

SISTEM MINYAK DAN GAS DI CEKUNGAN TIMOR, NUSA TENGGARA TIMUR *PETROLEUM SYSTEM IN THE TIMOR BASIN, NUSA TENGGARA TIMUR*

Oleh :

¹Koesnama dan ²Asep Kurnia Permana

¹Ahli Geologi

²Pusat Survei Geologi, Jl. Diponegoro 57, Bandung 40122

Abstrak

Bahasan sistem migas pada makalah ini dikhususkan pada pembicaraan mengenai keberadaan batuan induk, batuan waduk, batuan tudung atau penutup, serta perangkap hidrokarbon. Dikenal beberapa macam batuan induk di Cekungan Timor, yaitu serpih hitam dari Formasi Atahoc, Formasi Cribas, dan Formasi Wailuli. Analisis geokimia ataupun petrologi organik menunjukkan bahwa serpih hitam dari ketiga formasi tersebut masuk dalam klasifikasi sangat baik, dan merupakan kerogen tipe III. Berdasarkan analisis petrografi, SEM dan porositas maka yang berpotensi menjadi batuan waduk adalah batupasir dari Formasi Cribas, Formasi Babulu dan Formasi Oebaot, serta batugamping Formasi Aitutu. Sementara berdasar data petrografi dan SEM maka serpih Formasi Cribas dan Nakfunu berpotensi menjadi batuan penutup. Perangkap struktur yang berkembang adalah struktur bunga positif, antiklin landai, antiklin tersesar naikkan, dan graben. Sedangkan perangkap stratigrafi dapat berupa lensa-lensa batupasir dan lapisan batugamping.

Kata kunci: Sistem migas, Cekungan Timor, batuan induk, batuan waduk, batuan penutup dan perangkap hidrokarbon.

Abstract

Discussion on petroleum system in the present paper is specialized on discussion the occurrence of hydrocarbon source rocks, reservoir rocks, seals and traps. There are several source rocks in the Timor Basin, i.e. black shales of the Atahoc, Cribas and Wailuli Formations. Geochemical and organic petrology analysis indicate that the black shale of the three formations is categorized into very good class and belong to kerogen type III. Based on petrographic analysis, SEM and porosity, there are four formations which may become reservoir, i.e. sandstone of the Cribas, Babulu and Oebaot Formations, and limestone of the Aitutu Formation. On the other hand, on the basis of petrographic and SEM analysis, shale of the Cribas and Nakfunu Formations may become cap rocks. The developing structural traps are positive flower structure, gentle anticline, thrust anticline and graben. Moreover, sandstone lenses and limestone beds may become stratigraphic traps.

Keywords: Petroleum system, Timor basin, source rocks, reservoir rocks, seals and hydrocarbon traps.

Pendahuluan

Latar Belakang

Faktor penting dalam mengidentifikasi suatu potensi hidrokarbon adalah ada atau tidaknya sumber dari hidrokarbon tersebut. Hal ini dapat diidentifikasi dari keberadaan rembesan minyak dan gas bumi di cekungan yang diteliti. Dari hasil pengamatan lapangan ditemui satu lokasi rembesan gas di dekat Sungai Oebanak, Blok Kolbano. Selain itu, menurut penelitian terdahulu, juga dijumpai rembesan minyak dan gas bumi di beberapa tempat lainnya (Gambar 1). Hal ini membuktikan bahwa cekungan yang diteliti memiliki sumber hidrokarbon. Selain dari rembesan minyak dan gas bumi potensi

sumber hidrokarbon dapat diidentifikasi dari percontonya batuan yang memiliki kandungan hidrokarbon, atau orang lebih mengenalnya sebagai batuan induk hidrokarbon.

Faktor berikutnya yang tak kalah penting adalah keberadaan batuan waduk dan perangkap, baik perangkap stratigrafi, struktur, maupun kombinasi keduanya. Disamping itu juga harus ditemukan batuan tudung (*cap rock*).

Faktor selanjutnya yang juga sangat penting adalah adanya proses pematangan dan migrasi, sehingga migas akan bermigrasi ke tempat dimana terdapat batuan waduk dan perangkap. Namun pada makalah ini belum membahas masalah pematangan dan migrasi hidrokarbon.

