

SEJARAH GEOLOGI PEMBENTUKAN CEKUNGAN BANYUMAS SERTA IMPLIKASINYA TERHADAP SISTEM MINYAK DAN GAS BUMI

GEOLOGICAL HISTORY OF THE FORMATION OF BANYUMAS BASIN AND ITS IMPLICATION TO PETROLEUM SYSTEMS

Eko Bayu Purwasatriya^{*1}, Sugeng Sapto Surjono², D. Hendra Amijaya²

*Email: eko.purwasatriya@unsoed.ac.id

¹Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

²Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Abstrak— Cekungan Banyumas merupakan cekungan sedimen yang terletak di bagian selatan daratan Jawa Tengah, Indonesia. Cekungan Banyumas mempunyai cukup banyak rembesan minyak dan gas bumi, serta sudah ada 5 (lima) sumur minyak yang dibor namun belum menemukan cadangan yang ekonomis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai sejarah geologi Cekungan Banyumas berdasarkan data-data di lapangan, serta mengetahui bagaimana implikasinya terhadap sistem minyak dan gas buminya. Metode penelitian yang digunakan adalah metode pemetaan geologi permukaan yang dikombinasikan dengan data-data bawah permukaan dari data sekunder publikasi sebelumnya. Hasil penelitian adalah Cekungan Banyumas pada awalnya merupakan laut dalam, kemudian mulai membentuk cekungan lentur pada umur Oligosen akhir yaitu pada saat terbentuknya Pegunungan Selatan. Saat umur Miosen juga terbentuk busur vulkanik yang lain di sebelah utara Pegunungan Selatan dan terus bergerak ke utara sampai menjadi gunung saat ini yaitu Gunung Slamet. Kesimpulannya Cekungan Banyumas merupakan *Island arc flexure basin* atau *volcanic arc flexure basin* dengan sistem minyak dan gas bumi yang potensial.

Kata kunci — Cekungan Banyumas, sejarah geologi, cekungan lentur, busur vulkanik, sistem minyak dan gas bumi.

Abstract— The Banyumas Basin is a sedimentary basin located in the southern part onshore of Central Java, Indonesia. The Banyumas Basin has prolific oil and gas seeps and there has been 5 (five) wells drilled but found no economical yet reserves. The objective of this research is to get clearer about geological history of Banyumas Basin based on field data and to know how is the implication to its petroleum systems. The research method is surface geological mapping combined with subsurface data from secondary data in previous publication. The results of the study are Banyumas Basin was originally a deep sea which then began to form a flexure basin at Late Oligocene, when the Southern Mountains raised. At the age of the Miocene, another volcanic arc formed in the north of the Southern Mountains and continued to move to the north and become the recent mountain, namely Mount Slamet. The conclusion is Banyumas Basin is a *Island arc flexure basin* or *volcanic arc flexure basin* with potential petroleum systems.

Keywords — Banyumas basin, geological history, flexure basin, volcanic arc, petroleum systems.

I. PENDAHULUAN

Cekungan Banyumas merupakan cekungan sedimen yang terletak di bagian selatan daratan Jawa Tengah, Indonesia. Cekungan Banyumas mempunyai cukup banyak rembesan minyak dan gas bumi dan telah ada 5 (lima) buah sumur minyak yang dibor, yaitu sumur Cipari-1 dan Gunung Wetan-1 yang dibor pada tahun 1938, sumur Karang Gedang-1 yang dibor pada tahun 1993, sumur

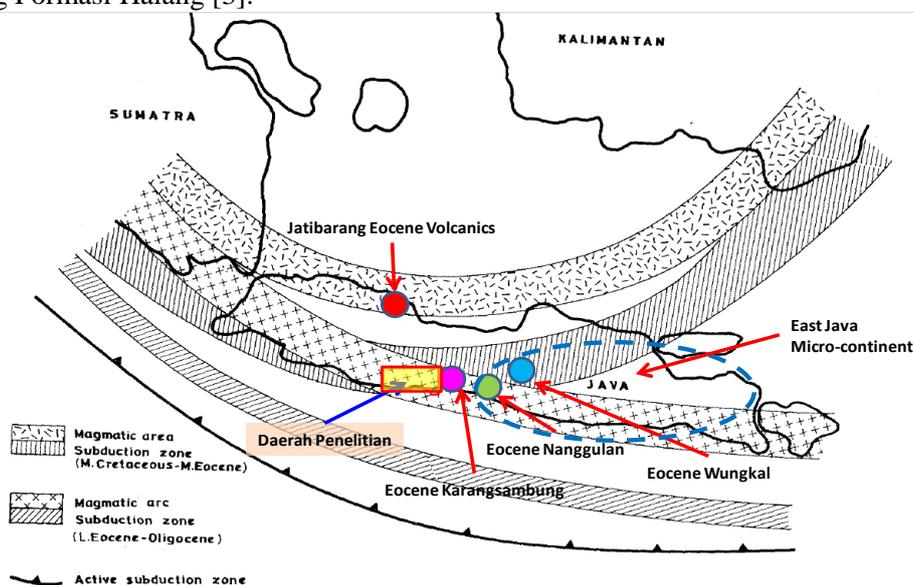
Karang Nangka-1 yang dibor pada tahun 1994 dan terakhir sumur Jati-1 yang dibor pada tahun 2006. Kelima sumur tersebut belum menemukan cadangan minyak atau gas bumi yang ekonomis. Penelitian geologi yang berkaitan dengan potensi minyak dan gas bumi juga telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan perkiraan *petroleum play* yang bervariasi, seperti *play* batupasir [1], *play* antiklin dan diapir [2] serta *play reef* [3]. Sejarah geologi pembentukan cekungan sangat penting untuk

