

PENYELIDIKAN PENDAHULUAN KANDUNGAN MINYAK DALAM BATUAN INDUK DAERAH PANGKALAN BALAI KABUPATEN BANYUASIN **PROVINSI SUMATERA SELATAN**

Oleh

J.A. Eko Tjahjono

SARI

”Daerah penyelidikan pendahuluan kandungan minyak dalam batuan induk (Bitumen padat) terletak di Daerah Pangkalan Balai dan sekitarnya, yang berjarak 45 Km sebelah barat Kota Palembang. Secara administratif masuk dalam wilayah Kecamatan Banyuasin III, Betung dan Kecamatan Suak Tapeh, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Secara geografis daerah penyelidikan dibatasi dengan koordinat 02°45’00” - 03°00’00” Lintang Selatan dan 104°15’00” - 104°30’00” Bujur Timur. Luas daerah penyelidikan 27,5 Km x 27,5 Km.

Geologi regional daerah penyelidikan terletak dalam Cekungan Sumatera Selatan yaitu pada posisi “Back Arch Basin”. Secara regional, batuan tertua yang terdapat di daerah tersebut yaitu batuan yang tersingkap pada bagian utara daerah penyelidikan, berupa sebaran batuan sedimen Tersier dari Formasi Talangakar, luas sebaran di daerah penyelidikan sekitar 7%. Selanjutnya ditindih oleh Formasi Gumai, sebarannya sekitar 15%, kemudian diendapkan Formasi Airbenakat, sebarannya sekitar 50% dan sedikit Formasi Muaraenim sekitar 3%. Umumnya mempunyai kemiringan lapisan batuan sangat landai yaitu sekitar 5 derajat. Terakhir diendapkan batuan Holosen yang berupa endapan Aluvium tersebar sekitar 25%, terdiri dari endapan pasir, lempung, sisa-sisa tumbuhan dan endapan rawa yang diendapkan dalam lingkungan paralic sampai fluvial.

Batuan di daerah ini, yang diperkirakan mengandung bitumen padat adalah batuan sedimen dari Formasi Talangakar, berupa batupasir lanauan sedikit sisipan batulempung karbonan, berwarna coklat tua sampai kehitaman, dengan struktur perlapisan, berbau minyak. Hasil analisis Retort dari 4 conto batuan, menunjukkan angka sekitar 10 sampai 20 Liter/Ton minyak bumi. Berdasarkan hasil analisis Petrografi Organik, Rock Eval, Ekstraksi, GC dan GCMS, kandungan minyak bitumen padat di daerah penyelidikan dikategorikan belum matang, serta dapat berpotensi ekonomis pada sumberdaya bitumen padat yang cukup besar. Sumberdaya Tereka dari 4 singkapan endapan bitumen padat yaitu minimal 8.418.980 Ton, dengan Sumberdaya minyak dalam LTOM lebih dari 3.342.848 Barrel.

Diperkirakan rembasan minyak dan aspal yang terdapat pada Formasi Talangakar adalah merupakan rembasan dari formasi batuan yang berada dibawahnya yang tidak muncul dipermukaan dan telah mengalami biodegradasi level 2. Disarankan untuk dilakukan pengambilan conto batuan yang lebih detil dan pemboran di daerah tersebut, guna mengetahui ketebalan dan stratigrafi serta kondisi batuan segar yang tidak tersingkap, karena singkapan batuan di daerah tersebut sangat sedikit dan sangat landai kemiringannya.”

PENDAHULUAN

Latar belakang penyelidikan pendahuluan kandungan minyak dalam batuan induk (bitumen padat) yaitu untuk mengantisipasi keterbatasan cadangan minyak bumi sebagai sumber energi utama. Oleh karena itu pemerintah telah mencanangkan kebijakan diversifikasi energi yaitu mendorong penggunaan sumber energi lain di luar minyak bumi seperti gas alam, batubara, panas bumi, tenaga air, tenaga surya dan lainnya. Disamping itu pemerintah juga berupaya mencari bahan energi lain yang bersumber dari alam, di luar yang telah diketahui selama ini, salah satunya adalah berupa endapan bitumen padat (Batuan induk).

Endapan bitumen padat didefinisikan sebagai batuan sedimen klastik halus biasanya berupa serpih yang kaya akan kandungan bahan organik dan bisa diekstraksi menghasilkan hidrokarbon cair seperti minyak bumi yang berpotensi ekonomis, sehingga lazim juga disebut dengan nama serpih minyak atau serpih bitumen.

Berdasarkan data penyelidikan terdahulu, salah satu daerah yang secara geologi diperkirakan mengandung endapan bitumen padat terletak disekitar daerah Pangkalan Balai, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Dalam tahun anggaran 2011 Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, mengusulkan untuk melakukan kegiatan penyelidikan pendahuluan mengenai endapan bitumen padat di sekitar daerah tersebut.

Maksud penyelidikan endapan bitumen padat

adalah untuk memperoleh informasi mengenai keadaan endapan bitumen padat di daerah penyelidikan yang antara lain meliputi pendataan koordinat mengenai lokasi singkapan, ketebalan, kedudukan, penyebaran, kualitas dan sumberdaya dari endapan bitumen padat serta aspek-aspek geologi lainnya yang dapat menunjang penafsiran bentuk geometris endapan bitumen padat, yang nantinya dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan untuk tahapan pengembangan penyelidikan selanjutnya. Sedangkan tujuan penyelidikan yaitu untuk mengetahui potensi kualitas dan sumberdaya bitumen padat di daerah penyelidikan, serta berguna untuk memperbarui (Update) data dasar (Database) di Pusat Sumber Daya Geologi. Selain itu berguna juga untuk bahan perencanaan pembangunan dan tata ruang daerah setempat.

Secara administratif, maka daerah penyelidikan terletak disekitar daerah Pangkalan Balai, termasuk ke dalam wilayah pemerintahan Kabupaten Banyuasin, Propinsi Sumatera Selatan. Lebih tepatnya, lokasi daerah penyelidikan masuk dalam wilayah Kecamatan Banyuasin III, Betung dan Kecamatan Suak Tapeh. Secara geografis, daerah penyelidikan terletak pada koordinat 02°45'00" - 03°00'00" Lintang Selatan dan 104°15'00" - 104°30'00" Bujur Timur. Posisinya di sebelah Utara dan Selatan jalur jalan raya yang menghubungkan antara Kota Palembang dengan Kota Sekayu (Gambar 1).

Waktu penyelidikan lapangan dilaksanakan selama 45 hari, yaitu dimulai dari Tanggal 28 Bulan Maret sampai dengan 11 Mei Tahun 2011, yang didahului dengan kegiatan study pustaka dan pembuatan proposal, selanjutnya presen-

tasi proposal, penyelidikan lapangan, analisis contoh dan melakukan pengolahan data serta penggambaran, kemudian diakhiri dengan pembuatan laporan akhir.

Personil yang melakukan penyelidikan pendahuluan endapan bitumen padat di Daerah Pangkalan Balai, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan tersebut adalah sebanyak 6 (Enam) orang, terdiri dari para ahli geologi, juru ukur dan preparator, yang semuanya merupakan karyawan dari Pusat Sumber Daya Geologi yang telah berpengalaman, biasanya dalam penyelidikan lapangan tersebut dibantu oleh aparat Pemda dan masyarakat setempat.

GEOLOGI UMUM

Informasi geologi regional daerah penyelidikan antara lain diperoleh dari publikasi Peta Geologi Lembar Palembang, Sumatera Selatan, skala 1: 250.000 terbitan Puslitbang Geologi Bandung (Gafoer, S., dkk, 1995); dan De Coster (1974).

Secara fisiografi, lembar Palembang termasuk daerah rendah di Sumatera bagian timur. Satuan ini dicirikan oleh pedataran dan perbukitan rendah, yang mempunyai ketinggian hanya beberapa meter dari muka laut sampai puncak tertinggi sekitar 94 meter dari muka laut. Aliran sungai umumnya berkelok-kelok dengan arus yang umumnya tenang. Erosi ke arah samping umumnya sangat intensif yang mengakibatkan pelebaran lembah dan banyak terbentuknya rawa-rawa yang sangat terpengaruh oleh gerak pasang surut dan pasang naik sampai sejauh 125 Km dari pantai. Di daerah ini terdapat hubungan yang erat sekali antara

morfologi dengan litologi dan struktur. Daerah bergelombang ditempati oleh batuan sedimen yang terlipat, yakni batupasir, batulanau, batu lempung dan tufa. Sungai yang besar seperti Air Musi, Batang Harileko, Sungai Tungkal dan Air Layang umumnya berpola aliran konsekwen, yang mengalir dari barat laut ke arah tenggara atau dari barat-barat laut ke arah timur-tenggara, kemudian berkelok ke arah timurlaut. Sungai yang lebih kecil umumnya berpola aliran resekwen dan obsekwen.

Geologi regional daerah penyelidikan termasuk ke dalam Cekungan Sumatera Selatan dalam tatanan tektonik Pulau Sumatera, cekungan ini merupakan *backdeep basin* atau cekungan pendalaman belakang (Koesoemadinata dan Hardjono, 1978). Cekungan Sumatera Selatan diperkirakan mulai terbentuk pada Eosen Tengah sampai Oligosen Akhir akibat pensesaran bongkah dan perluasan batuan dasar Pra Tersier melalui sesar-sesar berarah Timurlaut – Baratdaya dan Barat laut – Tenggara akibat adanya tekanan yang berarah Utara – Selatan (de Coster, 1974; Simanjuntak, 1991).

Cekungan Sumatera Selatan dibagi menjadi Sub Cekungan Jambi (Depresi Jambi) di utara, Sub Cekungan Palembang Tengah dan Sub Cekungan Palembang Selatan (Depresi Lematang) di selatan. Ketiga sub cekungan tersebut dipisahkan oleh tinggian batuan dasar (*High*). Lembar Palembang termasuk dalam Sub Cekungan Palembang Selatan.