Lokasi dan tipe cekungan

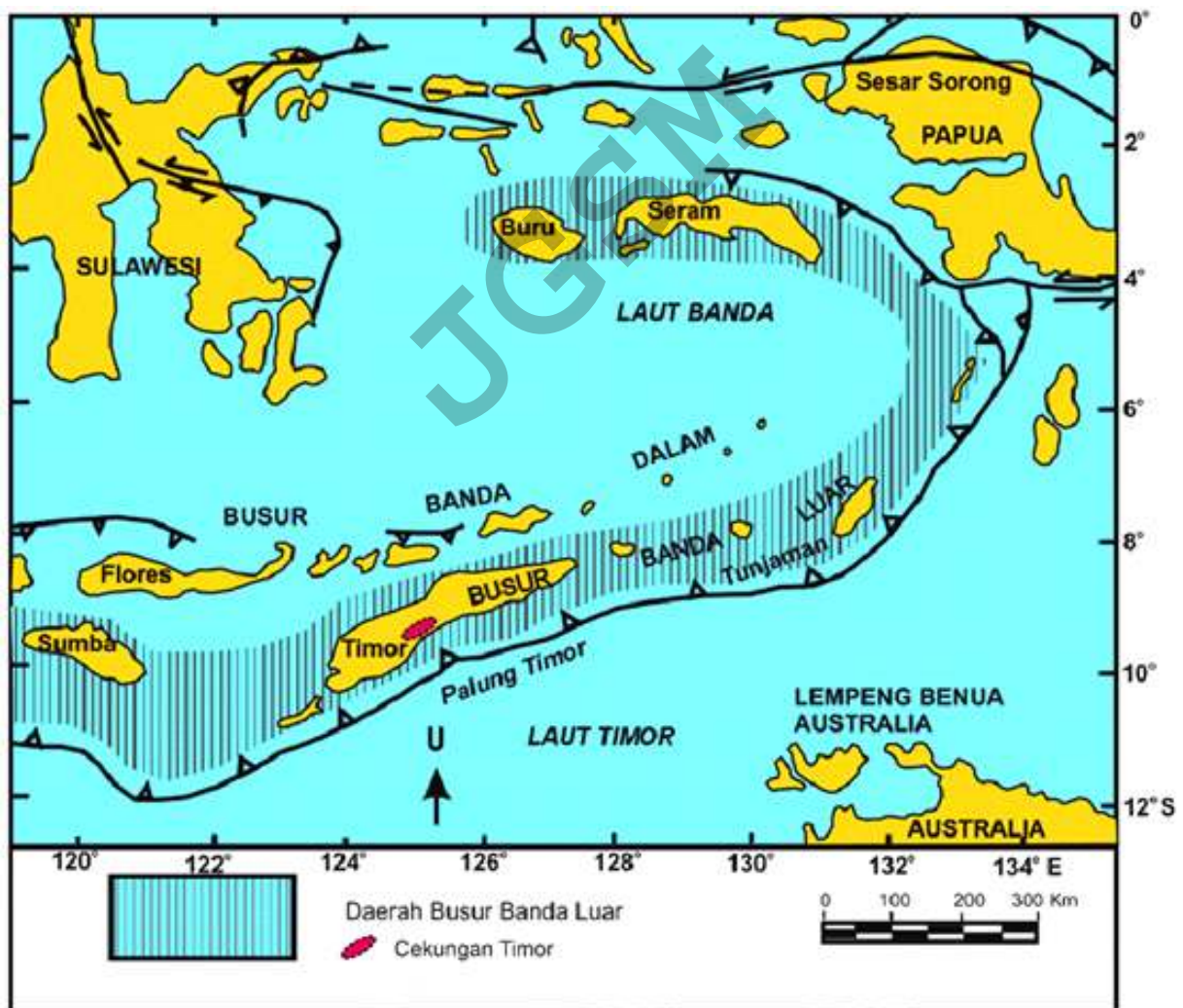
Cekungan Timor terletak di bagian timur Pulau Timor yang masuk wilayah Indonesia, atau terletak di Propinsi Nusa Tenggara Timur (Gambar 1). Berdasarkan posisi terhadap kerangka tektonik di Indonesia, cekungan ini terletak di busur-luar Banda. Berdasarkan genesisnya cekungan ini diklasifikasikan sebagai cekungan tipe *passive margin - trench* (Badan Geologi, 2009). Dikatakan tipe *passive margin* karena dalam cekungan ini dijumpai batuan-batuan berumur Pra-Tersier yang semula terbentuk di *passive margin* Australia. Adapun dikatakan tipe *trench*, karena dalam cekungan ini dijumpai batuan-batuan berumur Tersier dimana pada saat itu cekungan sudah terbawa ke Indonesia dan berasosiasi dengan *Timor Trench*.

Maksud dan tujuan serta metodologi

Maksud makalah ini adalah merangkum berbagai data dari penelitian terdahulu serta penelitian sendiri oleh tim dari Pusat Survei Geologi, dengan tujuan memahami lebih terinci sistem migas di Cekungan Timor. Metode yang digunakan adalah merangkum data lapangan berupa struktur geologi dan stratigrafi, dibantu dengan beberapa analisis laboratorium terutama analisis geokimia pada batuan induk, serta analisis SEM dari peneliti terdahulu.

Tataan tektonik

Busur Banda terdiri atas sepasang busur kepulauan, yaitu busur-luar (non-gunungapi) dan busur-dalam (gunungapi). Busur luar (Timor, Tanimbar, Seram dan pulau-pulau lainnya) saat ini merupakan batas utara lempeng benua Australia yang menunjam di bawah busur-luar Banda.



Gambar 1. Peta tektonik Busur Banda dan lokasi Cekungan Timor.

Konfigurasi litosfer yang menonjol tersebut tercerminkan oleh pola garis kontur kedalaman zona seismik (zona Benioff), yang dalam hal ini ada perbedaan pendapat antara Hamilton (1979) dan Cardwell & Isacks (1978). Pendapat pertama (Hamilton, 1979) menganggap konfigurasi litosfer yang menonjol di Busur Banda berbentuk cekung seperti sendok, karena zona Benioff dari arah Timor menyambung dengan yang dari arah Seram. Sedangkan pendapat kedua (Cardwell & Isack, 1978) menganggap litosfer yang menonjol di bawah Timor tidak berhubungan dengan litosfer yang menonjol di bawah Seram.

Pulau Timor dan Seram, yang merupakan bagian dari Busur luar Banda, merupakan zona tumbukan antara lempeng benua Australia, atau tepian pasif baratdaya Australia, di bagian selatan, dan sistem subduksi yang berhubungan dengan Busur Banda di bagian utara (Gambar 1). Busur Banda melengkung setengah lingkaran yang mana Pulau Timor terletak di bagian barat daya, sementara Pulau Seram terletak di bagian timur laut. Di sebelah selatan Timor dijumpai bagian luar tepi dari Paparan baratdaya Australia, suatu tepian pasif benua yang dihasilkan dari pecahnya Gondwana pada Jura (Powel, 1976; Veevers, 1982).

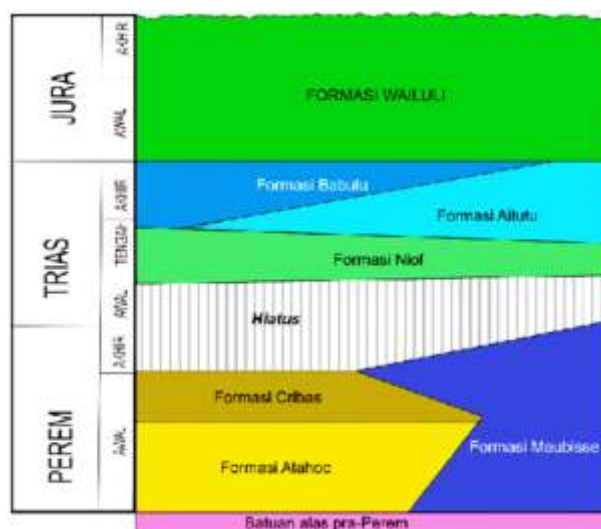
Tumbukan yang terjadi pada Neogen antara Busur Banda dan Australia merupakan tumbukan antara busur dengan benua yang menghasilkan deformasi disertai proses pemalihan dan pensesar-naikan batuan busur-luar Banda pratumbukan ke atas batuan dari benua Australia. Timor dan Seram merupakan pulau-pulau di busur-luar Banda yang dihasilkan oleh tumbukan antara busur dengan benua tersebut.

