



Karakteristik Formasi Menu di Pulau Rote

Angga Jati Widiatama^{1*}, Lauti Dwita Santy²

¹Teknik Geologi, Institut Teknologi Sumatera, Indonesia

²Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Indonesia

Abstrak

Pulau Rote terletak di sebelah selatan busur Banda nonvulkanik memiliki batuan sedimen berumur Kapur yang merupakan bagian dari sikuen Australia/Kolbano. Batuan berumur Mesozoikum di Australia Barat Laut memiliki potensi menghasilkan hidrokarbon. Batuan sedimen berumur Kapur dikelompokkan kedalam Formasi Menu atau ekuivalensinya berperan sebagai batuan tudung pada cekungan di Australia Barat Laut. Litofasies Formasi Menu di Pulau Rote terdiri dari batugamping, napal, dan rijang dengan komponen utamanya didominasi oleh bioklastika radiolaria, bivalvia, nanofasil gampingan serta dalam jumlah kecil *spiculite* dan foraminifera. Mikrofasies Formasi Menu terdiri dari empat jenis yaitu *wackestone radiolaria-bivalviaan* (SMF 1), *wackestone radiolaria* (SMF 3), *packstone radiolaria* (SMF 1), dan *mudstone* (SMF 3). Bagian bawah Formasi Menu berumur Berriasian-Valanginian berdasarkan pemunculan *Cyclagelosphaera brezae* yang litologinya menunjukkan kontak menjemari dengan rijang Formasi Nakfunu. Bagian tengah Formasi Menu terdiri dari peralipisan batugamping berwarna putih keabu-abuan dan napal dengan nodul rijang, berangsur keatas warna batugamping berubah menjadi batugamping merah. Formasi Menu bagian atas berumur tidak lebih tua dari Kapur Awal bagian Atas (Albian) berdasarkan awal pemunculan fosil *Cyclagelosphaera reinhardtii*. Formasi Menu terendapkan pada *basin margin* pada kedalaman batial pada lingkungan *upwelling*.

Kata kunci: Pulau Rote; sikuen Australia/Kolbano; Formasi Menu; karbonat pelagik; Kapur

Abstract

Rote Island is located in the southern part of the nonvolcanic Banda arc consisting of the Gondwana and Australian Sequence/Kolbano sequence. Mesozoic aged rocks in Northwest Australia have potential to produce hydrocarbons. Cretaceous sedimentary rocks grouped into the Menu Formation or its equivalent act as cap rock in various basins in Northwest Australia. Menu Formation Lithofacies on Rote Island consist of fine clastic limestone, marl, and mudstone. Menu Formation consists of pelagic limestone which mainly component are bioclastics of radiolaria, bivalvia, calcareous nannofossil and small amounts spiculite and foraminifera. Menu Microfacies Formation consists of wackestone radiolaria-bivalve, wackestone radiolaria, packstone radiolaria, and mudstone. Age of lower part Menu Formation as lower Early Cretaceous (Berriasian-Valanginian) according to appearance of *Cyclagelosphaera brezae*. Menu Formation shows contact with the Nakfunu Formation. The middle part of the menu formation consists of grayish white and marl with chert nodules, gradually over the color of the limestone turn into red limestone. The upper part of Menu formation are not older than the upper Early Cretaceous (Albian). The Menu Formation is deposited on a basin of margins in the bathyal depth on the upwelling environment.

Keywords: Rote Island; Australian/Kolbano sequence; Menu Formation; pelagic carbonate; Cretaceous