diketahui supaya evaluasi *petroleum play* lebih baik dan diharapkan dapat menemukan cadangan yang ekonomis. Sejarah geologi pembentukan Cekungan Banyumas dapat digunakan untuk menyusun *petroleum systems* dan membuat *petroleum play* yang lebih baik nantinya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pembahasan tentang geologi Cekungan Banyumas telah ditulis oleh peneliti terdahulu. Hall menulis rekonstruksi tektonik Asia Tenggara termasuk didalamnya Pulau Jawa. *Basement* daerah Jawa Barat merupakan lempeng benua sedangkan semakin ke Timur berubah menjadi lempeng samudra berupa Kompleks Melange [4] Pada umur Paleogen, Cekungan Banyumas dan sekitarnya merupakan *flexure basin* sebelum terjadinya *thrusting* antara *Sunda shelf* dan *volcanic arc* [5]. Banyumas masuk ke dalam *southern slope of axial ridge of Java* [6], Noeradi dkk. menulis tentang struktur utama di sekitar Banyumas dan *play* antiklin atau diapir [2]. Satyana membahas tentang rekonstruksi mikro-kontinen Jawa Timur yang bergabung ke Jawa Tengah di daerah Luk Ulo, Kebumen [7]. Stratigrafi Formasi Pemali yang lebih muda dibanding Formasi Halang [3].

Armandita, dkk. menulis tentang sebaran Formasi Halang serta kaitannya dengan patahan Pamanukan-Cilacap [8]. Kabul, dkk. menjelaskan bahwa untuk Cekungan Banyumas, Formasi Pemali tetap lebih tua dibanding Formasi Halang [9]. Purwasatriya dan Waluyo menulis potensi minyak dangkal di Cekungan Banyumas [10]. Purwasatriya membahas tinjauan kembali potensi migas Cekungan Banyumas berdasarkan data geologi dan geofisika [11], Purwasatriya, dkk., membuat tektonostratigrafi Cekungan Banyumas berdasarkan data 841 *shear fracture* yang diukur dari berbagai formasi [12]. Masing-masing penulis mempunyai bahasan khusus tentang geologi Cekungan Banyumas dan sistem minyak dan gas buminya. Batuan tertua yang tersingkap di Cekungan Banyumas berumur pada masa Oligosen Akhir, yaitu Formasi Gabon yang tersusun atas breksi, lava dan batuan vulkaniklastik lainnya, sehingga untuk memperkirakan batuan apa yang lebih tua dan berada di bawah permukaan Cekungan Banyumas, maka dilihat dari singkapan batuan di sekitarnya, seperti sebaran batuan yang berumur Eosen yang diplot pada gambar busur magmatik regional dan zona subduksi mulai umur Kapur Tengah sampai Oligosen [6] dengan modifikasi (Gambar 1).



Gambar-1. Busur magmatik regional dan zona subduksi mulai umur Kapur Tengah sampai Oligosen [6] dengan modifikasi.

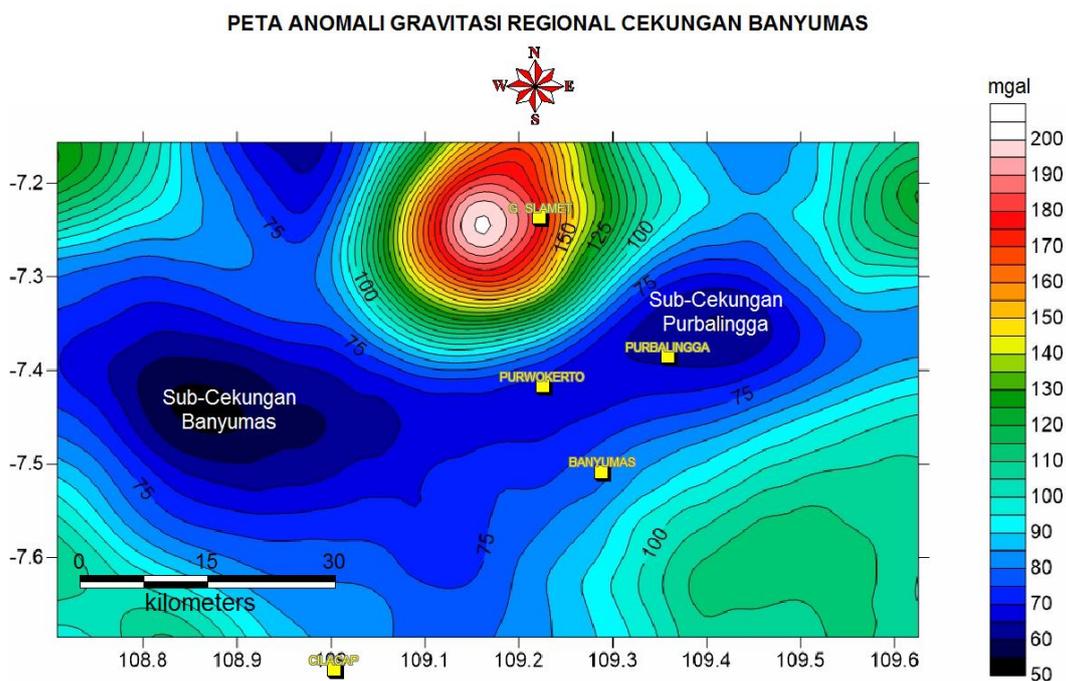
Beberapa batuan yang berumur pada masa Eosen, seperti Formasi Karangsambung, Formasi Nanggulan, Formasi Wungkal dan Formasi Jatibarang, diplot untuk melihat kecocokannya dengan busur magmatik dan zona subduksi pada umur Eosen. Plot batuan yang berumur Eosen tersebut mempunyai kecocokan dengan interpretasi

