

**DISTRIBUSI DAN POLA PERTUMBUHAN BATUAN KARBONAT PADA
LAPANGAN “HAL”, CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA DENGAN
MENINGTEGRASIKAN DATA LOG SUMUR DAN SEISMIK****Hilmi A. Labiib¹, Yuyun Yuniardi¹, Febriwan Mohamad¹, Noor Cahyo Wibowo²**¹Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran²Upstream Innovation Geophysics, Pertamina Hulu EnergiKorespondensi: hilmi19003@mail.unpad.ac.id**ABSTRAK**

Formasi Parigi merupakan suatu bentuk *carbonate build-ups* yang secara umum sangat *porous* dan sering mengandung gas yang dalam jumlah yang besar. Sebagai salah satu komponen dalam *petroleum system*, pengetahuan terhadap reservoir batuan karbonat Formasi Parigi, baik berdasarkan distribusi dan pola pertumbuhannya menjadi penting untuk diketahui. Penelitian ini dilakukan pada Lapangan “HAL” yang berada di Struktur Subang dengan mengintegrasikan data log sumur dan seismik 2D. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fasies batuan karbonat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu Fasies A (*wackestone to packstone* dengan sisipan dolomit dan serpih) dan Fasies B (*mudstone to packstone*). Berdasarkan karakteristik litologi, batuan karbonat Formasi Parigi terendapkan pada lingkungan *back-reef lagoon*. Namun, hasil pengamatan dari penampang seismik dan peta *time structure* menunjukkan bahwa batuan karbonat Formasi Parigi daerah penelitian terendapkan pada lingkungan *shelf margin*. Pola elektrofases yang teramati berupa *serrated*, *funnel*, *cylindrical*, dan *bell*. Terjadi sekitar delapan kali siklus karbonat selama pembentukan batuan karbonat daerah penelitian. Terdapat kenaikan nilai resistivitas dan adanya separasi kurva log densitas-neutron pada Fasies B daerah penelitian. Kondisi pada kedua log tersebut patut dianalisis lebih lanjut karena dapat menjadi pertanda adanya suatu reservoir hidrokarbon.

Kata Kunci: batuan karbonat, Formasi Parigi, fasies, distribusi, pola pertumbuhan.**ABSTRACT**

The Parigi Formation is a form of carbonate build-ups which is generally very porous and often contains large amounts of gas. As one of the components in the petroleum system, it is important to know the carbonate rock reservoir of the Parigi Formation, both based on its distribution and growth patterns. This research was carried out at the "HAL" Field in the Subang Structure by integrating well log and 2D seismic data. The research results show that carbonate rock facies are divided into two groups, namely Facies A (wackestone to packstone with dolomite and shale inserts) and Facies B (mudstone to packstone). Based on lithological characteristics, the carbonate rocks of the Parigi Formation were deposited in a back-reef lagoon environment. However, observations from seismic sections and time structure maps show that the carbonate rocks of the Parigi Formation in the study area were deposited in a shelf margin. The electrofacies patterns observed are serrated, funnel, cylindrical, and bell. Approximately eight carbonate cycles occurred during the formation of carbonate rocks in the study area. There is an increase in resistivity values and a separation of the neutron-density log curve in Facies B in the study area. The conditions in these two logs deserve further analysis because they could be a sign of the existence of an hydrocarbon reservoir.

Keywords: carbonate rocks, Parigi Formation, facies, distribution, growth patterns.

PENDAHULUAN

Indonesia terbukti memiliki potensi cadangan migas atau hidrokarbon yang cukup besar. Berdasarkan Kementrian ESDM tahun 2018 dan Peta Cekungan Sedimen Indonesia tahun 2022, Indonesia memiliki 128 cekungan, dimana salah satunya adalah Cekungan Jawa Barat Utara. Cekungan Jawa Barat Utara telah terbukti menghasilkan hidrokarbon dan telah berproduksi sejak lama.

Cekungan Jawa Barat Utara memiliki berbagai formasi dengan karakteristik sebagai resevoir yang baik, salah satunya adalah Formasi Parigi. Formasi Parigi merupakan suatu bentuk *carbonate build-ups* yang secara umum sangat *porous* dan sering mengandung gas yang dalam jumlah yang besar (Noble, et al., 1997). Terlebih lagi, hidrokarbon di Indonesia sebagian besar tersimpan dalam tubuh batuan karbonat (Pricilla, et al, 2020).

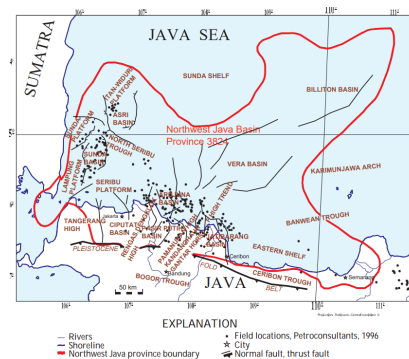
Sebagai salah satu komponen dalam *petroleum system*, pengenalan terhadap karakteristik reservoir karbonat Formasi Parigi, baik berdasarkan geometri maupun sifat fisiknya, menjadi hal sangat penting untuk memprediksi arah distribusi dan pola pertumbuhan batuan karbonat Formasi Parigi (Praptisih, 2016). Oleh karena itu, Lapangan “HAL” dapat menjadi studi kasus yang baik mengingat lokasinya yang berada pada cekungan penghasil hidrokarbon tersebut. Penelitian mengenai arah distribusi dan pola pertumbuhan batuan karbonat Formasi Parigi pada daerah penelitian dilakukan dengan mengintegrasikan data log sumur dan seismik. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui fasies serta lingkungan pengendapan batuan karbonat Formasi Parigi pada lapangan “HAL”.

GEOLOGI REGIONAL

Cekungan Jawa Barat Utara

Cekungan Jawa Barat Utara (*North West Java Basin*) merupakan suatu bagian dari rangkaian cekungan busur belakang

(*back-arc basin*) Indonesia bagian Barat berumur Tersier yang meliputi area *onshore* dan *offshore* (Bishop, 2000). Secara regional, Cekungan Jawa Barat Utara terbentuk akibat *collision* antara Lempeng Sunda dan Lempeng India-Australia pada kala Eosen Awal hingga Oligosen (Purantoro, et al, 1994). Cekungan ini terletak di tepi Selatan dari Paparan Lempeng Sunda (Sundaland) dan memiliki orientasi berarah Barat-Timur. Cekungan Jawa Barat Utara memiliki luas sebesar 140.870 km² dengan bagian Utara dibatasi oleh Lempeng Sunda, bagian Selatan dibatasi oleh Palung Bogor (*Bogor Trough*), bagian Barat dibatasi oleh *Seribu Platform*, dan bagian Timur dibatasi oleh Karimun Jawa (Lie & Marbun, 2011; Reminton dan Pranyoto, 1985). Keterdapatan serangkaian sesar ekstensional berarah Utara-Selatan telah membagi cekungan ini (terutama pada area *onshore*) menjadi beberapa sub-cekungan berbentuk *graben* dan *half-graben* yang berselang-seling, diantaranya yaitu sub-cekungan Ciputat-Kepuh, Pasir Putih, Cipunegara dan Jatibarang (Butterworth & Atkinson, 1993). Keterdapatan sesar-sesar tersebut juga mengontrol sedimentasi di Sub-cekungan Jawa Barat Utara. Selain itu, terdapat juga sesar-sesar naik yang terbentuk pada bagian Selatan cekungan dengan arah Barat-Timur (Lie & Marbun, 2011).



Gambar 1. Cekungan Jawa Barat Utara ditandai dengan garis merah (Bishop, 2000).

METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan mengkaji reservoir karbonat Formasi Parigi pada Lapangan “HAL” untuk menentukan distribusi dan pola pertumbuhannya menggunakan data log sumur dan seismik. Dibutuhkan beberapa proses untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, diantaranya analisis fasies dan lingkungan pengendapan, pembuatan peta *time structure*, dan peta ketebalan (*isopach*).