*) Korespondensi: anggajatiwidiatama@gmail.com

Diajukan : 25 Maret 2023

Diterima : 3 Juli 2023

Diterbitkan : 18 Agustus 2023

PENDAHULUAN

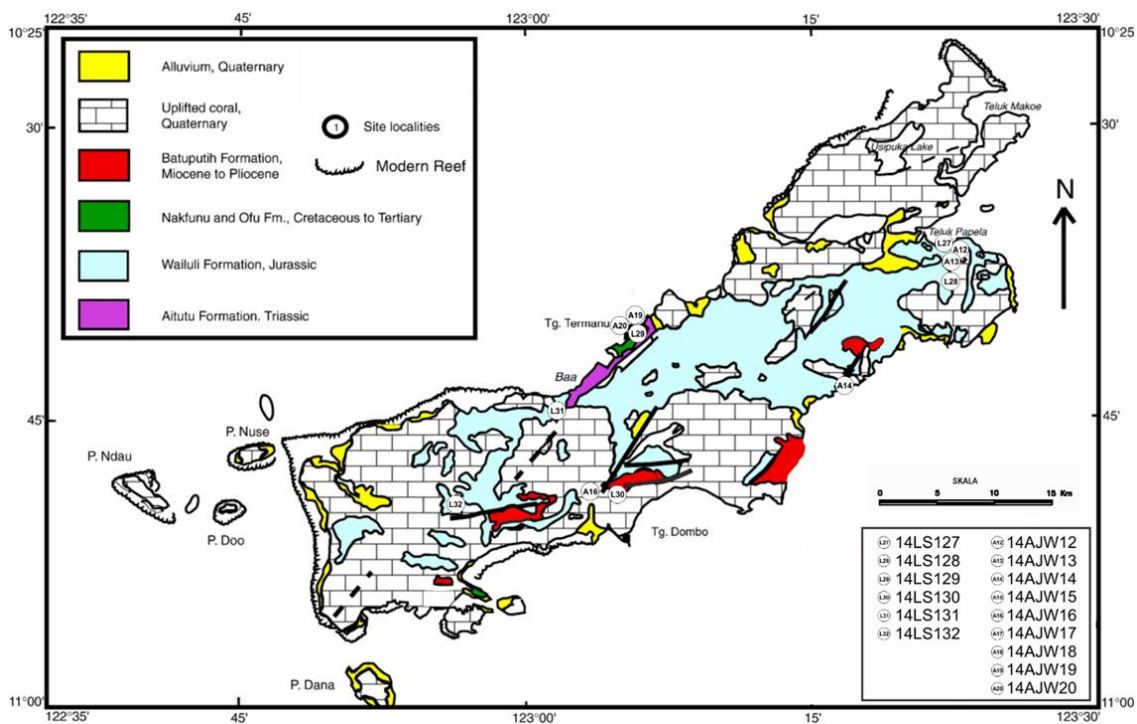
Pulau Rote, Pulau Timor, dan beberapa pulau kecil lain disekitarnya merupakan pulau yang berada disebelah tenggara jajaran kepulauan Nusa Tenggara yang secara geologi berada di depan sabuk vulkanik Banda dan memiliki kondisi geologi yang kompleks akibat terbentuk dari akresi endapan tepi kontinen Australia (Audley Charles, 2011; Villeneuve dkk., 2005). Beberapa peneliti telah melakukan penelitian sedimentologi dan paleontologi pada skala regional yang membagi lima kelompok litotektonik antara lain; (1) Sikuen Gondwana berumur Permian hingga Jura yang berisi batuan silisiklastik yang terendapkan pada cekungan intrakraton, (2) Sikuen Kolbano/Sikuen Australia berisi batuan silisiklastik dan karbonat pelagik berumur Jura akhir hingga Neogen, (3) Banda *terrane* yang merupakan bagian dari Asia yang mengalami pengangkatan akibat kolisi selama Neogen Akhir, (4) *Melange* Bobonaro berisi batuan bantuh dengan blok didalam lempung serta kubah lumpur yang terbentuk selama kolisi Neogen Akhir, (5) Sikuen Viqueque yang merupakan endapan *synorogenic* yang relatif tidak terdeformasi (Sawyer dkk., 1993; Harris dkk., 2009; Audley Charles, 2011).

Rosidi dkk. (1996) memetakan Pulau Rote dominan terdiri dari teras batugamping terumbu dan bantuh Bobonaro, Formasi Noele berumur Pliosen-Kuarter, dan sedikit Formasi Aitutu yang tersingkap di utara Kota Baa. Harris dkk. (2009) mendeskripsi lebih detail sedimen di Pulau Rote dan membaginya menjadi empat satuan antara lain; (1) Formasi Aitutu (Audley-Charles, 2011), batugamping berwarna putih hingga merah muda, kaya fosil bivalvia *Halobia* sp., dengan perselingan napal, dan nodul rijang. Formasi ini tersingkap di pantai utara dekat Kota Baa, (2) Formasi Wailuli (Audley-Charles, 2011), terdiri dari perlapisan batulumpur dan serpih yang menerus, berwarna abu-abu hingga merah dengan sisipan batugamping kaya material organik, kalsilitit, batulanau, dan konkresi besi. Formasi Wailuli tersingkap di bagian tengah hingga selatan Pulau Rote, (3) Formasi Nakfunu berupa serpih kaya mangan dan besi dan batulumpur dengan sisipan rijang berumur Kapur Awal (4) Formasi Borolalo dan

Formasi Ofu berumur Kapur Akhir-Tersier berupa perlapisan kalsilitit dengan sisipan batulumpur, dan (5) Kelompok Viqueque yang merupakan endapan *synorogenic* berupa Formasi Batuputih yang terdiri dari batugamping, kaya foraminifera planktonik, napal, dan lapisan tuf (Poynter dkk., 2013).

