



Model Fasies Batuan Karbonat Formasi Wainukendi di Cekungan Biak-Yapen, Papua

Carbonate Rocks Facies Model of the Wainukendi Formation in the Biak-Yapen Basin, Papua

A.K. Permana¹, J. Shima², S. Maryanto¹ dan J. Wahyudiono¹

¹Pusat Survei Geologi, Badan Geologi
Jl. Diponegoro No.5, Bandung

²Prodi Teknik Geologi, Universitas Diponegoro, Semarang
e-mail: permana_ak@yahoo.com

Naskah diterima : 21 Februari 2017, Revisi terakhir : 07 Mei 2019 Disetujui : 09 Mei 2019, Online : 10 Mei 2019

DOI: 10.33332/jgsm.2019.v20.2.101-110p

Abstrak- Paper ini akan memberikan gambaran model fasies batugamping Formasi Wainukendi. Batugamping formasi tersebut tersingkap cukup baik di bagian selatan Pulau Supiori. Data utama penelitian ini didapatkan dari 28 singkapan batuan dan 25 penampang stratigrafi terukur. Sebanyak 37 sampel batuan telah dikoleksi dari Lintasan Korido dan Lintasan Warvey, dan telah diuji petrografi untuk analisis mikrofasis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Formasi Wainukendi disusun oleh batuan karbonat klastika dan batuan karbonat terumbu. Analisis mikrofasis memperlihatkan bahwa batuan karbonat tersebut secara umum terdiri atas 4 zona fasies, yaitu dangkalan dalam (FZ2), tekuk lereng (FZ3), lerengan (FZ4), dan tepi paparan (FZ5).

Katakunci: Fasies, stratigrafi, Formasi Wainukendi, Cekungan Biak-Yapen

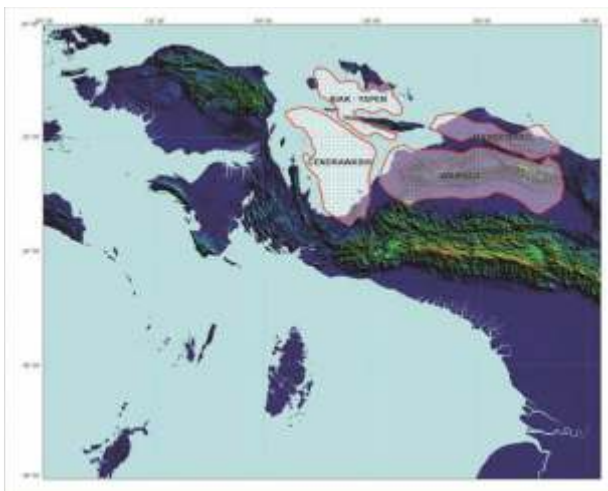
Abstract- This paper provides the carbonate rocks facies model of the Wainukendi Formation. Several outcrops are well exposed in the Southern part of the Supiori Island. The main data are taken from 28 outcrops and 25 measured sections. Thirty seven rocks samples from the Korido dan Warvey Sections were collected and have been petrographic examination for microfacies analysis. Finally, the analysis find that the Wainukendi Formation basically composed by bioclastic carbonate platform and reef margin platform. Microfacies analysis indicate that these carbonate platforms consist of 4 facies zone, deep shelf (FZ2), toe of slope (FZ3), slope (FZ4), and platform margin (FZ5).

Keywords: Facies, stratigraphy, Wainukendi Formation, Biak-Yapen Basin.

PENDAHULUAN

Cekungan Biak-Yapen sebagai salah satu cekungan *frontier* di kawasan timur Indonesia diperkirakan memiliki potensi sumberdaya hidrokarbon, khususnya minyak dan gas-bumi. Namun, keterbatasan data lapangan dan bawah permukaan adalah salah satu penyebab kurang menariknya kegiatan eksplorasi migas di cekungan *semi mature* sampai *frontier*. Oleh karena itu, kebutuhan data dasar dan kajian geologi yang berhubungan dengan eksplorasi minyak dan gas bumi sangat diperlukan untuk mendorong peningkatan kegiatan eksplorasi migas di kawasan tersebut.

Melimpahnya cadangan minyak dan gas bumi di sekitar Wilayah Kepala Burung, tepatnya di Cekungan Salawati dan Cekungan Bintuni yang berada di bawah Leher Burung memberikan asumsi bahwa seharusnya di Atas Leher Burung, di Cekungan Cendrawasih dan Cekungan Biak Yapen memiliki potensi yang sama. *Petroleum system* di Cekungan Biak-Yapen masih belum dapat dimengerti, sehingga para peneliti menyebandingkan bahwa komponen *petroleum system* yang berkembang di Cekungan Biak-Yapen sama dengan Cekungan Mamberamo dan Cekungan Waipoga yang berada di bagian selatan Cekungan Papua Utara (Gambar 1), hingga di utara Papua Nugini (McInnes & Amiribesheli, 2018). Hasil pemodelan gayaberat di Cekungan Biak-Yapen memperlihatkan bahwa selain perangkat stratigrafi kemungkinan terbentuk perangkat struktur antiklin yang tersesarkan (Panjaitan & Subagio, 2015).



Gambar 1. Lokasi Cekungan Biak-Yapen yang berdekatan dengan Cekungan Mamberamo, Cekungan Waipoga dan Cekungan Cendrawasih.

Apabila *reservoir* terbaik yang telah berproduksi di Cekungan Salawati adalah batuan karbonat paparan yang berumur Miosen Awal, maka tidak menutup kemungkinan batuan karbonat di Cekungan Biak-Yapen (Formasi Wainukendi yang berumur Oligosen-Miosen) juga memiliki potensi sebagai batuan *reservoir* (Mamengko dkk., 2010). Namun demikian, belum ada satu penulis terdahulu yang membahas secara rinci tentang fasies pengendapan batuan karbonat Formasi Wainukendi. Oleh karena itu, batuan karbonat Formasi Wainukendi menjadi objek menarik untuk dilakukan penelitian. Sebagai studi awal identifikasi batuan *reservoir*, dalam makalah ini akan dipaparkan proses pengendapan batuan karbonat Formasi Wainukendi yang dijumpai di Cekungan Biak-Yapen, Papua.