Stratigrafi Lembar Palembang umumnya tersusun oleh kelompok seri batuan Tersier. Batuan Tersier terbagi atas dua kelompok yaitu Kelompok Telisa dan Kelompok Palembang.

Dari runtunan litologinya tampak bahwa Kelompok Telisa terdiri atas sedimen yang terbentuk pada fase genang laut (Transgresi) sedangkan Kelompok Palembang terbentuk pada fase susut laut (Regresi). Kelompok Telisa terdiri atas Formasi Lahat (tak tersingkap, diperoleh dari data bawah permukaan), Formasi Talangakar dan Formasi Gumai sedangkan Kelompok Palembang terdiri atas Formasi Airbenakat, Formasi Muaraenim dan Formasi Kasai. Pada Zaman Kuartar endapan yang ada terutama adalah endapan gunung api.

Formasi Talangakar merupakan satuan batuan tertua yang tersingkap di Lembar Palembang, terdiri dari batupasir gampingan, batupasir kuarsa tufaan, sebagian konglomeratan, dengan sisipan batubara, berumur Oligosen – Miosen Awal. Berdasarkan data bawah permukaan, Formasi Talangakar menindih langsung secara tak selaras batuan Pra-Tersier tanpa adanya Formasi Lahat. Hal itu menunjukkan bahwa daerah tersebut adalah merupakan tinggian pada awal pembentukan Cekungan Tersier. Proses denudasi berlangsung sampai Oligosen, kemudian disusul oleh pengendapan Formasi Talangakar. Berbeda dengan daerah sebelah barat atau baratdaya lembar daerah penyelidikan, Formasi Talangakar di daerah ini yang berupa batupasir kuarsanya berkembang baik.

Dari data bawah permukaan (Sub Surface) menunjukkan bahwa dengan adanya endapan batugamping dan sedimen gampingan lainnya dari Formasi Baturaja, yang terdapat secara setempat, namun formasi batuan tersebut tidak dijumpai perkembangannya di permukaan. Pada umumnya Formasi Talangakar tertindih selaras oleh serpih Formasi Gumai yang beru-

mur Miosen Awal – Miosen Tengah.

Setelah pengendapan Formasi Gumai yang merupakan tahap puncak genang laut, selanjutnya diendapkan Formasi Airbenakat sebagai hasil dari awal fase susut laut. Formasi ini terdiri dari batulanau berkarbon dengan sisipan batulanau kuarsa yang berumur Miosen Tengah sampai Akhir.

Menyusul Formasi Muaraenim yang menindih selaras Formasi Airbenakat, yang berumur Miosen Akhir sampai Pliosen Awal. Melihat himpunan litologinya menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan formasi ini diperkirakan lebih dangkal dari pada Formasi Airbenakat, batuanannya terdiri dari batulempung dan batupasir tufaan dengan sisipan batubara.

Paling atas adalah Formasi Kasai yang menindih selaras Formasi Muaraenim, litologinya terdiri atas tufa, batulempung dan batupasir tufaan. Formasi ini diperkirakan berumur Plio-Plistosen dan diendapkan di lingkungan darat. Batuan ini tertindih endapan permukaan yang terdiri dari endapan sungai dan endapan rawa yang lambaran penyebarannya hampir setengah lembar peta.

Struktur geologi yang dijumpai berupa lipatan, patahan dan kekar yang terjadi pada batuan Tersier. Struktur lipatan pada umumnya berarah baratlaut – tenggara, pada batuan yang berumur Oligosen sampai Plio-Plistosen.

Struktur patahan terdiri dari patahan turun dan patahan naik. Patahan turun terdapat pada batuan yang berumur Oligosen sampai Miosen, dan berarah baratlaut – tenggara. Selain

itu juga terdapat pada batuan yang berumur sampai Plio-Plistosen yang umumnya berarah timurlaut – baratdaya dan beberapa yang berarah utara – selatan serta barat – timur. Patahan naik terdapat pada bagian utara, dengan arah baratlaut – tenggara dan timurlaut – baratdaya, serta di beberapa daerah berarah utara – selatan dan timur – barat. Patahan ini terjadi pada batuan yang berumur sampai Plio-Plistosen. Sedangkan kekar yang terdapat pada umumnya berarah timurlaut – baratdaya.

Secara geologi formasi batuan sedimen yang banyak mengandung organik dapat terbentuk dalam lingkungan pengendapan danau, laut dangkal – neritik atau lagun. Batuan ini biasanya merupakan sedimen klastik halus, seperti serpih, napal, lanau atau batulempung yang umumnya berwarna gelap dan sering berasosiasi dengan kandungan sisa-sisa tumbuhan, kayu terarangkan atau mengandung karbon.

Batuan klastik halus berkarbon dan adanya kandungan batulempung karbonan yang terdapat di daerah penyelidikan merupakan indikasi terdapatnya endapan bitumen yang mempunyai sifat relative agak ringan, bila dibakar berbau aspal terbakar, umumnya terdapat pada Formasi Talangakar di bagian utara daerah tersebut, meskipun di daerah ini umumnya didominasi dengan batulempung dan endapan batulanau yang berfraksi halus dari Formasi Airbenakat yang diduga tidak mengandung bitumen padat.

KEGIATAN PENYELIDIKAN

Penyelidikan lapangan umumnya didahu-

lui dengan kegiatan pengumpulan data-data sekunder dengan cara mencari informasi dan data literatur di perpustakaan, yang dilengkapi pula dengan data bermacam-macam peta disekitar daerah tersebut. Kemudian dilanjutkan dengan kegiatan lapangan, yaitu merupakan rangkaian kegiatan dalam pengumpulan data primer di lapangan, melakukan komunikasi dan perijinan pada aparat Pemda dan masyarakat setempat, dilanjutkan dengan pemetaan singkapan batuan pada masing-masing formasi batuan disekitar daerah penyelidikan, kemudian melakukan pengambilan conto, pemerian dan plotting data lapangan serta mendokumentasikannya.

Pengumpulan data sekunder dari endapan bitumen padat di daerah ini diperoleh antara lain dari publikasi Peta Geologi Lembar Palembang, Sumatera Selatan (Gafoer S., dkk, 1995) dan Kajian Terpadu Cekungan Pengendapan Bitumen Padat di Indonesia oleh Tim Kajian Terpadu Cekungan Pengendapan Bitumen Padat di Indonesia, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, 2003 (Sukardjo, dkk, 2003).

Gafoer S, dkk., 1995, dalam Peta Geologi Lembar Palembang, Sumatera Selatan, menerangkan keterdapatn Satuan Batuan Serpih dari Formasi Talangakar yang berumur Oligosen Akhir, diendapkan di lingkungan lakustrin dan menunjukkan ciri-ciri endapan bitumen padat.

Sukardjo, dkk, 2003, juga memperkirakan bahwa Satuan Batuan Serpih yang terdapat pada Formasi Talangakar berumur Oligosen Akhir, di Cekungan Sumatera bagian selatan, adalah sebagai salah satu batuan pembawa bitumen padat.

Data dari Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Banyuasin, menyebutkan adanya kegiatan pemboran minyak di sekitar Desa Bengkuang, yang terletak di bagian barat laut daerah penyelidikan. Secara geologi, pemboran terletak pada lapisan batuan Formasi Gumai dan Talangakar. Selain itu terdapat pula singkapan lelehan aspal yang cukup luas di sepanjang jalur patahan.

Kegiatan pengumpulan data primer merupakan pekerjaan lapangan berupa pemetaan geologi permukaan yang dilakukan dengan cara menyusuri sungai-sungai, jalan setapak atau tebing yang terdapat di daerah penyelidikan, dimana titik berat pekerjaannya adalah mencari singkapan-singkapan bitumen padat. Salah satu cara dalam mendeteksi kemungkinan endapan ini adalah dengan membakar bagian batuan ini dalam waktu beberapa saat, adanya aroma minyak terbakar seperti aroma aspal atau adanya nyala dari pembakaran merupakan salah satu indikasi keterdapat endapan bitumen padat disamping dengan mengamati ciri-ciri fisik dari batuan. Singkapan bitumen padat yang ditemukan kemudian diukur arah jurus, kemiringan, tebal serta ditentukan posisinya dengan bantuan alat *Global Positioning System (GPS)*, hasilnya dicatat dan diplot pada peta dasar 1 : 50.000. Ketebalan lapisan bitumen padat disamping dapat diukur langsung juga dapat dilakukan dengan metoda *Measuring section* dengan mencari dan mengukur secara cermat batas-batas lapisan baik batas atas (*top*) maupun batas bawahnya (*bottom*) kemudian dilakukan perhitungan dan koreksi, dimana metoda ini dilakukan bila endapan cukup tebal, disamping itu dilakukan juga pengamatan terhadap adanya sisipan dan batuan pengapitnya.

Pengambilan conto bitumen padat untuk keperluan analisis laboratorium dilakukan dengan metoda *Grab Sampling* dan sedapat mungkin conto ini mewakili lapisan batuan yang akan dianalisa. Conto batuan yang diambil diusahakan dari bagian yang masih segar yang dianggap terbebas dari pengotoran akibat proses oksidasi, pelapukan, akar dan humus. Conto yang diperoleh kemudian dibersihkan dan dikemas dalam kantong plastik.

Secara umum tahapan pengumpulan data primer yang dilakukan pada kegiatan penyelidikan ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Melakukan pengamatan geologi di permukaan dengan fokus mencari dan mendata lokasi singkapan bitumen padat.
2. Merekam koordinat singkapan dengan alat Global Positioning System (GPS).
3. Mengukur kedudukan dan tebal lapisan bitumen padat.
4. Mengamati tekstur batuan samping dan hubungannya dengan bitumen padat serta mengamati aspek-aspek geologi lainnya yang dapat menunjang penafsiran bentuk geometris endapan bitumen padat.
5. Mengambil conto bitumen padat untuk pengujian laboratorium.
6. Mengamati mengenai kondisi infra struktur, masyarakat dan lingkungan yang dapat menunjang tujuan penyelidikan.