Formasi Menu (Sawyer dkk., 1993) merupakan formasi batuan berumur Kapur Awal hingga Kapur Akhir yang terdiri dari kalsilitit, berwarna merah muda hingga putih dengan sisipan *pelecypoda wackestone*, kontak lapisan tegas, tebal lapisan antara 6 hingga 60 cm, batugamping mengandung nodul rijang, dan menunjukkan fosil jejak bercabang. Formasi Menu secara litologi mirip dengan Formasi Ofu dan Formasi Borolalo di Timor Leste (Charlton dan Gandara, 2014). Charlton (2001) mendeskripsi Formasi Menu sebagai batugamping berumur Kapur Awal hingga Kapur Akhir pada Timor Barat. Formasi Menu memiliki kontak menjemari dengan Formasi Nakfunu, sedangkan dengan Formasi Menu dengan Formasi Ofu memiliki kontak selaras secara stratigrafi.

Audley Charles (2011) mengelompokkan Formasi Menu kedalam sikuen Kolbano. Sawyer dkk. (1993) mendeskripsi Formasi Menu terdiri dari batuan berumur Kapur Awal hingga Kapur Akhir yang memiliki karakteristik litologi berupa perlapisan batugamping kalsilitit berwarna merah-merah muda hingga putih beberapa lapisan merupakan *pelecypoda wackestone*, berlapis antara 6 hingga 60 cm, bidang lapisan tegas dan tajam, lapisan dijumpai lapisan 1-2 cm rijang merah, kekar yang intensif. Formasi Menu di Pulau Rote tersingkap pada beberapa wilayah antara lain di Baa, Termanu, dan Papela (Gambar 1). Penelitian Formasi Menu di Pulau Rote Laut berfokus pada pemahaman karakteristik sedimen, lingkungan pengendapan, dan sejarah pengendapan. Penelitian ini penting untuk eksplorasi hidrokarbon di paparan Sahul (Australia Barat Laut) Batuan berumur Mesozoikum di Australia Barat Laut memiliki potensi sistem minyak bumi dan batuan sedimen berumur Kapur dikelompokkan kedalam Formasi Menu atau ekuivalensinya berperan sebagai batuan tudung pada cekungan di Australia Barat Laut.



Gambar 1. Lokasi titik pengamatan. Peta geologi berdasarkan Harris dan Roosmawati (2009)

METODOLOGI

Metode penelitian meliputi pengambilan data lapangan Formasi Menu pada lintasan di daerah Baa, Termanu, dan Papela di Pulau Rote. Analisis meliputi litofasies, asosiasi litofasies, dan mikrofasies. Secara mikroskopis dilakukan identifikasi karakteristik komponen penyusun batuan dan kelimpahannya, tekstur berupa kemas, sortasi, ukuran butir dan bentuk butir untuk mendeterminasi asal material, proses pengendapan, dan lingkungan pengendapan.

Pengamatan dilakukan terhadap tujuh belas sampel sayatan tipis batuan dari sembilan lokasi pengamatan lapangan. Klasifikasi penamaan batugamping menggunakan Dunham (1962), kelimpahan komponen penyusun batuan di analisis dengan metode *point counting* (Dickinson dan Suczek, 1979), penentuan jenis batugamping menggunakan klasifikasi mikrofasies standar (*standart microfacies*/SMF) yang dikenalkan oleh Flugel dan Munnecke (2010), dan penentuan zona fasies menggunakan klasifikasi Wilson (2012). Identifikasi morfologi mineral lempung dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan identifikasi jenis mineral lempung menggunakan *X-ray Defraction* (XRD).

Pengamatan nanofosil terdiri dari tiga lokasi, bagian bawah, tengah, dan atas Formasi Menu pada singkapan di Tanjung Termanu. Metode

smear slide digunakan dalam preparasi sampel batuan. Batuan dihaluskan dan diberikan sedikit hidrogen peroksida (kurang dari 1 gram) yang selanjutnya diberikan balsam Kanada dan ditutup menggunakan kaca selanjutnya setiap sampel diamati menggunakan mikroskop polarisasi. Determinasi penamaan nanofosil gampingan menggunakan Perch-Nielsen (1985) dan basis data nanofosil mikrotax.org.