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dibagi ke dalam dua tahap, yaitu tahap survei lapangan dan tahap analisis data. Survei lapangan dilakukan dua sesi pada Tahun 2014, dengan melakukan pengukuran stratigrafi rinci dan pengambilan percontoh batuan pada lintasan terpilih yang mewakili untuk kebutuhan penelitian. Tahap analisis data mencakup uji petrografi, analisis foran besar, sedimentologi dan sikuen stratigrafi.

Analisis sedimentologi, khususnya untuk umur, lingkungan pengendapan dan studi mikrofases telah dilakukan uji petrografi batuan karbonat sebanyak 37 sayatan dari 28 stasiun pengamatan di lapangan, 4 stratigrafi komposit. Dalam analisis mikrofases dan pemodelan lingkungan pengendapan dilakukan berdasarkan klasifikasi dan standar dari Dunham (1962) dan Wilson (1975).

GEOLOGI REGIONAL

Beberapa peneliti terdahulu telah memberikan gambaran secara umum kondisi geologi di Cekungan Biak-Yapen antara lain Masria dkk. (1981) yang telah menjelaskan stratigrafi Kenozoikum di Cekungan Biak-Yapen. McAdoo & Haebig (1999) dan Sapiie *et al.* (2010) memberikan gambaran umum mengenai tataan tektonik regional di cekungan tersebut. Gold *et al.* (2014) dan Gold (2018) menjelaskan pembentukan Cekungan Biak-Yapen yang dikontrol oleh Sesar Mendatar Sorong, Ransiki dan Yapen.

Cekungan Biak-Yapen secara umum termasuk dalam kelompok besar Cekungan Papua Utara yang berada di antara Pegunungan Irian Tengah dan Palung Irian, meliputi Cekungan Waipoga, Mamberamo dan Jayapura (Saragih *et al.*, 2018). Cekungan Biak-Yapen termasuk dalam cekungan busur depan dan terdapat prisma akrasi hasil tumbukan. Batas lempeng ditandai dengan keberadaan zona Sesar Yapen berupa sesar geser kiri (*sinistral wrench fault*) pada pulau utama, yaitu Pulau Yapen dengan garis aktif lajur vulkanik berarah barat-timur sepanjang pantai utara Pulau Yapen (Gold, 2018). Ke arah *offshore* Cekungan Biak, yaitu di antara Pulau Biak dan Yapen diyakini merupakan cekungan transtensial *pull apart*, dimana pengendapan pada batas cekungan sangat dipengaruhi oleh patahan aktif (Bentoni & Alvarez, 2012; Memmo *et al.*, 2013).

Stratigrafi di Cekungan Irian Utara cenderung memiliki karakteristik atau ciri stratigrafi yang mirip dengan cekungan-cekungan di Lempeng Pasifik (Sapiie *et al.*, 2010). Batuan alas yang berasal dari kerak samudera, kebanyakan adalah ofiolit, basal vulkanik, dan intrusi diorit. Endapan Paleogen-Neogen ditandai dengan sedimen yang mengisi cekungan secara menerus, pada beberapa lokasi menunjukkan jeda pengendapan regional (*regional hiatus*) pada akhir Miosen. Batuan sedimen tertua terendapkan di atas batuan alas berupa percampuran antara batuan vulkanik dengan batugamping. Formasi ini terendapkan pada Paleosen - Oligosen Awal. Di atasnya terendapkan kembali oleh batugamping koral Formasi Darante (Wurui) pada Oligosen - Miosen Tengah dan batugamping berumur Oligo-Miosen Formasi Wainukendi yang tersingkap di Pulau Yapen.

Secara regional stratigrafi daerah Biak-Yapen tersusun oleh lima satuan batuan, mulai dari yang berumur pra-Eosen hingga Miosen (Masria dkk., 1981). Satuan batuan tertua terdiri atas Batuan Malihan Korido yang diduga berumur pra-Eosen, kemudian tertindih tidak selaras batuan vulkanik Formasi Auwewa yang alasnya tidak tersingkap di permukaan. Formasi ini kemudian ditindih tidak selaras oleh batuan yang lebih muda, terdiri atas Formasi Wainukendi, Wafordori, dan Napisendi (Gambar 2). Formasi Wainukendi terdiri atas batugamping kristalin, berbutir sedang sampai kasar, setempat lensa konglomerat serta sisipan napal, batugamping berfosil dan *greywacke* berbutir kasar. Batugamping penyisipnya tersusun oleh fosil foraminifera besar, antara lain *Amphistegina*, *Cyclocypeus*, *Heterostegina*, dan *Lepidocyclina* menunjukkan umur berkisar dari Oligosen Akhir hingga Miosen Awal.



Modifikasi dari Anonim (2006)

Gambar 2. Stratigrafi regional di Cekungan Biak-Yapen, Formasi Wainukendi berumur Oligosen-Miosen berada di Kepulauan Biak-Supiori.

Sejarah tektonik kedua pulau ini dapat ditelusuri sejak kala pra-Eosen, ketika alas yang berupa batuan malihan terangkat ke permukaan (Masria dkk., 1981; Saragih *et al.*, 2018). Kegiatan gunungapi selama Eosen dan Oligosen menghasilkan endapan pada permukaan batuan malihan yang tererosi setelah pengangkatan. Setidaknya terdapat beberapa daerah yang mengalami perlipatan, sehingga menguntungkan bagi pengendapan batuan karbonat, seperti pada bagian selatan Pulau Supiori yang membentuk batuan karbonat Formasi Wainukendi.