Analisis conto bitumen padat di laborato-

rium adalah untuk mengetahui kualitas conto bitumen padat yang diambil dari singkapan. Parameter yang dianalisis terutama adalah untuk mengetahui kandungan minyak dari conto tersebut (analisis retorting). Analisis ini pada prinsipnya adalah dengan memanaskan conto bitumen sampai temperatur $\pm 600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Conto batuan disiapkan seberat lebih kurang 100 gram dan ditumbuk halus hingga berukuran 60 mesh. Proses pemanasan menyebabkan material organik padat yang terkandung didalamnya akan terekstraksi menghasilkan sejenis minyak mentah dan uap air. Minyak mentah yang dihasilkan dengan tahapan proses tertentu dapat ditingkatkan mutunya menjadi jenis minyak bumi seperti yang lazim dikenal. Dalam tahapan produksi analisis retorting akan menghasilkan berbagai produk sampingan yang berguna seperti ammonia, kokas, aspal, sulfur dan bahan aromatik. Selain analisis retort, perlu dilakukan pula analisis petrografi organik yang berguna untuk mengetahui tipe kelimpahan material organik pada batuan dan tingkat kematangan dari batuan berbitumen tersebut, melalui besaran angka reflektan dari maceral vitrinit. Bila analisis retort tersebut diatas hasilnya cukup baik, maka selayaknya harus diteruskan dengan analisis geokimia, yaitu analisis TOC dan Pirolisis Rock-Eval yang berguna pula untuk mengetahui potensi hidrokarbon, kualitas kerogen serta tingkat kematangan termal dari batuan bitumen tersebut, dan bila di sekitar daerah tersebut terdapat rembasan minyak ataupun lelehan aspal, maka perlu dilengkapi dengan analisis geokimia untuk mengetahui korelasi antara batuan bitumen dengan rembasan minyak maupun lelehan aspal, melalui ekstraksi, fraksinasi dan analisis kromatografi gas (*Gas Chromatography*) serta

analisis kromatografi gas spektroskopi masa (*Gas Chromatography Mass Spectroscopy*).

HASIL PENYELIDIKAN.

Geologi daerah penyelidikan sebagian besar tersusun oleh batuan sediment yang berumur Tersier. Luas sebaran batuan Tersier yang berumur Oligosen hingga Pliosen sekitar 65% mendominasi sebagian besar wilayah penyelidikan, sedangkan sisanya sekitar 35% berupa endapan Kuartar dari alluvial sungai. Peta geologi berikut formasi batuan atau satuan batuan yang menyusun daerah penyelidikan dapat diamati pada Gambar 2.

Morfologi Daerah Penyelidikan.

Daerah ini dialiri oleh 2 buah sungai besar, yaitu Sungai Banyuasin dan Sungai Musi. Sungai Banyuasin dan anak-anak sungainya mengalir ke bagian utara daerah penyelidikan, sedangkan Sungai Musi terletak pada bagian selatan daerah penyelidikan, yang mana kedua sungai utama tersebut bertemu dan mengalir menuju ke arah Timurlaut daerah penyelidikan. Anak-anak sungai mengalir menuju sungai utama dengan pola aliran Konsekwen dan Resekwen, sedangkan dekat mulut muara yang besar umumnya sungai tersebut berpola aliran Dendritik.

Berdasarkan aspek geomorfologi daerah penyelidikan dapat dikelompokkan menjadi dua satuan morfologi yaitu :

1. Satuan morfologi pedataran.

2. Satuan morfologi perbukitan bergelombang rendah.

Satuan morfologi pedataran, pada umumnya terdapat di bagian Timur dan selatan daerah penyelidikan, yang menempati sekitar 35% daerah penyelidikan, menyebar tidak merata, memanjang hampir berarah barat - timur, yaitu disekitar pertemuan aliran sungai utama, yang terdiri dari endapan rawa dan aluvial sungai, umumnya merupakan lahan pertanian dan semak belukar. Di beberapa tempat berupa pemukiman penduduk. Mempunyai rata-rata ketinggian sekitar 2 meter sampai 5 meter diatas permukaan air laut.

Satuan morfologi perbukitan bergelombang rendah, pada umumnya terdapat di bagian tengah yang menyebar memanjang dari arah baratlaut ke tenggara daerah penyelidikan, menempati sekitar 65% daerah penyelidikan, terletak di sekitar tekuk lereng perbukitan, terdiri dari endapan batuan sedimen batulempung, batupasir dan serpih dari Formasi Talangakar, Gumai, Airbenakat dan sedikit Formasi Muaraenim. Umumnya berupa lahan perkebunan sawit dan karet serta pemukiman penduduk. Mempunyai rata-rata ketinggian sekitar 6 meter sampai 30 meter dari permukaan air laut.

Stratigrafi Daerah Penyelidikan.

Pada tatanan stratigrafi batuan yang terdapat di Cukungan Sumatera bagian selatan adalah merupakan endapan laut yang telah mengalami fase Transgresi dan Regresi. Sedimentasi pada Cekungan tersebut diawali dengan graben yang berupa batuan Pra-Tersier. Endapan batuan

sedimen Tersier diawali dengan terbentuknya Formasi Talangakar tanpa didahului oleh endapan Formasi Lahat. Stratigrafi batuan sedimen Tersier di daerah penyelidikan diawali dari Kala Oligosen-Miosen dengan diendapkannya Formasi Talangakar yang diendapkan tidak selaras di atas batuan Pra-Tersier. Selanjutnya pada Miosen Awal-Tengah diendapkan Formasi Gumai secara selaras diatas Formasi Talangakar, kemudian pada Miosen Tengah-Akhir, diendapkan Formasi Airbenakat secara selaras diatas Formasi Gumai. Selanjutnya pada Miosen Akhir-Pliosen diendapkan Formasi Muaraenim secara selaras diatas Formasi Airbenakat, dan terakhir pada Holosen diendapkan secara tidak selaras endapan rawa dan aluvial. Uraian litologi formasi batuan yang ada di daerah penyelidikan, telah ditabulasikan seperti tertera pada Tabel 1.

Formasi Talangakar (Tomt) : Terdiri dari batupasir kuarsa tufaan, dengan sisipan batulempung karbonan, serpih dan sisipan batubara, di beberapa tempat konglomeratan

Formasi Gumai (Tmg) : Terutama terdiri dari batulempung, serpih dengan sisipan batupasir halus sampai batulanau gampingan. Batulempung dan serpih umumnya berwarna kelabu kehijauan, kecokelatan, getas dan rapuh, di beberapa tempat agak padat. Sisipan batupasir dan batulanau umumnya berlapis tipis dan glaukonitan.

Formasi Airbenakat (Tma) : Terdiri dari perselingan antara batulempung dengan serpih dan batulanau, bersisipan tipis batupasir.

Formasi Muaraenim (Tmpm) : Terdiri dari

lapisan batulempung dan batulanau tufaan dengan sisipan batubara.

Endapan Rawa (Qs) : terdiri dari Lumpur, lanau dan pasir, pada umumnya tufaan, dengan ham-parannya yang sangat luas.

Struktur Geologi Daerah Penyelidikan.

Struktur geologi yang terdapat pada daerah penyelidikan yaitu hanya berupa patahan turun yang disebabkan oleh adanya tekanan yang berpengaruh terhadap sedimentasi yang berumur Tersier, berupa jalur patahan yang berarah baratlaut – tenggara, seperti yang terlihat pada bagian utara di daerah penyelidikan, yang mana terdapat blok bagian yang relatif bergerak ke atas (Up) dan blok bagian yang relatif bergerak ke bawah (Down) dari Formasi Talangakar. Struktur lipatan yang berupa antiklin utama yang sumbu utamanya hampir berimpit dengan sumbu patahan turun, yang juga berarah baratlaut – tenggara, dan terlipat sangat lemah, sehingga hanya dijumpai kemiringan lapisan batuan yang sangat landai, yaitu dengan kemiringan lapisan batuan rata-rata sebesar 5 derajat.

Potensi Bitumen Padat di Lapangan.

Penyelidikan terutama difokuskan terhadap satuan batuan yang menyerpih atau berlapis tipis, yang tersebar sedikit pada bagian utara daerah penyelidikan, terutama pada Formasi Talangakar, walaupun tidak mengabaikan penyelidikan terhadap formasi atau satuan batuan lainnya yang berpotensi mengandung bitumen padat. Namun pengamatan lapangan

menunjukkan bahwa yang berpotensi mengandung bitumen padat hanya pada satuan batulanau berlapis tipis pada Formasi Talangakar. Singkapan satuan batulanau dari Formasi Talangakar umumnya didominasi oleh batuan klastik sedang yaitu berupa batupasir lanauan dengan sisipan batulanau berlapis dan menyerpih, di beberapa tempat beraroma minyak tanah, berwarna abu abu kecokelatan sampai kehitaman. Singkapan lainnya adalah batuan dari Formasi Gumai, tidak banyak tersingkap dan hanya berupa lapisan batulempung abu abu keputihan yang rapuh. Sedangkan singkapan batuan dari Formasi Air Benakat tersebar cukup luas pada bagian selatan daerah penyelidikan yang didominasi oleh endapan batulempung abu-abu kehijauan, kenyal dan masif.

