

Reanalisis Cekungan Sedimen Tersier Indonesia; Suatu Tantangan dan Harapan untuk Menunjang Perolehan Cadangan Migas Baru di Masa Mendatang

Oleh:

Barlian Yulihanto

SARI

Aktivitas eksplorasi migas pada dua dekade terakhir dapat dikatakan masih sangat terbatas di dalam eksplorasi sedimen Tersier terutama yang berada di Kawasan Barat Indonesia. Lebih jauh lagi dapat diuraikan bahwa target eksplorasi hidrokarbon di cekungan-cekungan tersebut terutama hanya difokuskan pada pencaharian perangkap hidrokarbon struktur pada sedimen yang berumur paling tua Miosen Awal, sedangkan eksplorasi migas pada "hydrocarbon plays" yang baru seperti halnya sedimen Paleogen belum dilakukan secara intensif. Sementara itu di sisi lain, pada kurun dua dekade ini usaha penemuan cadangan migas di cekungan sedimen Indonesia semakin sulit.

Beberapa masalah penyebab sulitnya menemukan cadangan migas baru di Indonesia antara lain karena: kurangnya inovasi di dalam kegiatan eksplorasi, dalam arti program eksplorasi hanya difokuskan hanya pada target ataupun objektif reservoir yang sudah diketahui. Usaha penemuan hydrocarbon plays baru baik pada cekungan sedimen mature maupun frontier tidak begitu intens. Penerapan konsep-konsep eksplorasi migas baru yang digunakan di Indonesia relatif jauh tertinggal dibandingkan dengan yang digunakan di kawasan lainnya di dunia.

Usaha penemuan cadangan minyak dimasa mendatang pada cekungan yang sudah terbukti mengandung hidrokarbon dapat dilakukan dengan melakukan reanalisis cekungan sedimen Tersier. Reanalisis cekungan ini terutama dilakukan pada cekungan sedimen yang diklasifikasikan sebagai mature basin, selain itu juga diusulkan untuk dilakukan pada cekungan sedimen yang bersifat frontier. Beberapa kegiatan yang diusulkan dalam melakukan reanalisis cekungan sedimen Tersier di Indonesia adalah : evaluasi sistem Terban Paleogen, analisis waktu terjadinya tektonik inversi Miosen, evaluasi stratigrafi sekuen endapan Miosen, dan evaluasi batuan karbonat Tersier.

ABSTRACT

Since the last two decades hydrocarbon exploration activities in Indonesia have been mainly concentrated in Tertiary Sedimentary basins of the western Indonesia Region. The exploration campaigns are mainly focused on finding shallow structural trap and targeted on the reservoir sediment of the age not older than Early Miocene, while, the exploration activities for the other new hydrocarbon plays such as Paleogene sediment are not fully expanded. On the other hand, at the same time searching new hydrocarbon reserves are getting more difficult.

Various causes on the difficulty on finding new hydrocarbon reserves in the Indonesia's Tertiary basin are: less of such innovation effort in the exploration activities in the mature basin with meaning most of exploration campaigns are only targeted to the well known reservoir interval not older than Miocene age. Exploration endeavor in either mature or frontier basins. Application of new exploration technologies and concepts are left behind compare to the other part in the world.

Future searching new hydrocarbon reserves in the proven sedimentary basin can be performed by reanalyzing the Tertiary basins in the western Indonesia region either for mature or frontier basins which mainly focused on the Paleogene rift system evaluation, analysis on timing of the Miocene tectonic inversion phase, sequence stratigraphy analysis of the Miocene sediments, and Tertiary carbonate rock evaluation.

Reanalysis Tertiary sedimentary basin in Indonesia can be arranged by an integrating exploration activities of all companies working in selected sedimentary basin which involve Pertamina, Production Sharing Contractors and a national Research and Development Centre for Oil and Gas Technology (Lemigas). All those activities should be supported by an open data management system in order to gain an optimal result.



yang harus dilakukan adalah: melakukan reanalisis cekungan sedimen Tersier Indonesia secara terintegrasi antara Pertamina, KPS, dan lembaga Puslitbang migas nasional (Lemigas), selain itu juga diperlukan kebijakan penggunaan data secara terbuka guna memperoleh hasil yang optimal.

Dalam usaha untuk menemukan cadangan hidrokarbon baru di masa mendatang maka reanalisis cekungan sedimen Tersier di Indonesia adalah suatu hal yang mutlak untuk dilakukan dalam waktu dekat, beberapa hal yang dapat digunakan sebagai catatan

I. PENDAHULUAN

Karakteristik industri migas bersifat strategis, padat modal, padat teknologi, beresiko tinggi, ditemukan di daerah yang sulit dan tak terbarukan. Hal ini perlu disadari karena minyak dan gas bumi sampai saat ini, bahkan untuk masa-masa yang akan datang masih memegang peranan yang penting bagi kelancaran pembangunan nasional dan kemakmuran bangsa kita.

Industri migas bersifat strategis karena sumber energi ini merupakan sumber penerimaan negara (sekitar 35%), sumber devisa langsung, dan sebagai bahan baku industri petrokimia, sehingga diharapkan laju produksi migas harus dapat dipertahankan bahkan ditingkatkan sesuai dengan permintaan yang terus meningkat.

Disisi lain besarnya cadangan migas yang ada sekitar 9,48 miliar barel, sedangkan produksi rata-rata 478,2 juta barel per tahun, jadi hanya cukup untuk sekitar 20 tahun mendatang; bila hanya mengandalkan pengetahuan dan kemampuan teknologi yang dimiliki saat sekarang. Untuk itu perlu upaya khusus guna mempertahankan atau menaikkan laju produksi dengan cara menemukan cadangan baru atau meningkatkan perolehan dari cadangan yang telah ada dengan penerapan hasil penelitian dan pengembangan teknologi migas dimasa mendatang. Salah satu strategi yang diusulkan untuk usaha penemuan cadangan migas di masa mendatang adalah dilakukannya suatu reanalisis cekungan sedimen Tersier; yaitu berupa evaluasi ulang cekungan sedimen Tersier dengan menggunakan konsep ilmu kebumihan dan

teknologi eksplorasi yang muktahir, dengan demikian akan didapatkan suatu wawasan baru mengenai potensi hidrokarbon untuk dikembangkan di masa mendatang.