Tahap Persiapan

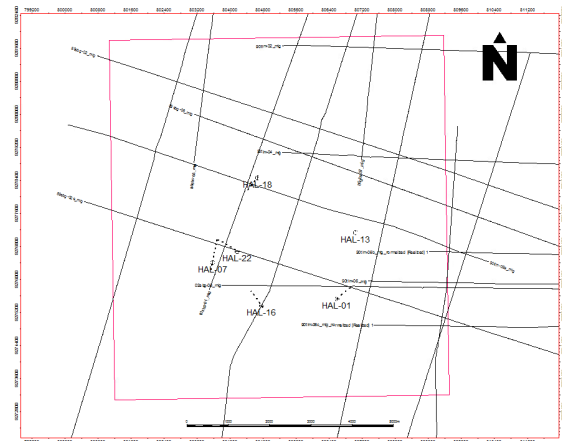
Dilakukan studi pustaka terkait kondisi geologi dari daerah penelitian, meliputi stratigrafi regional, tektonik regional, dan *petroleum system*-nya. Kemudian data berupa log sumur dan seismik dikumpulkan untuk proses pengolahan selanjutnya. Data log sumur yang didapatkan meliputi log kaliper, log gamma ray, log resistivitas, log densitas, log neutron, dan log sonik. Untuk data seismik, jenis data yang didapatkan adalah data seismik 2D.

Tahap Pengolahan dan Analisis Data

Tahap ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu pengolahan data log sumur untuk menentukan analisis fasies dan lingkungan pengendapan dan pengolahan data log sumur serta seismik 2D untuk membuat peta *time structure* dan peta ketebalan (*isopach*). Hasil analisis tersebut kemudian diintegrasikan untuk menentukan arah distribusi serta pola pertumbuhan batuan karbonat Formasi Parigi pada Lapangan “HAL”.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan berdasarkan lima jenis data, dengan data utama berupa log sumur dan lintasan seismik, serta data pendukung berupa data *mudlog*, *marker*, dan *synthetic seismic*. Pengolahan data dilakukan secara kualitatif. Adapun interpretasi yang dilakukan meliputi interpretasi fasies, lingkungan pengendapan, distribusi, dan pola pertumbuhan batuan karbonat Formasi Parigi pada Lapangan “HAL”.



Gambar 6. Basemap Lapangan “HAL”.

Analisis Fasies

Analisis fasies pada batuan karbonat Formasi Parigi Lapangan “HAL” dilakukan dengan menggunakan dua konsep, yaitu litofasies dan elektrofases. Litofasies digunakan sebagai acuan dalam membagi kelompok fasies batuan karbonat dengan bantuan data *mudlog*, sedangkan elektrofases digunakan pada korelasi sumuran. Sumur HAL-01 dan HAL-18 digunakan sebagai sumur kunci untuk membagi kelompok fasies batuan karbonat, dikarenakan memiliki data *mudlog* dan interval pembacaan log Formasi Parigi yang paling lengkap.

Terdapat dua fasies yang teramati pada sumur HAL-01, yaitu Fasies A dan Fasies B. Fasies A pada sumur HAL-01 tersebar pada kedalaman 1268 – 1649 m *measure depth* (MD) dan memiliki karakteristik litologi berupa *wackestone/packstone* dengan beberapa sisipan dolomit dan serpih. Berdasarkan pengamatan terhadap karakteristik litologi, fasies ini terendapkan pada lingkungan *back-reef* (Pomar, 2004) hingga *shelf* (Wilson, 1975) dengan energi pengendapan yang rendah. Pada fasies ini, terdapat lima kali siklus karbonat yang teramati berdasarkan pola elektrofasesnya. Adapun pola yang terbentuk berupa *serrated*, *bell*, *funnel*, dan *cylindrical*.

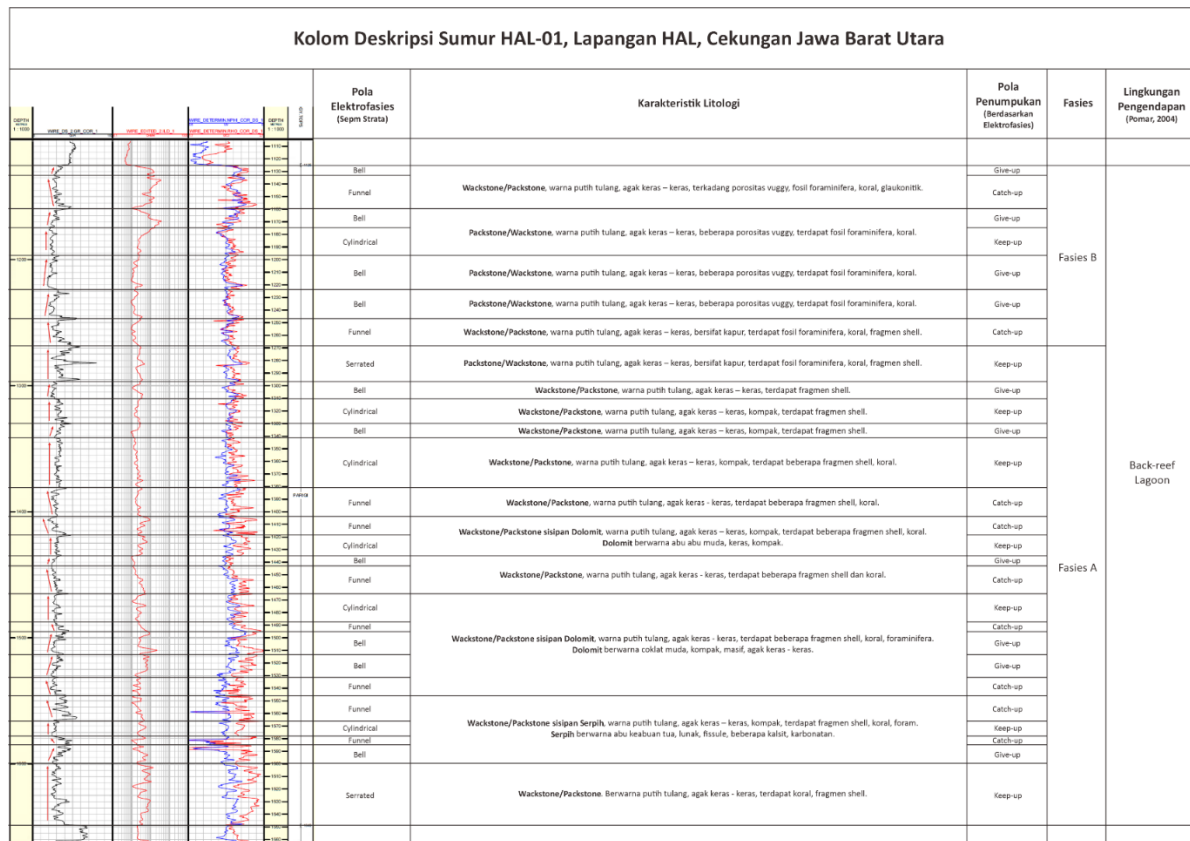
Fasies B pada sumur HAL-01 tersebar pada kedalaman 1125 – 1268 m MD dengan karakteristik litologi

packstone/wackestone. Berdasarkan pengamatan terhadap karakteristik litologi, fasies ini terendapkan pada lingkungan *back-reef* (Pomar, 2004) hingga *shelf* (Wilson, 1975) dengan energi pengendapan yang rendah. Namun, jika diamati pada bagian atas dari fasies ini, dapat terlihat bahwa adanya peningkatan nilai log resistivitas dan sedikit terlihat separasi kurva log neutron-densitas. Berdasarkan Ismahesa (2019), karakter log tersebut bisa diinterpretasikan sebagai *reef*. Pada fasies ini, terdapat tiga kali siklus karbonat yang teramati berdasarkan pola elektrofasesnya. Adapun pola yang terbentuk berupa *funnel*, *bell*, dan *cylindrical*.

