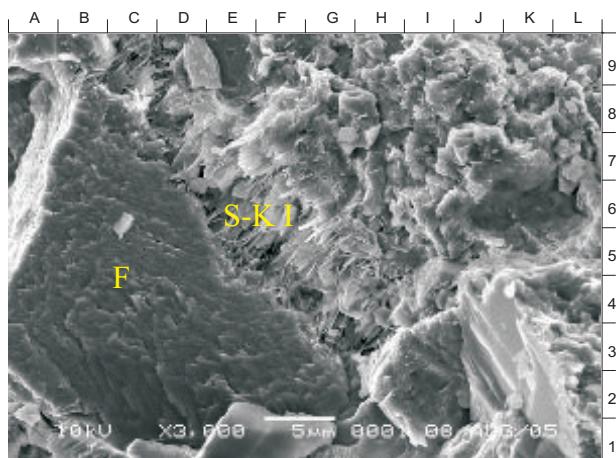


Foto 6. Foto mikrograf SEM batupasir Formasi Seblat, menunjukkan butiran felspar (F) dan mineral autigenik lempung smektit, kaolinit, dan ilit (S-K-I) mengisi rongga antar butiran. Perbesaran 3000X.

PETROGRAFI BATUAN KARBONAT

Hasil analisis petrografi karbonat menunjukkan hadirnya jenis batugamping bioklastika *packstone* dan batugamping bioklastika *grainstone* di bagian atas Formasi Seblat (Gambar 5). Butirannya tersusun oleh foraminifera bentonik dan planktonik, ganggang merah, bryozoa, echinodermata, brachiopoda, moluska, kuarsa, felspar, dan kepingan batuan (Tabel 2). Besar butir berkisar antara 0,1 sampai dengan 7,5 mm dan berbentuk membundar tanggung sampai meruncing tanggung. Matriks terdiri atas lumpur karbonat bercampur dengan lempung. Semen terdiri atas ortosparit dan oksida besi. Neomorfisme yang terbentuk adalah mikrosparit, pseudosparit, dolomit, lempung mikritisasi dan pirit. Porositas yang terbentuk adalah antar partikel, gerowong (*vug*) dan retakan. Batugamping yang telah mengalami dolomitisasi ini diperkirakan sama dengan batugamping yang terdolomitkan pada sumur Arwana-1 (Guntoro dan Djajadiharja, 2005) yang memperlihatkan *oil shows*. Berdasarkan karakteristik butiran penyusunnya, maka batu-gamping ini diyakini terendapkan di sektor terumbu sampai terumbu muka.

PETROGRAFI ORGANIK

Hasil analisis petrografi organik terhadap percontoh batuan klastika berbutir halus, (*dispersed organic matter/ DOM*) tersaji dalam Tabel 3. Bahan organik yang dijumpai dalam percontoh batuan tersebut terdiri atas vitrinit (1-2%), inertinit (0-1%), dan eksinit (0,1-5%). Selain itu juga ditemukan adanya bitumen (2%). Material yang dijumpai adalah mineral lempung (71-85,8%), karbonat (2%), pirit normal (2-4%), pirit framboidal (8-10%), dan silika (0-2%). Vitrinit reflektan sangat sukar ditentukan karena butirannya sangat halus. Maseral eksinit terdiri atas

Tabel 2. Hasil Analisis Petrografi Karbonat Batugamping Formasi Seblat

NO. PERCONTOH PEMERIAN	FORMASI SEBLAT (Batugamping)	
	05RH 7B (%)	05RH 09 (%)
Ganggang merah	19,00	6,33
Bryozoa	1,67	2,67
Echinodermata	2,00	1,00
Koral	3,00	1,00
Foraminifera Bentonik	27,67	23,33
Foraminifera Planktonik	0,67	1,33
Brachiopoda	0,33	0,33
Moluska	2,67	4,33
Fosil tak terperi	1,00	10,33
Kuarsa	1,00	1,00
Felspar	2,00	2,33
Kepingan Batuan	2,00	1,33
Glaukonit	-	1,00
Fosfat	-	1,00
Lumpur karbonat+lempung	-	14,00
Orto sparit	19,00	1,33
Oksida besi	0,67	1,00
Lempung autigenik	1,00	-
Mikrosparit	-	18,33
Pseudosparit	3,33	3,33
Dolomit	9,00	2,67
Lumpur mikritisasi	1,00	1,67
Pirit	-	0,67
Porositi dalam partikel	0,33	0,67
Porositi antar partikel	0,67	-
Porositi Gerowong (<i>vug</i>)	1,00	0,67
Porositi Retakan	1,00	-
NAMA BATUAN	Bioklastik <i>grainstone</i>	Bioklastik <i>packstone</i>

telalginit (0-1%), lamalginit (0-1%), sporinit (0-0,1%), resinit (0-2%), kutinit (0-1%), dan liptodetrinit (0-2%).