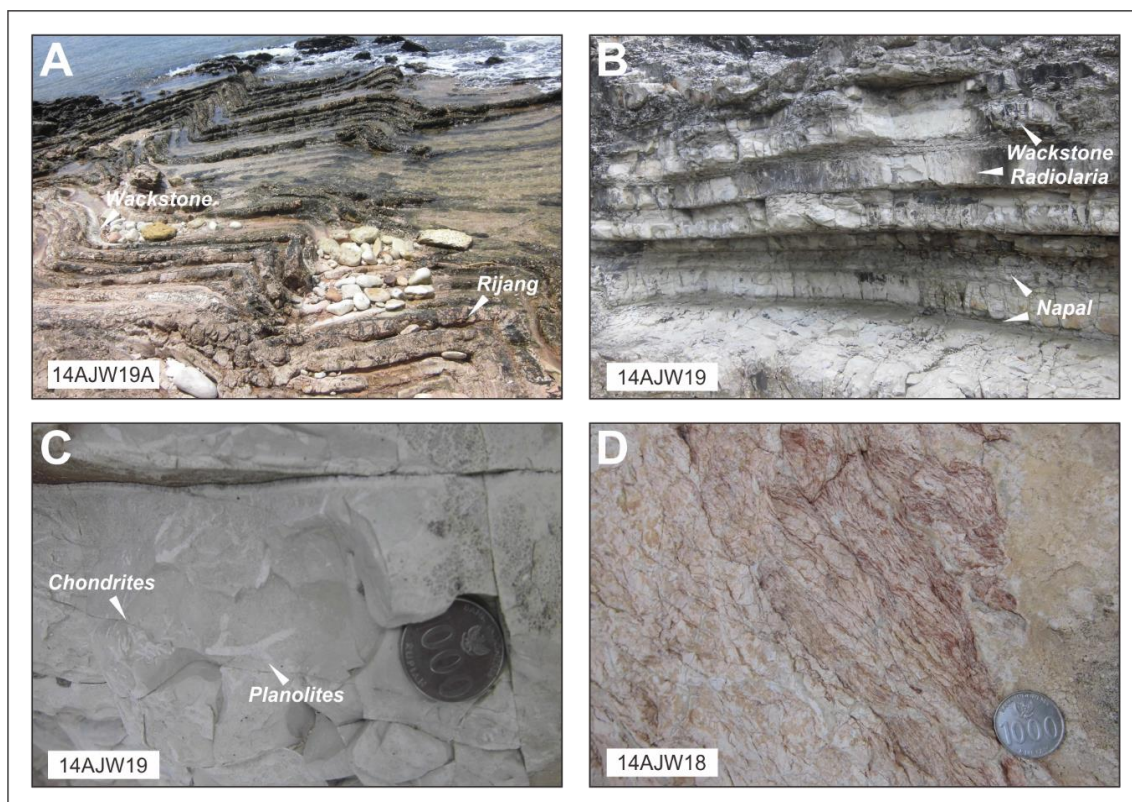
HASIL

Litofasies

Berdasarkan observasi lapangan terdapat tiga satuan litofasies pada Formasi Menu yang terobservasi di Pulau Rote antara lain batugamping, napal, dan rijang (gambar 5).

LF1. Batugamping

Batugamping dominan tersusun oleh material berukuran lumpur, berwarna putih hingga abu-abu hingga merah muda, ukuran butir pasir halus hingga lanau, berlapis baik, kontak lapisan tegas hingga erosional, tebal lapisan antara 8-15 cm, struktur sedimen laminasi, silang siur, dan *flute cast*, dengan pola penumpukan lapisan menipis keatas serta ukuran butir menghalus keatas (Gambar 2A dan 2B). Terdapat fosil jejak *Chondrites*, *Planolites*, *Thalassinoides*, dan *Zoophycos* (Gambar 2C) yang melimpah pada bagian permukaan lapisan batugamping.



Gambar 2. Foto singkapan Formasi Menu, (a) Formasi Menu bagian bawah berupa perlapisan rijang dan batugamping, (b) Formasi menu bagian tengah berupa perlapisan batugamping dan napal, (c) Fosil jejak *Chondrites* pada perlapisan batugamping, dan (d) Formasi Menu bagian atas berupa batugamping berwarna merah

Batugamping bervariasi dari *mudstone*, *wackstone*, dan *packstone* dengan komponen bioklastika utama berupa radiolaria, dengan tambahan komponen dalam jumlah kecil berupa spikulit, serta juvenil bivalvia dan *Calpionellid*. Pada sayatan petrografi komponen butiran penyusun menunjukkan penjajaran.

LF2. Napal

Napal berwarna abu-abu pucat hingga abu-abu cerah, ukuran butir lempung hingga lanau, pecahan menyerpih (*fissile*) searah lapisan, tebal lapisan antara 5-8 cm, kontak lapisan tegas, lapisan menipis keatas, hadir dalam jumlah kecil material silisiklastik berupa kuarsa kristal tunggal berukuran pasir sangat halus, komponen bioklas berupa radiolaria dan juvenil moluska. Napal dijumpai berseling dengan batugamping dan rijang.