busur magmatik dan zona subduksinya, yaitu Formasi Jatibarang yang berupa batuan vulkanik berada di busur magmatik, Formasi Karangsambung yang berupa olistostrom merupakan batuan yang berada di zona subduksi. Khusus untuk Formasi Nanggulan yang tersusun atas batupasir dengan sisipan batubara serta Formasi Wungkal yang

tersusun atas batugamping, keduanya bukan merupakan jenis batuan yang umum berada di zona subduksi, namun keduanya merupakan batuan yang berada di lingkungan transisi, sehingga kedua formasi ini berhubungan dengan bergabungnya mikrokontinen Jawa Timur ke Pulau Jawa [10].

Purwasatriya menggunakan data gravitasi satelit topex untuk deliniasi batas Cekungan Banyumas.

Data gravitasi satelit topex dengan 1848 titik diolah menjadi anomali regional dan digunakan untuk menentukan batas cekungan [11]. Hasil deliniasi cekungan menunjukkan adanya 2 (dua) sub-cekungan, yaitu Sub-Cekungan Banyumas di bagian Barat dan Sub-Cekungan Purbalingga di sebelah Timur (Gambar 2).



Gambar-2. Peta anomali gravitasi regional Cekungan Banyumas yaitu sub cekungan Banyumas dan sub cekungan Purbalingga [11].

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode pemetaan geologi permukaan yang dikombinasikan dengan data-data bawah permukaan dari data sekunder publikasi sebelumnya.

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dilakukan berada di Cekungan Banyumas dan sekitarnya, dimana batasannya diambil dari Purwasatriya (2014). Batas sebelah Barat pada Bujur sekitar $108^{\circ} 30' 0''$, batas sebelah Timur pada Bujur sekitar $109^{\circ} 45' 0''$, batas sebelah Utara pada Lintang sekitar $-7^{\circ} 15' 0''$ dan batas sebelah Selatan pada Lintang sekitar $-7^{\circ} 45' 0''$. Secara administrasi, sebagian besar masuk ke dalam Kabupaten Cilacap dan Banyumas, serta sebagian kecil dari Kabupaten Purbalingga, Kabupaten Kebumen dan Kabupaten Ciamis. Secara morfologi, batas Cekungan Banyumas adalah: Gunung Slamet berada di sebelah Utara, Tinggian Karangsambung berada di sebelah Timur, Perbukitan Karangbolong-

Nusakambangan berada di sebelah Selatan dan Tinggian Jampang dan Gunung Kumbang berada di sebelah Barat (Gambar 3).

B. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian meliputi 3 (tiga) tahapan utama, yaitu:

1. Tahap persiapan

Tahapan ini meliputi pengumpulan data-data peneliti terdahulu, studi pustaka, evaluasi terhadap data-data tentang daerah penelitian, *reconnaissance*, merancang survei lapangan untuk kegiatan selanjutnya.

2. Tahap penelitian lapangan dan pekerjaan studio

Pada tahapan ini, dilakukan penelitian langsung ke lapangan, untuk mengambil data primer, berdasarkan rencana yang telah dibuat sebelumnya pada tahap persiapan. Selain pekerjaan lapangan, juga dilakukan pekerjaan di studio sebagai tindak lanjut pekerjaan lapangan, seperti pengolahan data,

koreksi-koreksi data, pembuatan peta dan lain sebagainya.

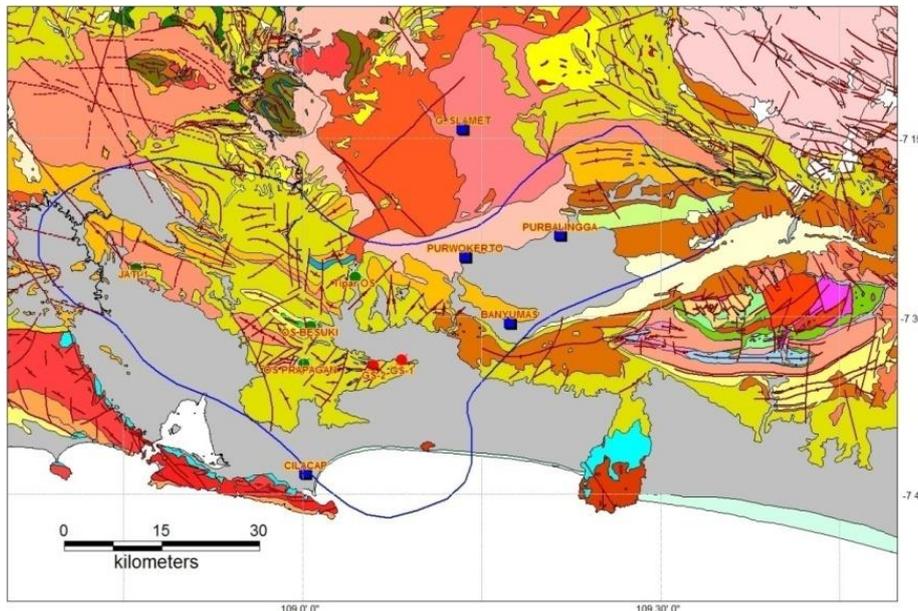
3. Tahap analisis dan interpretasi

Tahap analisis meliputi peta geologi permukaan yang dikombinasikan dengan data bawah permukaan