II. AKTIVITAS KEGIATAN EKSPLORASI MIGAS

Kegiatan eksplorasi migas adalah merupakan salah satu kegiatan sangat penting di dalam industri migas, kegiatan tersebut meliputi seluruh aktivitas usaha penemuan hidrokarbon di suatu cekungan sedimen. Secara umum dapat dikatakan bahwa suatu kegiatan eksplorasi migas dapat dikelompokkan ke dalam kegiatan yang membutuhkan dukungan padat teknologi di dalam suatu pengkajian yang melibatkan fenomena alam. Kegiatan eksplorasi migas terutama banyak melibatkan ilmu kebumihan (geosains) yang terdiri atas berbagai disiplin ilmu seperti geologi, geofisika, geokimia dan biostratigrafi yang saling terkait dan membutuhkan suatu keterpaduan untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Kawasan Busur Kepulauan Indonesia secara geologi terdiri atas lebih kurang 60 cekungan sedimen, dari jumlah tersebut baru sekitar 20 cekungan sedimen yang dieksplorasi maupun diproduksi secara intens (Gambar 1). Intensitas aktivitas eksplorasi migas sejauh ini dapat dikatakan masih sangat terbatas di dalam eksplorasi sedimen Tersier terutama yang berada di Kawasan Barat Indonesia. Lebih jauh lagi dapat diuraikan bahwa target eksplorasi hidrokarbon di cekungan-cekungan tersebut terutama hanya difokuskan pada pencaharian perangkap hidrokarbon struktur pada sedimen

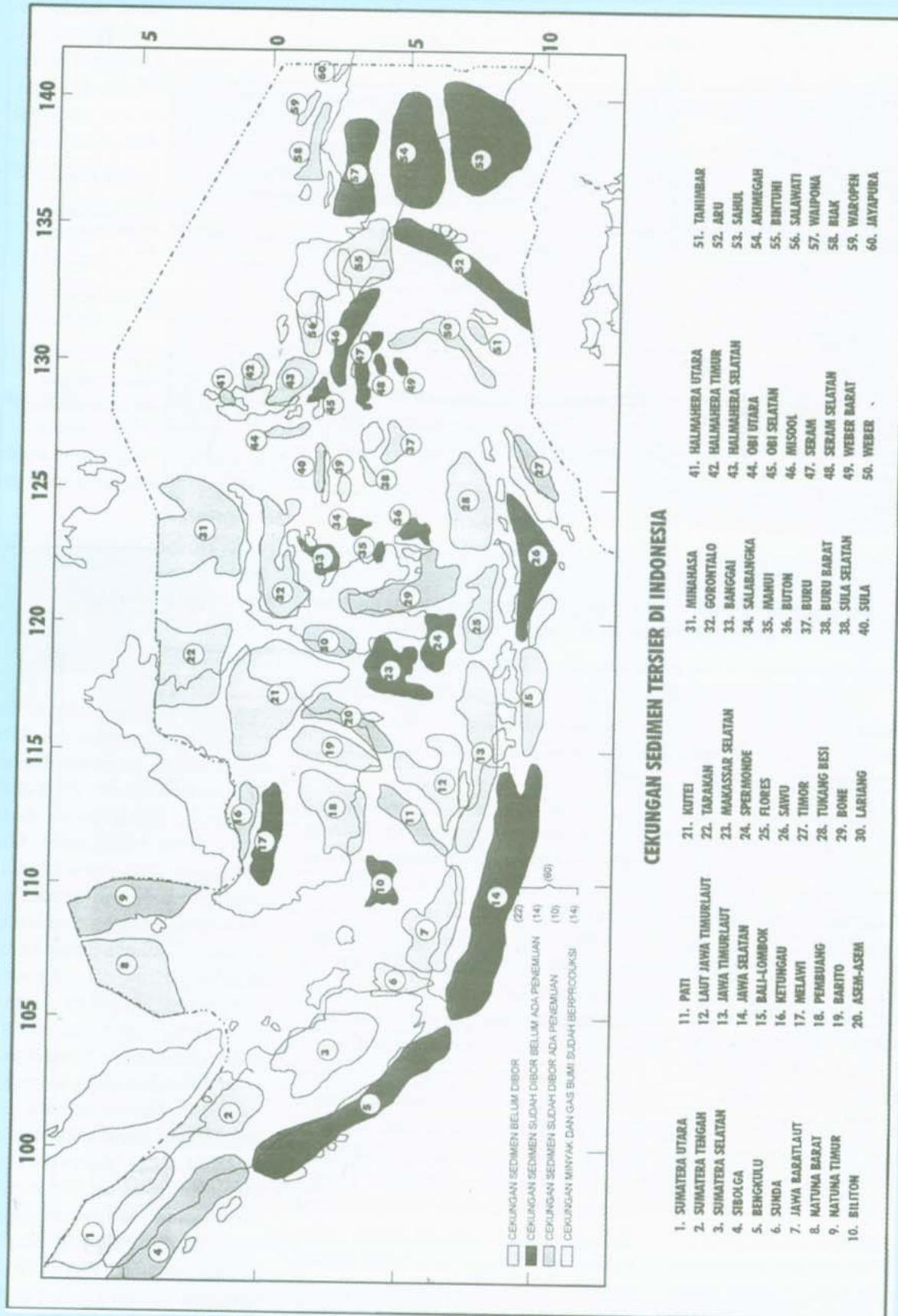
yang berumur paling tua Miosen Awal (+ 20 juta tahun) (Gambar 2), sedangkan eksplorasi migas untuk sedimen-sedimen yang lebih tua belum sama sekali dilakukan secara intens.

Untuk Kawasan Timur Indonesia sejauh ini aktivitas eksplorasi jauh kurang intens bila dibandingkan dengan Kawasan Barat Indonesia. Alasan utama kurangnya minat para investor migas melakukan kegiatannya di kawasan ini adalah karena lebih rumitnya problema geologi pada batuan di kawasan ini dibandingkan dengan Kawasan Barat Indonesia, di samping alasan lain seperti kurang tersedianya infrastruktur dan alasan keamanan.

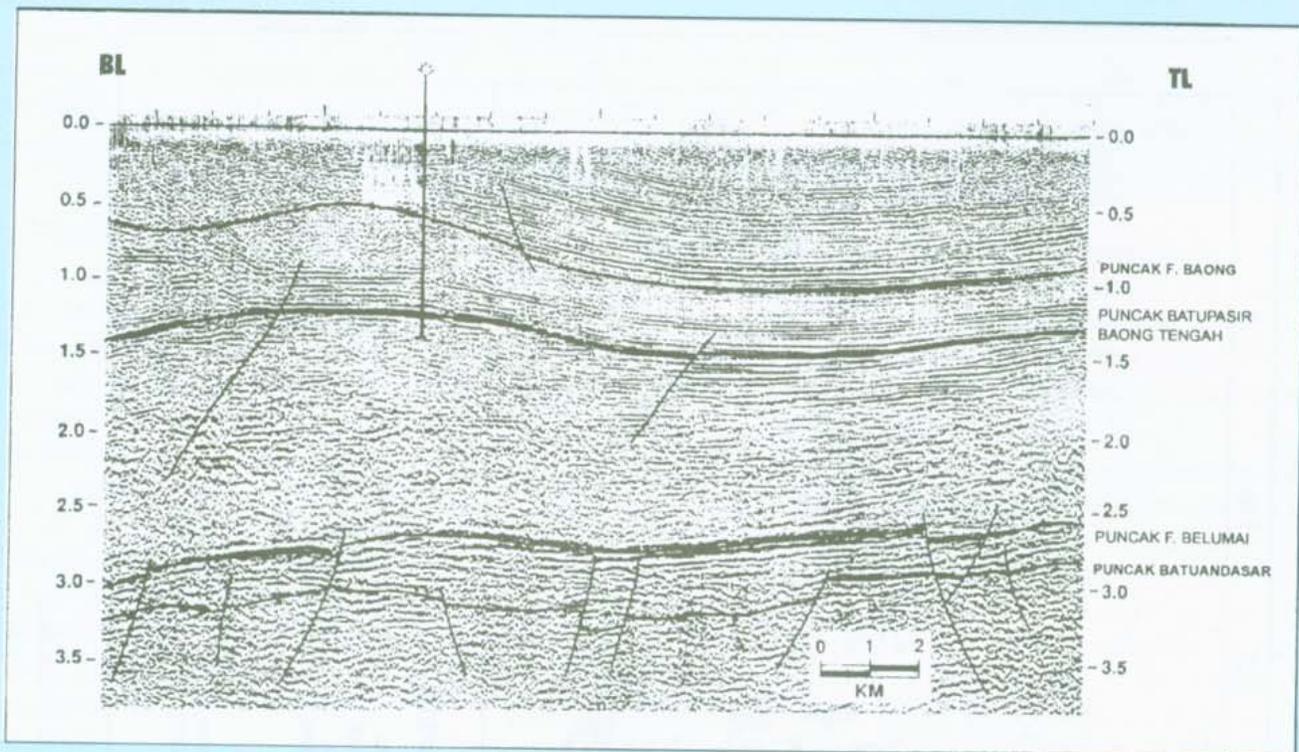
Problema lainnya di dalam industri migas di Indonesia adalah mulai menurunnya produksi lapangan-lapangan minyak ataupun gas di beberapa cekungan yang selama ini diandalkan sebagai salah satu penghasil devisa utama negara. Sementara itu pada kurun dua dekade ini usaha penemuan cadangan migas di cekungan sedimen Indonesia relatif semakin sulit. Dengan demikian terjadi suatu delema yaitu : pada satu sisi produksi migas cenderung turun, pada sisi lain penambahan cadangan migas dengan adanya penemuan cadangan baru semakin sulit.