Stratigrafi Timor Bagian Barat

Tektonostratigrafi Timor bagian barat serupa dengan Timor Leste, yaitu terdiri atas satuan atau runtunan paraautokton, alokton dan autokton. Di Pulau Timor bagian barat satuan paraautokton terdiri atas runtunan Kekneno yang berumur dari pra-Perem sampai Jura, sementara satuan alokton terdiri atas dua runtunan, yaitu runtunan Kolbano dan Kelompok Palelo, yang keduanya memiliki kontak tektonik (sesar naik) (Sawyer dr.,1993). Sementara itu satuan autokton terdiri atas runtunan Viqueque yang berumur Miosen Akhir sampai Plistosen (Sawyer dr.,1993), serta Kompleks Bobonaro, khususnya yang bergenetik sebagai endapan olistostrom yang berumur Miosen Akhir sampai Plio-Plistosen.

Satuan Paraautokton

Satuan paraautokton di Timor merupakan endapan Paparan Baratdaya Australia yang terbawa ke Asia bersama atau menumpang di atas batuan alasnya. Di bagian barat Timor, satuan ini terdiri atas batuan alas malihan berumur Perem yang ditutupi oleh runtunan Kekneno yang disetarakan dengan *Tethys margin nappe* (Sawyer dr.,1993). Batuan alas malihan tidak tersingkap di Cekungan Timor, namun tersingkap di daerah Timor Leste, dan dikenal sebagai Kompleks Lolotoi. Nama-nama formasi dalam runtunan Kekneno sebagian besar mengikuti Audley-Charles (1968). Runtunan ini berumur dari Perem Awal sampai Jura Tengah, semetara Jura Akhir terdapat ketidakselarasan (*hiatus*) (Gambar 2). Bagian bawah runtunan Kekneno terdiri atas batuan berumur Perem, yaitu Formasi Atahoc dan Formasi Cribas, keduanya menjemari dengan Formasi Maubisse. Formasi Atahoc berumur bagian bawah Perem Awal, sementara Formasi Cribas berumur bagian atas Perem Awal, dan Formasi Maubisse berumur dari Perem Awal sampai Perem Akhir. Di atas Formasi Maubisse dijumpai hiatus hingga akhir Trias Awal. Mulai akhir Trias Awal hingga Trias Tengah diendapkan Formasi Niof. Di atas Formasi Niof diendapkan Formasi Aitutu yang berumur bagian atas Trias Tengah hingga Trias Akhir, dan Formasi Babulu yang berumur yang berumur Trias Akhir. Di atasnya lagi diendapkan Formasi Wailuli yang berumur Jura Awal hingga Jura Tengah, dan diakhiri oleh ketidakselarasan di bagian atasnya.



Gambar 2. Stratigrafi runtunan Para-autokton di Timor Barat (modifikasi dari Sawyer dr., 1993).

(1). Formasi Maubisse

Formasi ini berumur Perm Awal-Jura Akhir dengan litologi penyusunnya adalah biokalkarenit merah-ungu, packstones, dan boundstones yang kaya akan rombakan cangkang koral, crinoids, byrozoids, brachiopods, cephalopods dan fusilinids serta batuan beku ekstrusif yang merupakan batuan tertua di Timor (Sawyer dr., 1993).

(2). Formasi Atahoc

Formasi ini berumur Perm Awal berdasarkan umur dari fosil ammonoid. Litologi dominan yang menyusun formasi ini adalah batupasir halus arkose dengan ciri terpilah sedang, mineralogy terdiri atas kuarsa monokristalin, feldspar, plagioklas, serta terdapat fragmen filit yang berasosiasi dengan batuan dari Kompleks Mutis/Lotoloi.

(3). Formasi Cribas

Formasi ini diperkirakan berumur Perm Awal dan dapat dibagi menjadi beberapa fasies batuan yang kontinu secara lateral yaitu lapisan batupasir multiwarna, batulanau, batulempung hitam, dan batugamping bioklastik. Struktur sedimen seperti ripple dan sole marks menunjukkan bahwa arus turbidit berperan dalam proses pengendapan formasi ini.

(4). Formasi Niof

Formasi ini berumur Trias Awal-Trias Tengah yang dicirikan oleh kontak lapisan yang tajam serta menunjukkan banyak struktur sedimen. Litologi yang menyusun formasi ini adalah batulempung berlapis tipis, batuserpih warna merah-hitam-coklat, batupasir greywacke, napal, dan batugamping masif. Proses pengendapan formasi ini melalui mekanisme arus turbidit. Lingkungan pengendapan dari formasi ini diperkirakan terdapat pada lingkungan laut dangkal hingga laut dalam.

(5). Formasi Aitutu

Formasi ini berumur Trias Awal-Trias Akhir. Litologi penyusun dari formasi ini adalah batugamping putih-merah muda dengan perselingan batulempung karbonatan berwarna abu-abu hitam. Tebal lapisan konsisten yaitu 45-60 cm dan pada bidang perlapisan dapat ditemukan makrofauna seperti Halobia, Daonella, Monotis, Ammonit, dan fragmen fosil lainnya. Lingkungan pengendapan dari formasi ini adalah laut terbuka yaitu sekitar paparan luar.

(6). Formasi Babulu

Formasi ini disusun oleh litologi perselingan batulempung-batulanau dan batupasir masif. Pada permukaan bidang perlapisan banyak ditemukan brachiopod, ammonit, fragmen tumbuhan, sole marks, dan fosil jejak. Lingkungan pengendapan dari formasi ini berada pada area tepi paparan.