HASIL PENELITIAN

Kenampakan Umum

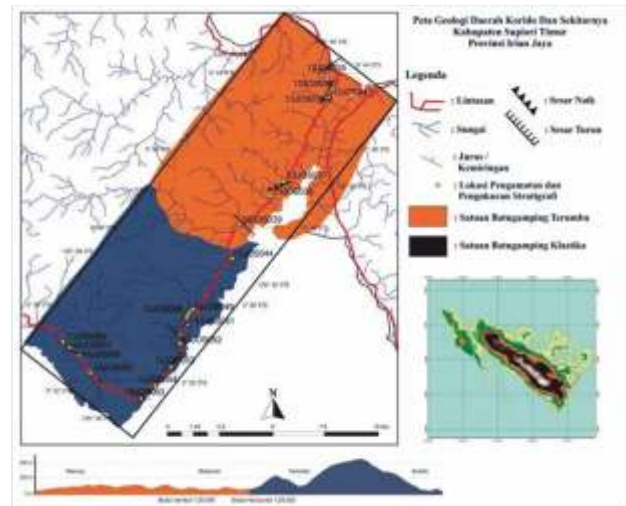
Berdasarkan hasil pengamatan geologi yang dilakukan kemudian disusun dalam peta geologi daerah penelitian, maka secara umum tersusun oleh satuan batugamping klastika yang mendominasi wilayah selatan daerah penelitian dan satuan batugamping terumbu yang tersebar di daerah utara (Gambar 3). Deskripsi setiap satuan batuan tersebut dijelaskan sebagai berikut:

Satuan batugamping klastika ditemukan lapuk sedang - tinggi dan sebagian batuan telah berubah menjadi tanah. Satuan batuan ini juga tersusun oleh beberapa jenis batugamping, yaitu batugamping *packstone* - *rudstone* dan *wackstone* (Gambar 4A). Batugamping *packstone* - *rudstone* secara umum berstruktur masif dan beberapa berlapis, berwarna abu-abu kecoklatan, lapuk sedang, berukuran butir pasir sedang hingga sangat kasar, bentuk butiran menyudut hingga membundar tanggung, padat, kaya akan cangkang foraminifera, ganggang merah, moluska, dan bryozoa,

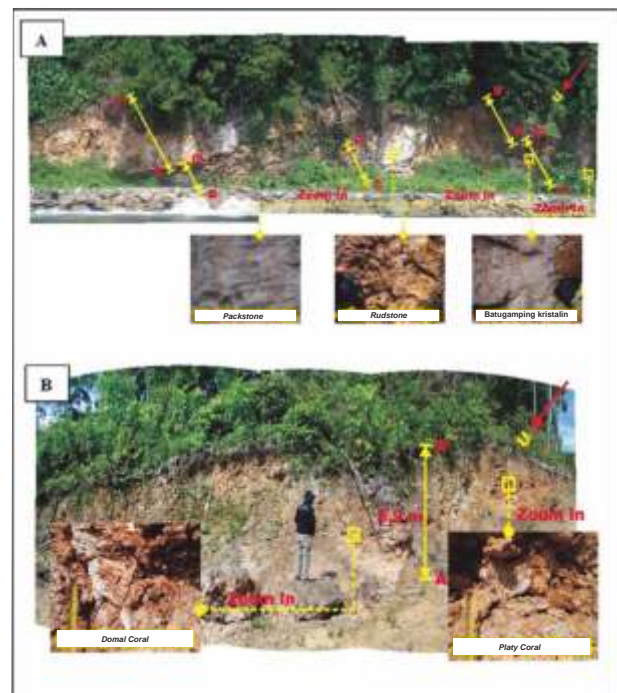
baik dalam keadaan utuh dan pecahan. Batugamping ini terendapkan dominan di selatan daerah penelitian tepatnya pada stasiun pengamatan 13 JOS 49, 51, 53, 58-59, 61-62, dan 64. Batugamping *wackstone* secara umum menunjukkan struktur sedimen perlapisan dan laminasi, berwarna merah kecoklatan, lapuk tinggi, berukuran butir lempung hingga pasir halus, butiran berbentuk membulat tanggung hingga sangat membulat, *brittle*, kaya akan cangkang foraminifera planktonik dan bentonik dan sebagian besar dalam keadaan utuh. Batugamping ini terendapkan dominan pada daerah selatan daerah penelitian tepatnya pada stasiun pengamatan 13 JOS 47, 55-57, dan 60. Berdasarkan analisis foraminifera besar yang ditemukan pada sayatan petrografi, didapatkan beberapa jenis foraminifera besar yang menjadi fosil indeks pada satuan ini, antara lain *Nummulites sp*, *Discocyclina sp*, *Lepidocyclina sp*, dan *Spiroclipeus sp* yang kemudian dimasukkan ke dalam tabel bizonasi foraminifera besar menunjukkan umur Oligosen Awal (Rupelian) yang sebanding dengan Formasi Wainukendi bagian bawah.

Satuan batugamping terumbu umumnya ditemukan dalam keadaan lapuk rendah - sedang dengan sebagian batuan telah menjadi tanah. Satuan batuan ini tersusun oleh dua jenis batugamping, yaitu batugamping *boundstone* dan *rudstone* (Gambar 4B). Batugamping *boundstone* secara umum menunjukkan struktur masif, berwarna abu-abu kecoklatan, lapuk rendah - sedang, berukuran butir pasir kasar - kerakal, betuk butiran menyudut - membulat tanggung, padat, tersusun dominan oleh koral, ganggang dan bryozoa serta foraminifera dan moluska dalam keadaan utuh. Batugamping ini dijumpai dominan di utara daerah penelitian tepatnya pada stasiun pengamatan 13 JOS 035 - 038, 045, 046, 048, dan 050. Batugamping *rudstone* secara umum menunjukkan struktur masif, berwarna coklat cerah, lapuk sedang, berukuran butir pasir sedang - sangat kasar, butiran berbentuk menyudut - membulat tanggung, *brittle*, kaya akan cangkang foraminifera, ganggang, bryozoa, dan moluska. Batugamping ini dijumpai di bagian utara daerah penelitian tepatnya pada stasiun pengamatan 13 JOS 043. Analisis foraminifera besar yang ditemukan pada sayatan petrografi, didapatkan beberapa jenis foraminifera besar yang sama dengan satuan batugamping bioklastika antara lain adalah *Lepidocyclina sp*, *Spiroclipeus sp*, dan *Nummulites sp*. Foraminifera besar lain yang juga terdapat pada satuan ini adalah *Miogyopsinoides sp*, *Heterostigina sp*, dan *Operculina sp* yang kemudian dimasukan ke dalam

tabel biozonasi foraminifera besar menunjukkan umur Oligosen Awal - Akhir (Rupelian - Chattian) yang sebanding dengan Formasi Wainukendi bagian atas.