Satuan serpih batulanau dari Formasi Talangakar tersingkap di bagian utara daerah penyelidikan, penyebarannya memanjang berarah relatif baratlaut – tenggara hampir searah dengan sumbu antiklin dan zona patahan utama di daerah tersebut. Satuan ini relatif kurang resisten terhadap erosi dan pelapukan sehingga singkapan-singkapan lebih sering muncul pada tebing-tebing bukit yang terjal. Liotologi satuan ini terdiri atas perselingan serpih batulanau dan batupasir berbutir halus – sedang, setempat mengandung batulempung karbonan. Kedudukan lapisan mengikuti pola antiklin utama yaitu sayap utara dan selatan relatif lebih landai dengan kemiringan sayap sekitar 5 derajat, sekaligus sumbu antiklin tersebut adalah berhimpitan dengan zona patahan normal, yaitu blok pada bagian utara relatif lebih turun dari pada blok bagian selatan. Pengamatan pada lintasan bukit maupun jalan setapak tampak bahwa komposisi struk-

tur sedimen bitumen padat tersebut sangat bervariasi, dari mulai bagian bawah berupa lapisan batupasir halus, kemudian berupa laminasi selang seling batupasir halus dengan batulanau yang menyerpih, kemudian berupa laminasi-laminasi tipis antara batulanau lempungan dengan batulempung karbonan dengan ketebalan beberapa meter saja.

Sebagian data lapangan yang harus diperhatikan yang berkaitan dengan potensi endapan bitumen padat di daerah penyelidikan umumnya berupa batuan yang berbutir halus menyerpih dengan kemiringan rata-rata sekitar 5 derajat. Uraian lokasi lokasi singkapan batuan yang ditemukan di lapangan adalah sebagai berikut :

1. Lokasi PB-01 terdapat di tebing jalan utama Desa Tanjunglaut, pada bagian baratlaut daerah penyelidikan. Singkapan batuan terdiri dari batulanau berlapis, pasiran, berwarna cokelat tua kemerahan, gelap, interlaminasi halus dengan batulempung karbonan, berbau minyak, berwarna hitam, kusam, tebal bitumen sekitar 3 meter. Bagian bawah singkapan batuan terdiri dari lapisan batulempung karbonan, sisipan batupasir cokelat tua, berbau minyak, tebal lebih dari 1 meter, ditindih lapisan batulempung karbonan, dengan sisipan batupasir cokelat tua, berbau minyak, tebal lebih dari 1 meter. Kemudian ditindih lapisan batulempung karbonan, sisipan batupasir cokelat tua, berbau minyak, tebal sekitar 1 meter. Bagian atas berupa soil pasiran, tebal sekitar 1,5 meter. Diperkirakan satuan batuan tersebut termasuk dalam satuan batuan dari Formasi Talangakar.
2. Lokasi PB-02 terdapat di Dusun Kampungan, pada bagian baratlaut daerah penyelidikan

ditemukan singkapan berupa lelehan aspal, berwarna hitam mengkilat, letak singkapan menyebar memanjang, luas singkapan sekitar 300 m², diperkirakan merupakan zona patahan normal (Turun) pada Formasi Talangakar.

3. Lokasi PB-03 terdapat di tebing jalan utama Desa Meranti, pada bagian baratlaut daerah penyelidikan. Singkapan batuan terdiri dari batulanau berlapis, pasiran, berwarna cokelat tua kemerahan, dengan lapisan batulempung karbonan, berbau minyak, berwarna hitam, kusam., tebal lapisan bitumen sekitar 3 meter. Bagian bawah singkapan batuan terdiri dari lapisan batupasir halus, tebal lebih dari 1 meter, ditindih dengan lapisan batulempung karbonan, berbau minyak, abu-abu tua, tebal sekitar 2,5 selanjutnya ditindih batulempung lanauan abu-abu, berbau minyak, berlapis, tebal 0,5 meter. Pada bagian atas ditutup dengan soil pasiran sekitar 2 meter. Diperkirakan satuan batuan tersebut termasuk dalam satuan batuan dari Formasi Talangakar.

4. Lokasi PB-04 terdapat di Desa Meranti, di kebon kosong pada bagian baratlaut daerah penyelidikan, berupa singkapan lelehan aspal. Luas singkapan sekitar 600 m², berwarna hitam mengkilat, posisi singkapan menyebar memanjang, diperkirakan merupakan zona patahan normal pada Formasi Talangakar.

5. Lokasi PB-05 terdapat di tebing kebun di Desa Tanjunglaut, pada bagian baratlaut daerah penyelidikan, terdapat singkapan batuan terdiri dari batulanau berlapis, pasiran, berwarna cokelat tua kemerahan, berbau minyak, tebal lapisan bitumen sekitar 1,5 meter. Bagian bawah singkapan batuan terdiri dari batulanau

pasiran berlapis, berwarna cokelat tua kemerahan, berbau minyak, tebal sekitar 1,5 meter. Bagian atas ditutupi oleh soil pasiran sekitar 0,5 meter. Diperkirakan satuan batuan tersebut termasuk dalam satuan batuan dari Formasi Talangakar.

6. Lokasi PB-06 terdapat di kebun kelapa sawit di Desa Mahadip, pada bagian utara daerah penyelidikan. Terdiri dari singkapan batulanau berlapis, pasiran, berwarna cokelat tua kemerahan, berlapis, tebal singkapan lebih besar dari 1 meter, bagian atas berupa soil pasiran menindih batulanau pasiran berlapis, berwarna cokelat tua. Diperkirakan satuan batuan tersebut termasuk dalam satuan batuan dari Formasi Talangakar.

7. Lokasi PB-07 terdapat di bagian timur Desa Biuku, pada bagian tengah daerah penyelidikan, terdiri dari singkapan batulempung putih kekuningan, berlapis. Tebal singkapan lebih besar dari 0,7 meter, bagian atas berupa soil pasiran menindih batulempung berlapis, berwarna putih kekuningan. yang diperkirakan termasuk dalam satuan batuan dari Formasi Gumai.

8. Lokasi PB-08 terdapat di desa Seteria, pada bagian tengah daerah penyelidikan. Terdiri dari singkapan batulempung abu-abu gelap kehijauan, masif, tebal singkapan lebih besar dari 1,5 meter, yang diperkirakan termasuk dalam satuan batuan dari Formasi Airbenakat.

9. Lokasi PB-09 terdapat di tebing jalan simpang kompleks kantor kabupaten, pada bagian tengah daerah penyelidikan. Terdiri dari singkapan batulempung abu-abu gelap kehijauan,

masif, tebal singkapan lebih besar dari 1 meter, yang diperkirakan termasuk dalam satuan batuan dari Formasi Airbenakat.

10. Lokasi PB-10 terdapat di desa Rimboalai, pada bagian selatan daerah penyelidikan. Terdiri dari singkapan batulempung abu-abu gelap kehijauan, masif, tebal singkapan lebih besar dari 1,5 meter, yang diperkirakan termasuk dalam satuan batuan dari Formasi Airbenakat.

11. Lokasi PB-11 terdapat di tebing jalan kompleks kantor kabupaten, pada bagian selatan daerah penyelidikan, ditemukan singkapan batulempung abu-abu gelap kehijauan, masif, tebal singkapan lebih besar dari 1 meter, yang diperkirakan termasuk dalam satuan batuan dari Formasi Airbenakat.

12. Lokasi PB-12 terdapat di anak sungai daerah simpang bengkuang, Desa Lubuk Lancang, pada bagian barat daerah penyelidikan. Terdiri dari singkapan batulempung abu-abu keputihan kehijauan, masif, tebal singkapan lebih besar dari 1,5 meter, yang diperkirakan termasuk dalam satuan batuan dari Formasi Airbenakat.

13. Pada lokasi PB-13 terdapat bekas pemboran minyak dari PT Medco Energi yang tidak berproduksi di Desa Bengkuang.

14. Pada lokasi PB-14 terdapat rembasan minyak dari eks sumur minyak yang ditimba oleh penduduk di Desa Sungai Angit, yang terletak diluar daerah penyelidikan, yaitu sekitar 100 Km sebelah barat daerah penyelidikan

Kualitas Bitumen Padat.

Pengambilan contoh batuan dilakukan terhadap conto singkapan batulanau karbonan dan batulempung karbonan dari Formasi Talangakar dan sebagian Formasi Airbenakat. Analisis dilakukan untuk mengetahui karakteristik, kualitas dan potensi bitumen padat. Analisis yang dilakukan terdiri dari analisis kandungan bitumen, meliputi analisis petrografi organik dan retort. Analisis petrografi organik dilakukan untuk mengetahui tipe kandungan organik yang terkandung di dalam batuan, termasuk jenis dan kelimpahannya. Tingkat kematangan batuan diperoleh dari hasil analisis petrografi organik berdasarkan nilai reflektansi maseral vitrinit. Banyaknya kandungan minyak di dalam batuan dapat diketahui berdasarkan analisis retort. Bila hasilnya *Excellent*, maka sebaiknya dilengkapi juga dengan analisis geokimia yang dilakukan untuk mendukung evaluasi potensi hidrokarbon, terutama untuk mengetahui jumlah, tipe kerogen dan tingkat kematangan batuan induk melalui analisis kandungan TOC dan pirolisis Rock-Eval. Conto batulempung karbonan dan batulanau karbonan dari Formasi Talangakar yang diambil dari singkapan dianggap dapat mewakili kualitas kandungan bitumen. Selanjutnya dilakukan analisis GC dan GCMS, yaitu untuk melihat korelasi antara fraksinasi batuan berbitumen dari Formasi Talangakar terhadap lelehan aspal dan rembasan minyak, apakah dari satu sumber atau bukan. Contoh batuan, aspal dan rembasan minyak pada lokasi singkapan yang dianalisis di laboratorium yaitu seperti tertera pada Tabel 5 sebagai berikut :

Analisis Retort dan Petrografi Organik

Hasil proses pengujian kualitas bitumen padat yang dilakukan di laboratorium Pengujian Kimia-Fisika Mineral dan Batubara, Pusat Sumber Daya Geologi menunjukkan bahwa, dari empat conto batuan serpih lanauan yang diuji dengan analisa *Retort Extraction*, yaitu PB-01, PB-03, PB-05 dan PB-09 mengandung minyak masing-masing 10 liter/ton, 10 liter/ton, 20 liter/ton dan 10 liter/ton. Diperkirakan bahwa lapisan batuan dari Formasi Talangakar mengandung bitumen yang harus diselidiki lebih lanjut. Hasil pengujian retort tersebut disajikan dalam tabel sebagai berikut.