(7). Formasi Wailuli

Litologi yang menyusun formasi ini adalah batulempung gelap dengan perselingan batugamping organik, kalsilutit, batulanau, dan batupasir. Umur dari formasi ini adalah Jura Awal-Jura Tengah. Lingkungan pengendapan dari formasi ini berkisar dari paparan dalam-paparan tengah.

Satuan Alokton

Satuan alokton di Timor bagian barat terdiri atas Runtunan Kolbano dan Runtunan Busur Banda pra-tumbukan yang keduanya mempunyai kontak tektonik di daerah Kolbano, Timor barat bagian selatan. Runtunan Kolbano berumur dari Jura Akhir sampai Pliosen Awal, dengan satuan dari bawah mulai dari Formasi Oebaat (bagian bawah Kapur Awal), Formasi Nakfunu (Kapur Awal-Kapur Akhir), Formasi Menu (Kapur), dan Formasi Ofu (Tersier). Pada runtunan ini dijumpai beberapa ketidakselarasan, yaitu pada Kapur Tengah, Paleosen Awal, serta Oligosen yang setempat sampai Miosen Awal. Adapun Runtunan Busur Banda pra-tumbukan terdiri atas batuan alas Kompleks Mutis berumur tidak lebih tua dari Jura Akhir, yang secara tidak selaras ditutupi oleh Kelompok Palelo yang berumur Kapur Akhir hingga Miosen Awal, yang secara tak selaras pula ditutupi oleh Formasi Manamas dan batuan campur-aduk Bobonaro yang keduanya berumur akhir Miosen Akhir sampai Plio-Plistosen.

Runtunan Kolbano:

(1). Formasi Oebaat

Formasi ini berumur Jura Akhir sampai Pliosen Awal dan dibagi menjadi dua anggota formasi yaitu:

- Batupasir masif dengan ciri jarang memiliki kedudukan perlapisan, tapi saat diamati terdiri atas perlapisan batulanau dan batupasir. Bagian bawah dari unit ini terdiri dari batulanau coklat-hitam dan batulempung bernodul limonit-lanau. Lingkungan pengendapan dari unit ini diperkirakan adalah laut.

- Batupasir glaukonit berlapis dengan ciri ketebalan lapisan sekitar 40-50 cm. Fosil ammonit dan belemnit banyak ditemukan pada unit ini. Lingkungan pengendapan dari unit ini adalah paparan dangkal.

(2). Formasi Nakfunu

Litologi yang menyusun formasi ini adalah radiolarite, batulempung, kalsilutit, batulanau, perlapisan batulempung, kalkarenit, wackestones, dan packstones. Ciri khusus dari Formasi Nakfunu adalah tebal lapisan batuan yang konsisten sekitar 3-30 cm. Kehadiran fosil radiolaria sangat melimpah, sedangkan fosil foraminifera jarang ditemukan. Umur formasi ini diperkirakan berumur Kapur Awal-Kapur Akhir. Lingkungan pengendapan dari formasi ini adalah laut dalam.

(3). Formasi Menu

Formasi ini berumur Kapur dan memiliki litologi yang mirip dengan Formasi Ofu yang berumur Tersier. Formasi ini tersusun atas batugamping dimana terdapat lapisan tipis atau nodul rijang merah, serta menunjukkan adanya belahan yang intensif. Kemiripan litologi yang dimiliki oleh Formasi Menu dan Formasi Ofu mengindikasikan adanya kontak stratigrafi. Formasi ini diendapkan dengan mekanisme turbidit pada lingkungan laut dalam.

(4). Formasi Ofu

Formasi ini diendapkan setelah terjadinya hiatus pada Paleosen Awal sampai Miosen Akhir. Litologi penyusun dari formasi ini adalah batugamping masif berwarna putih-merah muda dengan kenampakan rekahan konkoidal-sub konkoidal. Pada singkapan umumnya banyak dijumpai laminasi tipis, urat kalsit, stilolit, kekar, dan rekahan. Formasi ini diendapkan pada lingkungan laut dalam dengan mekanisme turbidit.

Runtunan Busur Banda Pra-tumbukan

Kelompok satuan alokton ini terdiri atas batuan yang berasal dari busur muka dan busur gunungapi Banda pra-tumbukan Neogen antara Busur Banda dengan paparan barat laut Australia. Paparan barat laut Australia sendiri terdiri atas batuan alas kerak benua dan sedimen yang menutupinya. Runtunan Busur Banda pra-tumbukan ini terdiri atas batuan alas malihan Kompleks Mutis dan batuan yang menutupinya, yaitu : Kompleks Palelo (Formasi Noni, Formasi Haulasi, Formasi Metan), Batugamping Cablaci, dan Kompleks Bobonaro.

(1). Kompleks Mutis

Kompleks Mutis dijumpai di bagian tengah - utara Timor bagian barat, terdiri atas batuan malihan yang berumur tidak lebih tua dari Jura Akhir (Brown dan Earle, 1983; Sopaheluwakan, 1991, sementara Sawyer dr. (1993) memberikan umur Kapur Awal. Sebelumnya, Kompleks Mutis dinyatakan berumur pra-Perem (Rosidi dr., 1996). Satuan ini disusun oleh batusabak, filit, sekis, amfibolit, sekis amfibolit, kuarsit, genes amfibolit dan granulit. Kompleks Mutis ditutupi oleh runtunan yang mendangkal ke atas, dari dasar samudera sampai sampai paparan benua hingga terumbu. Tidak selaras di atas Kompleks Mutis diendapkan Kompleks Palelo yang berumur dari Kapur Akhir sampai Miosen Awal, dan di atasnya lagi secara tidak selaras diendapkan Formasi Manamas yang berumur Miosen Akhir sampai Pliosen Awal (Sawyer dr., 1993).