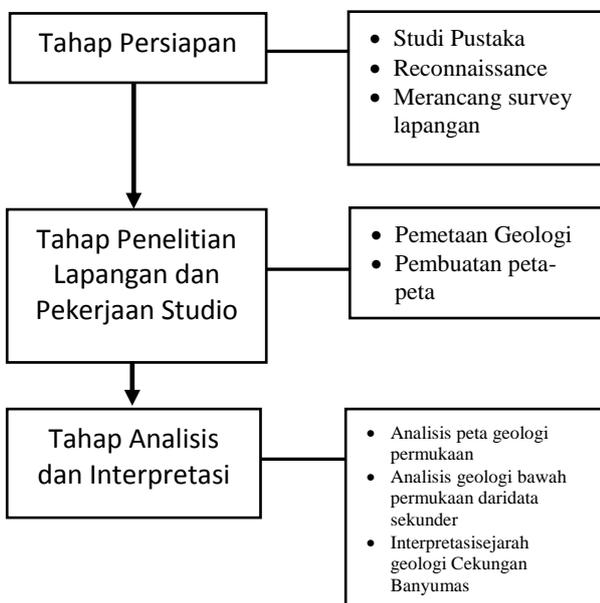
dari data sekunder sehingga dapat menyusun sejarah geologi cekungan.

4. Tahap penyusunan laporan

Bagan alir penelitian tampak pada Gambar 4, berikut ini.



Gambar-3. Lokasi penelitian Cekungan Banyumas dan sekitarnya, garis biru merupakan batas cekungan [11].



Gambar-4. Bagan alir penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sejarah Geologi Cekungan Banyumas

Sejarah geologi Cekungan Banyumas dibagi berdasarkan tahapan-tahapan utama kejadian geologi yang penting dalam pembentukannya.

1) Kapur Akhir – Eosen Tengah

Pada kurun waktu ini, Cekungan Banyumas masih berupa zona subduksi antara lempeng samudra Indo-Australia dengan lempeng benua Sundaland. Lingkungan pengendapannya berupa laut dalam dengan tipe endapan berupa kompleks Melange akibat aktifitas tektonik yang sangat aktif. Bongkah-bongkah batuan tua yang sangat besar masuk ke dalam matriks berupa batulempung hitam terkersikan. Cekungan Banyumas sendiri belum terbentuk secara jelas batas-batasnya, namun *accomodation space* sudah tersedia karena lingkungannya berupa laut dalam.

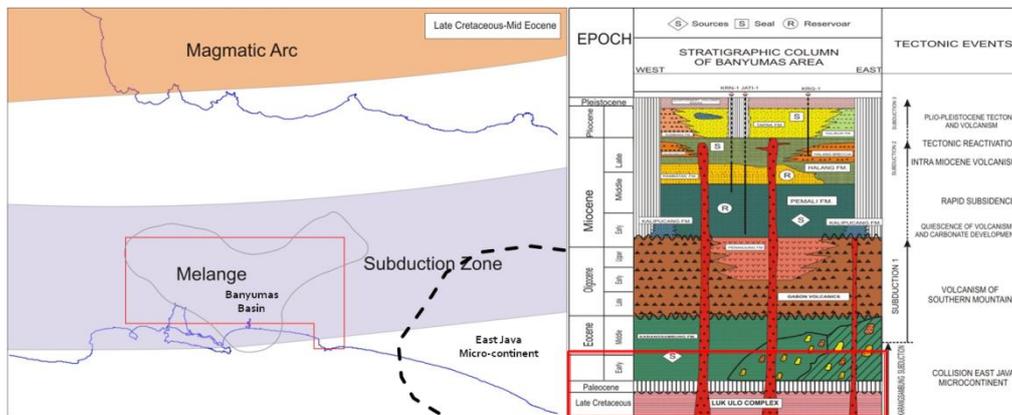
Mikro-kontinen Jawa Timur menumbuk pada Paleosen dan membuat jalur subduksi Meratus yang berarah Barat Daya-Timur Laut menjadi mati dan terbentuknya jalur subduksi baru yaitu jalur subduksi Jawa yang berarah relatif Barat-Timur. *Basement* atau batuan dasar dari Cekungan Banyumas adalah berupa lempeng samudra karena endapannya berupa endapan zona subduksi dan posisi busur magmatik yang berupa bagian dari lempeng benua berada di utara atau tepatnya di Kalimantan (Gambar 5).