Beberapa masalah penyebab sulitnya menemukan cadangan migas baru di Indonesia antara lain karena :

- Tidak adanya atau kurangnya inovasi di dalam kegiatan eksplorasi, dalam arti program eksplorasi hanya difokuskan hanya pada target ataupun objektif reservoir yang sudah diketahui; pada umumnya tidak lebih tua dari



Gambar 1
Distribusi cekungan sedimen tersier di Indonesia



Gambar 2
Penampang seismik di Cekungan Sumatra Utara yang memperlihatkan target pemboran dangkal pada Batupasir Baong Tengah berumur Miosen Tengah (IPA, 1994)

Miosen Awal. Usaha penemuan *hydrocarbon plays* baru baik pada cekungan sedimen *mature* maupun *frontier* tidak begitu intens.

- Penerapan konsep-konsep eksplorasi migas baru yang digunakan di Indonesia relatif jauh tertinggal dibandingkan dengan yang digunakan di kawasan lainnya di dunia.

III. REANALISIS CEKUNGAN SEDIMEN TERSIER INDONESIA UNTUK PENEMUAN CADANGAN MIGAS DI MASA MENDATANG

Salah satu permasalahan yang dihadapi oleh industri migas adalah semakin sulitnya menemukan cadangan-cadangan migas baru di Indonesia. Data statistik penemuan cadangan migas baru menunjukkan bahwa pada kurun waktu antara 1990-1998 kurang lebih 90 % dari semua cadangan yang diketemukan di

Indonesia adalah gas, pada sisi lain penemuan cadangan minyak relatif sedikit.

Situasi ini sedikit membaik dengan adanya penemuan cadangan minyak baru di tiga lokasi, yaitu di Selat Makasar (Unocal), Cepu (EMOI), dan Natuna (Conoco). Tiga penemuan tersebut yang diperkirakan dapat menambah produksi minyak Indonesia sekitar 300.000 barel per hari adalah merupakan penemuan pada *hydrocarbon play* baru di kawasan tersebut.

Permasalahan utama yang dihadapi industri migas saat ini adalah adanya kesulitan di dalam penemuan cadangan minyak di cekungan sedimen di Indonesia. Dengan demikian secara keseluruhan tantangan yang dihadapi industri migas adalah harus dilakukannya kegiatan eksplorasi secara intens di cekungan-cekungan sedimen Tersier yang ada di Indonesia untuk menemukan cadangan minyak.

Untuk mengantisipasi usaha

penemuan cadangan minyak dimasa mendatang diusulkan untuk melakukan suatu reanalisis Cekungan Sedimen Tersier di beberapa cekungan yang sudah terbukti mengandung hidrokarbon. Maksud dan tujuan dilakukannya reanalisis cekungan sedimen tersebut adalah untuk lebih memahami terbentuknya cekungan sedimen dalam kaitannya dengan *petroleum system* dari cekungan sedimen tersebut. Reanalisis cekungan ini selain dilakukan pada cekungan sedimen yang diklasifikasikan sebagai *mature basin*, dimana aktivitas eksplorasi migas dapat dikatakan sudah intensif, juga diusulkan untuk dilakukan pada cekungan sedimen yang bersifat *frontier* yaitu cekungan yang masih belum dieksplorasi secara intensif. Reanalisis pada cekungan sedimen *mature* dilakukan untuk melihat peluang mendapatkan cadangan migas baru. Sedangkan



reanalisis yang dilakukan pada cekungan sedimen yang bersifat frontier adalah untuk melihat potensi hidrokarbon di cekungan tersebut untuk nantinya dapat dilakukan kegiatan eksplorasi lebih lanjut. Beberapa kegiatan yang diusulkan dalam melakukan reanalisis cekungan sedimen Tersier di Indonesia adalah :

1. Evaluasi Sistem Terban Paleogen
2. Analisis terjadinya tektonik inversi Miosen
3. Analisis stratigrafi sekuen endapan Miosen
4. Evaluasi batuan karbonat Tersier.