(2). Kelompok Palelo

Kompleks Palelo terdiri atas Formasi Noni, Formasi Haulasi, Formasi Metan dan Batugamping Cablaci.

a. Formasi Noni

Formasi Noni berumur Kapur Akhir (Sawyer dr., 1993), terdiri atas baturijang radiolaria, batugamping rijangan dan rijang lempungan.

b. Formasi Haulasi

Formasi ini berumur Paleosen Akhir - Eosen Tengah. Terdiri atas grewake konglomeratan, batupasir, serpih tufan dan napal.

c. Formasi Metan

Formasi ini berumur Eosen Tengah sampai Oligosen Akhir, terdiri atas aglomerat dengan komponen menyudut dan menyudut tanggung dalam masa dasar tuf.

d. Batugamping Cablaci

Lokasi tipe satuan ini berada di Gunung Cablaci, Timor Leste. Di lokasi tipenya satuan ini tersusun oleh batugamping masif kristalin, sementara di tempat lain (Timor bagian barat) juga tersusun oleh batugamping koral, batugamping kalkarenit dan kalsirudit. Satuan ini merupakan bagian dari Kelompok Palelo, secara tidak selaras ditindih oleh Formasi Manamas.

(3). Formasi Manamas

Formasi ini berumur Miosen Akhir, terdiri dari breksi vulkanik yang pejal dengan sisipan lava dan tuf hablur.

Satuan Autokton

Satuan interutama tersusun oleh endapan-endapan pasca orogenik, sebagian terbentuk sejak orogenesis atau sin-orogenik, yaitu bersamaan dengan tumbukan antara benua Australia dengan Busur Banda pra-tumbukan.

(1). Runtunan Viqueque

Runtunan Viqueque terdiri atas Anggota Batuputih dan Anggota Viqueque (Noele), keduanya berumur Miosen Akhir sampai Plistosen Awal. Anggota Viqueque terdiri atas batupasir gampingan, batupasir konglomeratan gampingan dan konglomerat, sementara anggota anggota Batuputih tersusun oleh batugamping kalsilitit dan napal.

(2). Kompleks Bobonaro

Kompleks Bobonaro (Rosidi dr., 1996; Suwitodirjo dan Tjokrosapoetro, 1996) atau Bobonaro Scaly Clay (Audley-Charles, 1968) merupakan batuan campur-aduk (chaotic rock) yang tersusun oleh matriks lempung bersisik yang mengandung bongkahan batuan yang berumur lebih tua, yaitu berkisar dari Perem sampai Miosen Awal (Audley-Charles, 1968). Nama Kompleks Bobonaro saat ini dipakai untuk seluruh batuan campur-aduk yang dijumpai di Pulau Timor, menempati sekitar 40% dari luas pulau tersebut.

Sampai sekarang terdapat beberapa tafsiran mengenai genesis Kompleks Bobonaro, yaitu (1) sebagai olistotrom (Audley-Charles, 1968), (2) merupakan bancuh tektonik atau melange (Hamilton, 1979), dan (3) merupakan hasil dari terobosan diapir serpih (Barber dr., 1986). Namun, menurut Bachri (2004), sebagian besar batuan campur-aduk di Timor diduga merupakan hasil longsoran bawah laut, atau olistotrom, yang mungkin berkaitan dengan proses tumbukan busur dan benua pada Neogen. Pada waktu terjadinya tumbukan tersebut diduga terbentuk pula bancuh tektonik yang hanya membentuk sebagian kecil dari Kompleks Bobonaro. Di beberapa barat, terutama di Timor barat, juga terjadi pembentukan batuan campur-aduk yang disebabkan oleh diapirisme serpih atau kegiatan poton. Poton-poton tersebut membawa berbagai fragmen batuan yang diterobosnya, dan masih aktif sampai sekarang.

Sistem Migas

Batuan Induk

Beberapa peneliti terdahulu telah mengidentifikasi formasi yang mengandung batuan induk di Cekungan Timor, yaitu Formasi Atahoc, Formasi Cribas, Formasi Aitutu dan Formasi Wailuli (Audley Charles, 1968; Bird, 1987; Charlton, 2001). Namun dari beberapa peneliti belum secara spesifik membahas potensi batuan induk dari setiap formasi yang mengandung batuan induk tersebut.

Berikut ini akan dibahas hasil analisis geokimia dan petrologi organik kaitannya dengan potensi batuan induk dari setiap formasi yang diteliti, meliputi serpih hitam dari Formasi Atahoc, Formasi Niof, Formasi Aitutu, dan Formasi Wailuli.

Serpih hitam dari Formasi Atahoc berumur Perem Awal (Audley-Charles, 1968). Hasil analisis geokimia organik terhadap total kandungan organik menunjukkan 8,85% yang termasuk dalam klasifikasi sangat baik. Hasil analisis petrologi organik menunjukkan serpih dari Formasi Atahoc memiliki komposisi maseral yang didominasi oleh vitrinit (65% - 87,1%), yang termasuk dalam kerogen tipe-III yang kemungkinan sebagai gas prone potential. Pengukuran reflektan vitrinit pada serpih dari Formasi Atahoc rata-rata diatas 1 %, hal ini menunjukkan serpih ini sudah termasuk ke dalam kategori *early peak mature*.

Serpih hitam dari Formasi Niof berumur Trias Awal-Trias Tengah. Hasil analisis petrologi organik menunjukkan serpih dari Formasi Niof memiliki komposisi maseral yang didominasi oleh vitrinit (> 80%), yang termasuk dalam kerogen tipe- III yang kemungkinan sebagai gas prone potential. Pengukuran vitrinite reflektan pada serpih dari Formasi Niof rata-rata diatas 0,80-1 %, hal ini menunjukkan serpih ini sudah termasuk ke dalam kategori *early mature*.