Hasil analisis petrografi batuan contoh PB-01, PB-03, PB-05 dan PB-09 memperlihatkan bahwa yang berhasil dianalisis hanya pada contoh batuan PB-01 dan PB-03 saja, yang menunjukkan bahwa jumlah Vitrinitnya 'Sparse' yaitu hanya sekitar 0,10% sampai 0,49 %, dengan Reflektan rata-rata sekitar 0,33% sampai 0,40%, hal ini menunjukkan bahwa kandungan material organik pada conto batuan sangat sedikit, dengan tingkat kematangan batuan '*Maturity*' yang masih rendah atau belum matang. Maka kondisi conto batuan dari Formasi Talangakar di daerah penyelidikan tersebut jarang terdapat adanya kandungan bahan organik Vitrinit dengan peringkat kematangan yang masih '*Immature*'

Analisis TOC dan Pirolisis Rock Eval.

Evaluasi potensi batuan bitumen dari 2 conto batuan permukaan Formasi Talangakar, Cekungan Sumatera Selatan, ditampilkan pada data hasil analisis Total Karbon Organik dan Pirolisis

sis Rock Eval dalam Tabel 2 dan pada Gambar 3 sampai dengan 6, yang menunjukkan bahwa kedua conto batuan permukaan Formasi Talangakar, mengandung karbon organik dengan kualitas sangat bagus (2,12% dan 3,15%). Analisis pirolisis terhadap kedua conto batuan menghasilkan nilai S_2 sedang sampai sangat bagus, masing-masing untuk conto batuan PB-03 dan PB-01 (3,37 mg/g dan 6,21 mg/g). Akan tetapi rasio hidrokarbon bebas (S1) terhadap kerogen (S2) adalah sangat tinggi ($OPI > 0,2$ mg/g) yang berarti memberikan indikasi bahwa kandungan hidrokarbon dalam conto batuan bukan berasal dari bahan organik terkandung saja, dengan kata lain berasal dari luar conto batuan.

Hasil analisis pirolisis 2 conto batuan Formasi Talangakar yang, memperlihatkan bahwa kedua conto batuan tersebut menghasilkan hidrokarbon dalam bentuk gas (C1 – C5) sebanyak 37,84% - 46,33% dan minyak C6+ sebesar 54% - 62%. Adapun plotting dari komposisi hasil pirolisis (Gambar 6), menunjukkan dengan jelas bahwa conto batuan PB-01 mengandung kerogen tipe II sampai III, yang berpotensi sebagai penghasil minyak dan gas, sedangkan kerogen inertinitik pada conto batuan PB-03 kecil kemungkinan menghasilkan hidrokarbon yang ekonomis.

Hasil analisis pirolisis rock eval residu aspal dari conto PB-04 menunjukkan komposisi hidrokarbon bebas (S1) dan padatan (S2) dengan perbandingan 40 : 60, menunjukkan bahwa aspal residu tersebut masih berpotensi menghasilkan minyak dalam jumlah yang ekonomis.

Analisis Ekstraksi, GC dan GCMS.

Ekstraksi dilakukan terhadap conto batuan PB-03 dengan hasil yang menunjukkan nilai sangat tinggi seperti terlihat dari jumlah EOM yang besar (> 10.000 ppm) pada Tabel 3

Akan tetapi seperti halnya data hasil pirolisis rock eval, jumlah EOM yang sangat tinggi tersebut lebih dimungkinkan karena adanya kontribusi hidrokarbon dari luar (Kontaminasi). Komposisi fluida terlarut pada conto batuan PB-03, residu aspal PB-04 dan minyak rembasan PB-14, menunjukkan potensi hidrokarbon terkandung lebih dari 55%, sehingga dapat bernilai ekonomis bila didapat dalam jumlah cadangan yang sangat besar.

Data sidikjari diperoleh dari hasil analisis kromatografi gas dan kromatografi gas spektrometri masa dengan fokus pada senyawa n-alkana, biomarker sterana dan triterpana. Analisis kromatografi gas dilakukan pada hidrokarbon yang terkandung di dalam conto batuan PB-03, aspal PB-04 dan minyak rembasan PB-14. Sidikjari kromatogram gas pada ke 3 conto tersebut, hidrokarbon memperlihatkan suatu konfigurasi senyawa senyawa n-alkana yang telah mengalami biodegradasi (Gambar 8). Penampilan sidikjari tersebut semakin membuktikan bahwa fluida terlarut dalam ekstrak batuan PB-03, bukan murni berasal dari kerogen terkandung (no-indigenous). Keberadaan senyawa-senyawa isoprenoid pada ke 3 conto menunjukkan proses biodegradasi belum berlangsung intensif (level 2-3), sehingga observasi terhadap senyawa-senyawa biomarker masih layak untuk dilakukan. Analisis biomarker dilakukan pada conto aspal PB-04 dan minyak

PB-14 dari fraksi saturat maupun aromatik.

Sterana (m/z 217).

Analisis GCMS fraksi saturat pada conto aspal PB-04 menunjukkan distribusi biomarker sterana dengan komposisi interferensi senyawa-senyawa resin bikardinan (R) yang sangat dominan. Keberadaan senyawa-senyawa tersebut menunjukkan kontribusi tinggi dari tumbuhan darat terutama dari spesies *dipterocarpaceae* yang menghasilkan getah damar. Senyawa biomarker dengan komposisi $C_{29} > C_{28} < C_{27}$, memberikan indikasi adanya kontribusi bahan organik asal tumbuhan darat yang sangat dominan. Pada conto minyak rembasan PB-14, biomarker sterana lebih didominasi oleh senyawa-senyawa diasterena dan juga interferensi unsur-unsur resin bikardinan (R). Keberadaan senyawa-senyawa diasterena yang cukup dominan menunjukkan bahwa batuan sumber minyak diendapkan pada lingkungan yang kaya dengan mineral lempung. Komposisi sterana menunjukkan $C_{29} > C_{28} < C_{27}$ yang memberikan indikasi asal bahan organik campuran antara ganggang dan tumbuhan darat. Plotting data komposisi sterana (Gambar 7) menunjukkan lingkungan pengendapan yang berasosiasi terestrial pada conto aspal PB-04 dan pada lingkungan akuatik pada minyak rembasan PB-14.

Triterpana (m/z 191).

Biomarker triterpana pada conto aspal PB-04 dan minyak rembasan PB-14 memperlihatkan dominasi kuat senyawa-senyawa asal tumbuhan darat yang terdeteksi sebagai kelompok tetrasiklik, C_{30} terpana, resin bikardinan (R),

oleanan (OL) dan taraksastan (Tx), (Gambar 9,10). Kesamaan antara conto aspal dan minyak rembasan ditunjukkan oleh konfigurasi C_{24} Tetrasiklik yang lebih kecil dari C_{23} Trisiklik yang diekspresikan dengan rasio $C_{24}Te/C_{23}T$ masing-masing 0,66 dan 0,39 untuk aspal PB-04 dan minyak rembasan PB-14.

Kematangan Termal.

Tingkat kematangan termal dari hidrokarbon terkandung dalam aspal PB-04 dan minyak rembasan PB-14 ditentukan dengan menggunakan parameter-parameter dari fraksi saturat maupun aromatik. Karena kandungan senyawa resin bikardinan cukup melimpah, maka kematangan termal dari rasio BMI merupakan yang terbaik diaplikasikan karena senyawa-senyawa tersebut sangat resisten terhadap proses biodegradasi dan mampu tetap muncul pada tingkat kematangan termal tinggi. Data kematangan termal yang diperoleh menunjukkan bahwa baik aspal PB-04 maupun minyak rembasan PB-14 berasal dari batuan sumber yang telah matang secara termal, pada level mendekati puncak pembentukan minyak bumi, meskipun aspal PB-04 terlihat sedikit lebih matang. Hal ini ditunjukkan oleh rasio-rasio 20S/20R C_{29} Sterana (0,43 – 0,54), moretana/hopana (0,17 – 0,21), indek bikardinan (BMI antara 2,46 – 2,76), dan triaromatik sterana (0,27 – 0,35). Adapun Tmax dari conto batuan PB-01 dan PB-03 hanya 416°C dan 396°C sehingga dikategorikan *immature*, karena menurut Peter (1993) kematangan terjadi pada temperatur 435°C keatas.

Hubungan Bitumen Padat Terhadap Aspal dan Rembasan Minyak.

Hubungan antara bitumen padat yang terdapat pada Formasi Talangakar dan Formasi Airbenakat terhadap rembasan minyak dan aspal, pada tahap awal sudah dapat diketahui dari hasil analisis retort dan petrografi batuan, yang mana hasilnya menunjukkan bahwa conto bitumen padat dari Formasi Talangakar dan Formasi Airbenakat tidak menunjukkan kandungan bahan organik yang berlimpah dengan tingkat kematangan yang masih '*Immature*', sedangkan dari hasil analisis biomarker contoh aspal dan minyak menunjukkan bahwa tingkat kematangan batuan sumber dari minyak dan aspal adalah cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan hidrokarbon yang terdapat pada batuan singkapan dari Formasi Talangakar, sebagian berasal dari hasil kontaminasi batuan yang ada dibawahnya, hal ini diperkuat juga dengan hasil pirolisis rock eval, bahwasanya rasio hidrokarbon bebas (S1) terhadap kerogen (S2) yang cukup tinggi, yang memberikan indikasi bahwa hidrokarbon dalam conto batuan Formasi Talangakar, bukan berasal dari bahan organik terkandung, melainkan dari hasil kontaminasi, oleh karena itu kandungan organik karbonnya (TOC) juga cukup tinggi. Ada kemungkinan bahwa kandungan minyak yang terdapat pada batuan singkapan Formasi Talangakar tersebut adalah merupakan hasil rembasan dari formasi batuan yang ada dibawahnya. Begitu pula mengenai bitumen padat yang terdapat pada Formasi Airbenakat yaitu berupa batulempung berwarna abu-abu terang yang mengindikasikan bahwa kurangnya akan kandungan bahan organik karbon, maka kandungan minyak yang terdapat pada batuan dari Formasi Airbenakat diperkirakan juga berasal dari rembasan minyak yang terdapat pada Formasi batuan yang terdapat pada bagian bawahnya. Dapat disim-

pulkan bahwa rembasan minyak dan rembasan aspal yang terdapat di sekitar daerah penyelidikan berasal dari formasi batuan yang terdapat pada bagian bawahnya.