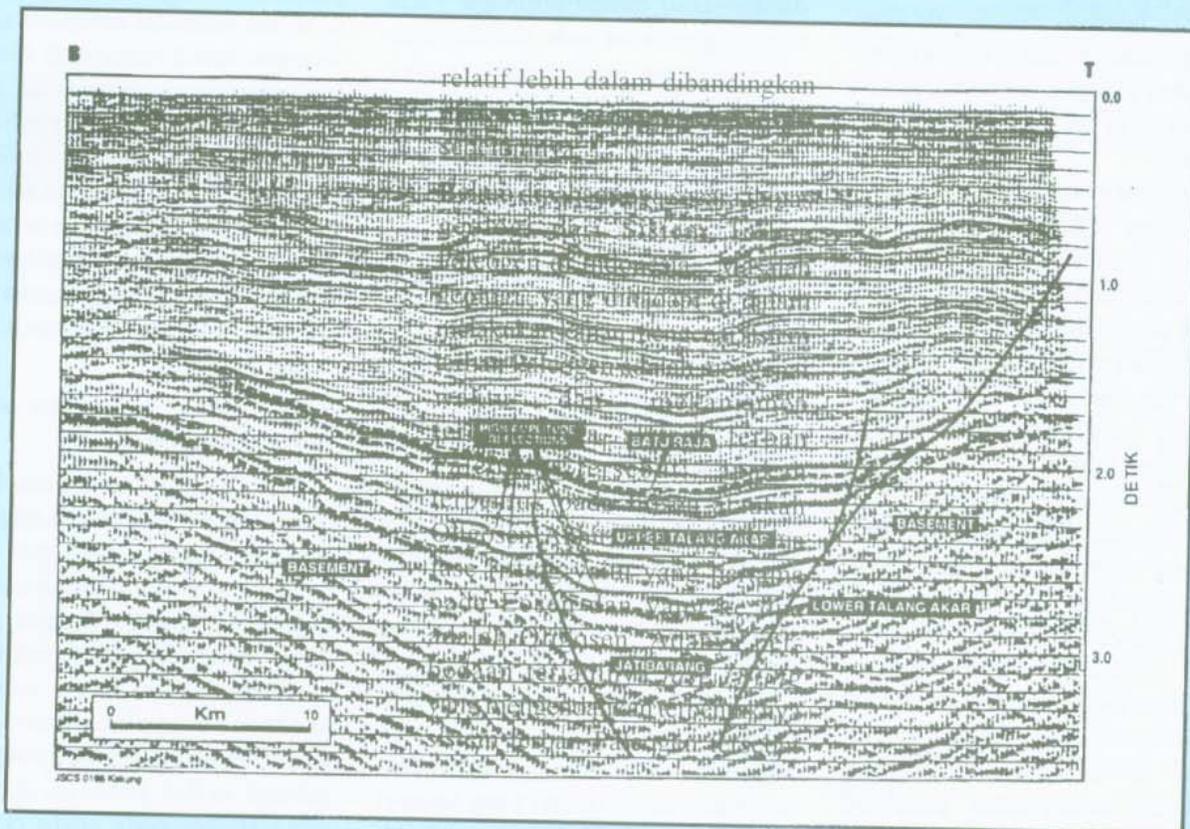
A. Evaluasi Sistem Terban Paleogen

Meskipun sejarah kegiatan eksplorasi migas di Indonesia sudah berjalan lebih dari 100 tahun, namun

dapat dikatakan bahwa pengetahuan geologi mengenai Sistem Terban Paleogen yang mempunyai umur lebih tua dari 25 juta tahun di Indonesia dapat dikatakan masih sangat terbatas. Keterbatasan ini terutama disebabkan karena:

- Target kegiatan eksplorasi migas di Indonesia banyak difokuskan pada batuan reservoir yang berumur paling tua Miosen Awal (kurang dari 20 juta tahun). Selain itu eksplorasi ditujukan pada pencarian perangkap struktur yang relatif tidak terlalu dalam.
- Perusahaan yang beroperasi di Indonesia belum terlalu berani mengambil suatu resiko melakukan kegiatan eksplorasi pada Sistem Terban Paleogen yang

akan sangat berpengaruh pada adanya perbedaan sejarah proses pengendapan sedimen pengisi terban tersebut. Selain itu dimungkinkan juga bahwa kedua sistem terban Eosen dan Oligosen saling bertumpang-tindih satu sama lain. Problema geologi lainnya yang belum diketahui adalah adanya kemungkinan terbentuknya sistem terban Paleogen di kawasan cekungan busurmuka Sumatra maupun Jawa. Diinterpretasikan lebih lanjut bahwa adanya sistem terban Paleogen yang terletak pada tatanan tektonik yang sama dengan yang dijumpai di kawasan busur belakang mungkin meningkatkan tingkat kepercayaan ketersediaan dapur hidrokarbon



Gambar 3
Penampang seismik di Cekungan Jawa Barat Utara yang memperlihatkan sistem terban Paleogen (Greko, et. al., 1995)



yang akan meningkatkan minat investor migas untuk beroperasi di kawasan tersebut.

Beberapa pertimbangan pengulangan untuk dilakukan suatu kajian geologi yang mendalam dari sistem terban Paleogen di Indonesia adalah :

a. Tersedianya batuan induk untuk hidrokarbon

Potensi batuan induk hidrokarbon pada Sistem Terban Paleogen sudah terbukti di beberapa cekungan sedimen di Kawasan Barat Indonesia, sebagai contoh di Cekungan Sumatra Tengah, dan Sub-cekungan Arjuna di daerah lepas pantai Jawa Barat (Gambar 3). Pengembangan pengetahuan mengenai batuan induk Paleogen di Cekungan Sedimen Tersier di Indonesia akan sangat membantu di dalam pemecahan misteri tentang dapur pembentuk hidrokarbon (*hydrocarbon kitchen*) di beberapa cekungan sedimen Tersier Indonesia lainnya. Selain itu akan sangat membantu pula di dalam merekonstruksi ataupun merevisi petroleum system di suatu cekungan sedimen.

Dari hasil evaluasi yang dilakukan di beberapa cekungan sedimen di Sumatra memperlihatkan bahwa batuan induk hidrokarbon di kawasan tersebut adalah berasal dari endapan danau air-tawar (*lacustrine*); sebagai contoh serpih coklat dari Formasi pematang yang di jumpai di Cekungan Sumatra Tengah yang terbentuk pada sistem terban Eosen Dua (2) tipe fasies organik dari serpih coklat pematang dapat diidentifikasi, yaitu: *algal-amorphous facies* dan *carbonaceous facies* (Pertamina BPPKA, 1996). Untuk *algal amorphous facies* ditafsirkan merupakan batuan induk penghasil minyak, sedangkan *carbonaceous facies* akan cenderung merupakan batuan induk penghasil gas dan kondensat.

Berbeda dengan endapan danau air tawar yang terbentuk pada sistem terban Eosen, potensi batuan induk yang mungkin terbentuk pada sistem

terban Oligo-Miosen ; seperti halnya di Cekungan Sumatra Selatan diinterpretasikan berasal dari endapan transisi-laut yang setara dengan Formasi Talangakar (Lemigas, 2001).

b. Tersedianya batuan reservoir

Rekonstruksi geografi purba untuk Sistem Terban Paleogen memperlihatkan bahwa proses pengendapan sedimen pada waktu Eosen terutama didominasi oleh endapan darat, berupa endapan sungai dan kipas alluvial yang dapat berpotensi sebagai batuan reservoir (Gambar 4) yang dapat dijadikan salah satu sasaran kegiatan eksplorasi hidrokarbon di masa mendatang (Yulihanto, 1992).

Dua model terbentuknya batuan reservoir pada sistem terban Eosen adalah ; Tipe-A: *continental half graben* dengan *interior drainage*, dan Tipe-B *continental half graben* dengan *axial trough drainage*. Pada tipe yang pertama pada sisi dari atap sesar (*hinging-wall*) pada umumnya akan didominasi oleh endapan klastika kasar kipas delta, ke arah pusat pengendapan dari sistem terban berubah fasies menjadi klastika halus dari endapan danau air tawar (*lacustrine*). Sebaliknya pada sisi lantai sesar (*foot-wall*) didominasi oleh endapan kipas aluvial (Leeder & Gawthorpe, 1987).