Gambar 3. Peta geologi yang menunjukkan bahwa daerah penelitian disusun oleh dua satuan batuan, yaitu satuan batugamping terumbu dan satuan batugamping klastika.



Gambar 4. Singkapan batuan Formasi Wainukendi pada Lintasan Warvey-Korido; A) Singkapan satuan batugamping klastika yang tersusun oleh batugamping *wackstone*, *packstone* dan *rudstone*; B) Singkapan satuan batugamping terumbu yang tersusun oleh batugamping *boundstone* yang kaya akan koral. klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962) dan Embry & Klovan (1971)

Stratigrafi

Hasil pengamatan dan pengukuran stratigrafi pada Lintasan Warvey-Korido, telah disusun sebanyak 4 penampang komposit stratigrafi, secara umum dapat dibagi ke dalam dua unit batuan yaitu; Satuan batugamping klastika (Gambar 5A) dan Satuan batugamping terumbu (Gambar 5B). Hasil analisis foraminifera besar menunjukkan Satuan batugamping klastika berumur Oligosen Awal, sedangkan Satuan batugamping terumbu berumur Oligosen Awal - Oligosen Akhir (Tabel 1). Oleh karena itu, secara umum stratigrafi Formasi Wainukendi dari tua ke muda tersusun oleh Satuan batugamping klastika (Oligosen Awal) dan Satuan batugamping terumbu (Oligosen Awal - Oligosen Akhir). Hubungan stratigrafi dari kedua satuan batuan tersebut memperlihatkan hubungan atas bawah, dimana Satuan batugamping terumbu menindih secara selaras Satuan batugamping klastika, seperti diperlihatkan dalam penampang peta geologi (Gambar 3).

Tabel 1. Perbandingan biozonasi satuan batugamping pada Formasi Wainukendi, A) Satuan batugamping klastika yang menunjukkan umur Oligosen Awal (Rupelian); B) Satuan batugamping terumbu yang berumur Oligosen Awal – Akhir (Rupelian-Chattian)

A. Satuan batugamping klastika Formasi Wainukendi

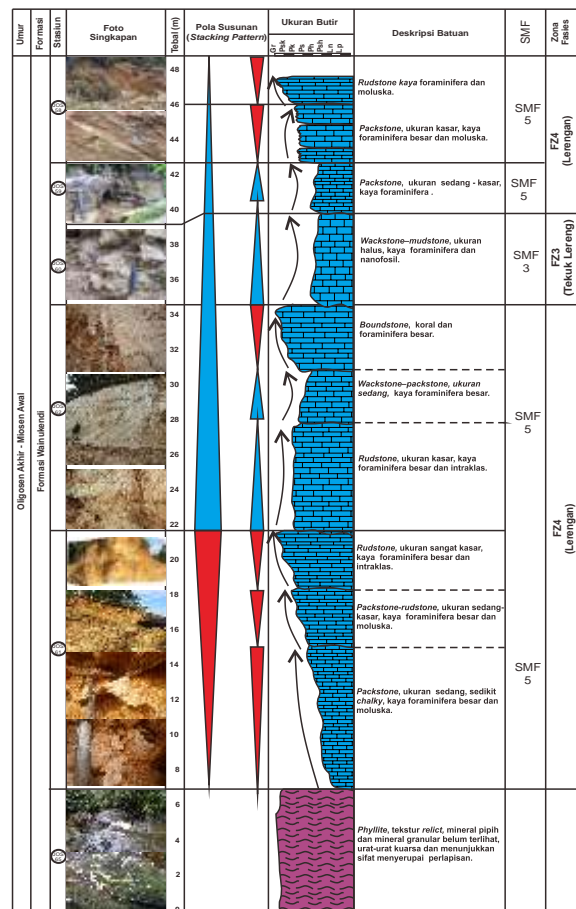
Nama	Oligosen Awal				Oligosen Akhir				Maka
	Rupelian	Rupelian	Rupelian	Rupelian	Chattian	Chattian	Chattian	Chattian	
Lepidocyclina sp									
Nummulites sp									
Discocyclina sp									
Spiroclipeus sp									

B. Satuan batugamping terumbu Formasi Wainukendi

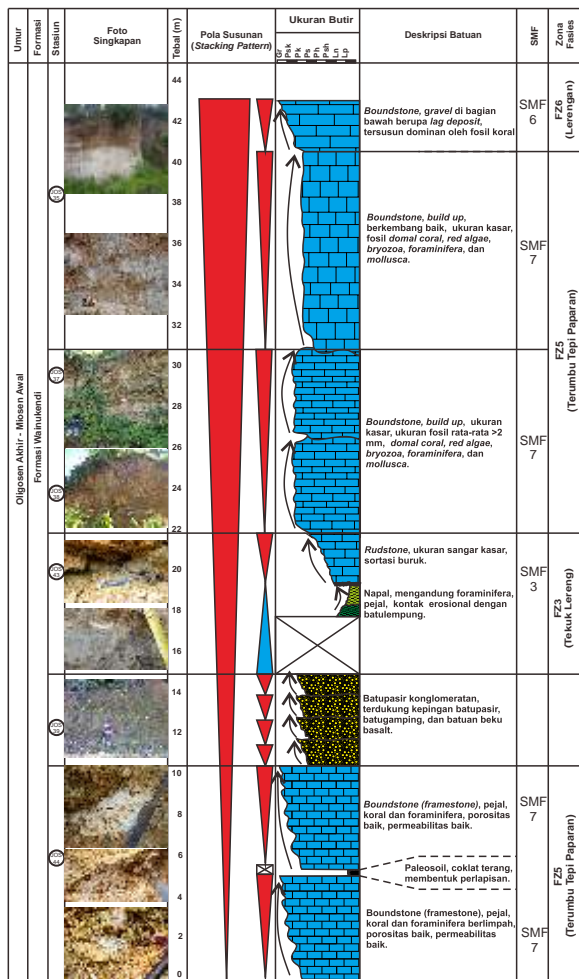
Nama	Oligosen Awal				Oligosen Akhir				Maka
	Rupelian	Rupelian	Rupelian	Rupelian	Chattian	Chattian	Chattian	Chattian	
Lepidocyclina sp									
Nummulites sp									
Operculina sp									
Spiroclipeus sp									
Heterostegina sp									