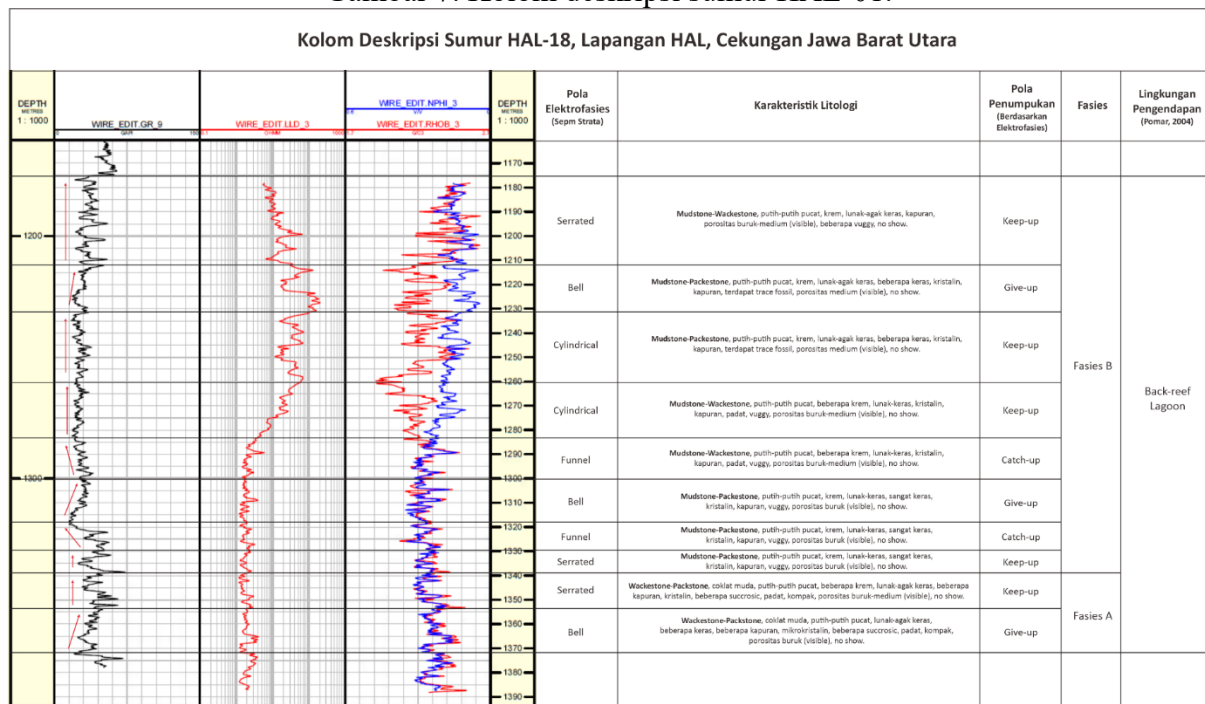
Pada sumur HAL-18, diketahui terdapat dua fasies yang teramati, yaitu Fasies A dan Fasies B. Fasies A pada sumur HAL-18 tersebar pada kedalaman 1339 – 1373 m MD dengan karakteristik litologi *wackestone – packstone*. Berdasarkan pengamatan terhadap karakteristik litologi, fasies ini terendapkan pada lingkungan yang sama dengan Fasies A sumur HAL-01. Pada fasies ini, siklus karbonat tidak dapat teramati secara baik, dikarenakan data log yang dimiliki terpotong atau menggantung.

Fasies B pada sumur HAL-18 tersebar pada kedalaman 1175 – 1339 m MD

dengan karakteristik litologi *mudstone – packstone*. Berdasarkan pengamatan terhadap karakteristik litologi, fasies ini terendapkan pada lingkungan *back-reef* (Pomar, 2004) dengan energi pengendapan yang rendah. Namun, jika diamati pada bagian atas dari fasies ini, dapat terlihat bahwa adanya peningkatan nilai log resistivitas dan terlihat separasi kurva log densitas-neutron yang cukup besar. Berdasarkan Ismahesa (2019), karakter log tersebut bisa diinterpretasikan sebagai *reef* yang berpotensi sebagai reservoir. Pada fasies ini, terdapat tiga kali siklus karbonat yang teramati berdasarkan pola elektrofasesnya. Adapun pola yang terbentuk berupa *serrated*, *funnel*, *cylindrical* dan *bell*. Rangkaian siklus karbonat yang teramati menunjukkan bahwa fasies ini mengalami beberapa kali fase *give-up*, dimana laju pertumbuhan karbonat tidak bisa mengikuti laju kenaikan muka air laut. Namun, setiap kali mengalami fase *give-up*, pertumbuhan karbonat dapat mengejar lagi permukaan air laut di atasnya, dapat terlihat pada pola *funnel*, hingga muncul pola *serrated*. Pola *serrated* menunjukkan adanya perubahan lingkungan pengendapan dari *shallow marine* menjadi *distal deep-marine slope*. Perubahan tersebut menjadi awal terendapkannya Formasi Cisubuh.



Gambar 7. Kolom deskripsi sumur HAL-01.



Gambar 8. Kolom deskripsi sumur HAL-18.

Korelasi Fasies

Korelasi dilakukan pada semua sumur berdasarkan marker fasies yang telah ditentukan sebelumnya. Selain itu, kemiripan pola log gamma ray

(elektrofases) juga digunakan sebagai dasar penarikan korelasi. Korelasi dilakukan pada arah Baratlaut – Tenggara, Utara – Selatan, dan Barat – Timur. Korelasi fasies tidak dapat dilakukan secara

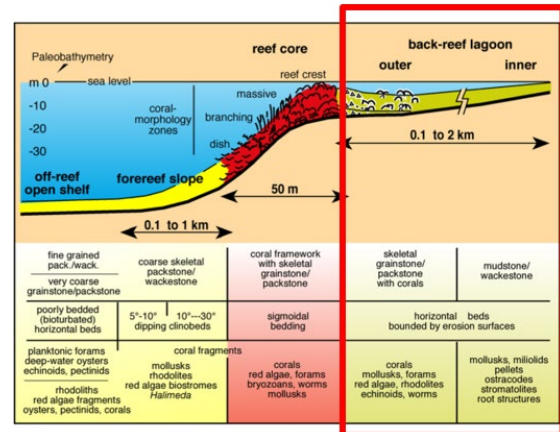
maksimal, dikarenakan hampir semua sumur, kecuali HAL-01, memiliki interval Formasi Parigi yang tidak lengkap/terpotong, sehingga hanya fasies B saja yang dapat diketahui korelasi ketebalannya. Berdasarkan hasil korelasi, dapat diketahui bahwa ketebalan Fasies B yang paling besar terdapat di tengah dari daerah penelitian, yaitu pada sumur HAL-07. Berdasarkan penyebarannya, Fasies B cenderung menebal ke arah Barat dan Utara dari daerah penelitian.

Tabel 1. Ketebalan fasies berdasarkan arah korelasinya. Ketebalan fasies ditulis dalam meter *measure depth* (MD).

Korelasi Baratlaut - Tenggara			
Fasies	HAL-18	HAL-13	HAL-01
A	33		379
B	164	128	145
Total	197	128	524
Korelasi Utara - Selatan			
Fasies	HAL-18	HAL-22	HAL-16
A	33		
B	164	49	120
Total	197	49	120
Korelasi Barat - Timur			
Fasies	HAL-07	HAL-22	HAL-13
A	33		
B	242	49	128
Total	275	49	128

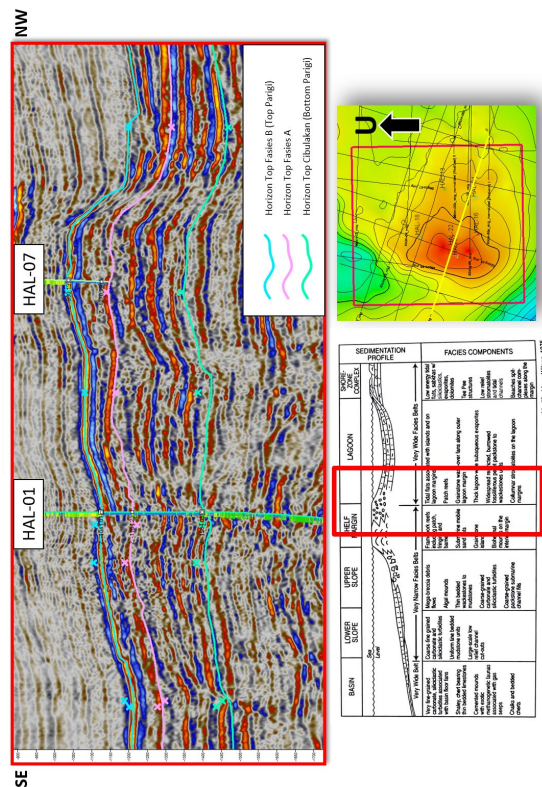
Analisis Lingkungan Pengendapan

Lingkungan pengendapan pada Lapangan “HAL” diinterpretasi berdasarkan karakteristik litologi dan analisis data seismik 2D. Secara umum, karakteristik litologi pada setiap fasies berkisar pada jenis batuan karbonat *mudstone* hingga *packstone* (Dunham, 1962). Jenis batuan tersebut merupakan karbonat klastik hasil rombakan material karbonat terumbu di atasnya, dengan energi pengendapan yang cenderung rendah. Berdasarkan Pomar (2004), karakteristik litologi serta asosiasinya terhadap energi pengendapan menunjukkan bahwa karbonat terbentuk pada lingkungan *back-reef lagoon*.