Pada Tipe-B, pada sisi dari atap sesar terutama didominasi oleh endapan sungai yang mengalir searah dengan arah sistem sesar utama dari terban Paleogen, dan sama dengan Tipe-A, pada sisi dari lantai sesar juga didominasi oleh endapan kipas aluvial.

Pada sistem terban Oligo-Miosen diinterpretasikan akan lebih banyak dikuasai oleh berkembangnya endapan transisi (delta) yang diakhiri dengan pengendapan karbonat. Adapun model pengendapan untuk batuan karbonat pada Sistem Terban Paleogen adalah model carbonate

shelf half-graben. Pada model tersebut terlihat bahwa terumbu yang merupakan salah satu batuan reservoir yang potensial akan berkembang baik pada sisi atap sesar maupun lantai sesar (Gambar 5).

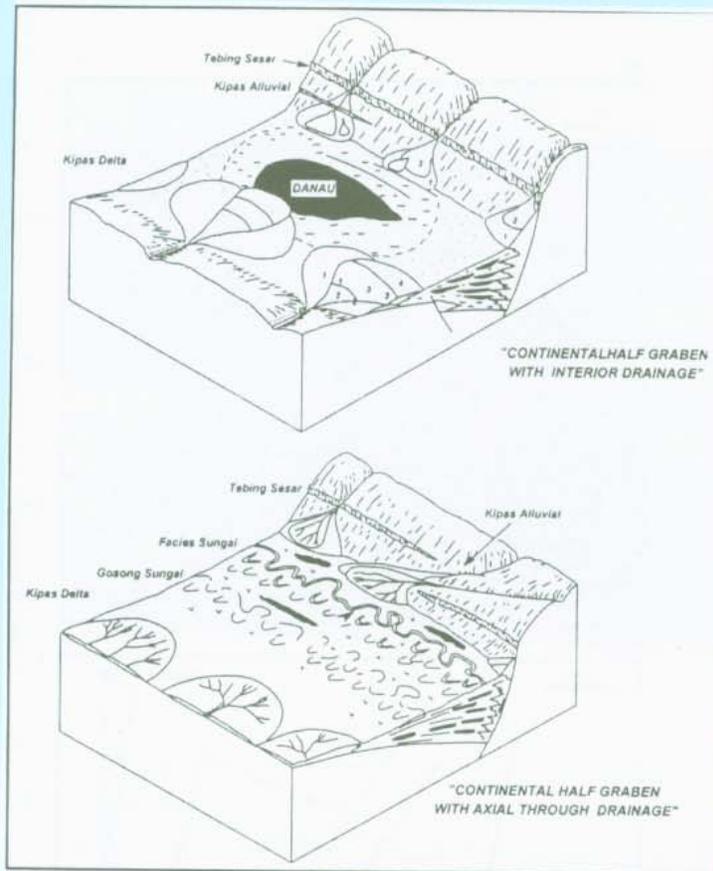
Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kegiatan eksplorasi hidrokarbon di masa mendatang terutama harus diarahkan untuk mencari batuan reservoir berupa endapan darat yang terbentuk pada fase awal terjadinya sistem terban Eosen, maupun endapan karbonat berupa terumbu yang terjadi pada terban Oligo-Miosen.

c. Tersedianya batuan tudung dan perangkap hidrokarbon

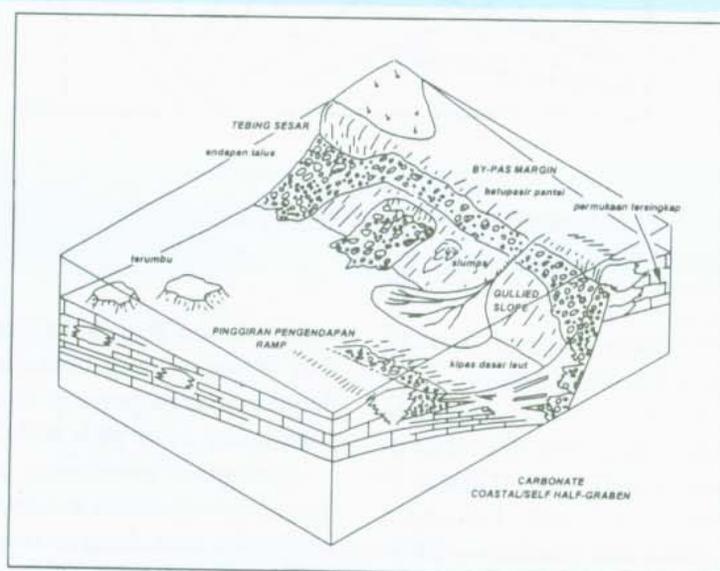
Faktor atraktif lainnya di dalam melakukan kegiatan eksplorasi hidrokarbon di Sistem Terban Paleogen adalah tersedianya batuan tudung (*seal-rocks*) yang akan menjadi penyekat hidrokarbon yang terbentuk di antara reservoir batupasir ataupun terumbu untuk mencegah hidrokarbon bermigrasi ke permukaan. Batuan penyekat utama yang tersedia pada sistem terban Eosen adalah sedimen halus dari endapan danau air tawar. Selain itu juga dijumpai adanya endapan serpih laut Miosen Awal yang dapat bertindak sebagai batuan tudung regional bagi reservoir pada sistem terban Paleogen.

B. Evaluasi terjadinya tektonik inversi Miosen

Salah satu kunci keberhasilan dalam kegiatan eksplorasi migas pada Sistem Terban Paleogen adalah melakukan analisis mengenai waktu terjadinya tektonik inversi. Hal ini sangat penting di dalam evaluasi *petroleum system* suatu cekungan sedimen. Tektonik inversi adalah suatu fenomena geologi yang terjadi sebagai akibat gerak-gerak tekanan yang terjadi pada suatu cekungan sedimen yang mengakibatkan penstrukturan ulang dari Sistem Terban Paleogen yang mengakibatkan



Gambar 4
Model sedimentasi batuan reservoir klastika di sistem terban paleogen (modifikasi Leeder & Gawthorpe, 1987)



Gambar 5
Model sedimentasi batuan reservoir karbonat di sistem terban paleogen (modifikasi Leeder & Gawthorpe, 1987)

terbentuknya struktur lipatan, sesar, atau kombinasi lipatan dan sesar, yang berfungsi sebagai suatu perangkap hidrokarbon. Pentingnya faktor penentuan waktu terjadinya struktur inversi di dalam reanalisis cekungan sedimen adalah untuk melakukan evaluasi hubungan antara waktu terbentuknya hidrokarbon dan terjadinya tektonik inversi; yang mengakibatkan terbentuknya perangkap struktur lipatan/sesar ataupun perangkap kombinasi lipatan-sesar. Bila terbentuknya perangkap struktur terjadi sebelum atau bersamaan dengan terbentuknya hidrokarbon maka akan sangat memungkinkan terakumulasinya hidrokarbon pada perangkap struktur tersebut. Sebaliknya bila terjadinya tektonik inversi setelah terbentuknya hidrokarbon tidak akan memungkinkan terperangkapnya hidrokarbon di kawasan tersebut.