Litofasies

Analisis litofasies menunjukkan bahwa Satuan batugamping klastika secara umum tersingkap di daerah selatan dari daerah penelitian dan tersusun oleh batugamping *packstone* - *rudstone* dan *wackstone*. Satuan batuan ini terendapkan pada daerah lerengan (*slope*) hingga dangkalan dalam (*deep shelf*) dilihat dari karakteristik butiran dan kelimpahan *organisme oligophotic* dibandingkan *organisme euphotic*, seperti hadirnya fosil foraminifera, ganggang merah dan moluska yang pada umumnya sudah terpecah dan tercuci dengan baik. Satuan batugamping terumbu secara umum tersingkap di bagian utara daerah penelitian dan tersusun oleh batugamping *rudstone* dan *boundstone*. Satuan batuan ini terendapkan pada daerah laut terbuka - tepi paparan hingga lerengan (*open marine - platform margin to slope*) dilihat dari kelimpahan organisme euphotic sebagai butiran utama penyusun batuan, seperti kerangka koral, ganggang merah dan bryozoa yang pada umumnya masih utuh atau sebagian kecil terpecah.



Gambar 5A. Penampang stratigrafi pada Lintasan Korido, yang disusun oleh satuan batugamping klastika.



Gambar 5B. Penampang stratigrafi pada Lintasan Warvey, yang disusun oleh satuan batugamping terumbu.

Berdasarkan komposisi pembentuknya, batugamping Formasi Wainukendi didominasi oleh bioklastika terutama koral, ganggang, dan foraminifera baik bentonik maupun planktonik. Koloni koral berkembang baik bersama dengan ganggang hijau seperti *Halimeda sp.* pada zona dangkal sehingga kaya akan sinar matahari dan memiliki sirkulasi air yang baik. Ganggang merah dan foraminifera besar berkembang pada daerah dengan intensitas cahaya yang tidak begitu baik seperti pada daerah lerengan atau lebih dalam lagi pada daerah dangkalan dalam. Sementara itu, foraminifera planktonik berkembang baik pada daerah laut dalam yang berada di bawah dasar gelombang (*fair-water wave base*; Flugel, 1982).

Berdasarkan data permukaan didapatkan adanya perkembangan terumbu yang baik yang kemungkinan berperan sebagai pemecah gelombang dan endapan-endapan dengan mekanisme aliran peruntuhan (*debris flow*) dan pelengseran (*sliding*) yang berkembang dari erosi batugamping terumbu. Sementara itu, berdasarkan

komposisi batumannya yang tersusun oleh biota *euphotic* dan *oligophotic*, kemungkinan paparan (*platform*) yang berkembang adalah paparan terbatas, paparan bertingkat dan landaian homoklin (*rimmed shelf, stepped ramp, and homoclinal ramp*). Dari integrasi kedua data tersebut, jenis *platform* yang paling mungkin berkembang pada daerah ini adalah jenis paparan terbatas, dimana batugamping terumbu merupakan batugamping penyusun inti terumbu yang berperan sebagai terumbu penghalang (*barrier reef*) yang membatasi antara daerah laut dangkal dengan laut terbuka dan batugamping klastika merupakan penyusun daerah lerengan - cekungan (*slope - basin*).

Mikrofasies

Analisis mikrofasies ini dilakukan dengan mengamati 37 sayatan petrografi pada 28 stasiun pengamatan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui komposisi penyusun batuan, proses pengendapan, dan lingkungan pengendapan dari sampel batuan yang diamati. Untuk melakukan analisis ini, penulis menggunakan klasifikasi zona fasies dari Wilson (1975) dan standar mikrofasies dari Flugel (1982) pada jenis paparan karbonat terbatas. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan batuan karbonat dari Formasi Wainukendi dapat dibagi ke dalam 4 (empat) zone fasies, meliputi zona fasies 2 dangkalan dalam (*deep shelf*), zona fasies 3 tekuk lereng (*toe of slope apron*), zona fasies 4 lerengan (*slope*), dan zona fasies 5 terumbu tepi paparan (*platform margin reef*).

Zona Fasies 2 (Dangkalan Dalam)

Hasil dari analisis sayatan batuan yang termasuk dalam zona fasies ini tersusun oleh batugamping *packstone* foraminifera (Dunham, 1962). Karakteristik secara umum menunjukkan struktur masif dengan tekstur berupa bioklastika fragmental berbutir halus hingga sedang. Ciri utama batuan pada zona fasies ini adalah tersusun dominan oleh bioklastika yang mengambang di atas lumpur karbonat. Penciri khusus lainnya dari sayatan batuan ini adalah adanya penggantian atau pengisian material cangkang oleh material lain berupa mikrit. Bioklas ini sendiri dominan terdiri atas foraminifera bentonik, *calcisphere*, *echinodermata*, dan *brachiophoda* (Gambar 6A). Selain itu bioklastika ini dominan dalam bentuk bodi utuh. Berdasarkan ciri-ciri tersebut, unit batuan karbonat ini di termasuk ke dalam SMF10 - *bioclastic packstones and grainstones with coated and abraded skeletal grains* yang menjadi penciri dari FZ2 (Wilson, 1975).

Zona Fasies 3 (Tekuk Lereng)

Pada Fasies zona fasies ini umumnya disusun oleh *wackstone* dan *packstone*. Hasil analisis sayatan secara umum menunjukkan struktur masif dengan tekstur berupa bioklastika fragmental halus. Ciri utama keseluruhan sayatan ini tersusun oleh lumpur karbonat yang bercampur dengan bioklastika bentonik dan planktonik. Bioklastika ini dominan dalam bentuk utuh dan dalam jumlah sedikit dalam bentuk pecah (Gambar 6B). Berdasarkan ciri-ciri tersebut, unit batugamping pada zona fasies ini termasuk ke dalam SMF3 - *pelagic lime mudstone and wackestone with planktonic microfossils* dan SMF4 - *microbreccia, bioclastic-lithoclastic packstone or rudstone* yang menjadi penciri FZ3.