Serpih hitam dari Formasi Aitutu berumur Trias Akhir. Hasil analisis geokimia organik terhadap total kandungan organik menunjukkan berkisar antara 2,47% - 9,16% yang termasuk dalam klasifikasi sangat baik sampai sangat baik sekali. Hasil analisis petrologi organik menunjukkan serpih dari Formasi Aitutu memiliki komposisi maseral yang didominasi oleh vitrinit (64% - 85.1%) dan liptinit (15.2 - 40.3%) yang termasuk dalam tipe-III yang kemungkinan sebagai gas prone potential. Pengukuran reflektan vitrinit pada serpih dari Formasi

Aitutu rata-rata antara 0,7 - 1,1 %, hal ini menunjukkan serpih ini sudah termasuk ke dalam kategori *early mature*. Dari hasil analisis petrografi menunjukkan banyak sekali dijumpai ganggang laut, hal ini dapat disimpulkan bahwa batuan induk ini termasuk kedalam *marine carbonate source rock*.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa potensi batuan induk di Cekungan Timor meliputi serpih Formasi Atahoc yang berumur Perem Awal, serpih Formasi Niof yang berumur Trias Awal – Trias Tengah dan serpih dari Formasi Aitutu yang berumur Trias Akhir. Hasil analisis petrologi organik menunjukkan hasil vitrinit yang melimpah, menunjukkan kerogen tipe-III sebagai *gas prone*. Dari gambaran tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa rembesan gas pada lokasi penelitian diperkirakan memiliki material organik dengan serpih dari ketiga formasi di atas.

Batuan Waduk

Faktor penting lain dalam mengidentifikasi suatu potensi sistem petroleum adalah ada atau tidaknya batuan waduk sebagai tempat hidrokarbon terakumulasi. Hal ini dapat diidentifikasi dari keberadaan potensi batuan waduk di cekungan yang diteliti. Analisis laboratorium yang dilakukan untuk mengidentifikasi batuan waduk pada penelitian ini adalah integrasi dari analisis petrografi, SEM dan porositas. Dari hasil ketiga analisis yang telah disebutkan di atas dapat disimpulkan potensi untuk batuan waduk di cekungan ini adalah sebagai berikut:

Batupasir Formasi Cribas, batupasir halus-sampai medium dari Formasi Cribas berumur Akhir Permian. Hasil deksripsi pengamatan dilapangan menunjukkan bentuk butir membundar, dengan pemilahan baik, dengan komposisi mineral kuarsa. Dari kenampakan tersebut batuan ini memiliki potensi sebagai batuan waduk.

Batupasir Formasi Babulu, batupasir medium-sampai kasar dari Formasi Babulu. Hasil deksripsi pengamatan dilapangan menunjukkan bentuk butir membundar, dengan pemilahan baik, dengan komposisi mineral kuarsa. Dari kenampakan tersebut batuan ini memiliki potensi sebagai batuan waduk, namun hal ini perlu dikaji lanjut dari hasil analisis petrografi dan SEM yang sampai saat ini masih dalam proses preparasi. Hasil analisis porositas yang dilakukan oleh LEMIGAS menunjukkan porositas yang sangat baik dengan nilai porositas rata-rata diatas 5%. Batugamping Formasi Aitutu, batugamping dari Formasi Aitutu berumur Trias

Akhir. Hasil deksripsi pengamatan dilapangan menunjukkan batugamping *wacstone*, *packstone* dan *grainstone*. Dari hasil analisis petrografi batugamping ini dibagi menjadi batugamping bioklastika dengan komponen bioklastika berupa campuran fosil antara foraminifera kecil planktonik, radiolaria, dan moluska, dan batugamping radiolaria dengan komponen bioklas umumnya berupa radiolaria. Dari hasil analisis keporian dibawah mikroskop petrografi menunjukkan keporian sisa antar partikel, retakan dan gerowong tidak teratur.

Dari hasil analisis SEM terlihat jenis porositas yang pada batugamping dari Formasi Aitutu umumnya berupa *vuggy* dan *intergrain porosity*. Dari hasil analisis keporian dengan metode merkuri menunjukkan bahwa batugamping *grainstone* dari formasi ini memiliki nilai porositas 8,65%. Dari kenampakan tersebut dapat disimpulkan batuan ini memiliki potensi sebagai batuan waduk.

Batupasir Formasi Oebaat berukuran medium-sampai kasar, mengandung belemnit berumur Jura Akhir. Hasil deksripsi pengamatan dilapangan menunjukkan bentuk butir membundar, dengan pemilahan baik, dengan komposisi mineral kuarsa. Dari kenampakan tersebut batuan ini memiliki potensi sebagai batuan waduk.

Batuan penutup / tudung

Faktor lain yang tidak kalah penting dalam mengidentifikasi suatu potensi sistem petroleum adalah batuan penutup atau tudung (*seal / cap rock*). Hal ini dapat diidentifikasi dari keberadaan potensi batuan penutup di cekungan yang diteliti. Analisis laboratorium yang dilakukan untuk mengidentifikasi batuan waduk pada penelitian ini adalah integrasi dari analisis petrografi dan SEM.

Dari hasil pengamatan di lapangan dapat dirangkum bahwa serpih dari Formasi Cribas yang berumur Perem, serpih dan batulempung pada satuan batuan berumur Trias dan serpih atau batulempung pada Formasi Nakfunu memiliki potensi yang sangat baik sebagai batuan penutup. Secara umum karakteristik megaskopis di lapangan menunjukkan lapisan yang kedap air (*impermeable*) dan sangat *tight*. Hasil analisis petrografi juga menunjukkan serpih dari unit-unit batuan tersebut memiliki porositas yang sangat buruk dengan keporian yang sudah terisi oleh mineral lempung atau mineral karbonat.

Hal ini juga diperkuat oleh hasil analisis SEM yang menunjukkan unit-unit batuan tersebut *impermeable* dimana beberapa jenis porositas berupa *pore* dan *fracture filling* oleh mineral lempung. Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa unit-unit batuan tersebut sangat baik untuk menjadi batuan penutup hidrokarbon pada Cekungan Timor.