LF3. Rijang

Rijang berwarna merah kehitaman, lapisan antara 5-10 cm, kontak lapisan tegas hingga bergelombang, lapisan menipis keatas, rijang

berlapis dengan batugamping dan napal. Komponen bioklas utama penyusun rijang berupa radiolaria kelompok *Spumellaria* maupun *Nassellaria*.

Mikrofasies

Berdasarkan hasil pengamatan petrografi batuan pada Formasi Menu di Pulau Rote terdapat tiga mikrofasies batuan yaitu *Wackstone radiolaria-bivalviaan*, *Wackstone radiolaria*, *Packstone radiolaria*, dan *Mudstone*.

MF1. Wackstone radiolaria-bivalviaan

Wackstone dengan komponen utama lempung dan lumpur karbonat, butiran bioklastika berupa radiolaria jenis *Nassellaria* maupun *Spumellaria* dan juvenil bivalvia (Gambar 3d) dengan komponen tambahan berupa foram planktonik, *Spiculite*, *Calpionellid*, dan fosil yang tidak teridentifikasi dalam jumlah kecil (Table 1). Tersortasi sedang hingga tersortasi baik, bentuk butir membulat, komponen bioklastika mengalami rekristalisasi serta penjajaran membentuk laminasi. Matriks berupa mineral

lempung smektit jenis nontronit ($\text{Na}_{0,3}\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$), lumpur karbonat tersusun dari nanofosil gampingan, dan dalam jumlah kecil material organik. Mikrofasies ini dikelompokkan kedalam SMF 1.

MF2. Wackestone radiolaria

Wackestone memiliki komponen utama berupa lempung dan lumpur karbonat, pejal, butiran bioklastika didominasi oleh radiolaria jenis *Nassellaria* maupun *Spumellaria* dengan sangat sedikit hingga tidak dijumpai *juvenile* bivalvia. Bentuk butir membulat hingga sangat membulat, sortasi butiran baik hingga sangat baik. Preservasi radiolaria cukup baik yang ditunjukkan adanya cangkang radiolaria yang masih memperlihatkan tekstur morfologi hingga yang telah mengalami rekristalisasi (Gambar 3a dan 3b). Butiran penyusun lain hadir dalam jumlah kecil berupa pellet, mineral opak, foram planktonik, *Spiculite*, dan fosil yang tidak teridentifikasi (Tabel 1). Matriks berupa mineral lempung smektit jenis nontronit, lumpur karbonat tersusun dari nanofosil gampingan, dan dalam jumlah kecil material organik. Kekar pada batuan terisi mineral kuarsa. Mikrofasies ini dikelompokkan kedalam SMF 3

MF3. Packstone radiolaria

Packstone memiliki komponen butiran bioklastika didominasi oleh radiolaria jenis *Nassellaria* maupun *Spumellaria* dengan sangat sedikit hingga tidak dijumpai *juvenile* bivalvia (Gambar 3a dan 3b). Bentuk butir membulat hingga sangat membulat, sortasi butiran baik hingga sangat baik. Preservasi radiolaria cukup buruk yang ditunjukkan rekristalisasi pada cangkang dan pengisian kristal kuarsa pada intraklastika. Butiran penyusun lain hadir dalam jumlah kecil berupa pellet, mineral opak, foram planktonik, *spiculite*, dan fosil yang tidak teridentifikasi (Tabel 1). Matriks berupa mineral - mineral lempung smektit jenis nontronit, lumpur karbonat tersusun dari nanofosil gampingan, dan dalam jumlah kecil material organik. Kekar pada batuan terisi mineral kuarsa. Mikrofasies ini dikelompokkan kedalam SMF 1

MF4. Mudstone

Mudstone dengan komponen klastika kurang dari 2% yang terdiri dari radiolaria, filament moluska, dan kuarsa monokristalin. Sortasi

komponen butiran silisiklastik cukup baik dan memperlihatkan penjajaran butiran. Komponen bioklastika menunjukkan bentuk pecahan dan tidak utuh yang mengindikasikan mengalami alih tempat. *Mudstone* terdiri dari lumpur karbonat tersusun dari nanofosil gampingan dan mineral lempung. Mineral lempung teridentifikasi sebagai smektit jenis nontronit ($\text{CaO}_{0,5}\text{Na}_{0,3}\text{Fe}_3+2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$). Mikrofasies ini dikelompokkan kedalam SMF 3.