Dijumpainya mineral pirit framboidal dengan nilai cukup signifikan (8-10%) menunjukkan bahwa pengendapan batuan ini diduga sangat dipengaruhi oleh lingkungan laut. Maseral telalginit terbentuk di lingkungan laut sampai terestrial, sedangkan lamalginit terbentuk dalam lingkungan lakustrin (Cook, 1982). Maseral resinit terbentuk dalam lingkungan terestrial. Data di atas menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan yang cocok untuk batuan ini adalah lingkungan laut, sedangkan adanya maseral lamalginit dan resinit kemungkinan menunjukkan terjadinya suatu episode kondisi susut laut dalam waktu yang relatif singkat .

Tabel 3. Hasil Analisis Petrografi Organik Material Organik (DOM) dalam batulumpur Formasi Seblat

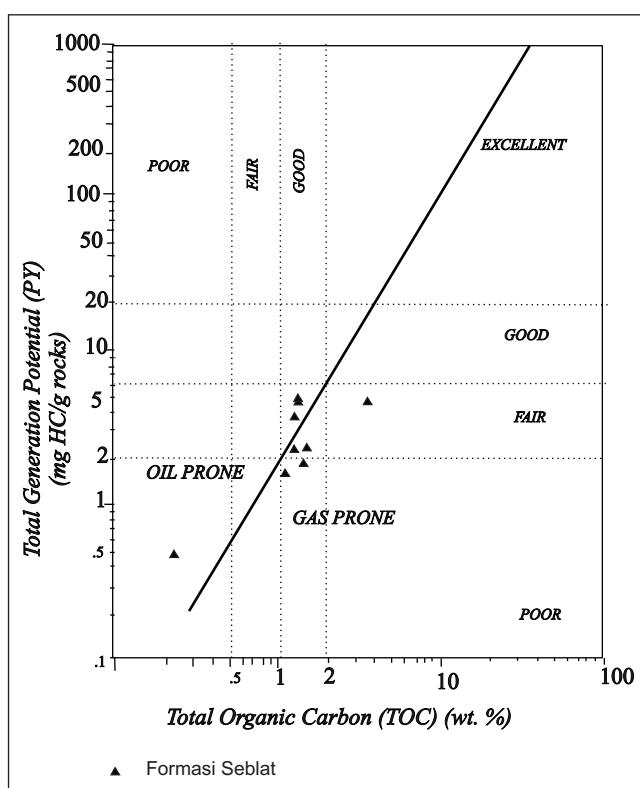
No	No Per- contoh	MASERAL (%)										MATERIAL MINERAL (%)						Rv	
		Vit	Int	Tel al	Lam al	Spnt	Res	Sub	Cut nt	Lpd tnt	Btmn	Clay	Carb	Prt	Frm. Prt	Silika	Min	Maks	
1.	RH 11	2	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	85,5	2	2	8	-	-	-	
2.	RH 32A	1	1	1	-	-	-	-	-	2	-	71	2	4	10	-	-	-	
3.	RH 17	1	1	-	1	-	2	-	1	-	2	74	2	4	10	2	-	-	

Vit : Vitrinit Int : Inertinit Tel : Telalginit Spnt : Sporinit Sub : Suberinit Cutnt : Cutinit Lpdnt : Liptodetrinit
Btmn : Bitumen Carb : Karbonat Prt : Pirit Frm Prt : Pirit Framboidal Rv : Reflektan Vitrinit

Dijumpainya bitumen dalam percontoh batuan ini menunjukkan bahwa sebagian maseral eksinit telah mengeluarkan unsur minyak (hidrokarbon) dan terkumpul menjadi bitumen, sehingga diimplikasikan bahwa telah terjadi migrasi muatan minyak di dalam batuan. Hal ini diperkuat dengan hasil analisis TOC dan *rock-eval pyrolysis* (Tabel 4), walaupun termasuk ke dalam kategori miskin sampai cukup (Gambar 8).