Gambar 9. Lingkungan pengendapan karbonat Formasi Parigi pada Lapangan “HAL” berdasarkan karakteristik litofasies Pomar (2004).

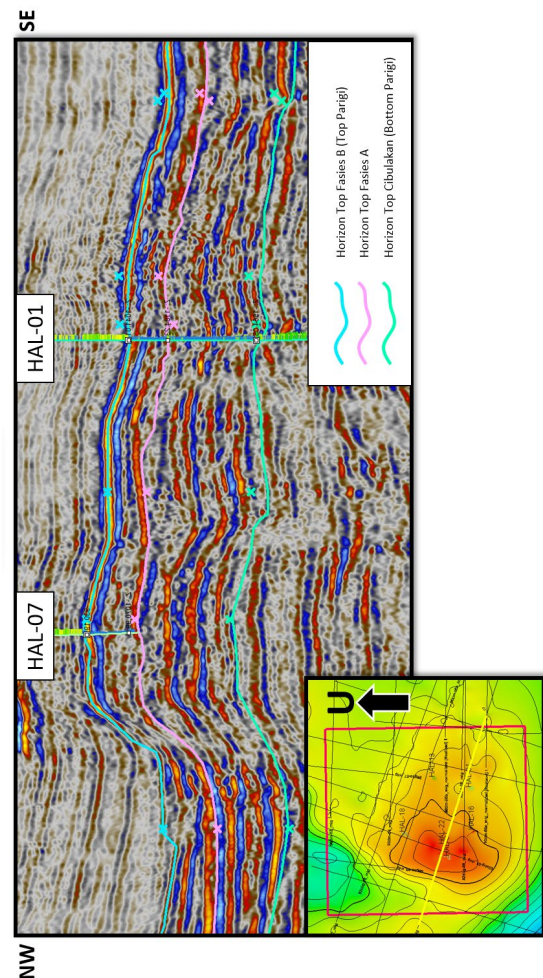
Sedangkan, dari hasil pengamatan penampang seismik daerah penelitian berarah Tenggara – Baratlaut yang melewati sumur HAL-01 dan HAL-07, dapat dilihat bahwa karbonat terbentuk pada *shelf margin* dari paparan karbonat berjenis *rimmed shelf* (Wilson, 1975 dalam Moore, 2001; Tucker dan Wright, 1990 dalam Moore, 2001). Penghalang yang terbentuk pada *rimmed carbonate shelf* bisa mengurangi sirkulasi air yang berasal dari *open shelf*, sehingga dapat menciptakan lingkungan dengan energi rendah, seperti laguna (*lagoon*) yang kaya akan *mud*.



Gambar 10. Penampang seismik berarah Tenggara – Baratlaut.

Horizon Seismik

Penarikan horizon seismik (*picking horizon*) adalah suatu langkah dalam analisis seismik untuk mengetahui persebaran dan kemenerusan suatu formasi atau zona berdasarkan *marker* yang telah ditentukan sebelumnya pada sumur yang terikat dalam data seismik. Pada penelitian ini, tiga horizon seismik ditarik berdasarkan *marker* formasi dan fasies, dari paling bawah ke atas, yaitu horizon *Top Cibulakan Atas (Bottom Parigi)*, *Top Fasies A*, dan *Top Fasies B (Top Parigi)*.



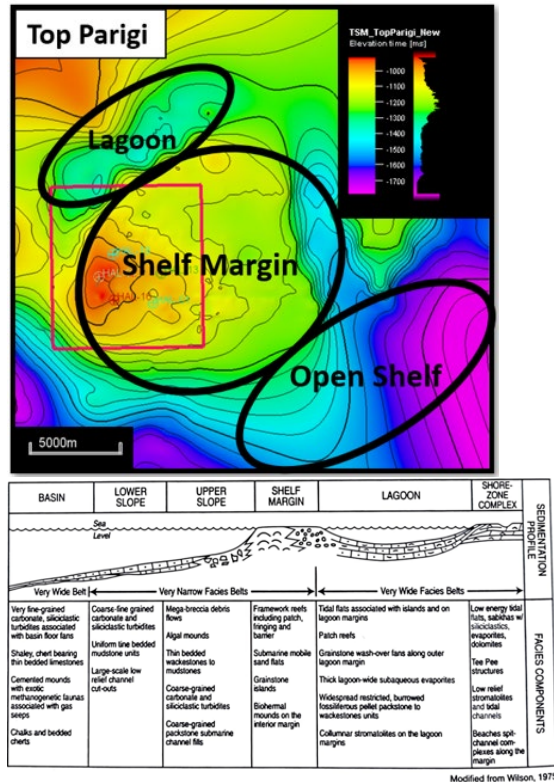
Gambar 11. Penarikan horizon pada penampang seismik Lapangan “HAL”.

Peta Time Structure

Peta *time structure* merupakan peta struktur kedalaman dalam domain waktu. Peta ini dibangun berdasarkan hasil penarikan horizon pada penampang seismik. Terdapat tiga peta *time structure* yang dibentuk pada penelitian ini, yaitu peta *time structure Top Cibulakan Atas (Bottom Parigi)*, *Top Fasies A*, dan *Top Fasies B (Top Parigi)*.

Berdasarkan peta *time structure*, dapat diinterpretasikan bahwa paparan karbonat yang terbentuk adalah berjenis *rimmed carbonate shelf* (Wilson, 1975 dalam Moore, 2001). Arus gelombang yang bekerja berasal dari bagian Selatan dan Tenggara dari daerah penelitian. Terlihat bahwa pada bagian Selatan dan Tenggara dari daerah penelitian merupakan area *open shelf*. Arus yang datang dari area *open shelf*

akan bergerak ke arah *shelf* yang berada tepat pada daerah penelitian. Keterdapatan *shelf* akan mengurangi intensitas energi arus yang mencapai bagian *back-reef lagoon*, sehingga karbonat yang terbentuk/terendapkan pada lingkungan tersebut memiliki tekstur yang halus.



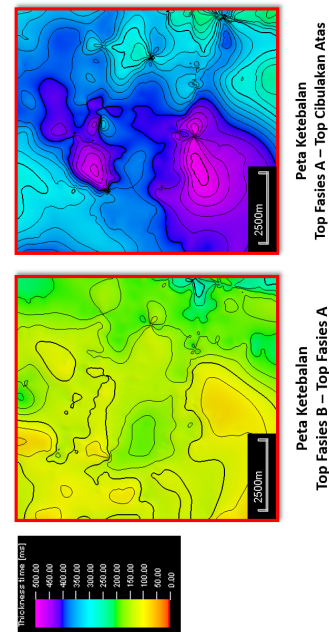
Gambar 12. *Rimmed shelf* pada peta *time structure* (Wilson, 1975 dalam Moore, 2001). Daerah penelitian berada dalam kotak merah.