Diagenesis Batugamping

Proses diagenesis yang terlihat pada batugamping Formasi Menu meliputi kompaksi, penggantian, pengisian rongga/penyemenan, dan kompaksi kimiawi. Proses kompaksi terlihat pada hampir semua sampel yang dicirikan dengan bentuk butiran bioklas yang memanjang searah dengan bidang lapisan batuan. Semen pada batuan Formasi Menu didominasi oleh kuarsa tumbuh yang mengisi rongga pada bioklas (radiolaria), pada beberapa sampel terlihat bahwa sebagian kecil fosil juga telah terekristalisasi, dan merusak bentuk asal fosil. Sedangkan interklas diisi oleh matriks lumpur karbonat yang dominan terbentuk akibat pengendapan nanofosil gampingan. Lumpur karbonat menunjukkan sebagian telah terbentuk mikrosparit kalsit anhedral mosaik sangat halus. Kekar berukuran halus kadang hadir di pada batugamping Formasi Menu dengan rongga yang terisi oleh orthosparit kalsit mosaik hingga mosaik drus anhedral halus hingga sangat halus. Keporian batuan yang hadir pada batugamping Formasi Menu bertipe sisa antar dan dalam partikel, retakan, dan gerowong pelarutan. Porositas batuan berbentuk intrapartikel relatif buruk karena ukuran bioklas kecil dan tidak saling berhubungan, sedangkan porositas primer interpartikel relatif buruk.

PEMBAHASAN

Stratigrafi Formasi Menu bagian bawah Formasi Menu tersusun oleh perlapisan batugamping, rijang, dan napal. Perlapisan batugamping relatif menebal keatas, sedangkan perlapisan rijang relatif menipis keatas. Berdasarkan nanofosil gampingan umur bagian bawah Formasi Menu berkisar antara Berriasian-Valanginian berdasarkan fosil indeks

Cyclagelosphaera brezae (Gambar 4.5).

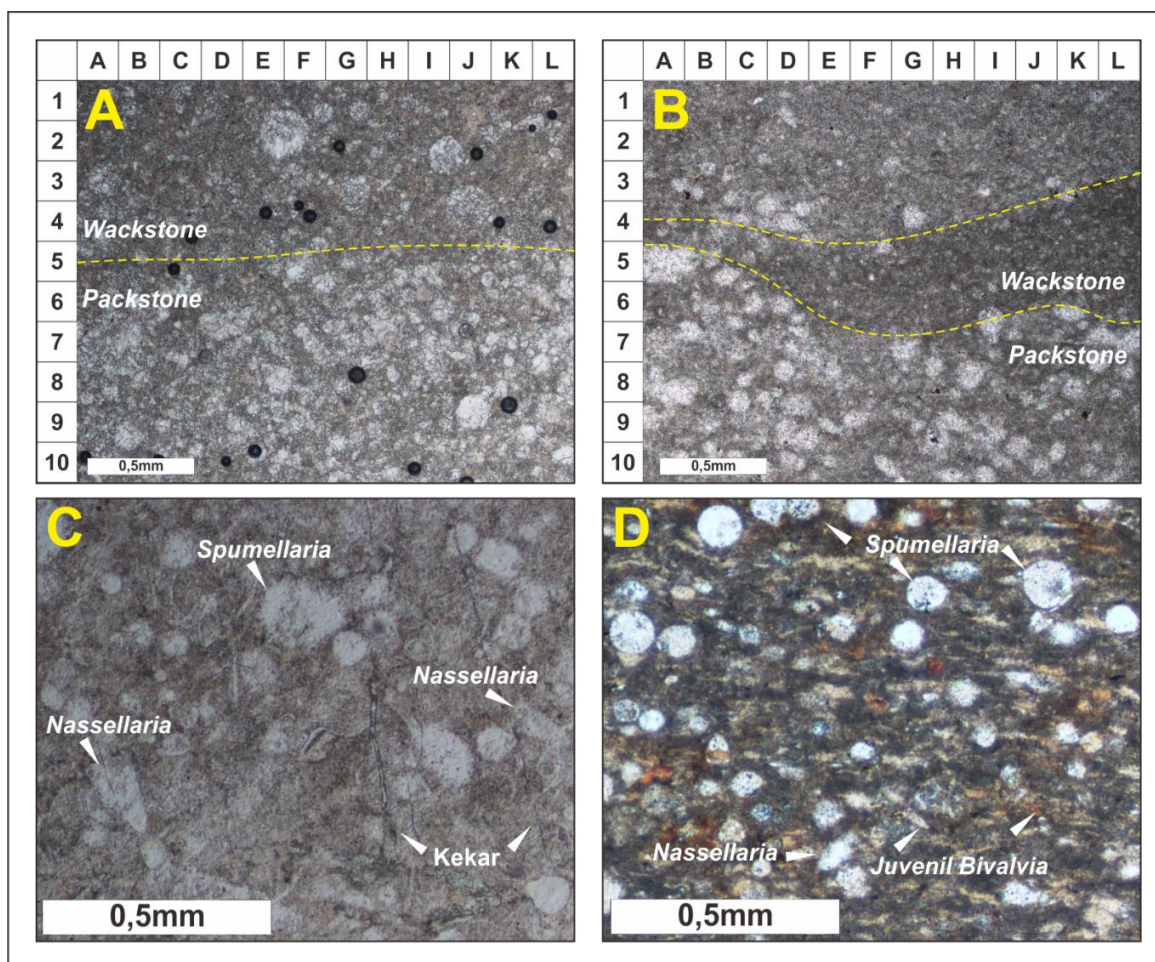
Bagian tengah Formasi Menu tersusun oleh perlapisan batugamping dengan sisipan napal.