DISKUSI

Berdasarkan parameter sedimentasi yang dijumpai di dalam litologi batupasir, seperti lapisan sejajar dan butiran tersusun, konglomerat dengan struktur sedimen *gravity flow*, dan batulempung gampingan dengan struktur sedimen laminasi sejajar, ditunjukkan bahwa bagian bawah Formasi Seblat terendapkan dalam lingkungan laut terbuka (*open sea shelf*) sampai dengan lereng muka (*fore slope*). Berdasarkan kehadiran fosil foraminifera bentonik, ganggang merah, koral, bryozoa, brachiopoda, dan moluska pada batugamping bagian atasnya, maka batuan ini diendapkan dalam laut dangkal sebagai endapan terumbu muka sampai terumbu. Kemudian



Gambar 8. Diagram TOC vs Pyrolysis Yields (PY) yang menunjukkan potensi hidrokarbon pada batuan sumber dalam Formasi Seblat.

Tabel 4. Data TOC dan Pirolisis Formasi Seblat Daerah Bengkulu Selatan

DATA TOC DAN PIROLISIS FORMASI SEBLAT DAERAH BENGKULU SELATAN											
No	No. Percontoh	LITOLOGI	TOC (%)	S ₁ Kg/Ton	S ₂ Kg/Ton	PY Kg/Ton	PI	T _{max} (°C)	HI	Area	Formasi
1.	05RH11	Clst,dkgy,calc,sl,hd	1,37	0,45	3,89	4,34	0,10	440	284	Kdrng	Seblat
2.	05RH17	Clst,dkgy,calc,hd	1,37	0,45	3,89	4,34	0,1 0	440	284	Kdrng	Seblat
3.	05RH20B	Sh,dkgy	1,54	1,04	0,79	1,83	0,57	453	51	Kdrng	Seblat
4.	05RH27	Clst,dkgy,calc,hd	1,16	0,55	1,15	1,70	0,32	452	99	Kdrng	Seblat
5.	05RH30	Clst,dkgy-gy,hd	1,40	0,44	1,86	2,30	0,19	455	133	Kdrng	Seblat
6.	05RH32	Clst,dkg/blk,calc,hd	0,22	0,13	0,35	0,48	0,27	447	159	Tjskt	Seblat
7.	05RH34	Clst,dkg/blk,calc,hd	1,22	0,75	1,53	2,28	0,3 3	418	126	Tjskt	Seblat
8.	05RH37	Clst,dkgy,calc	1,24	0,27	3,09	3,36	0,08	439	250	Tjskt	Seblat
KETERANGAN :											
TOC : Total karbon organik						T max : Temperatur maksimum (°C) untuk pembentukan hidrokarbon dari kerogen					
S ₁ : Kuantitas minyak (hidrokarbon) bebas						HI : Hidrogen Indeks					
S ₂ : Kuantitas hidrokarbon yang dilepaskan kerogen						TDD : Tak Dapat Ditentukan					
PY : Jumlah hidrokarbon (S ₁ + S ₂)											
PI : Indek Produksi (S ₁ / S ₁ + S ₂)											

diikuti oleh pengendapan satuan batupasir gampingan pada pasir paparan (*platform sand*), dan diakhiri oleh pengendapan batulempung gampingan dengan sisipan batupasir halus sampai sedang pada lingkungan laguna. Hasil analisis petrografi batupasir juga menunjukkan lingkungan laut dengan dijumpainya butiran glaukonit, siderit, dan fosil (foram) dengan semen/matriks mikrit dan spari kalsit. Sedangkan hasil analisis petrografi organik terhadap *DOM* dalam batulumpur/batulempung, didukung oleh adanya maseral telalginit dan material mineral pirit framboidal, memperkuat pendapat di atas bahwa batuan sedimen Formasi Seblat diendapkan dalam lingkungan laut. Dengan demikian Formasi Seblat diendapkan dalam peristiwa berlangsungnya susut laut (regresi), di mana bagian bawah diendapkan di laut yang relatif lebih dalam (*open sea shelf - fore slope*) dan kemudian berubah menjadi laut yang relatif lebih dangkal (*fore reef - lagoon*) di bagian atas.

Dijumpainya lapisan tufan menunjukkan bahwa pengendapan Formasi Seblat juga disertai peristiwa terjadinya kegiatan gunung api. Hal ini juga ditunjang dengan adanya butiran kuarsa embayment dan keping batuan gunung api dalam batupasir. Kegiatan gunung api tersebut membentuk Formasi Hulusimpang yang hubungannya menjemari dengan Formasi Seblat dan kegiatan tersebut diduga telah ada di jalur Bukit Barisan sekarang.