Sumber Daya Bitumen Padat.

Penghitungan sumber daya bitumen padat dilakukan terhadap lapisan bitumen padat yang memiliki kandungan minyak dengan kriteria sebagai berikut :

P = Panjang lapisan ke arah jurus dihitung hingga 500 m dari singkapan terluar

L = Lebar lapisan ke arah kemiringan dihitung hingga kedalaman 50 m

T = Ketebalan lapisan dianggap ketebalan singkapan rata-rata

BJ = SG = Berat Jenis bitumen padat diperoleh dari hasil analisis laboratorium

Sumberdaya = $P \times L \times T \times BJ$

Berdasarkan kriteria di atas diperoleh hasil perhitungan sumberdaya bitumen padat di daerah penyelidikan adalah lebih dari 8.418.980 Ton batuan serpih lanauan mengandung minyak yang dikategorikan sebagai sumber daya Tereka. Perhitungan sumber daya ditabulasikan pada Tabel 4.

Sumber Daya Minyak.

Disamping penghitungan sumber daya endapan bitumen padat yang berupa batuan serpih, potensi minyak yang terkandung pada batuan

tersebut dapat dikonversikan sebagai sumber daya minyak (*Hydrocarbon Resources*, HCR), satuannya adalah barrel, dimana 1 barrel setara dengan 159 liter.

Rumus yang dipakai untuk menghitung sumber daya minyak adalah :

$$HCR = OSR \text{ (ton)} \times HC \text{ (liter/ton)} / 159 \text{ barrel}$$

HCR= Hydrocarbon Resources atau sumber daya minyak, barrel. OSR= Oil Shale Resources atau sumber daya bitumen padat, ton. HC= Hydrocarbon Content atau kandungan minyak, liter/ton Dalam penghitungan sumber daya minyak yang terkandung dalam batuan serpih harus dinyatakan pada kondisi kandungan airnya (*moisture*) adalah nol atau dalam istilah lain dinyatakan sebagai *LTOM* atau *Liters per Tonne at zero Moisture*, dimaksudkan agar kandungan minyak dalam setiap endapan bitumen padat dihitung pada kondisi yang standar sehingga mudah membandingkannya untuk setiap lapisan, antar suatu formasi batuan atau antar Cekungan pengendapan.

Rumus untuk mendapatkan nilai LTOM adalah :
 $LTOM = [100 \times HC \text{ (ar)}] : [100 - MC \text{ (ar)}]$.

LTOM = *Liters per Tonne at Zero Moisture*, kandungan minyak pada nol persen air, liter/ton. HC= *Hydrocarbon Content*, kandungan minyak, liter/ton. MC= *Moisture Content*, Kandungan air, dari liter/ton dikonversikan ke dalam persentase berat.

Maka di daerah ini dengan tingkat penyelidikan pendahuluan yang dilakukan terdapat sumber daya minyak minimal sebesar 3.342.848 barrel

(Tabel 5).

Prospek Pemanfaatan dan Pengembangan Bitumen Padat.

Berdasarkan beberapa kriteria, antara lain mengenai ketebalan lapisan, kedudukan lapisan, penyebaran lapisan dan kandungan minyak, daerah Pangkalan Balai mempunyai potensi menghasilkan endapan bitumen yang sangat prospek untuk dikembangkan dengan penyelidikan lebih lanjut yaitu dengan metoda pemboran singkapan atau *outcrop drilling* dan pemetaan singkapan dengan pengambilan conto batuan yang lebih rinci. Pemboran difokuskan untuk melacak penyebaran formasi batuan yang mengandung minyak dari Formasi Talang akar bagian bawah dan Formasi Lahat/Lakat (kalau ada). Pemboran akan dapat mengetahui urutan vertikal lebih rinci dari litologi serpih dan komposisi bitumen serta dapat mengetahui batas-batas atas dan bawah dari lapisan serpih secara lebih jelas karena pada beberapa singkapan batas-batas ini umumnya sulit ditentukan karena faktor posisi singkapan batuan yang sangat landai dan hampir datar serta terendam di bawah permukaan air sungai atau pelapukan yang cukup kuat, sehingga sangat sulit untuk menemukan singkapan.

Pengamatan atas conto inti bor akan memberikan informasi yang lebih baik dan rinci dari komposisi serpih dari suatu sekuen tertentu, disamping itu hasil analisis laboratorium dari conto inti bor akan lebih akurat dan representatif karena conto ini relatif lebih segar dan terlindung dari kontaminasi udara atau oksidasi. Pemetaan geologi permukaan yang lebih rinci dimaksudkan agar lebih merapatkan

data singkapan batuan di permukaan sehingga menghasilkan identifikasi penafsiran jumlah lapisan yang lebih baik dan korelasi yang lebih akurat, kemungkinan besar akan ditemukannya lapisan-lapisan bitumen lain yang lebih prospek dengan hasil pengamatan yang lebih teliti atas fenomena geologi lainnya seperti struktur dsb.

KESIMPULAN DAN SARAN.

Kesimpulan yang dapat diambil pada penyelidikan ini adalah sebagai berikut :

1. Secara geologi, daerah penyelidikan masuk kedalam Cekungan Sumatera Selatan.
2. Stratigrafi daerah penyelidikan dari tua kemuda pada batuan Tersier yaitu Formasi Talangakar, Gumai, Airbenakat, dan Formasi Muaraenim, dengan kemiringan singkapan batuan yang sangat landai.
3. Terdapat 4 (empat) lapisan batuan ber-bitumen yang mengandung minyak yang dinamakan masing-masing lapisan A-F.Ta, B-F. Ta, C-F.Ta dari Formasi Talangakar, dan lapisan A-F.Ab dari Formasi Airbenakat. Dari hasil analisis *retort extraction* dan petrografi organik keempat lapisan ini memiliki kandungan minyak masing-masing 10, 10, 20 dan 10 liter/ton, dengan kandungan bahan organik yang sangat tersebar (Sparse) dan mempunyai tingkat kematangan yang dikategorikan *Immature* (belum matang).
4. Hasil analisis TOC dan pirolisis rock eval menunjukkan bahwa rasio kandungan hidro-

karbon bebas (S1) terhadap kerogen (S2) sangat tinggi, yang mengindikasikan bahwa hidrokarbon yang terkandung dalam conto batuan Formasi Talangakar bukan berasal dari bahan organik terkandung. Besar kemungkinan akibat adanya kontaminasi hidrokarbon dari batuan yang ada di bawahnya, dan diperkirakan bahwa rembasan minyak serta aspal dipermukaan berasal dari formasi batuan yang berbeda lingkungan pengendapannya. Hasil sidikjari kromatogram gas pada ke tiga conto (Batuan PB-03, aspal PB-04 dan minyak rembasan PB-14), hidrokarbon memperlihatkan suatu konfigurasi senyawa-senyawa n-alkana yang telah mengalami biodegradasi dan masih belum berlangsung secara intensif (level 2-3).

5. Jumlah sumber daya dari 4 singkapan bitumen padat tersebut adalah lebih dari **8.418.980 Ton**, sedangkan jumlah sumberdaya minyak berdasarkan perhitungan *Liters per Tonne at Zero Moisture*, atau kandungan minyak pada nol persen moisture, minimal sebesar **3.342.848 Barrel**.

6. Bitumen padat di daerah ini dapat berpotensi ekonomis, maka disarankan untuk menindaklanjuti eksplorasi di sekitar daerah Pangkalan Balai dengan melaksanakan penyelidikan lebih lanjut yaitu menggunakan metoda pemboran singkapan batuan pada Formasi Talangakar (*Outcrops drilling*) dan pemetaan serta pengambilan conto batuan yang lebih detil dan lebih rinci dengan biaya analisis conto batuan yang cukup.

DAFTAR PUSTAKA

De Coster G.L, 1974; The Geology of The Central and South Sumatera Basin, Proceeding IPA, Third Annual Convention. Jakarta.

Gafoer S., Burhan G., dan Purnomo J., 1995, Peta Geologi Lembar Palembang, Sumatera Selatan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Herman Darman and Hasan Sidi F, 2000, The Geology of Indonesia, Indonesian Association of Geologists, Jakarta.

Hunt J.M. 1996, Petroleum Geochemistry and Geology 2nd edition. 743 p, Freeman San Francisco.

Hutton, A.C., 1987, Petrographic Classification of Oil Shale, International Journal of Coal Geology, p. 203-231, Amsterdam.

Hutton, A.C., Kanstler, A.J., Cook, A.C., 1980,

Organic Matter in Oil Shales, APEA Journal, vol. 20, p 44-62, University of Wollongong, N.S.W., Australia.