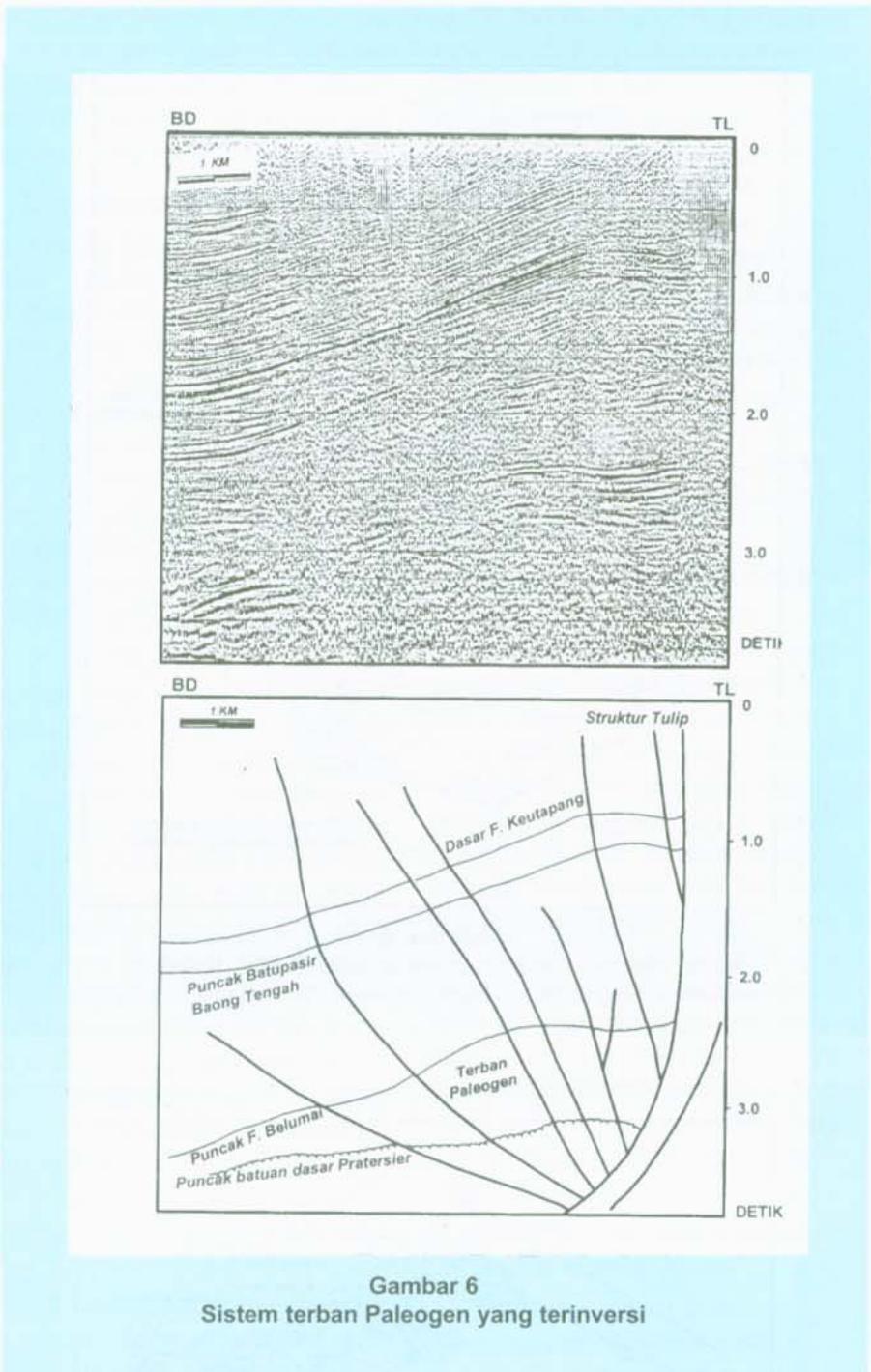
Secara umum dapat dikatakan bahwa terjadinya tektonik inversi di kawasan cekungan sedimen Tersier Kawasan Barat Indonesia adalah bervariasi dari satu cekungan ke cekungan yang lain, namun demikian dapat dikatakan bahwa tektonik inversi tersebut di mulai pada akhir Kala Miosen Bawah (Yulihanto, 1989 & 1991) (± 20 juta tahun) (Gambar 6). Sedangkan proses pematangan hidrokarbon di cekungan sedimen Tersier di Kawasan Barat Indonesia baru terjadi pada sekitar Miosen Akhir-Pliosen ($\pm 10 - 5$ juta tahun). Dengan demikian dapat diinterpretasikan bahwa hubungan antara terjadinya tektonik inversi dan terbentuknya hidrokarbon dikawasan tersebut sangat memungkinkan adanya suatu pemerangkapan hidrokarbon. Namun demikian di suatu kegiatan eksplorasi migas analisis yang cermat mengenai hubungan antara adanya tektonik inversi dan pembentukan hidrokarbon harus tetap diperhatikan. Hal ini dikarenakan masih banyak faktor-faktor geologi yang harus diper-



timbangan di dalam suatu evaluasi, sebagai contoh bahwa terjadinya suatu tektonik inversi di beberapa cekungan sedimen terjadi beberapa kali periode. Dengan demikian dapat mengakitnya berpindahnya hidrokarbon dari suatu perangkap struktur ke tempat lain sebagai akibat penstrukturan ulang. Faktor lain yang juga harus di pertimbangkan adalah bahwa terjadinya tektonik inversi yang sangat kuat di suatu kawasan ternyata mengakibatkan berpindahnya hidrokarbon ke permukaan bumi melalui rekahan berupa sesar maupun kekar yang pada akhirnya menyebabkan tidak terperangkapnya hidrokarbon.

C. Evaluasi Stratigrafi Sekuen Endapan Miosen

Pengembangan konsep *sequence stratigraphy* di dalam suatu analisis cekungan sedimen terutama dapat diarahkan di dalam evaluasi kemungkinan terbentuknya endapan lowstands di sedimen Miosen-Pliosen di Indonesia. Analisis endapan *lowstands* di cekungan sedimen Miosen-Pliosen diusulkan untuk dipertimbangkan sebagai salah satu target kegiatan eksplorasi hidrokarbon di masa mendatang dalam usaha menemukan cadangan-cadangan migas baru di masa mendatang. Evaluasi endapan *lowstands* dapat membantu untuk menemukan *hydrocarbon play* baru di suatu cekungan sedimen. Terbentuknya endapan *lowstands* secara umum berhubungan erat dengan terjadinya perioda turunnya muka laut yang sangat cepat di suatu cekungan sedimen. Turunnya muka laut tersebut selanjutnya mengakibatkan tersingkapnya kepermukaan dan proses erosi di beberapa kawasan di cekungan tersebut, dan selanjutnya hasil proses erosi berupa klastika kasar akan diendapkan kembali ke cekungan sedimen sebagai endapan *lowstands*. Di dalam suatu evaluasi potensi hidrokarbon suatu cekungan sedimen, endapan *lowstands* tersebut