Peta Ketebalan (*Isopach*)

Peta ketebalan (*isopach*) merupakan peta yang menggambarkan ketebalan dari suatu seri perlapisan batuan dan dinyatakan dengan garis-garis kontur. Pada penelitian ini, peta ketebalan dibangun dengan menghitung selisih kedalaman peta *time structure* lapisan di atas dengan lapisan di bawahnya, sehingga menghasilkan dua peta ketebalan, yaitu peta ketebalan antara *Top Cibulakan Atas (Bottom Parigi)* – *Top Fasies A* dan peta ketebalan antara *Top Fasies A* – *Top Fasies B (Top Parigi)*.

Berdasarkan pengamatan terhadap peta ketebalan, dapat diketahui bahwa batuan karbonat Formasi Parigi cenderung memiliki ketebalan yang tinggi pada bagian

Baratdaya dan Utara dari daerah penelitian selama pembentukan Fasies A dan pada bagian Timur selama pembentukan Fasies B.

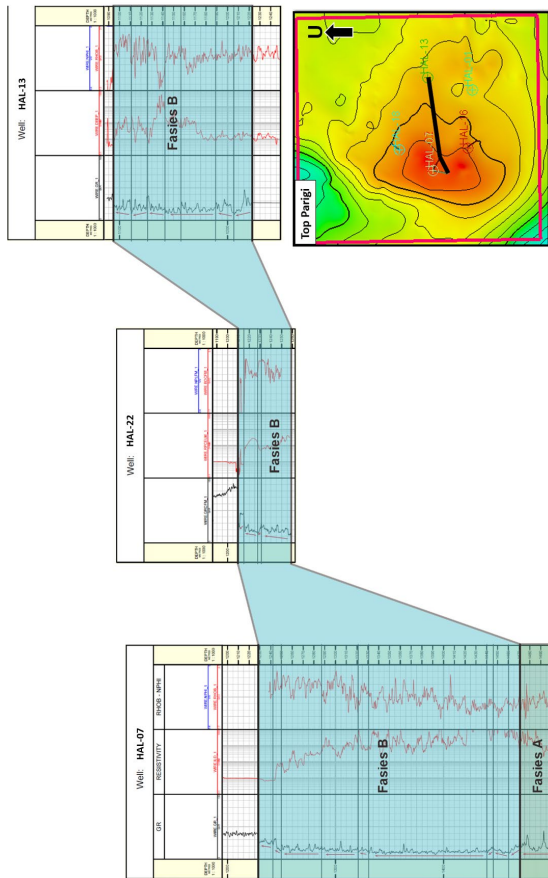


Gambar 13. Peta Ketebalan (*isopach*).

Distribusi Batuan Karbonat

Distribusi dari batuan karbonat Formasi Parigi dapat diinterpretasi berdasarkan hasil analisis fasies, korelasi log sumuran, ketebalan fasies, lingkungan pengendapan, serta peta *time structure*. Hasil analisis fasies membagi Formasi Parigi menjadi dua kelompok, dari bawah ke atas, yaitu Fasies A (*wackestone to packstone* dengan sisipan dolomit dan serpih) serta Fasies B (*mudstone to packstone*). Kedua fasies ini menyebar di seluruh bagian dari daerah penelitian. Hasil korelasi sumuran menunjukkan bahwa Fasies A memiliki ketebalan yang lebih besar jika dibandingkan dengan Fasies B. Besarnya ketebalan Fasies A dapat terlihat pada sumur HAL-01. Namun, korelasi fasies tidak dapat dilakukan secara maksimal, dikarenakan hampir semua sumur, kecuali HAL-01, memiliki interval Formasi Parigi yang tidak lengkap/menggantung, sehingga hanya fasies B saja yang dapat dikorelasikan dengan baik. Ketebalan Fasies B yang paling besar terdapat di bagian tengah dari daerah penelitian, yaitu pada sumur HAL-07. Berdasarkan

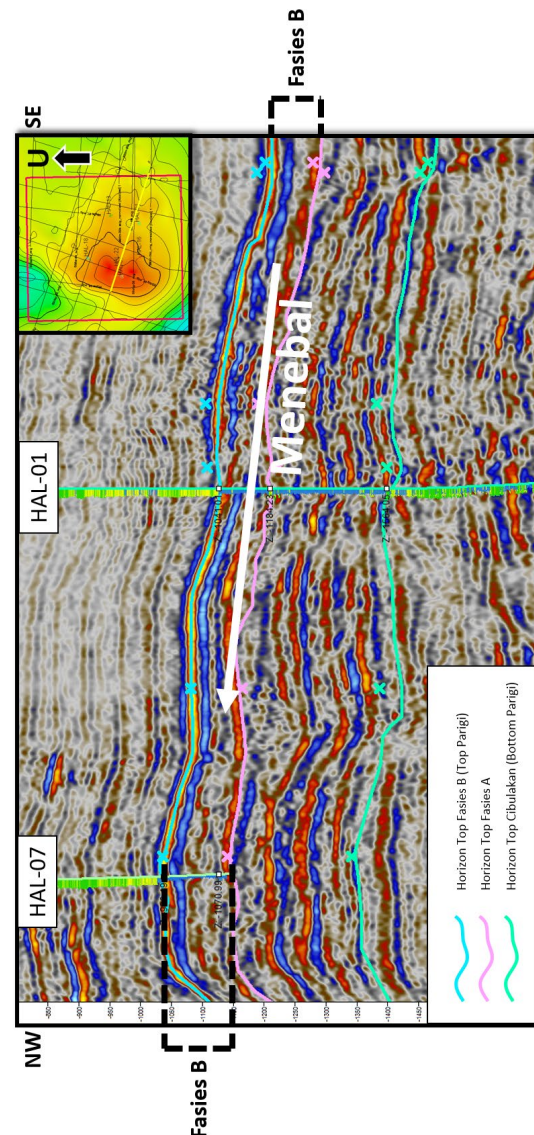
penyebarannya pada korelasi sumuran, Fasies B cenderung menebal ke arah Barat dari daerah penelitian.



Gambar 14. Korelasi sumuran berarah Barat – Timur.

Hasil pengamatan terhadap penampang seismik berarah Baratlaut – Tenggara yang melalui sumur HAL-07 juga memperlihatkan bahwa Fasies B cenderung menebal ke arah Barat dari daerah penelitian. Penebalan tersebut bisa disebabkan karena keterbentukan *reef* pada bagian Barat dari daerah penelitian. Selain itu, teramatinya posisi *lagoon* di bagian Utara dan Baratlaut dari daerah penelitian juga dapat menjadi bukti bahwa suplai sedimen berasal dari daratan di Utara dan Baratlaut daerah penelitian. Posisi *open shelf* pada bagian Tenggara dan Selatan dari daerah penelitian juga berpengaruh terhadap ketebalan fasiesnya. Energi arus gelombang laut yang besar dari arah *open shelf* akan menggerus batuan yang berada tepat di depannya, sehingga batuan yang menghadap langsung ke *open shelf*

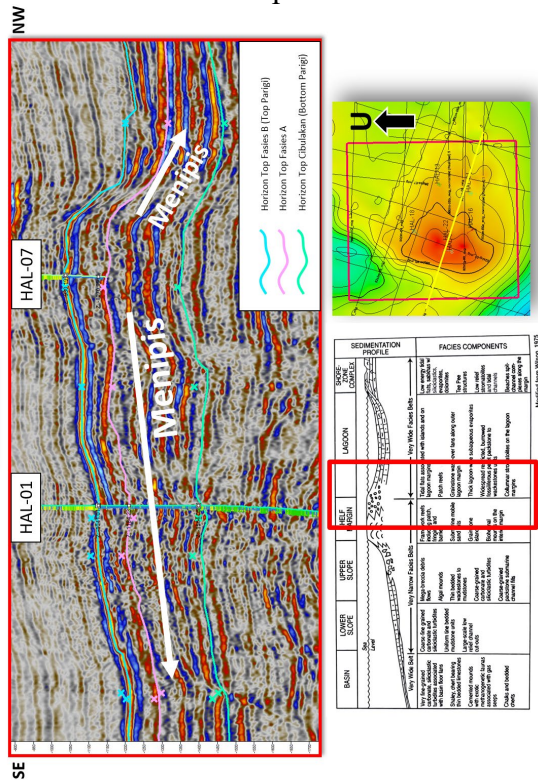
cenderung memiliki lapisan yang tipis.