2) Eosen Tengah – Oligosen Akhir

Pada kurun waktu ini jalur subduksi sudah berarah relatif Barat-Timur, namun adanya kemunculan Gunung “Dakah” di daerah

Karangsambung, Kabupaten Kebumen menunjukkan adanya subduksi lain di sebelah selatan zona subduksi ini, sehingga timbul teori “double subduction” dimana ada subduksi lain di sebelah

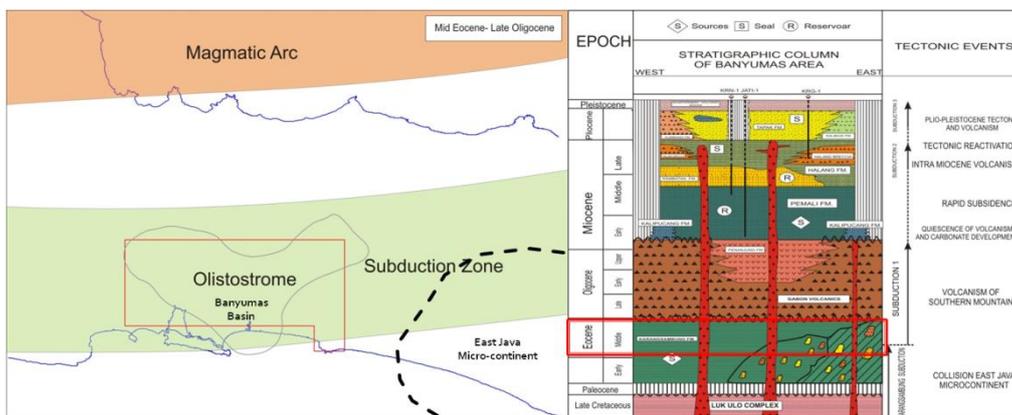
selatan, akibat lempeng samudra yang patah [13]. Endapan di Cekungan Banyumas berupa lempung hitam laut dalam yang kemudian menjadi olistostrom pada Formasi Karangsambung.



Gambar-5. Sketsa paleogeografi Kapur Akhir-Eosen Tengah (kiri) dan kolom stratigrafi (kanan) Cekungan Banyumas.

Batuan sedimen inilah yang menjadi alas dari Cekungan Banyumas, sebelum munculnya deretan busur berupa gunung api pada cekungan ini. Sketsa

paleogeografi pada kurun waktu ini masih mirip tapi yang berbeda adalah endapannya berupa olistostrom Formasi Karangsambung (Gambar 6).

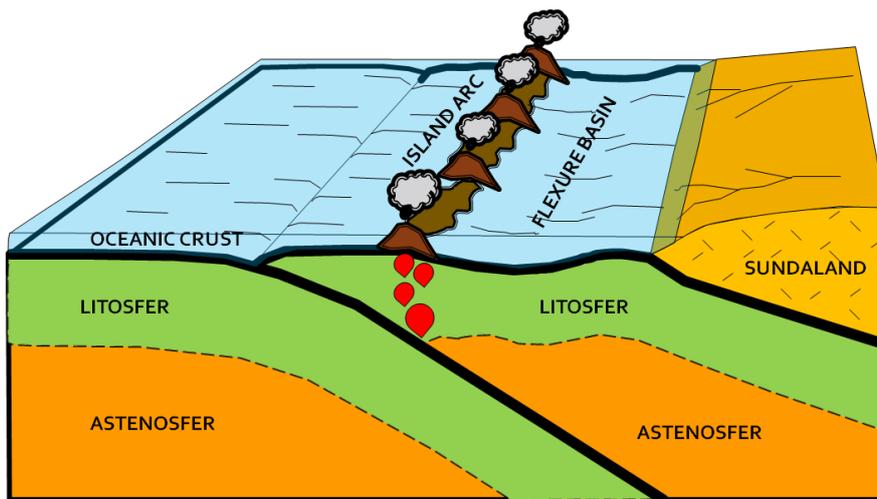


Gambar-6. Sketsa paleogeografi Eosen Tengah - Oligosen Akhir (kiri) dan kolom stratigrafi (kanan) Cekungan Banyumas.

3) Oligosen Akhir – Miosen Awal

Pada kurun waktu ini, Pegunungan Selatan (*Southern Mountain*) di Jawa, terbentuk. Deretan pegunungan inilah yang membatasi bagian selatan dari Cekungan Banyumas dan bisa dikatakan pada umur inilah Cekungan Banyumas terbentuk, walaupun sudah ada endapan sedimen yang lebih tua pada era sebelumnya. Cekungan Banyumas merupakan jenis *Island Arc Flexure Basin*, dimana cekungannya terbentuk karena dibatasi oleh pulau-pulau vulkanik di tengah laut, dengan *basement* berupa lempeng samudra yang melengkung (*flexure*) karena proses orogenik dari Pegunungan Selatan (Gambar 7).