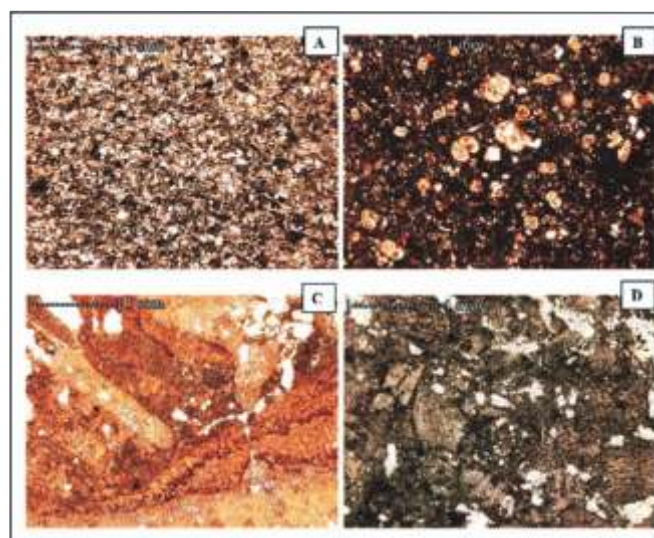
Zona Fasies 4 (Lerengan)

Sayatan batuan yang termasuk dalam zona fasies ini dideskripsi sebagai *packstone*, *grainstone*, dan *rudstone*. Keseluruhan sayatan secara umum menunjukkan struktur masif dengan tekstur berupa bioklastika fragmental berbutir sedang hingga kasar. Ciri utama keseluruhan sayatan ini adalah tersusun dominan oleh bioklastika beragam ukuran dari ukuran 0,2 mm hingga lebih dari 2 mm (Gambar 6C). Sayatan batuan pada zona fasies ini secara umum menunjukkan sortasi yang buruk dengan butiran menyudut hingga membulat tanggung. Lumpur karbonat yang berperan sebagai matriks dan pengisi cangkang tidak dominan. Dari karakteristik di atas unit batugamping pada zona fasies ini dikelompokkan ke dalam SMF5 - *allochthonous bioclastic grainstone, rudstone*,

packstone and floatstone or breccia dan SMF6 - *densely packed reef rudstone* yang menjadi penciri FZ4 yaitu pada zona fasies *Slope* yang menjadi daerah pengendapan batuan ini.

Zona Fasies 5 (Terumbu Tepi Paparan)

Hasil uji petrografi batuan karbonat zona fasies ini umumnya disusun oleh *boundstone* (Dunham, 1962). Keseluruhan sayatan secara umum menunjukkan struktur masif dengan tekstur *build up*. Ciri utama keseluruhan sayatan ini adalah tersusun dominan oleh bioklastika beragam ukuran dari ukuran 0,5 mm hingga lebih dari 2 mm. Sayatan batuan pada zona fasies ini secara umum menunjukkan sortasi yang buruk. Lumpur karbonat pada sayatan berperan sebagai matriks dan material pengisi rongga terutama rongga di dalam bioklas (Gambar 6D). Bioklas pada batuan ini yang berkembang baik adalah koral, ganggang merah, dan bryozoa. Selain itu, terdapat bioklas lain yang terekam dalam sayatan seperti foraminifera besar, moluska, dan brachiopoda. Bentuk dari bioklas ini beragam, seperti cabang batang, memanjang, saling berseling, serta berkumpul membentuk koloni. Kenampakan bioklas terutama koral ini menjadi penciri utama dalam penentuan fasies dan penamaan batuan. Berdasarkan ciri-ciri tersebut, sayatan batuan di atas dikelompokkan sebagai SMF7 - *organic boundstones*. Hal ini didasarkan pada ciri utama yaitu tersusun oleh bioklas insitu berupa koral, ganggang merah, dan bryozoa yang tumbuh pada daerah terumbu. Berdasarkan kenampakan sayatan yang menunjukkan dominasi koral dalam pada sayatan tipis, maka diperkirakan zona fasies yang tepat adalah FZ5, yaitu bangunan terumbu.

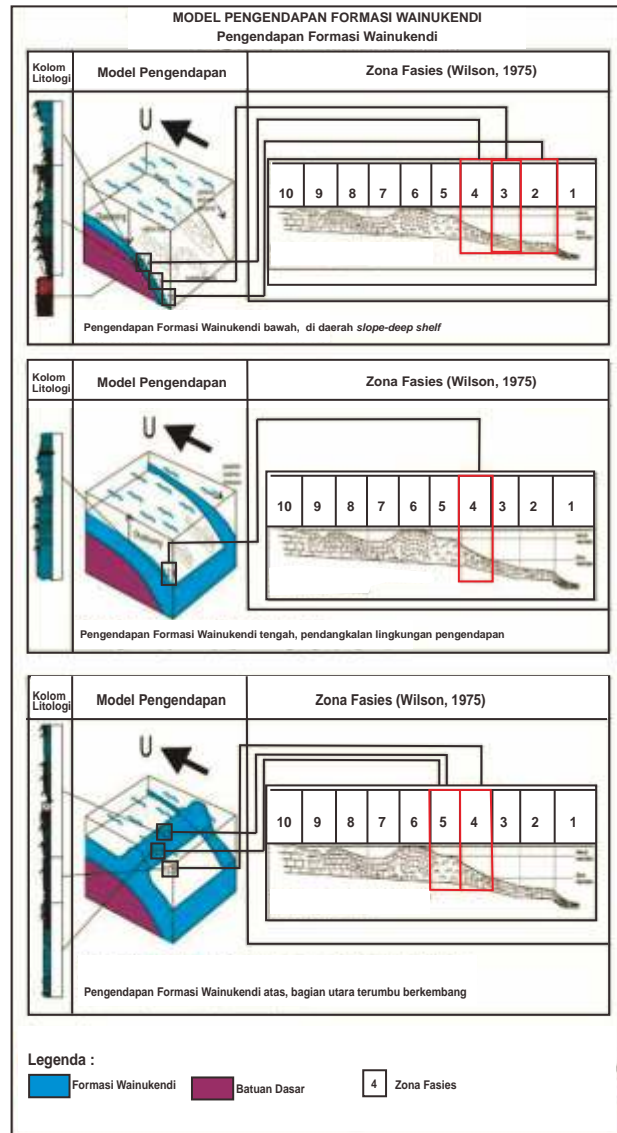


Gambar 6. Mikrofotograf untuk analisis mikrofasies; A) *Packstone* foraminifera dalam zona fasies *deep shelf* (FZ2, SMF10); B) *Wackestone-packstone* bioklastika dalam zona fasies *toe of slope apron* (FZ3, SMF4); C) *Rudstone* klastika dalam zona fasies *slope* (FZ4, SMF5); D) *Grainstone* bioklastika dalam zona fasies *platform margin reef* (FZ5, SMF7).