Gambar 15. Penebalan Fasies B ke arah Barat dari daerah penelitian.

Berdasarkan deksripsi litologi, penampang seismik, dan peta *time structure*, batuan karbonat pada daerah penelitian secara umum terendapkan pada lingkungan *shelf margin* (Wilson, 1975 dalam Moore, 2001). Pengambilan interpretasi ini umumnya didapat berdasarkan pengamatan terhadap penampang seismik dan peta *time structure*. Penampang seismik yang melalui sumur HAL-07 dan HAL-01 memperlihatkan bahwa batuan karbonat memiliki paparan berjenis *rimmed shelf* (Wilson, 1975 dalam Moore, 2001). Pada penampang seismik, terlihat juga penipisan tebal fasies ke arah

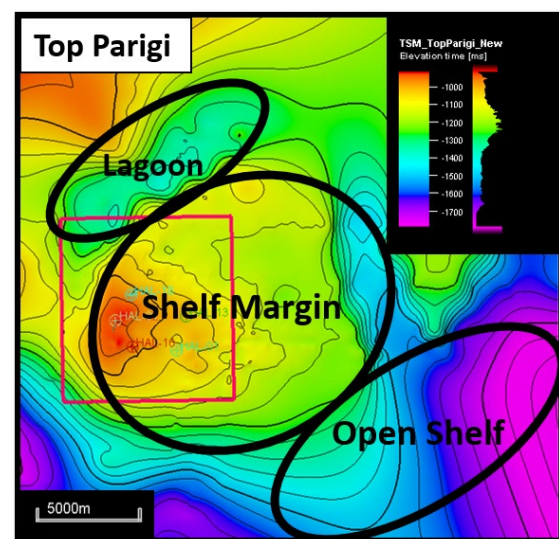
open shelf di Tenggara dan *lagoon* di Baratlaut dari daerah penelitian.



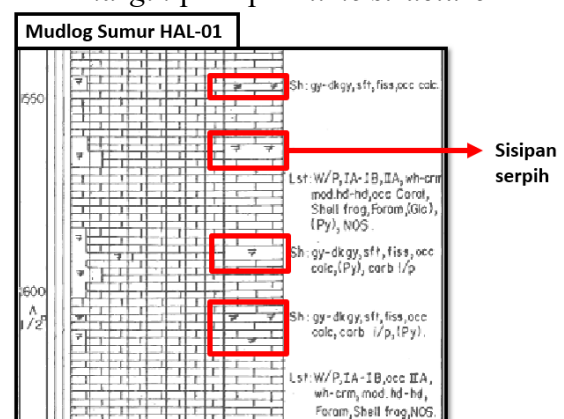
Gambar 16. Penampang seismik pada klasifikasi *rimmed shelf* (Wilson, 1975 dalam Moore, 2001), serta penipisannya.

Berdasarkan peta *time structure*, dapat diinterpretasikan juga bahwa paparan karbonat yang terbentuk adalah berjenis *rimmed shelf* (Wilson, 1975 dalam Moore, 2001). Kenampakan pada peta *time structure* memberikan gambaran lebih jelas mengenai bentuk paparan karbonat. Arus gelombang yang bekerja berasal dari bagian Baratdaya, Selatan, dan Tenggara dari daerah penelitian. Terlihat bahwa pada bagian Baratdaya, Selatan, dan Tenggara dari daerah penelitian merupakan area *open shelf*. Arus yang datang dari area *open shelf* akan bergerak ke arah *reef* atau *shelf margin* yang berada tepat pada daerah penelitian. Keterdapatn *reef* akan mengurangi intensitas energi arus yang mencapai bagian *back-reef lagoon*, sehingga karbonat yang terbentuk/terendapkan pada lingkungan tersebut memiliki tekstur yang halus. Sedimen dengan tekstur halus ternyata tidak hanya terdapat pada bagian *back-reef*

lagoon, tetapi juga menyebar ke bagian *shelf margin* atau daerah penelitian. Bukti tersebut diperlihatkan oleh deksripsi litologi yang menunjukkan bahwa Fasies A dan B pada sumur-sumur di daerah penelitian memiliki rentang ukuran butir karbonat *mudstone-packstone*. Berdasarkan Dunham (1962), jenis batuan tersebut masuk ke dalam batuan karbonat yang memiliki kandungan *mud*. Selain itu, keterdapatn sedimen bertekstur halus juga dapat dilihat dari litologi serpih yang menyisip selama pembentukan Fasies A pada sumur HAL-01.



Gambar 17. Posisi *lagoon* dan *shelf margin* pada peta *time structure*.



Gambar 18. Sisipan serpih yang teramati pada *mudlog* HAL-01.

Pola Pertumbuhan Batuan Karbonat

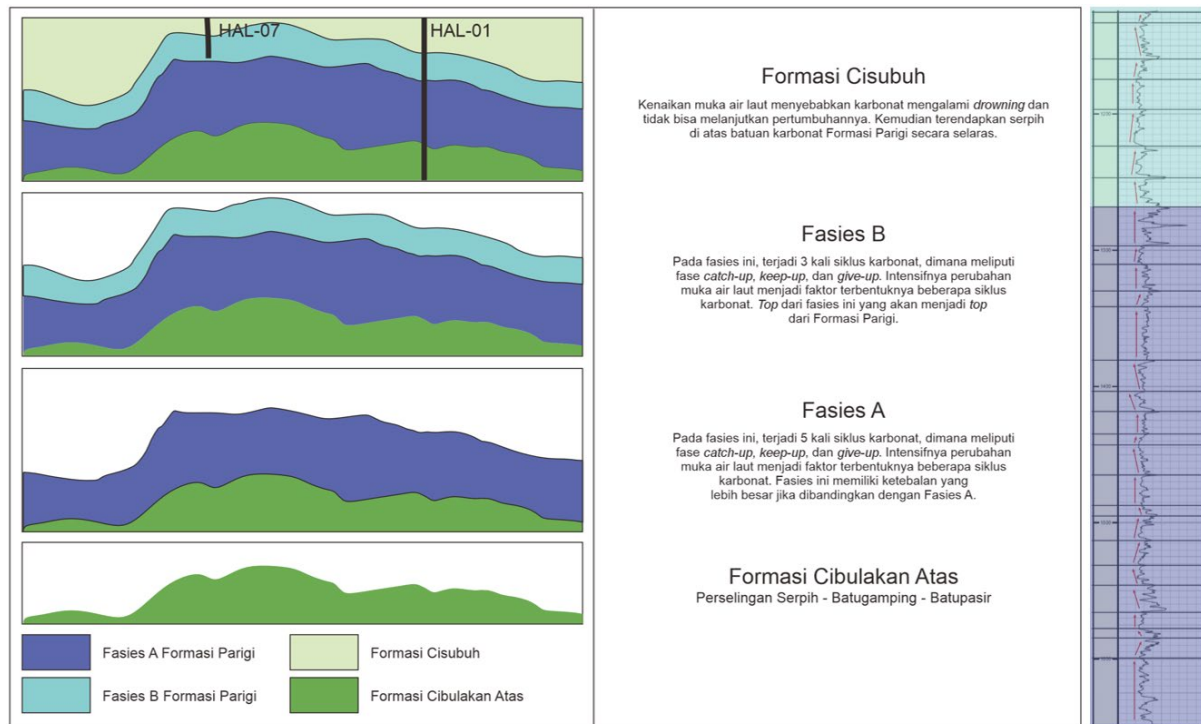
Secara keseluruhan, pola elektrofases yang beragam pada daerah penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan muka air

laut berlangsung intensif, sehingga berpengaruh terhadap pembentukan batuan karbonatnya. Rekonstruksi perkembangan batuan karbonat pada Lapangan “HAL” dibuat berdasarkan penggabungan hasil interpretasi log sumuran dan seismik 2D Formasi Parigi. Pembentukan Formasi Parigi dimulai dengan terjadinya penurunan muka air laut secara tiba-tiba yang menyebabkan perubahan litologi dari klastik serpih Formasi Cibulakan Atas menjadi batuan karbonat Parigi. Terumbu mulai berkembang pada daerah tinggian dan diikuti dengan pertumbuhan pada daerah di sekitarnya. Fase ini adalah awal dari pembentukan Fasies A.