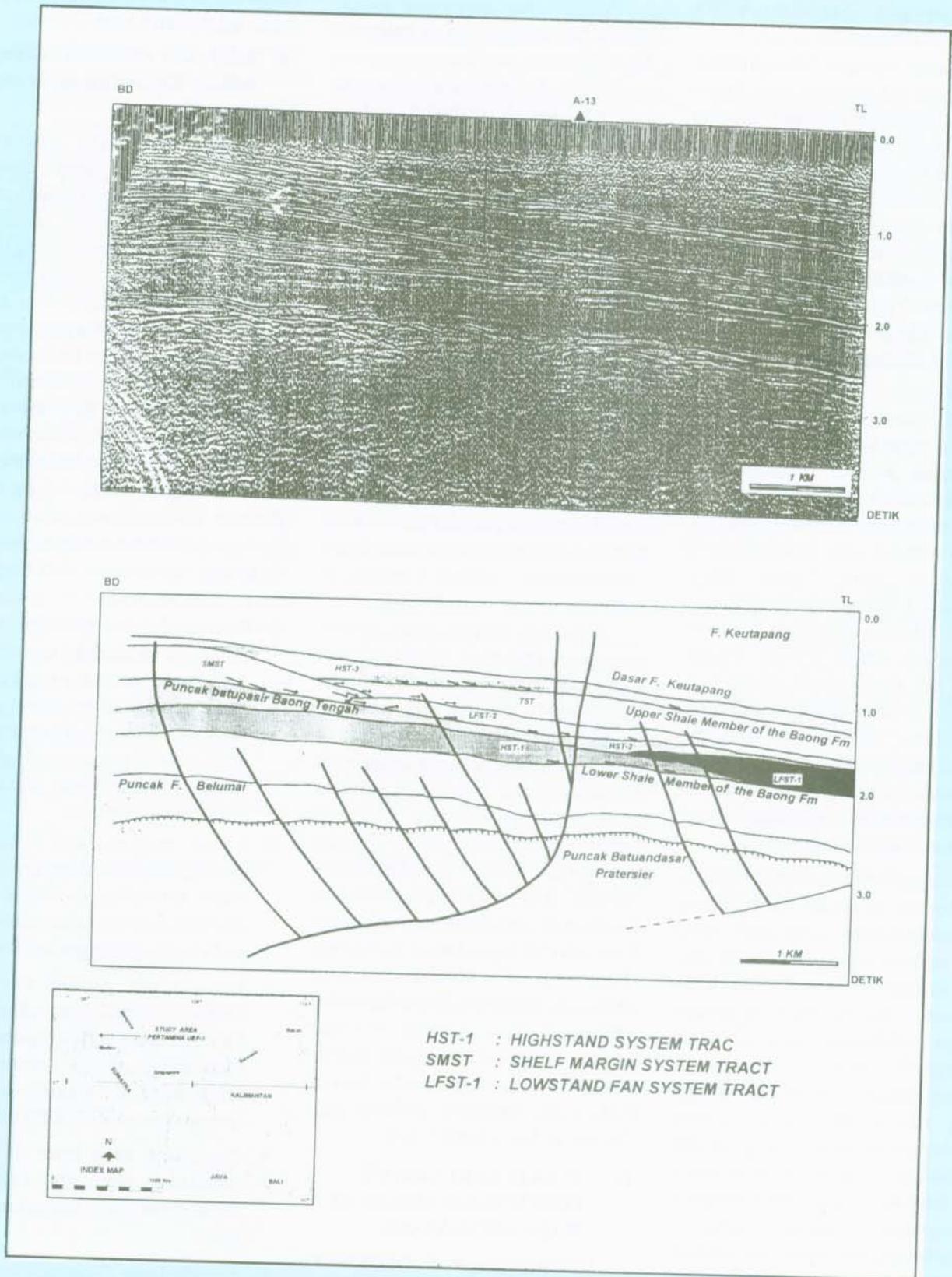
Gambar 6
Sistem terban Paleogen yang terinversi

dapat bertindak sebagai batuan reservoir yang cukup bagus.

Hasil studi rinci *sequence stratigraphy* yang telah dilakukan di Cekungan Sumatra Utara, (Gambar 7; Yulihanto, 1991), dan Cekungan Jawa Timur Utara (Yulihanto, 1993) memperlihatkan bahwa paling tidak ada tiga perioda waktu yang memungkinkan terbentuknya endapan *lowstands* pada waktu Tersier Atas,

yaitu: Miosen Tengah, Miosen Atas, dan Pliosen yang berkaitan erat dengan adanya perioda susut laut yang cukup besar pada waktu itu.

Endapan *lowstands* Miosen Tengah diinterpretasikan terbentuknya berkaitan erat dengan terjadinya perioda turunnya mukalaut pada waktu tersebut. Sebagai contoh endapan *lowstands* Miosen Tengah adalah Batupasir Baong Tengah



Gambar 7
 Analisis stratigraphy pada batu pasir Baong Tengah yang berumur Miosen Tengah yang memperlihatkan perkembangan endapan lowstand



(Middle Baong Sands) yang dijumpai di Cekungan Sumatra Utara (Yulihanto 1989).

Endapan *lowstand* Miosen Akhir juga diamati di Cekungan Jawa Timur Utara. Terjadinya endapan tersebut berkaitan erat dengan turunnya muka laut pada Miosen Akhir atau terjadi sekitar 5 (lima) juta tahun yang lalu. Endapan tersebut dapat disetarakan dengan batupasir gampingan dari Formasi Ledok. Sedangkan untuk endapan *lowstand* yang berumur Pliosen dapat disetarakan dengan batupasir Globigerina (*Globigerinid Sands*).

Hal sangat penting yang berkaitan dengan terbentuknya endapan *lowstands* adalah terbentuknya lembah torehan yang terisi sedimen klastika kasar (*insiced valley fill sediments*) sebagaimana dapat diamati di Cekungan Jawa Timur Utara (Yulihanto 1993) maupun di Cekungan Sumatra Utara (Yulihanto, 1989). Keberadaan lembah torehan sebagai akibat dari proses erosi adalah juga merupakan target eksplorasi di masa mendatang. Hal ini dikarenakan bahwa pada lembah torehan yang terisi sedimen klastika kasar tersebut diinterpretasikan merupakan tempat terakumulasinya hidrokarbon.

Dengan demikian untuk kegiatan eksplorasi di masa mendatang disarankan untuk melakukan secara rinci analisis *sequence stratigraphy* pada sedimen Miosen Pliosen di Indonesia. Hal ini memungkinkan adanya pemahaman rinci mengenai stratigrafi sedimen Miosen di masing-masing cekungan sedimen yang ada di Indonesia. Untuk mendapatkan hasil yang akurat disarankan untuk melakukan suatu studi integrasi antara analisis *sequence stratigraphy* dengan analisis palynofasies, dan reservoir geologi yang merupakan suatu studi integrasi yang handal di dalam memecahkan problema-problema di dalam analisis cekungan sedimen maupun untuk suatu pengembangan lapangan.