Model Fasies

Berdasarkan analisis jenis paparan batuan karbonat, Formasi Wainukendi dikelompokkan ke dalam jenis paparan karbonat terbatas (*platform rimmed shelf*). Pada daerah depan terumbu akan terendapkan material karbonat dengan densitas tinggi yang telah hancur oleh gelombang yang juga dipengaruhi oleh kemiringan dengan mekanisme runtutan, aloran peruntuhan (*debris flow*), dan pelengseran (*sliding*). Berdasarkan analisis mikrofasis menurut Wilson (1975) dan Flugel (1982), zona ini termasuk dalam zona terumbu depan hingga lerengan (*front reef-slope*; FZ4), dimana batugamping yang berkembang pada zona ini antara lain termasuk dalam SMF5 dan SMF6. Sementara pada daerah yang agak jauh akan terendapkan material karbonat dengan densitas yang lebih rendah dengan mekanisme suspensi atau aliran gayaberat (*gravity flow*). Berdasarkan analisis mikrofasis, zona ini termasuk dalam zona tekuk lereng (*toe of slope apron*; FZ3) dan dangkalan dalam (*deep shelf*; FZ2) dengan batugamping yang berkembang pada zona ini termasuk dalam SMF3, SMF4, dan SMF10. Di daerah penelitian, batugamping terumbu yang merupakan sumber pasokan utama material karbonat tidak dijumpai pada satuan batugamping klastika. Oleh sebab itu, proses sedimentasi dimodelkan seperti pada Gambar 7.

Setelah terjadi pengendapan satuan batugamping klastika pada daerah lerengan - dangkalan dalam (*slope - deep shelf*) terjadi pengisian ruang akomodasi oleh sedimen sehingga terjadi proses pendangkalan laut. Selain itu, sedimen karbonat yang terendapkan juga cenderung merubah bentukan paparan itu sendiri. Hal ini mengakibatkan perubahan lingkungan dari daerah yang kurang sinar matahari dan cenderung membentuk lerengan menjadi daerah yang kaya akan sinar matahari dan menjadi lebih landai. Hal ini yang menyebabkan organisme-organisme euphotic dapat hidup dengan baik. Pertumbuhan organisme euphotic dan terjadinya pelandaian pada dasar paparan pada daerah ini juga menggeser perkembangan tepi paparan (*platform margin*) dan membentuk satuan batugamping terumbu. Berdasarkan analisis mikrofasis, zona ini termasuk dalam daerah terumbu tepi paparan (*platform margin reef*; FZ5) dimana pada zona ini bertumbuh organisme autochthonous yang membentuk batugamping organic *boundstone* (SMF7).



Gambar 7. Skema diagram model pengendapan batugamping Formasi Wainukendi di daerah penelitian.

DISKUSI

Di Indonesia telah diidentifikasi beberapa formasi yang dapat menjadi *play reservoir* batuan karbonat yang sangat baik seperti Formasi Baturaja di Cekungan Sumatera Selatan, Formasi Parigi di Cekungan Jawa Barat Bagian Utara dan Formasi Kujung di Cekungan Jawa Timur, serta Formasi Kais di Cekungan Salawati, Papua (Arie, 2009).

Formasi Kais disusun oleh batulempung gampingan, batugamping paparan dan batugamping terumbu fase transgresi pada kala Oligosen Akhir. Dari analisis seismik, formasi ini dapat dibedakan menjadi 2 (dua)

bagian yaitu Formasi Kais bagian bawah dan Formasi Kais bagian atas (Pireno, 2008). Formasi Kais bagian bawah ini tersingkap ke permukaan yang telah mengakibatkan berkembangnya porositas sekunder, karena adanya proses pelarutan oleh air tawar di bagian permukaan. Berkembangnya porositas sekunder ini telah terbukti dengan ditemukannya baik minyak maupun gas dalam perangkap batugamping terumbu dan batugamping paparan yang ada di Lapangan Matoa, dan di daerah Walio-Jaya di bagian selatan cekungan.

Pada kala Miosen Tengah hingga Miosen Akhir terjadi lagi fase transgresi sehingga dengan naiknya muka air laut ini kemudian disusul lagi dengan pengendapan batugamping Formasi Kais bagian atas. Di daerah tinggian Matoa, batugamping ini diendapkan sebagai batugamping paparan yang menutupi batugamping terumbu Formasi Kais bawah. Batuan tersebut juga berfungsi sebagai batuan penutup bagi batugamping terumbunya, sedangkan di daerah Kasim-Jaya-Walio batugamping ini berkembang sebagai batugamping terumbu dan gundukan karbonat (*carbonate bank*), sebagai batuan reservoir utama di wilayah ini. Di lepas pantai bagian selatan di lapangan minyak STA-STC, batugamping Formasi Kais bagian atas ini berkembang sebagai batugamping terumbu yang menjadi batuan reservoir utama (Pireno, 2008).

Formasi Wainukendi disusun oleh batugamping klastika (berumur Oligosen Awal) dan satuan batugamping terumbu (Oligosen Awal - Oligosen Akhir). Dari karakteristik litologi dan umur, batugamping Formasi Wainukendi dapat dibandingkan dengan Formasi Kais bagian bawah yang menjadi batuan reservoir di Lapangan Matoa, Cekungan Salawati. Analisis litofasies dan komposisi utama penyusun batugamping Formasi Wainukendi menunjukkan bahwa jenis paparan yang paling mungkin berkembang adalah kategori dangkalan karbonat terbatas (*rimmed carbonate shelf*).