Pada awal pembentukan, elektrofases menunjukkan adanya pola *serrated*. Berdasarkan Walker & James (1992), pola ini terbentuk pada lingkungan *carbonate slope*, yang dimana hasil interpretasi litologi juga mendukung bahwa adanya perubahan lingkungan pengendapan dari *marine* menjadi *carbonate slope*. Pola *serrated* kemudian diikuti dengan pola *bell*, dimana pola tersebut menunjukkan fase *give-up*. Fase tersebut menunjukkan bahwa laju pertumbuhan karbonat tidak bisa mengikuti laju kenaikan muka air laut dikarenakan suplai sedimen yang lebih kecil daripada ruang akomodasinya (*retrogradasi*), sehingga terendapkan sisipan serpih diantara karbonat. Namun, fase *give-up* tidak berlangsung lama, terjadi fase *progradasi* dimana suplai sedimen meningkat daripada ruang akomodasinya, sehingga pertumbuhan karbonat dapat mengejar lagi permukaan air laut di atasnya. Dapat terlihat pada pola *funnel* di atasnya yang disebut juga dengan *catch-up carbonate*. Kenaikan dan penurunan muka air laut yang intensif pada pembentukan Fasies A menghasilkan beberapa sisipan, diantaranya dolomit dan serpih. Pembentukan Fasies A kemudian berlangsung selama lima siklus karbonat. Selama siklus tersebut, terbentuk pola

serrated, *bell*, *funnel*, dan *cylindrical*. Fasies A ditutup dengan terbentuknya pola *serrated*, dimana terjadi percampuran antara karbonat dengan serpihan. Pola ini terbentuk pada fase *agradasi*.

Fasies B mulai terbentuk ketika adanya perubahan pola elektrofases dari *serrated* menjadi *funnel*. Pola ini menunjukkan *catch-up carbonate* dimana terjadi fase *progradasi*, sehingga karbonat mulai tumbuh kembali mengejar laju kenaikan muka air laut. Selanjutnya, terbentuk pola *bell* yang menunjukkan *give-up carbonate*. Namun, fase tersebut berlangsung tidak lama karena kemudian terbentuk kembali pola *funnel* di atasnya. Pola *funnel* kemudian diikuti dengan pola *cylindrical*, dimana pola tersebut menunjukkan *keep-up carbonate*. *Keep-up carbonate* terbentuk pada fase kenaikan muka air laut yang terjadi secara perlahan, sehingga pertumbuhan karbonat dapat mengikuti kenaikan muka air laut, fase ini disebut dengan *agradasi*. Pada fase ini, karbonat dapat terbentuk tebal dan memiliki litologi yang cenderung konsisten dan stabil. Hal tersebut diakibatkan oleh energi pengendapan yang cenderung sama selama pembentukan pola *cylindrical*. Selanjutnya, terbentuk pola *bell* yang menunjukkan adanya perubahan energi pengendapan menjadi rendah, sehingga laju pembentukan ruang akomodasi lebih besar daripada pembentukan batuan, fase ini dinamakan dengan *retrogradasi*. Pada fase ini, pertumbuhan karbonat tidak dapat mengikuti laju kenaikan muka air laut sehingga terjadi *give-up carbonate*. Pembentukan Fasies B ditutup dengan kehadiran pola *funnel* dan *bell*. Kedua pola tersebut menunjukkan adanya siklus terakhir dari pembentukan Fasies B. Diketahui bahwa siklus karbonat yang terjadi selama pembentukan Fasies B adalah sebanyak tiga siklus.



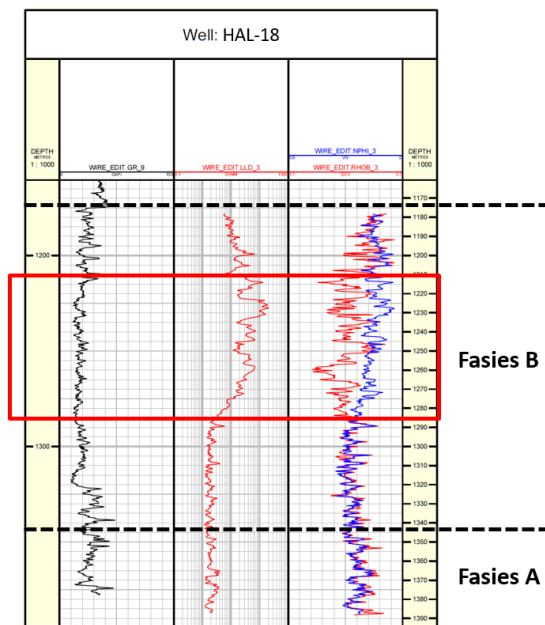
Gambar 19. Skema pola pertumbuhan fasies batuan karbonat Formasi Parigi (Saerina, 2021).

Berdasarkan peta ketebalan (*isopach*) Fasies A, dapat teramati bahwa awal dari penebalan batuan karbonat terjadi pada bagian tengah dari daerah penelitian. Pengamatan terhadap kontur memperlihatkan bahwa adanya kerapatan pada *slope* yang terbentuk di bagian Tenggara dari daerah penelitian, sehingga dapat dikatakan bahwa kedua bagian tersebut memiliki penebalan yang sangat berbeda. Perbedaan ketebalan dapat menciptakan lingkungan yang berbeda dengan daerah disekitarnya, seperti *carbonate slope*. Hal tersebut bisa disebabkan oleh suplai sedimen yang rendah atau arus gelombang yang tinggi dari arah *open shelf*. Selanjutnya, analisis dilakukan dengan membandingkan peta ketebalan Fasies A dengan Fasies B. Dapat teramati bahwa batuan karbonat mengalami penebalan yang merata selama pembentukan Fasies B. Pemerataan ini dapat terjadi pada fase *catch-up carbonate*, dimana batuan karbonat tumbuh mengejar laju kenaikan muka air laut dan mengisi ruang akomodasi dikarenakan kenaikan muka air laut yang stabil.

Pada sumur HAL-18, bagian tengah ke

atas dari Fasies B mengalami kenaikan nilai log resistivitas. Kenaikan nilai resistivitas yang cukup signifikan ini dapat disebabkan karena formasi batuan karbonat terisi bukan oleh air garam, melainkan oleh hidrokarbon, seperti minyak atau gas. Adanya separasi dari log densitas-neutron juga menjadi pertanda bahwa zona tersebut memiliki porositas. Separasi kedua log tersebut terbentuk karena adanya penurunan nilai log densitas dan neutron. Penurunan nilai log densitas (*bulk density*) dapat terjadi karena adanya penurunan densitas batuan yang disebabkan oleh keterdapatan pori. Selain itu, penurunan nilai log neutron juga disebabkan oleh adanya porositas batuan. Prinsip kerja neutron adalah dengan menembakkan unsur radioaktif ke dalam formasi untuk mengetahui porositas berdasarkan konsentrasi ion hidrogen. Massa hidrogen hampir sama dengan massa neutron, sehingga energi maksimum hilang saat neutron bertumbukan dengan atom hidrogen. Energi yang hilang tersebut merupakan fungsi dari konsentrasi hidrogen dalam formasi. Hilangnya energi dapat dihubungkan dengan porositas

formasi karena hidrogen dalam formasi yang *porous* terkonsentrasi dalam pori yang diisi oleh fluida (Asquith & Krygowski, 2004). Berdasarkan karakteristik litologi *mudlog* pada sumur HAL-18, Fasies B bagian tengah ke atas memiliki porositas medium dengan beberapa diantaranya berjenis *vuggy*.