Endapan yang berasal dari material vulkanik sangat melimpah baik yang berupa piroklastik maupun vulkaniklastik. Endapan tersebut mengisi cekungan di sekitarnya termasuk Cekungan Banyumas di sebelah utara, sementara suplai endapan sedimen laut dalam dari sebelah utara juga masih berjalan, sehingga hubungan kontak antara keduanya adalah menjari (Gambar 8). Breksi, lava dan *tuff* ini diberi nama sebagai Formasi Gabon, Formasi Nusakambangan dan Formasi Jampang, namun secara prinsip semuanya merupakan produk vulkanik Pegunungan Selatan yang berbeda fasiesnya

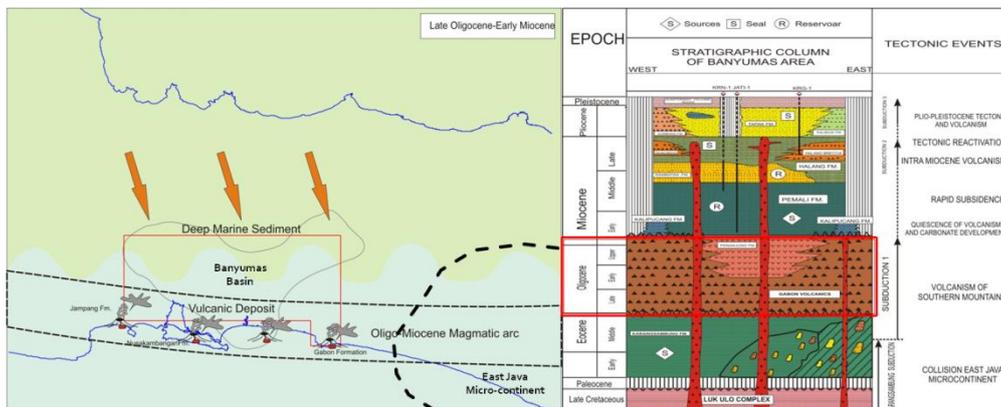


Gambar-7. Sketsa Island Arc Flexure Basin yang merupakan jenis Cekungan Banyumas.

4) Miosen Awal – Miosen Tengah

Aktivitas vulkanik terjadi pada busur magmatik Oligo-Miosen sudah mulai mereda, hal ini ditunjukkan oleh adanya senyawa karbonat yang tumbuh pada daerah tinggi-tinggian vulkanik. Senyawa karbonat inilah yang kemudian menjadi

Formasi Kalipucang. Sementara endapan laut dari arah utara juga mengisi cekungan dan menjadi Formasi Pemali. Erosi terjadi pada daerah-daerah tinggi vulkanik yang tidak terendam oleh air laut dan menghasilkan endapan berbutir kasar di sekitar tubuh vulkanik (Gambar 9).

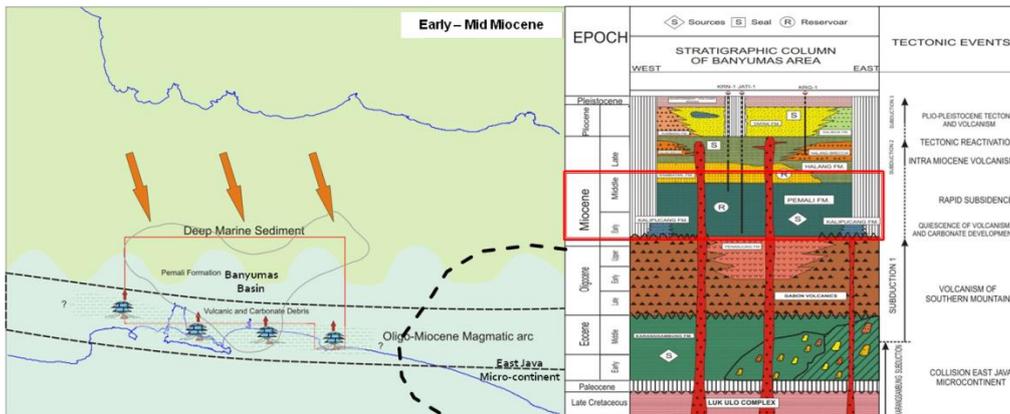


Gambar-8. Sketsa paleogeografi Oligosen Akhir – Miosen Awal (kiri) dan kolom stratigrafi (kanan) Cekungan Banyumas.

5) Miosen Tengah - Pliosen

Pada kurun waktu ini terbentuk jalur magmatik Mio-Pliosen di bagian tengah Cekungan Banyumas. Jalur magmatik Mio-Pliosen ini sebelumnya diinterpretasikan sebagai antiklin, sehingga semua pengeboran sumur minyak dilakukan pada jalur magmatik ini, seperti Sumur Cipari-1, Karang Nangka-1, Jati-1, Gunung Wetan-1 dan Karang Gedang-1. Munculnya busur magmatik pada masa Mio-Pliosen memberikan suplai material yang besar untuk Cekungan Banyumas, karena posisi busur magmatik ini berada di tengah-tengah cekungan. Zona *central* batuanannya pada daerah cekungan didominasi oleh lava, breksi dan intrusi *sill*,

sedangkan daerah *proximal* didominasi oleh batupasir tuffan dengan sisipan batulanau tuffan dan batulempung tuffan, zona *distal* didominasi perselingan batulanau tuffan dan batulempung tuffan dengan sisipan *tuff* dan napal. Busur magmatik Oligo-Miosen yang sudah tidak aktif di bagian selatan memberikan suplai material berupa erosi dari tinggi-tinggian yang tersingkap berupa konglomerat, batupasir dan batuan karbonat klastik hasil rombakan *reef* Formasi Kalipucang. Endapan sedimen laut dari arah utara masih memberikan suplai ke Cekungan Banyumas dan menjeri dengan sedimen vulkaniklastik dari busur magmatik Mio-Pliosen (Gambar 10).