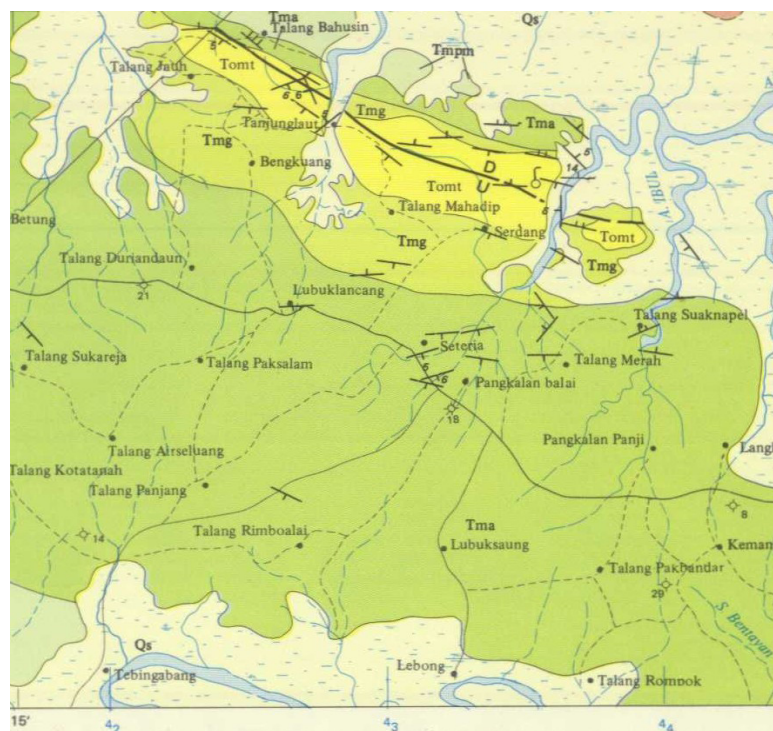
Mark P.; Stratigraphic Lexicon of Indonesia, Publikasi Keilmuan Seri Geologi, Pusat Jawa-tan Geologi, Bandung.

Peters K.E. and Moldovan J.M., 1993. The Bio-marker Guide, Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and ancient Sediments, 363 p, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.

Teh Fu Yen and George V. Chilingarian.;1976, Introduction to Oil Shale, Developments in Petroleum Science Vol 5, Amsterdam.



Gambar 1. Peta Index Lokasi Daerah Penyelidikan, di Daerah Pangkalan Balai dan Sekitarnya, Kab. Banyuasin, Propinsi Sumatera Selatan.



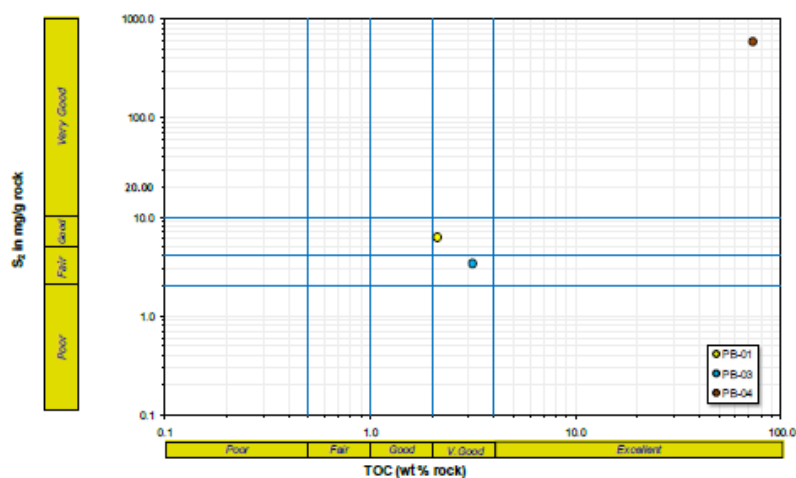
Gambar 2. Peta Geologi Daerah Penyelidikan Pada Sebagian Peta Geologi Lembar Palembang (P3G, 1995).

Qs : Endapan rawa **Tma** : Formasi Airbenakat
Tmpm : Formasi Muaraenim

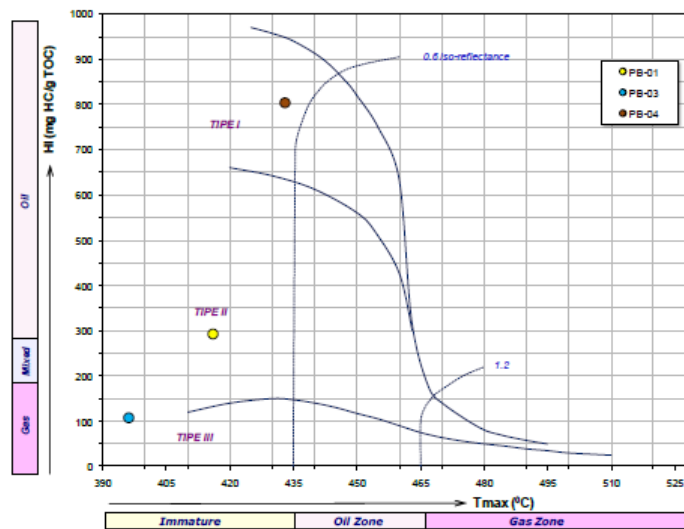
Tomt : Formasi Talangakar.
Tmg : Formasi Gumai.

Tabel 1. Stratigrafi Lokal di Daerah Penyelidikan (P3G, 1995).

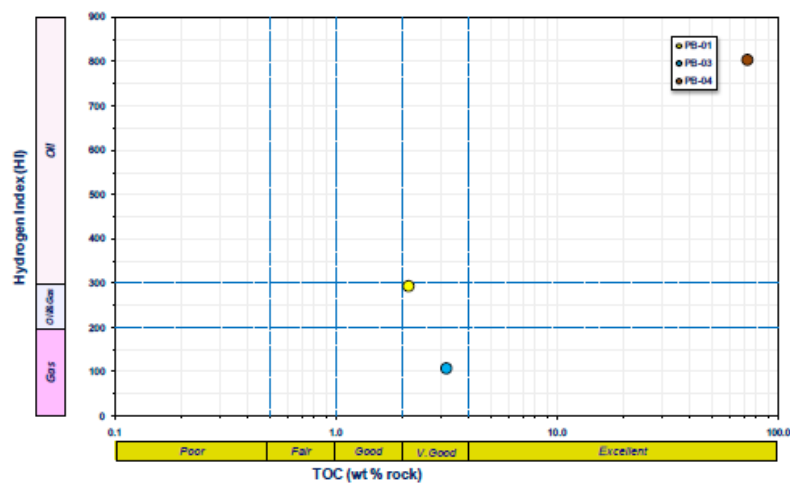
Zaman	Kala		Formasi	Keterangan	Endapan
Kwartar	Holosen		Aluvial (Qs)	Lumpur, lanau dan pasir tufaan.	Darat
	Plistosen			Jeda Waktu	
Tersier	Pliosen				
	Miosen	Akhir	Muaraenim (Tmpm)	Bt.lempung, bt.lanau tufaan dng sisipan lapisan batubara tebal.	Lakustrin
		Tengah	Airbenakat (Tma)	Selingan bt.lempung, serpih dan bt.lanau, sisipan tipis batupasir.	Neritik
		Awal	Gumai (Tmg)	Bt.lempung, serpih dng sisipan bt.pasir halus, lanau gampingan.	Laut terbuka
	Oligosen		Talangakar (Tomt)	Bt.pasir kuarsa sisip bt,lempung karbonan, serpih, bt.bara tipis.	Darat Laut dangkal



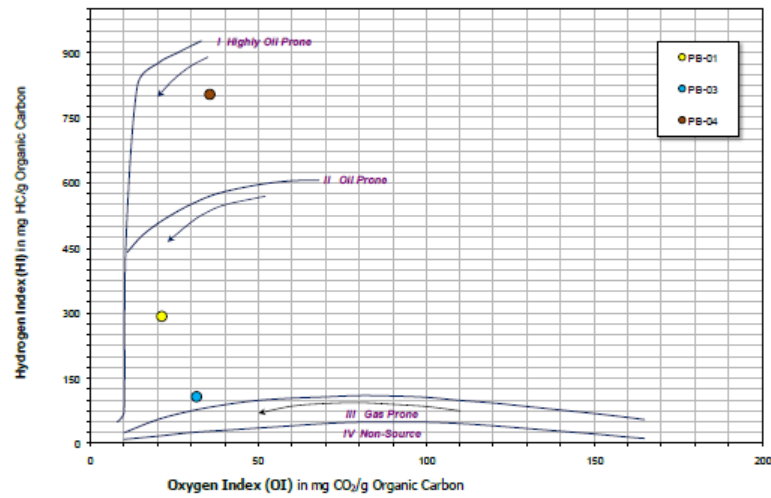
Gambar 3. Diagram Total Karbon Organik (TOC) terhadap Kelimpahan Bahan Organik (S2) dari Contoh Batuan Formasi Talangakar dan Lelehan Aspal.



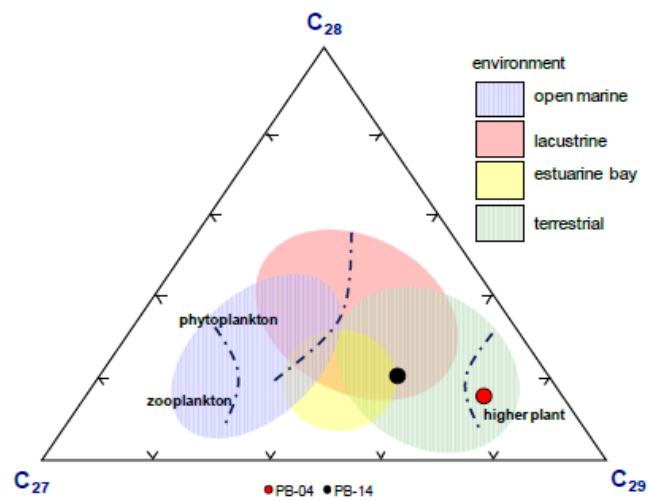
Gambar 4. Diagram Temperatur Maksimum (Tmax) terhadap Kandungan Hidrogen (HI) dari Conto Batuan Formasi Talangakar dan Lelehan Aspal.