D. Evaluasi batuan karbonat Tersier

Pengetahuan mengenai karakteristik batuan karbonat di Indonesia dapat dikatakan masih sangat terbatas, meskipun di beberapa cekungan sedimen sudah terbukti bahwa reservoir karbonat merupakan salah satu penghasil cadangan hidrokarbon yang cukup besar di Indonesia, sebagai contoh: Lapangan Gas Arun di Cekungan Sumatra Utara, Banyuurip di Cekungan Jawa Timur Utara.

Analisis rinci batuan karbonat di Indonesia dapat membantu di dalam usaha pemahaman perkembangan batuan karbonat di cekungan sedimen Tersier di Indonesia. Hasil analisis pada batuan karbonat Tersier di Indonesia yang meliputi karakteristik model pengendapan, distribusi facies akan sangat membantu di dalam usaha menemukan batuan reservoir karbonat lainnya di Indonesia.

Beberapa target studi batuan karbonat di Indonesia adalah endapan batugamping yang berumur Oligosen-Miosen Bawah. Endapan ini diketahui melampar sangat luas di hampir seluruh cekungan sedimen di Kawasan Barat Indonesia, sebagai contoh adalah Formasi Peutu di Cekungan Sumatra Utara, Formasi Baturaja di Cekungan Sumatra Selatan, Formasi Berai di Cekungan Barito, Kalimantan, dan Batugamping Kujung Unit-1 di Cekungan Jawa Timur Utara (Banyuurip-1 dan Mudi-1). Selain itu analisis ini dapat pula difokuskan untuk endapan karbonat yang berumur Miosen Tengah-Atas, seperti halnya Formasi Parigi yang tersebar luas di Cekungan Sumatra Selatan dan Cekungan Jawa Barat Utara.

IV. STRATEGI KEGIATAN EKSPLORASI MIGAS DI MASA MENDATANG

Dalam usaha untuk menemukan cadangan hidrokarbon baru di masa mendatang maka reanalisis cekungan sedimen Tersier di Indonesia adalah suatu hal yang mutlak untuk dilakukan

dalam waktu dekat, beberapa hal yang dapat digunakan sebagai catatan yang harus dilakukan adalah :

A. Melakukan reanalisis cekungan sedimen Tersier Indonesia secara integrasi

Reanalisis suatu cekungan sedimen dalam kaitannya dengan eksplorasi hidrokarbon adalah suatu kegiatan yang padat modal, teknologi, dan membutuhkan waktu yang lama. Untuk mencapai hasil yang optimal disarankan untuk melakukan suatu kegiatan reanalisis cekungan sedimen secara integrasi. Dalam kaitan dengan hal tersebut, kegiatan studi bisa dilakukan secara bersama-sama antara perusahaan-perusahaan minyak (KPS/Pertamina) yang beroperasi di suatu cekungan sedimen yang sama dengan dikoordinasi oleh suatu lembaga kelitbangan migas nasional. Beberapa keuntungan dari kegiatan bersama ini antara lain :

1. Permasalahan geologi yang dihadapi oleh masing-masing perusahaan minyak yang beroperasi di kawasan ini dapat dipecahkan secara bersama-sama dengan suatu konsep geologi yang sudah disepakati untuk digunakan di cekungan tersebut.
2. Untuk memecahkan problema geologi yang ada; dapat digunakan suatu teknologi mutakhir yang diaplikasikan secara bersama-sama pada suatu cekungan sedimen.
3. Pemahaman geologi suatu cekungan sedimen akan lebih baik bila dikaji secara regional dari pada hanya dikaji secara skala lebih kecil di masing-masing daerah operasi KPS-KPS tersebut.
4. Pendanaan yang besar di dalam melakukan suatu studi cekungan dapat ditanggung secara bersama-sama.

B. Keterbukaan Penggunaan data

1. Untuk mencapai hasil yang maksimal di dalam melakukan suatu reanalisis cekungan sedimen

Tersier di Indonesia diperlukan suatu kesepakatan mengenai penggunaan data yang dipergunakan dalam studi ini. Keterbukaan penggunaan data selama dilakukan studi akan sangat membantu di dalam memecahkan problema-problema geologi yang ada. Tetapi meskipun demikian kerahasiaan data harus tetap dijaga dalam arti bahwa data hanya dipergunakan sebatas selama dilakukan studi bersama tersebut.

V. KESIMPULAN

1. Pada dua dekade terakhir usaha penemuan cadangan baru migas (terutama minyak) terasa semakin sulit.
2. Salah satu langkah untuk mempertahankan laju produksi migas di masa mendatang harus dilakukan suatu aktivitas eksplorasi yang intensif berupa reanalisis cekungan sedimen Tersier di Indonesia.
3. Kegiatan reanalisis Cekungan sedimen Tersier di Indonesia yang direkomendasikan berupa :
 - Evaluasi Sistem Terban Paleogen
 - Analisis terjadinya tektonik inversi Miosen
 - Analisis stratigrafi sekuen endapan Miosen

- Evaluasi batuan karbonat Tersier.
4. Untuk mencapai hasil yang maksimal reanalisis cekungan sedimen Tersier di Indonesia dilakukan secara terintegrasi; baik dalam hal penggunaan data, teknologi, dan untuk eksplorasi nasional disarankan untuk melibatkan Lembaga Kelitbangan Migas Nasional.

KEPUSTAKAAN

1. Gresko, M. Suria, C. and Sinliar., 1995. Basin Evolution of Arjuna Rift System and its implication for Hydrocarbon Exploration offshore Northwest Java, Indonesia. Proceed. Indon. Petrol. Assoc. Conv. 24 th , 146-161.
2. IPA, 1994. Siesmic Atlas of Indonesian Oil and Gas Fields , Vol.I: Sumatra
3. Leader, M.R., Gawthorpe. 1987. Sedimentary models for extensional tilt - block/half graben basins. In: Coward, M.P., Dewey, J.F., Hancock, P.L.. (Eds), Continental Extensional Tectonic. Geol. Soc.Spec. Pub., 28, 139-152.
4. Lemigas, PPPTMGB, 2001. Studi Integrasi Paleogen Synrift Sedi-ment, Cekungan Sumatra Selatan: Pendekatan Analisis Palinologi/ Palinofasies dan Petrografi, Laporan Riset Pertamina-Lemigas. 47p.
5. Pertamina BPPKA, 1996. Petroleum Geology of the Indonesian Basins, Principles, Methodes and Application. Pertamina BPPKA. Vol. II, 231 pp.
6. Yulihanto, B., 1989. The Geological Evolution oh the Aru Area of the North Sumatra Basin, Indonesia. Unpublished M.Sc. Thesis, University of London, 90 pp.
7. Yulihanto, B., Situmorang, B. , 1991. Structural Inversion and its influence on depositional processes in the Aru Area, North Sumatra Basin, Indonesia. Proceed. Offshore Australia Conf., I, 25-42.
8. Yulihanto, B., Situmorang, B., 1992. Paleogene Grabens and their sedimentary facies: New play in the Aru Area, North Sumatra Basin, Indonesia. 29 th Int. Geol. Cong. Kyoto.
9. Yulihanto , B., 1993. Lembah Torehan Miosen Atas dan Peranannya dalam terbentuknya perangkap stratigrafi di daerah Cepu dan sekitarnya. Pros. PIT IAGI, ke-22. □