Batugamping klastika Formasi Wainukendi pada umumnya diendapkan di bagian selatan daerah penelitian, sedangkan batugamping terumbu diendapkan di bagian utara. Batugamping klastika umumnya disusun oleh batugamping *wackestone* dan *packstone* foraminifera yang diendapkan pada lingkungan lerengan sampai dangkalan dalam pada kondisi transgresi. Batugamping terumbu disusun oleh batugamping *rudstone - boundstone* yang diendapkan pada lingkungan tepi paparan laut terbuka. Batugamping yang terendapkan di zona tepi paparan karbonat (Flugel, 1984), pada umumnya berupa terumbu dan asosiasinya, mempunyai keporian primer cukup hingga sangat baik. Keporisan primer ini semakin bertambah akibat proses diagenesis, khususnya pelarutan dan pengkekarangan/peretakan batuan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa batugamping terumbu Formasi Wainukendi berpotensi menjadi batuan reservoir yang baik di Cekungan Biak-Yapen.

KESIMPULAN

Formasi Wainukendi terdiri atas dua satuan batuan yaitu satuan batugamping klastika yang berumur Oligosen Awal (Rupellian) dan satuan batugamping terumbu yang berumur Oligosen Awal - Akhir (Rupellian - Chattian). Batugamping Formasi Wainukendi disusun oleh 4 (empat) zona fasies, yaitu dangkalan dalam (FZ2), tekuk lereng (FZ3), lerengan (FZ4), dan terumbu tepi paparan (FZ5).

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya sampaikan kepada seluruh anggota Tim Survei Dinamika Cekungan Biak-Yapen, atas bantuannya selama pengambilan data di lapangan, terutama kepada Alexander Limbong dan David Victor Mamengko. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada para pejabat fungsional peneliti di Pusat Survei Geologi atas diskusi, masukan dan saran selama proses penulisan, serta kepada seluruh pihak yang telah membantu selama penulisan makalah ini.

ACUAN

- Anonim, 2006. *Indonesian Basin Summaries*. Patra Nusa Data. Jakarta
- Arie, 2009. Batugamping Sebagai Reservoir Hidrokarbon. <http://earthfactory.wordpress.com/2009/04/17/batugamping-sebagaireservoir-hidrokarbon/>.
- Bentoni, C. and Alvarez, J., 2012. Interplay Between Submarine Depositional Processes And Recent Tectonics in the Biak Basin, Western Papua, Eastern Indonesia. *Indonesian Journal of Sedimentary Geology*, 3(23): 42-46.
-

-
- Dunham, R.J., 1962. Classification Of Carbonate Rocks According To Depositional Texture. In: W.E. Ham (Ed), *Classification of carbonate rocks*. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 1: 108-121.
- Embry, A.F. and Klovan, J.E., 1971. A Late Devonian Reef Fract on Nort-Eastern Banks Island, North West Territory. *Can.Petrol. Geol.Bull* 19:730-781
- Flugel, E., 1982. *Microfacies Analysis of Limestones*. Springer-Verlag Inc., Berlin, Heidelberg, New York, 633p.
- Gold, D.P., 2018. The Effect Of Meteoric Phreatic Diagenesis And Spring Sapping On The Formation Of Submarine Collapse Structures in the Biak Basin, Eastern Indonesia. *Berita Sedimentologi*, 41: 23-37.
- Gold, D.P., Hall, R., Burges, P., and Fadel, M.B., 2014. The Biak Basin and Its Setting in the Bird's Head Region of West Papua. *Proceeding 38th Annual Convention and Exhibition, Indonesian Petroleum Association*, 13p.
- Mamengko, D.V., Sosrowidjojo, I.B., Toha, B., dan Amijaya, D.H., 2012. Geokimia batuan induk Formasi Mamberamo dan Makats di Cekungan Papua Utara. *Proceeding 41st Annual Convention and Exhibition, Ikatan Ahli Geologi Indonesia*, p. 1-5.
- Masria, M., Ratman, N., and Suwitodirdjo, K., 1981. *Geology of the Yapen Quadrangle, Irian Jaya*. Geol. Res. Dev. Centre : Indonesia.
- McAdoo, R.L and Haebig, J.C., 1999. Tectonic Elements of the North Irian Basin. *Proceeding 27th Annual Convention and Exhibition, Indonesian Petroleum Association*, p.545-562.
- McInnes, B.I.A. and Amiribesheli, S., 2018. *An Active Petroleum System in the New Ireland Basin: Papua New Guinea's New Frontier Miocene Carbonate Play*. Curtin University. <http://www.discovergeoscience.com/wp-content/uploads/2018/06/An-Active-Petroleum-System-in-the-New-Ireland-Basin-Papua-New-Guinea-New-Frontier-Miocene-Carbonate-Play-4.pdf>
- Memmo, P., Bertoni, C., Masini, M., Alvarez, J., Imran, Z., Echanove, A., and Orange, D., 2013. Deposition and Deformation in the Recent Biak Basin (Papua Province, Eastern Indonesia). *Proceeding 37th Annual Convention and Exhibition, Indonesia Petroleum Association*, p 1-12.
- Panjaitan, S dan Subagio., 2015. Potensi Sumber Daya Energi Berdasarkan Pola Anomali Gayaberat di Daerah Biak dan Sekitarnya, Papua. *Jurnal Geologi Kelautan*, 13(2): 87-97.
- Pireno, G.E., 2008. Potensi Formasi Sirga Sebagai Batuan Induk Di Cekungan Salawati Papua. Skripsi S-1 Program Studi Teknik Geofisika Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sapiie B., Adyagharini, A.C., and Philips T., 2010. New Insight Of Tectonic Evolution Of Cendrawasih Bay and Its Implication For Hydrocarbon Prospect, Papua, Indonesia. *Proceedings Indonesian Petroleum Association 34th Annual Convention and Exhibition*.
- Saragih, R., Junursyah, G.M.L., Badaruddin, F., and Alviayanda, 2018. Structural Trap Modeling of the Biak-Yapen Basin as a Neogen Frontier Basin in North Papua. *Proceeding 42th Annual Convention and Exhibition Indonesian Petroleum Association*, May 2018 (abstract).
- Wilson, J.L., 1975. *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer, New York, 471 p.
-