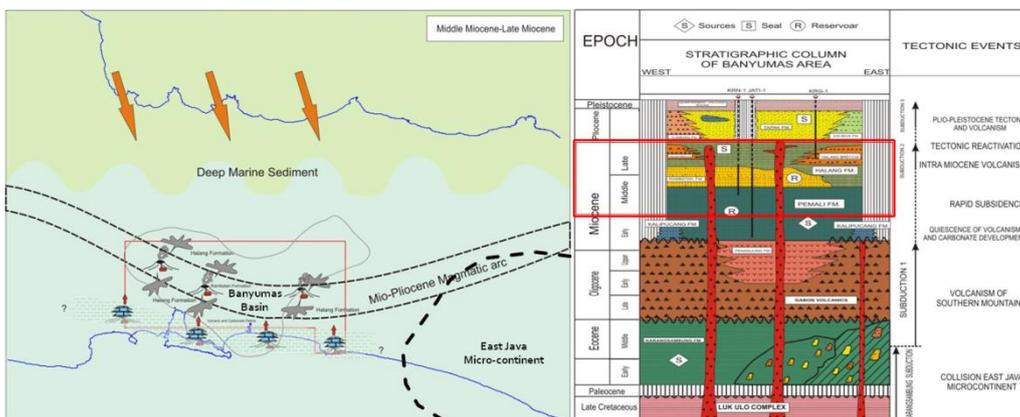


Gambar-9. Sketsa paleogeografi Miosen Awal – Miosen Tengah (kiri) dan kolom stratigrafi (kanan) Cekungan Banyumas.

6) Pliosen - Pleistosen

Pada kurun waktu ini, terbentuk busur magmatik Plio-Pleistosen di sebelah utara dari busur magmatik Mio-Pliosen (Gambar 11). Penunjaman lempeng subduksi yang semakin ke utara menyebabkan busur magmatik juga bergerak ke utara. Jika dilihat dari

posisinya, busur magmatik Plio-Pleistosen ini sangat dekat dengan busur magmatik Mio-Pliosen sehingga dapat juga diinterpretasikan bahwa busur magmatik Plio-Pleistosen ini merupakan cabang dari dapur magma yang sama dengan busur magmatik Mio-Pliosen.



Gambar-10. Sketsa paleogeografi Miosen Tengah-Pliosen (kiri) dan kolom stratigrafi Cekungan Banyumas (kanan).

B. Sistem Minyak Dan Gas Bumi Cekungan Banyumas

Sistem minyak dan gas bumi pada umumnya dibahas 5 (lima) elemen utamanya yaitu: (1) Batuan Induk, (2) Batuan *Reservoir*, (3) Perangkap minyak dan gas bumi, (4) Batuan Penyekat dan (5) Migrasi minyak dan gas bumi.

1) Batuan induk

Berdasarkan sejarah geologi dan stratigrafinya, maka potensi batuan induk di Cekungan Banyumas berasal dari Formasi Karangsembung yang berumur Eosen dan Formasi Pemali atau Formasi Halang bagian bawah. Formasi Karangsembung tersusun atas batu lempung hitam yang terkarsikkan yang kaya akan kandungan organik, sehingga potensial

menghasilkan minyak dan gas bumi. Sedangkan Formasi Pemali atau Formasi Halang bagian bawah juga terdapat banyak lapisan-lapisan tipis batulempung yang mengandung material organik yang berpotensi menghasilkan minyak dan gas bumi. Tingkat kematangan didapatkan dari gradien geotermal dan banyaknya intrusi magmatik yang ada pada jalur busur magmatik tersebut. Cekungan yang dalam dan sedimen vulkaniklastik yang tebal membantu mematangkan batuan induknya.

2) Batuan *reservoir*

Batuan *reservoir* biasanya merupakan masalah tersendiri pada lingkungan vulkanik, karena kandungan *tuff* yang mengurangi porositas dan permeabilitas dan proses alterasi menjadi mineral lempung juga mengurangi porositas dan permeabilitas. Oleh karena itu pada daerah vulkanik

lebih mengandalkan porositas sekunder dari rekahan. Rezim tektonik kompresi pada saat Pliosen-Pleistosen merupakan even tektonik yang membentuk rekahan yang berpotensi sebagai *reservoir* [12].

3) Perangkap minyak dan gas bumi

Tipe perangkap yang berkembang dapat berupa perangkap struktur seperti patahan dan antiklin dan perangkap stratigrafi seperti *reef* dan *onlap*.

4) Batuan Penyekat

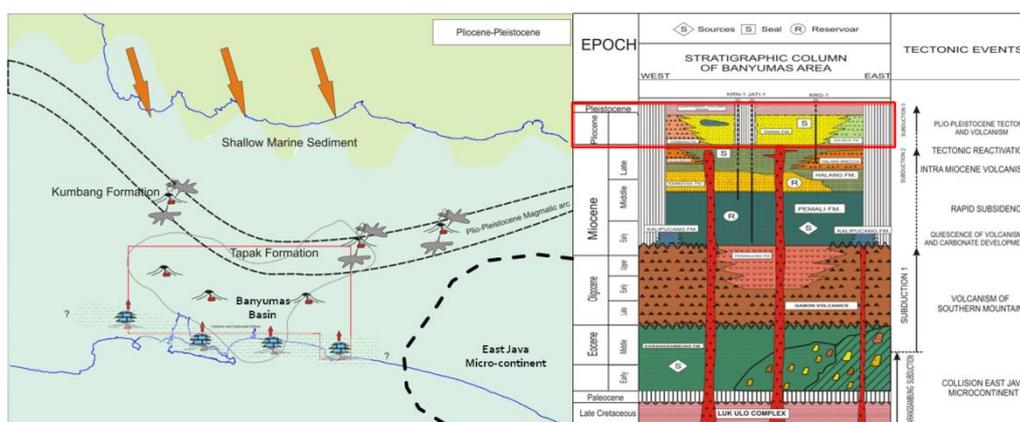
Batuan penyekat umumnya berupa batuan yang bersifat impermeabel seperti batulempung, batulanau,

tuff dan napal. Batuan penyekat bersifat *intra-formational* di dalam Formasi Halang.