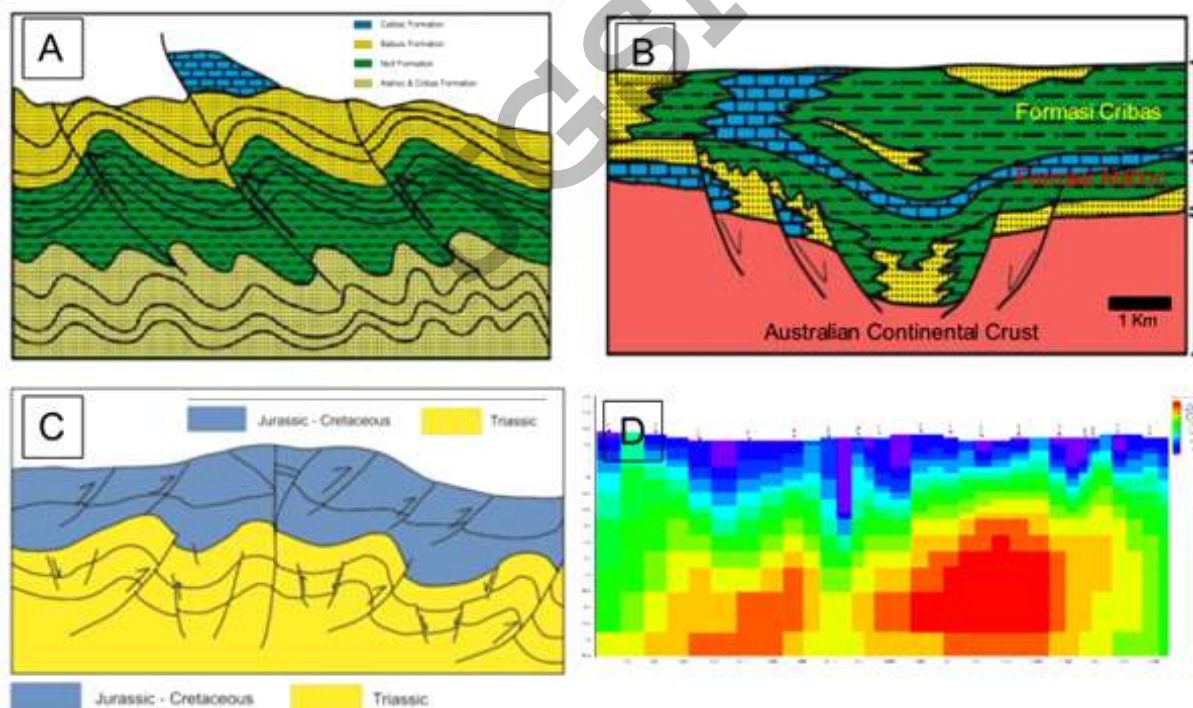
Perangkap

Setelah mengidentifikasi potensi batuan induk, batuan waduk dan batuan penutup, tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi kemungkinan tipe perangkap hidrokarbon yang berkembang, sehingga dapat memberikan arahan terhadap target eksplorasi hidrokarbon di Cekungan Timor.

Dari hasil analisis geologi dan geofisika dapat disimpulkan kemungkinan perangkap hidrokarbon. Setidaknya ada dua jenis perangkap hidrokarbon yang dapat diidentifikasi yaitu perangkap struktur dan perangkap stratigrafi. Perangkap struktur yang berkembang adalah struktur bunga positif, antiklin landai, antiklin tersesar-naikkan, dan graben.

Sedangkan perangkap stratigrafi dapat berupa lensa-lensa batupasir dan lapisan batugamping (Gambar 3). Dari perangkap yang telah kita identifikasi selanjutnya sebagai arahan eksplorasi hidrokarbon dicekungan perlu diidentifikasi *play* hidrokarbon di Cekungan Timor sebagai target eksplorasi (Gambar 4).

Sementara data sismik di laut Timor menunjukkan bahwa di Laut Timor bagian barat terdapat struktur antiklin dan monoklin yang berhubungan dengan sesar, mungkin dapat berfungsi sebagai perangkap struktur (Gambar 4a). Sementara di Laut Timor sebelah selatan Pulau Timor bagian timur dijumpai pula antiklin dan monoklin yang berhubungan dengan sesar (Gambar 4b). Hal ini diduga pula merupakan perangkap potensial di wilayah Timor.



Gambar 3. Tipe perangkap hidrokarbon di Cekungan Timor. A) Tipe perangkap struktur pada unit batuan Trias - Perem di Blok Kekeno berupa antiklin tersesar-naikkan, B) Tipe perangkap stratigrafi dan struktur pada unit batuan Permian di Blok Kekeno berupa lensa batupasir dan batugamping dan perangkap struktur graben, C) Tipe perangkap struktur pada unit batuan Trias, Jura dan Kapur di daerah Kolbano berupa struktur bunga positif, antiklin landai, dan antiklin tersesar naikkan, D) Penampang Magnetotellurik yang menunjukkan perangkap antiklin di daerah Kolbano.