Hasil analisis petrografi organik pada *DOM* sukar untuk mengukur reflektan vitrinit, karena butirannya terlalu halus. Parameter - parameter diagenesis yang terdapat di dalam batupasir menyimpulkan bahwa tingkat diagenesinya didefinisikan sebagai mesogenetik *mature A* (Schmidt dan Mc Donald, 1979) yang ekuivalen dengan definisi "batulumpur tingkat II oleh Burley dan Kantorowicz (1987), dengan dugaan bahwa kedalaman timbunan berkisar antara 2 sampai 3 km dan temperatur purba antara 80° sampai 95°C. Data ini juga sesuai dengan hasil pemboran Arwana I (Guntoro dan Djajadiharja, 2005) bahwa batuan yang sama dengan Formasi Seblat dijumpai pada kedalaman 29884000 m di lepas pantai Bengkulu. Temperatur purba tersebut menurut diagram korelasi indek kematangan organik (Kanstler, 1978) sesuai dengan kisaran nilai reflektan vitrinit antara 0,7 sampai 0,8%. Dengan

demikian reflektan vitrinit yang terdapat di dalam batulumpur Formasi Seblat diyakini telah mencapai kisaran antara 0,7 sampai 0,8%.

Terbentuknya porositas primer maupun sekunder dalam batupasir dengan persentase 1 - 9,4% menunjukkan bahwa batupasir Formasi Seblat dikategorikan berporositas "sedang" (cukup) sebagai batuan reservoir. Begitu pun dijumpainya lapisan batugamping klastika yang berporositas antar butir, gerowong dan retakan, yang juga sebagian telah mengalami dolomitiasi, dikategorikan "sedang" untuk batuan waduk (*reservoir*). Bukti lain yaitu hasil pemboran Arwana 1 (Guntoro dan Djajadiharja, 2005), minyak (*oil shows*) teramat pada kedalaman 2988-3092 m pada lapisan batupasir volkanik klastika dan batugamping dolomitik yang berumur Oligosen Miosen Awal. Oleh karena itu, batuan waduk (*reservoir*) kemungkinan telah mengandung minyak yang berasal dari hasil migrasi batuan sumber minyak (*source rock*).

Klastika penyusun kerangka butiran batupasir Formasi Seblat, sama dengan batuan Lajur Kuantan-Pegunungan Duabelas dan Lajur Gumai-Garba, dan yang terdekat dengan daerah Bengkulu Selatan adalah Lajur Gumai - Garba. Batuan sumber untuk Klastika batupasir Formasi Seblat di daerah Bengkulu Selatan adalah Lajur pratersier Gumai - Garba yang terdapat di jalur Bukit Barisan sekarang.

KESIMPULAN

Formasi Seblat diendapkan dalam kondisi susut laut (regresi), dan bagian bawahnya diendapkan di lingkungan laut yang relatif lebih dalam (*open sea shelf - fore slope*), dan berubah menjadi lebih dangkal (*fore reef - lagoon*) pada susunan batuan bagian atas.

Batupasir pada umumnya termasuk jenis arkose, litarkose, felspatik litarenit, dan litarenit. Kerangka butiran tersusun oleh butiran kuarsa, felspar dan kepingan batuan volkanik dan rijang dengan matriks/semen mineral lempung, kalsit, dan oksida besi.

Klastika penyusun batupasir Formasi Seblat kemungkinan besar berasal dari pegunungan orogenesis terdaurulang dan busur magmatik atau campuran dari keduanya. Daerah tersebut adalah

Lajur Tektonik Gumai - Garba di sebelah utara daerah selatan Bengkulu.

Parameter diagenesis yang teramati di dalam batupasir Formasi Seblat di daerah selatan Bengkulu adalah kompaksi dan pembentukan mineral autigenik dan porositas sekunder. Tingkat diagenesis tersebut didefinisikan sebagai timbunan bawah permukaan kelompok C, atau termasuk mesogenetik "mature A" yang ekivalen dengan definisi "Batulumpur Tingkat II, dengan temperatur purba antara 80o sampi 95o C dan pernah tertimbun pada kedalaman antara 2 sampai 3 km.

Batulumpur dalam Formasi Seblat mengindikasikan berpotensi sebagai batuan sumber minyak (*source rock*) walaupun masih dalam katagori cukup atau sedang. Sedangkan batupasir dan batugamping dikategorikan sebagai cukup atau sedang untuk batuan waduk (*reservoir*).