5) Migrasi minyak dan gas bumi

Migrasi minyak dan gas bumi dapat melewati lapisan pembawa (*carrier bed*) ataupun struktur patahan dan rekahan.

Berdasarkan pembahasan tentang sejarah geologi Cekungan Banyumas dan sistem minyak serta gas buminya, diharapkan dapat membawa kepada pada sistem eksplorasi migas yang baru yang akan mendapatkan cadangan minyak dan atau gas bumi yang lebih ekonomis nantinya.



Gambar-41. Sketsa paleogeografi Pliosen - Pleistosen (kiri) dan kolom stratigrafi Cekungan Banyumas (kanan).

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Cekungan Banyumas merupakan *Island Arc Flexure Basin* atau *Vulcanic Arc Flexure Basin* dimana cekungannya terbentuk karena dibatasi oleh pulau-pulau vulkanik di tengah laut, dengan *basement* berupa lempeng samudra yang melengkung (*flexure*) karena proses orogenik dari Pegunungan Selatan.
2. Berdasar analisis elemen dari sistem minyak dan gas bumi, Cekungan Banyumas berpotensi untuk mendapatkan cadangan minyak dan atau gas bumi yang ekonomis.

B. Saran

Saran yang penulis usulkan adalah perlu adanya tindak lanjut untuk eksplorasi Cekungan Banyumas lebih detil supaya mendapatkan hasil yang lebih akurat dan bisa mendapatkan cadangan minyak dan gas bumi yang ekonomis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Jurusan Teknik Geologi Universitas Jenderal Soedirman, Departemen Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada dan Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Petrofina Far East PTE LTD. *The Petroleum Potential of The Banyumas Area (Central Java)*, not published. Jakarta. 1991.
- [2] Noeradi D., Subroto E.A., Wahono H.E., Hermanto E., Zaim Y. *Basin Evolution and Hydrocarbon Potential of Majalengka-Bumiayu Transpression Basin, Java Island, Indonesia*: Prosiding AAPG International Conference and Exhibition. Perth. 2006.
- [3] Lunt P., Burgon G., Baky A. The Pemali Formation of Central Java and equivalents: indicators of sedimentation on an active plate margin. *Journal of Asian Earth Sciences*. 2009; 34 (1): 100-113.
- [4] Hall R. Late Jurassic-Cenozoic Reconstructions of the Indonesian Region and the Indian Ocean. *Tectonophysics*. 2012; 570-571: 1-41.
- [5] Clements B., Hall R., Smyth H.R., Cottam M.A. Thrusting of a Volcanic Arc: A new structural model for Java. *Petroleum Geoscience*. 2009; 15: 159-174.

- [6] Sujanto F.X., Sumantri Y.R. *Preliminary study on the tertiary depositional patterns of Java*. Proceedings Indonesian Petroleum Association 6th.1977; 183-213.
- [7] Satyana A.H. *New consideration on the Cretaceous Subduction Zone of Ciletuh-Luk Ulo-Bayat-Meratus: Implications for Southeast Sundaland Petroleum Geology*. Proceedings Indonesian Petroleum Association 38th. 2014.
- [8] Armandita C., Mukti M.M., Satyana A.H. *Intra-arc Trans-Tension Duplex of Majalengka to Banyumas Area: Prolific Petroleum Seeps and Opportunities in West-Central Java Border*. Proceedings Indonesian Petroleum Association 33rd. 2009.
- [9] Kabul Y.A., Aswan, Purwasatriya E.B. Studi formasi Pemali daerah Besuki dan sekitarnya, Kecamatan Lumbir, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah. *Jurnal JTM*. 2012; 19 (4): 181-190.
- [10] Purwasatriya E.B., Waluyo G. Studi potensi minyak dangkal dengan pendekatan metode statistik berdasar data geologi permukaan di Cekungan Banyumas. *Jurnal Dinamika Rekayasa*. 2012; 8 (2): 48-55.
- [11] Purwasatriya E.B. *Tinjauan Kembali Potensi Hidrokarbon Cekungan Banyumas Berdasarkan Data Geologi dan Data Geofisika*. Prosiding Seminar Nasional Kebumihan ke-7. Yogyakarta. 2014.
- [12] Purwasatriya E.B., Surjono S.S., Amijaya D.H., Saputra F.E., Hendaryono, Said S. *Tectono-stratigraphy of Banyumas Basin and Its correlation to Petroleum Potential*. Proceedings South East Asia Technology University Conference (SEATUC). Yogyakarta. 2018.
- [13] Setiawan N.I. *Genesis Vulkanik Berumur Tersier di Daerah Karangsembung, Kebumen, Jawa Tengah*. Master Thesis. Bandung: Postgraduate ITB; 2010.