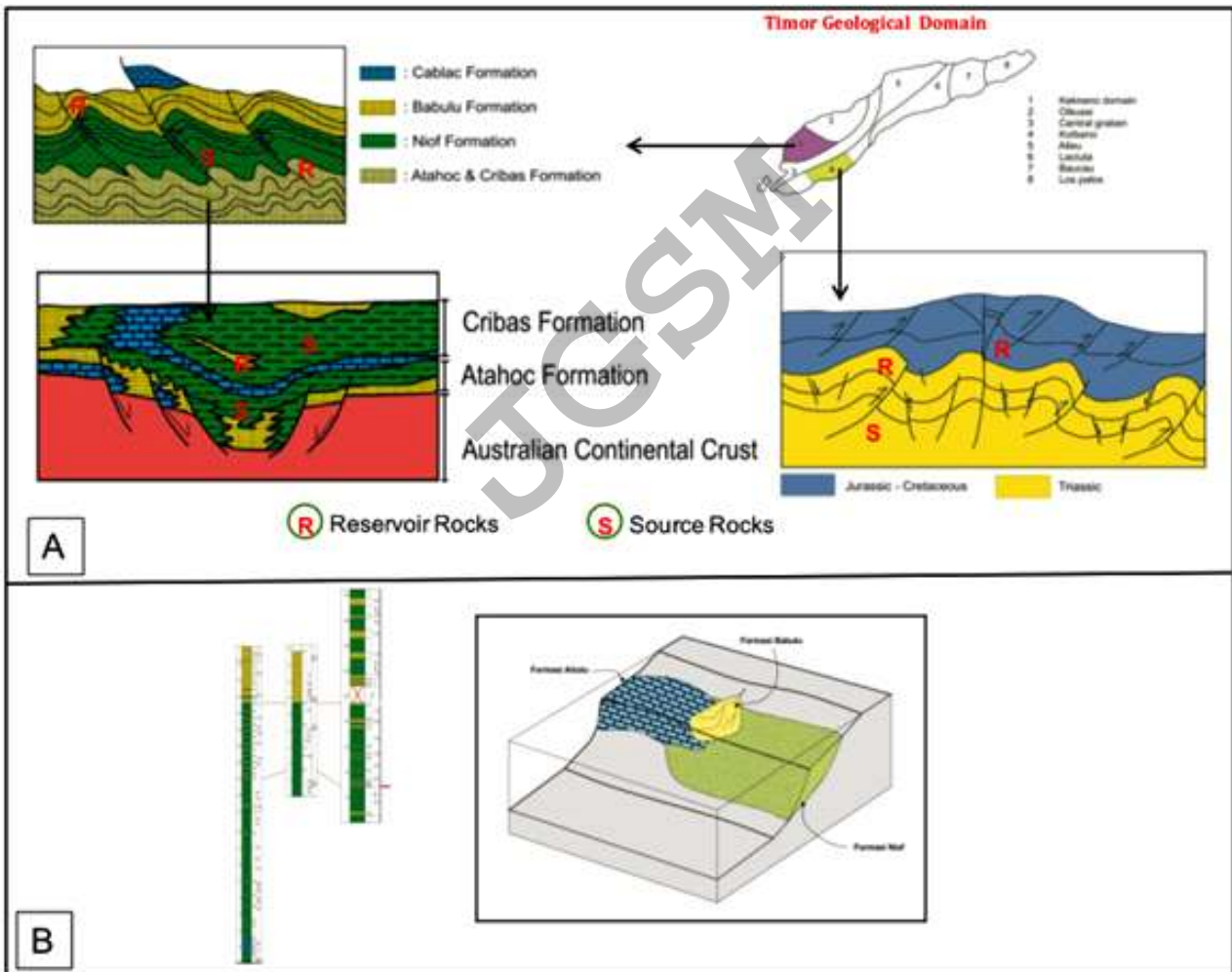
Kesimpulan

Di Cekungan Timor satuan batuan yang berpotensi sebagai batuan induk adalah serpih hitam dari Formasi Atahoc, Formasi Niof, Formasi Aitutu, dan Formasi Wailuli. Material organik dari keseluruhan batuan induk tersebut merupakan kerogen tipe III yang dapat menjadi batuan induk gas bumi. Kematangan kerogen tersebut berkisar dari *early mature* sampai *early peak mature*.

Sementara itu batupasir dari Formasi-Formasi Cribas, Babulu dan Oebaat berpotensi sebagai batuan waduk.

Adapun target-target eksplorasi hidrokarbon di cekungan ini dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Batupasir (lensa) Formasi Cribas yang berumur Perem Akhir.
2. Batupasir Formasi Babulu yang berumur Trias Akhir.
3. Batugamping Formasi Aitutu yang berumur Trias Akhir
4. Batupasir Formasi Oebaat yang berumur Jura Akhir.



Gambar 4. A) Playhidrokarbon di Cekungan Timor yang berumur Perem - Trias;
 B) Gambaran playbatupasir Babulu yang berumur Trias Akhir berupa *clean sandstone* pada lereng atas (*upper slope*).

Acuan

- Audley-Charles, M.G. 1968. The Geology of Portugese Timor. *Memoirs of the Geological Society of London* No.4. University of London.
- Bachri, S., 2004. The relationships between the formation of the multi-genesis chaotic rocks and the Neogene tectonic evolution in Timor. *Jour. Geol. Resources*, v.XIV, no. 3: 94-100.
- Badan Geologi, 2009. *Peta cekungan sedimen Indonesia berdasarkan data gayaberat dan geologi*. Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Bandung.
- Barber, A.J., Tjokrosapoetro, S. & Charlton, T.R., 1986. Mud volcanoes, shale diapers, wrench faults and mélanges in accretionary complexes, estern Indonesia. *Bull. Am. Petrol. Geol.* 70: 1729-1741.
- Bird, P.R., 1987. The geology of the Permo-Triassic Rocks of Keknenno, West Timor. Unpublished Phd Thesis. University of London.
- Brown, M. & Earle, M.M., 1983. Cordierite - bearing schist and gneisses from Timor, eastern Indonesia: P – T conditions of mrtamorphism and tectonic implications. *J. Metamorph. Geol.* 1, 183-203.
- Cardwell, R.K. & Isacks, B.L., 1978. Geometry of subducted lithosphere beneath the Banda Sea in eastern Indonesia from seismicity and fault plane solutions. *J. Geophys. Res.*, 83: 2825-2838.
- Charlton, T.R. 2001. The petroleum potential of West Timor. Proceedings of the *Indonesian Petroleum Association* 28, vol 1: 301-317.
- Hamilton, W., 1979. *Tectonics of the Indonesian region*. Geol. Survey Professional Paper 1078, 345 p.
- Powel, D.E., 1976. The geological evolution of continental margin of Northwest Australia. *J. Aust. Petrol. Expl. Ass.* 10: 13-23.
- Sawyer, R.K., Sani, K., Brown, S., 1993. Stratigraphy and Sedimentology of West Timor, Indonesia. *Proccedings of the Indonesian Association of Geologists*, 22: 1-20.
- Rosidi H.M.D., Tjokrosapoetro S. dan Gafoer S., 1996. *Peta Geologi Lembar Atambua-Timor, skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sopaheluwakan, J., 1991. High-pressure metamorphism and intra-oceanic thrusting: The role of upper mantle fluids (abstract), In: Proceedings of the Silver Jubilee Symposium on the Dynamics of Subduction and its Prts Products, Yogyakarta, September 1991. *Indonesian Institute of Sciemces (LIPI)*.
- Suwitodirdjo K. dan Tjokrosapoetro S., 1996. *Peta Geologi Lembar Kupang-Atambua, Timor, skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Veevers, J.J., 1982. Western and northwestern margins of Australia, in : *Ocean Basins and Margins*, vol.6: Indian Ocean, edited by Nairn, A.E.M. & Stehli, F., 513-544.