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Kepala Pusat Survei Geologi yang telah memberikan dukungan mulai dari penelitian lapangan sampai dengan penulisan makalah ini. Selain itu ucapan terima kasih ini juga ditujukan kepada rekan sejawat yang telah memberikan saran dan diskusi mengenai makalah ini■

ACUAN

- Adams, C.G., 1970. A Reconsideration of the East Indian Letter Classification of the Tertiary. *Bulletin of British Museum (Natural History), Geology*, London, pp. 87-137.
- Adams, C.G., 1984. Neogene Larger Foraminifera Evolutionary and Geological Events in the Context of Datum Planes, in Ikebe, N. and Tsuchi, R., (eds), *Pacific Neogene Datum Planes*. Univ. Tokyo Press, pp. 47-67.
- Amin, T.C, Kusnama, Rustandi, E. dan Gafoer, S., 1994, Geologi Lembar Manna dan Enggano, Sumatera, Sekala 1 : 250.000, *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung.
- Andi Mangga, S., Sutisna, K., Samudra, H., Hermanto, B., dan Sukarna, D., 1994. Evolusi tektonika Pra Tersier Sumatera bagian selatan dan hubungannya dengan daerah sekitarnya. *Kumpulan Makalah Seminar Hasil Penyelidikan Geologi dan Sumberdaya Mineral*, Direktorat Sumberdaya Mineral, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi dan British Geological Survey, Bandung 23 Maret 1994.
- Burley, S.D. and Kantorowicz, J.D., 1987. Clastic diagenesis. In : Edward, A.B., and Foster, N.H., Reservoir II Sandstone. *American Association of Petroleum Geologist, Treatise of Petroleum Geology Reprint Series*, 408-455.
- Cook, A.C., 1982. *The origin and petrology of organic matter in coals, oil shales and petroleum source-rocks*. Geology Department, The University of Wollongong, 106p.
- Dickinson, W.R., Beard, L.S., Brakenridge, G.R., Erjavec, J.L., Ferguson, R.C., Inman, K.F., Knepp, R. A., Linberg, J.L., and Ryberg, P.T., 1983. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of America Bulletin*, 94, 222-235.
- Folk, R.L., 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphil Publishing Company, Austin, 182p.
- Gafoer, S., Amin, T.C., dan Pardede, R., 1992, PetaGeologi Lembar Bengkulu, Sumatera Sekala 1:250.000, *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung.
- Guntoro, A., dan Djajadiharja Y.S., 2005, Tectonic Scenario of the Sumatra Fore-Arc Basin in Relation To the Formation of Petroleum Systems., *International Conference on Geology, Geotechnology and Mineral Recources of Indochina* (GEOINDO 2005) 28-30 November 2005, Khon Kaen, Thailand.

- Helmod, K.P. and van de Kamp, P.C., 1984. Diagenetic mineralogy and controls on albitization and laumontite formation in Paleogen Arkose, Santa Yenz Mountains, California, In : McDonald, D.A. and Surdam, R.C. (Eds), Clastic Diagenesis. *American Association of Petroleum Geologist Memoir*, 37, 239-276.
- Ingersol, R.V. and Suczek, C.A., 1979. Petrofacies and provenance of Late Mesozoic fore arc basin, northern and central California. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 67, 1125-1142.
- Kanstler, A.J., Cooc, A.C., And Smith, G.C., 1978, Range variation, calculated paleotemps in understanding oil and gas occurrence, *Oil and Gas Journ. No. 20.*, 196-205
- Kusnama, Pardede, R., Andi Mangga, S., dan Sidarto, 1992, *Geologi Lembar Sungaipenuh, Sumatera, Sekala 1 : 250.000, Puslitbang Geologi*, Bandung.
- Martini, E., 1971. Standard Tertiary and Quarternary Calcareous Nannoplankton Zonation, in Farinacci, A. (ed.) *Proceeding of the Second Planktonic Conference*, v. 2, pp. 739-875.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R., 1987. *Sand and Sandstone*. 2nd ed. Springer-Verlag, New York, 553p.
- Schmidt, V. and McDonald, D.A., 1979. The role of secondary porosity in the course of sandstone diagenesis In: Schole, P.A. and Schluger, PR. (Eds), Aspect of diagenesis. *Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Special Publication*, 26, 175-207.
- Yulihanto,B., Situmorang, B., Nurdjajadi, A., dan Sain, B. 1995. Structural Analysis of the onshore Bengkulu Forearc Basin and Its Implication for Future Hydrocarbon Exploration activity. *Proceedings Indonesian Petroleum Association Twenty Fourth Annual Convention*, October 1995.