Lapisan batugamping relatif menghalus ke atas dan ketebalan lapisan relatif menipis ke atas. Berdasarkan nanofosil gampingan umur bagian tengah Formasi Menu berkisar antara Kapur Awal berdasarkan keberadaan fosil *Watznaueria* sp. (Gambar 4).

Bagian atas Formasi Menu tersusun oleh batugamping yang berangsur berubah warna dari abu-abu menjadi merah muda. Berdasarkan nanofosil gampingan umur bagian atas Formasi Menu tidak lebih tua dari Kapur Awal bagian Atas (Albian) berdasarkan awal keberadaan fosil *Cyclagelosphaera reinhardtii* (Gambar 4.13).

Tabel 1. Modal komposisi petrografi Formasi Menu Pulau Rote

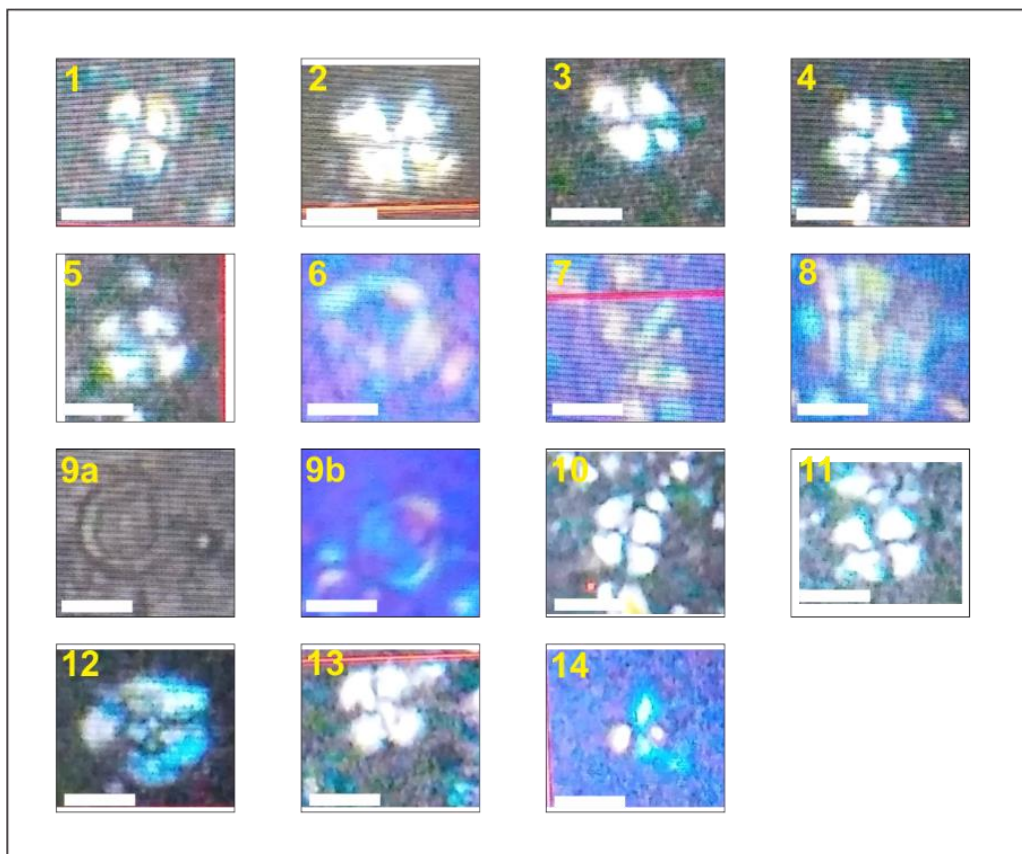
Kode Sampel	AW18B	AW19A	AW19B	AW19C	AW20A	AW20B	LS127A	LS127D	LS127E	LS128A	LS128C	LS129A	LS130	LS131A	LS131B	LS132B	LS132C
Deskripsi																	
Struktur	m	m	mo	o	o	o	m	m	mo	m	m	m	m	m	mo	mo	mo
Tekstur	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf
Sortasi	w	w	vw	w	w	w	vw	vw	m	vw	vw	w	w	m	w	w	vw
Kemas	o	o	o	o	o	o	o	o	c	o	o	o	o	o	o	o	c
Ukuran butir	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,08	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,01	0,15	0,15	0,15	0,01
Bentuk butir	wr	wr	wr	wr	wr	wr	wr	wr	sr	wr	wr	wr	wr	wr	wr	wr	sr
Kontak butir	fp	fp	fp	fp	fp	fp	fp	fp	p	fp	fp	fp	fp	fp	fp	fp	p
Komponen																	
Butiran Karbonat																	
Alga hijau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alga merah	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bryozoa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Echinoderm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Koral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Foram bentik	-	-	-	-	-	-	-	-	10,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Foram plankton	2	0,67	1	1,67	1,33	2	-	-	2,67	-	-	2	1	1,67	1	1,67	-
Brachiopoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moluska	5,33	0,33	7,67	7,33	11,3	11	2,33	-	-	-	-	4,33	0,33	5,33	2,33	2	-
Ostrakoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sponge-spicules	3,67	4	3,67	3,33	3	2,33	3,67	0,33	-	0,67	1,33	3,33	1,67	3,67	4	3,67	-
Radiolaria	17,7	16,3	13,7	11	14,7	12,3	22,7	2,67	-	1,33	3,33	18,7	3	16,3	20,3	24,3	-
Bioturbasi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidentified fosil	1,33	0,33	1	1,33	0,67	1	1,67	0,33	3,33	-	0,67	1	2	2	1,33	1	6
Pellet	3,33	2,67	1,33	1	-	3	-	-	25,7	1	-	3,33	2,33	3,33	1,67	2	-