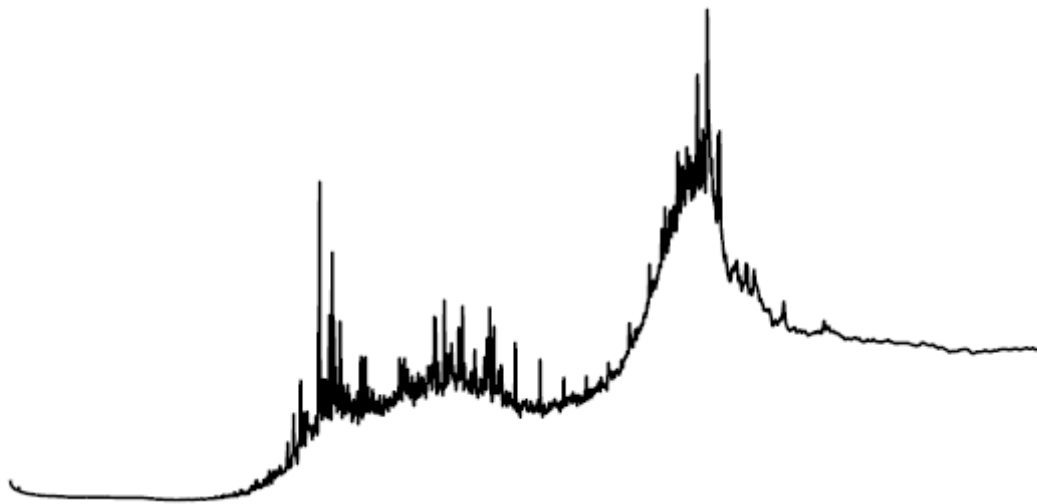
Gambar 5. Diagram Total Karbon Organik (TOC) terhadap Kandungan Hidrogen (HI) dari Conto Batuan Formasi Talangakar dan Lelehan Aspal.



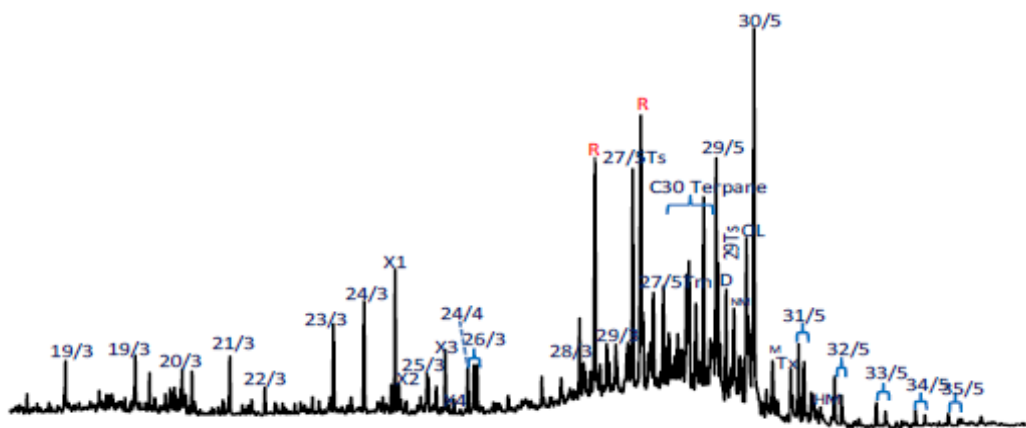
Gambar 6. Diagram Oxygen Indeks (OI) terhadap Kandungan Hidrogen (HI) dari Conto Batuan Formasi Talangakar dan Lelehan Aspal.



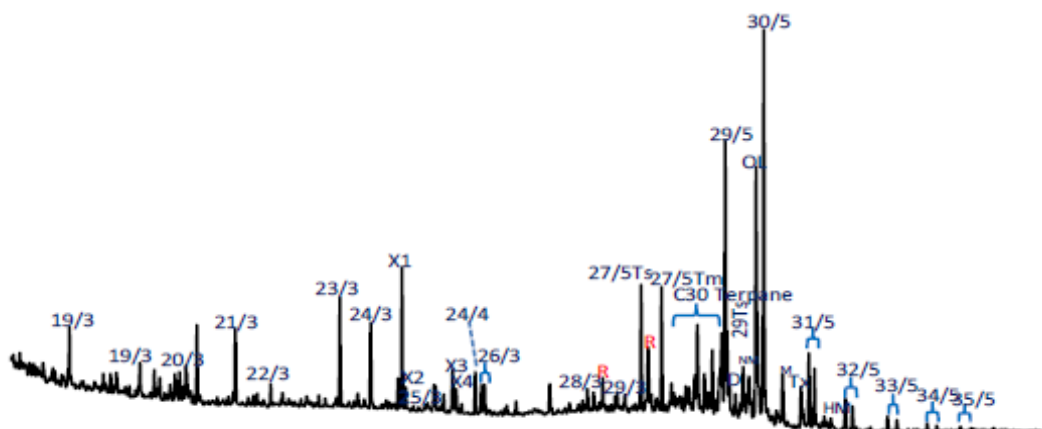
Gambar 7. Diagram Komposisi Sterana, antara C₂₇, C₂₈, C₂₉.



Gambar 8. Sidikjari Ion Kromatogram Gas Conto Ekstrak Batuan PB-03.



Gambar 9. Sidikjari Ion Kromatogram Triterpana (m/z 191) Conto Aspal PB-04.



Gambar 10. Sidikjari Ion Kromatogram Triterpana (m/z 191) Conto Minyak PB-14.

Tabel 2. Hasil Analisis Rock Eval dan Kandungan TOC

ROCK-EVAL PYROLYSIS AND TOC CONTENT *										
Sample ID	Lithology	TOC (wt.%)	mg/gm rock			Tmax (°C)	Oil Production Index (OPI)	Potential Yield (S ₁ +S ₂)	Hydrogen Index	Oxygen Index
			S ₁	S ₂	S ₃					
PB-01	Sh, bm-dk/bm	2.12	5.67	6.21	0.45	416	0.48	11.88	293	21
PB-03	Clyst, dkgy/dk/bm-dkgy	3.15	2.27	3.37	1.00	396	0.40	5.64	107	32
** PB-04	Asphalt	72.86	115.26	585.62	25.86	433	0.16	700.88	804	35

S₁ = Free Hydrocarbons
OI Production Index = Transformation Ratio = $S_2/(S_1+S_2)$
S₃ = Pyrolysable Hydrocarbons
Tmax = Temperature of Maximum *S₃*
Hydrogen Index = $(S_2/TOC) \times 100$
S₂ = Organic CO₂
Oxygen Index = $(S_3/TOC) \times 100$

* Pyrolysis by Rock Eval 6; TOC content by Leco Analyzer
 ** Pyrolysis by Rock Eval 8; TOC content by Leco Analyzer

Tabel 3. Data Komposisi Bitumen Hasil Analisis Gas Kromatografi.

BITUMEN COMPOSITION AND GAS CHROMATOGRAPHY DATA														
DIPA PROJECT 2011 - PSDG-BANDUNG - PANGKALAN BALAI AREA														
No.	Age	Fm.	Sample No.	Sample Type	Analyzed Samples	EOM	TOC	Sat.	Aro.	NSO	HC	Extract	HC	
						(ppm)		(% weight)			(ppm)	(mg/g TOC)		
1			PB-03	OC	Clyst, dkgy/dk/bm-dkgy	10,568	3.15	46.03	13.89	40.08	6,332	335	201	BIODEGRADASI
2			PB-04	OS	Asphalt	851,388	72.86	35.78	20.54	43.68	479,502	1,169	658	BIODEGRADASI
3			PB-14	OS	Oil Seep	-	-	61.80	11.33	26.87	-	-	-	BIODEGRADASI

Remarks:
 EOM : (gram bitumen/gm sample x 10³) (ppm)
 TOC : Total Organic Carbon (Nwt)
 Sat : Saturated Fraction
 Aro : Aromatic Fraction
 NSO : Non-petroleum Fraction
 HC : Hydrocarbon
 Pr : Pristane
 Ph : Phytane
 n-C₁₇ : n-Heptacosane
 n-C₁₈ : n-Octacosane
 CPI : Carbon Preference Index
 HC (ppm) : Hydrocarbon (ppm)
 Extract (mg/g TOC) : Extract (mg/g TOC)
 HC (mg/g TOC) : Hydrocarbon (mg/g TOC)
 Biodegraded : Biodegraded

Tabel 4. Penghitungan Sumber Daya Tereka Bitumen Padat.

Lapisan	Singkapan Acuan	Panjang Lapisan (m)	Lebar lapisan (m)	Tebal lapisan (m)	Berat Jenis	Sumber Daya (ton)
A - F.Ta	PB-03	1000	573,5	3,0	2,12	3.647.460
B - F.Ta	PB-01	1000	573,5	3,0	1,50	2.580.750
C - F.Ta	PB-05	1000	573,5	1,5	1,30	1.118.325
A - F.Ab	PB-09	1000	573,5	1,0	1,87	1.072.445
Sumber Daya Total						8.418.980

Tabel 5. Sumber Daya Minyak Tereka Dalam Batuan Pada Tiap Lapisan.

Lapisan	Sumber Daya Bitu. (ton)	Kandungan Minyak (l/ton)-ar	Kandungan Air (%) -ar	LTOM l/ton-	Sumber Daya Minyak (barrel)
A - F.Ta	3.647.460	10	70	33,3	763.902
B - F.Ta	2.580.750	10	90	100,0	1.623.113
C - F.Ta	1.118.325	20	50	40,0	281.339
A - F.Ab	1.072.445	10	90	100,0	674.494
Sumber Daya Minyak Total					3.342.848