Gambar 20. Peningkatan nilai log resistivitas dan separasi log densitas-neutron pada sumur HAL-18.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Fasies batuan karbonat Formasi Parigi terbagi menjadi dua kelompok, yaitu Fasies A (*wackestone to packstone* dengan sisipan dolomit dan serpih) dan Fasies B (*mudstone to packstone*). Berdasarkan Pomar (2004), karakteristik litologi serta asosiasinya terhadap energi pengendapan menunjukkan bahwa batuan karbonat Formasi Parigi terbentuk pada lingkungan *back-reef lagoon*. Sedangkan, berdasarkan hasil pengamatan penampang seismik daerah penelitian berarah Tenggara – Baratlaut yang melewati sumur HAL-01 dan HAL-07, dapat dilihat bahwa karbonat terbentuk pada *shelf margin* dari

paparan karbonat berjenis *rimmed shelf* (Wilson, 1975 dalam Moore, 2001; Tucker dan Wright, 1990 dalam Moore, 2001).

2. Distribusi batuan karbonat daerah penelitian dapat dibahas berdasarkan ketebalannya serta penyebarannya. Hasil korelasi sumuran menunjukkan bahwa Fasies A memiliki ketebalan yang lebih besar jika dibandingkan dengan Fasies B. Namun, korelasi fasies tidak dapat dilakukan secara maksimal, dikarenakan hampir semua sumur, kecuali HAL-01, memiliki interval Formasi Parigi yang tidak lengkap/menggantung, sehingga hanya fasies B saja yang dapat dikorelasikan dengan baik. Berdasarkan ketebalannya pada korelasi sumuran, Fasies B cenderung menebal ke arah Barat dari daerah penelitian. Berdasarkan penyebarannya, batuan karbonat pada daerah penelitian cenderung membentuk paparan karbonat berjenis *rimmed carbonate shelf* (Tucker dan Wright, 1990 dalam Moore, 2001).
3. Pola pertumbuhan batuan karbonat daerah penelitian dianalisis berdasarkan pola elektrofasesnya. Pola elektrofases yang beragam pada daerah penelitian menunjukkan bahwa perubahan muka air laut berlangsung intensif. Pada awal pembentukan Fasies A, elektrofases menunjukkan adanya pola *serrated*. Berdasarkan Walker & James (1992), pola ini terbentuk pada lingkungan *carbonate slope*, yang dimana hasil interpretasi litologi juga mendukung bahwa adanya perubahan lingkungan pengendapan dari *marine* menjadi *carbonate slope*. Pertumbuhan batuan karbonat Fasies A kemudian terus berjalan hingga lima kali siklus karbonat. Fasies B mulai terbentuk ketika adanya perubahan pola elektrofases dari *serrated* menjadi *funnel*. Pola ini menunjukkan *catch-up carbonate* dimana terjadi fase progradasi, sehingga karbonat mulai tumbuh kembali mengejar laju

kenaikan muka air laut. Pertumbuhan batuan karbonat Fasies B kemudian berjalan selama tiga kali siklus karbonat. Pembentukan Fasies B ditutup dengan kehadiran pola *funnel* dan *bell*. Pola *bell* terbentuk karena adanya perubahan energi pengendapan menjadi rendah, sehingga laju pembentukan ruang akomodasi lebih besar daripada pembentukan batuan, fase ini dinamakan dengan retrogradasi. Pada fase ini, pertumbuhan karbonat tidak dapat mengikuti laju kenaikan muka air laut sehingga terjadi *give-up carbonate*.

4. Terdapat kenaikan nilai log resistivitas dan adanya separasi kurva log densitas-neutron pada Fasies B. Kondisi pada kedua log tersebut patut diperhatikan karena dapat menjadi pertanda awal adanya suatu reservoir migas.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak, baik itu orang tua, mentor teknis, dan pembimbing kampus, yang telah memberikan bantuan, kesempatan, serta motivasi, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asquith, & Krygowski. (2004). *Basic Well Log Analysis*. Tulsa: AAPG.
- Awais, Ullah, Khan, Ghani, Siyar, Wadood, & Mukhtiar. (2019). Investigation of reservoir characteristics, depositional setting and T–R sequences of the Lockhart Limestone of Meyal Oil Field, Pakistan: a petrophysical approach. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology* 9, 2511–2530.
- AAPG Wiki. (2022, April 21). Retrieved from AAPG Wiki: <https://wiki.aapg.org/File:GeoWikiWriteOff2021-Abdulwahab-Figure12.png>
- Bishop, M. G. (2000). *Petroleum Systems of The Northwest Java Province, Java, and Offshore Southeast Sumatera, Indonesia*. Colorado: USGS.
- Butterworth, & Atkinson. (1993). Syn-Rift Deposits Of The Northwest Java Basin: Fluvial Sandstone Reservoirs And Lacustrine Source Rocks. *Clastic Rocks and Reservoirs of Indonesia: A Core Workshop, 1993* (pp. 211-229). IPA.
- Dunham, R. (1962). Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. *AAPG*, 108-121.
- Kementrian ESDM. (2018). *Indonesia Miliki 128 Cekungan Sedimen, Badan Geologi Terus Lakukan Eksplorasi*. Retrieved from Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/news-archives/indonesia-miliki-128-cekungan-sedimen-badan-geologi-terus-lakukan-eksplorasi>
- Ismahesa, Isnaniawardhani, & Hamdani. (n.d.). *Analisis Elektrofases Berdasarkan Data Log Sumur Di Blok "X" Formasi Baturaja, Cekungan*

- Sumatera Selatan. Universitas Padjadjaran.
- Kementrian ESDM. (2022). *Peta Cekungan Sedimen Indonesia*. Kementrian ESDM.
- Moore, C. H. (2001). *Carbonate Reservoirs Porosity Evolution and Diagenesis in A Sequence Stratigraphic Framework*. Amsterdam: Elsevier.
- Noble, Pratomo, Nugrahanto, Ibrahim, Prasetya, Mujahidin, . . . Howes. (1997). Petroleum System of Indonesia. *edings of the Petroleum Systems of SE Asia and Australasia Conference, Ma* (pp. 585-600). Indonesia Petroleum Association.
- Papadimitriou, N. (2018). *Geodynamics and synchronous fling of a rift type-basin evolved through compression tectonics (The western margin of the Levant Basin)*. Paris: Université Pierre et Marie Curie.
- Pomar, L. (2004). *The Late Miocene Reef Complex, Mallorca*. Universitat Illes Balears.
- Praptisih. (2016). Fasies, Lingkungan Pengendapan dan Sifat Fisik (Kesarangan dan Kelulusan) Batuan Karbonat Formasi Parigi di Daerah Pangkalan Karawang, Jawa Barat. *JGSM*, 205-215.
- Pricilla, S., Syafri, I., Mohamad, F., Mardiana, & Kurniawan. (2020). Pola Pertumbuhan Karbonat Pada Formasi Parigi, Cekungan Jawa Barat Utara. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 74-83.
- Purantoro, Butterworth, Kaldi, & Atkinson. (1994). A Sequence Stratigraphic Model of The Upper Cibulakan Sandstones (Main Interval), Offshore Northwest Java Basin: Insights From U-11 Well. *Proceedings Indonesian Petroleum Association Twenty Third Annual Convention* (pp. 289-306). Indonesia Petroleum Association.
- Saerina, Kurniasih, & Setyawan. (2021). Analisis Perkembangan Fasies Dan Lingkungan Pengendapan Pada Interval Formasi Kujung Dan Tuban, Blok West Tuban, Cekungan Jawa Timur. *Jurnal Geosains dan Teknologi, Volume 4 Nomer 1*, 38-47.
- Sribudiyani, Muhsin, Ryacudu, Astono, Prasetya, Sapiie, . . . Yulianto. (2003). The Collision Of The East Java Microplate And Its Implication For Hydrocarbon Occurrences In The East Java Basin. *Proceedings of Indonesia Petroleum Association*. IPA.
- Surjono, & Amijaya. (2017). *Sedimentologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tucker, M., & Wright, V. (1990). *Carbonate Sedimentology*. Oxford: Blackwell.
- Walker, & James. (1992). *Facies Model Response to Sea Level Change*.

Ontario: Geological Association of
Canada.

Wilson, J. (1975). *Carbonate Facies in
Geologic History*. Berlin: Springer-
Verlag.