Oolite	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Butiran terrigenous																	
Kuarsa	0,67	-	-	-	0,33	1	0,67	9,33	18,7	6,67	11	0,67	4	1,33	0,33	-	-
Feldspar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pecahan batuan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	0,33	-	-	-	-	-	-
Mineral opaq	1	1,67	0,33	1,33	0,67	1,33	0,67	1	-	1,33	1,67	1	5	2,33	2	-	5,33
Phospat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Matriks																	
Lumpur karbonat	20,3	21	23,7	25,3	20,3	27	27,3	19	14	12,7	8,33	20,3	29,3	18	21,7	24,7	2
Mineral lempung	32,7	34,3	35,7	36,7	36,7	30,3	31	64,7	10,7	72,3	69,7	34,7	39	35,7	31,3	29,7	4
Semen																	
Orthosparit	1,33	3	3,33	2,67	1,33	2	-	-	2	-	-	1,33	3	1	1	0,33	5
Besi oksida	-	4,33	0,33	0,33	1	0,67	-	-	3	-	-	-	0,33	0,33	0,33	0,33	5
Lempung Autigenik	1	0,33	0,67	1	0,67	0,67	1,67	1,33	2	1	0,67	1	2	1	1,67	0,67	-
Silika	8,67	9	7	6,67	7,33	2,33	8,33	0,33	5,67	2,67	3	7,67	4	5,67	10	8	3
Neomorfisme																	
Mikrosporit	1	2	0,67	0,33	0,67	3	-	1	2	-	-	0,67	3	2,33	1	1,67	65
Dolomit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pirit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,67
Nama batuan	R.W.	R.W.	R-B.W	R-B.W	R-B.W	R-B.W	R.W	MS	SS	MS	MS	R.W	MS	R.W.	R.W.	R.W	Rec.L
FZ/SMF	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	-	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	-
jumlah total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
R.W. = Radiolaria wackstone; R-B.W = Radiolaria-Bivalvia wackstone; MS = Mudstone;																	
Rec. L = Recrystallized Limestone; SS = Sandstone																	



Gambar 3. (a) Gradasi *packstone* dan *wackestone* dalam satu lapisan batugamping radiolaria Formasi Menu, (b) Tekstur peralihan *packstone-wackestone* pada lapisan batugamping radiolaria, (c) Komponen bioklastika kasar penyusun Formasi Menu yang tersusun oleh radiolaria jenis *Spumellaria* dan *Nassellaria*, dan (d) Batugamping radiolaria dengan juvenil bivalvia, fraksi halus berupa nanofosil gampingan.

Struktur sedimen laminasi sejajar dan penjarangan bioklas pada batugamping menunjukkan pengaruh arus. Struktur sedimen *flute cast* pada bagian dasar peralihan batugamping mengindikasikan erosi pada sedimen yang belum terkompaksi akibat pengendapan yang dikontrol arus turbidit pada permukaan substrat sedimen saat pengendapan. Pada fasies masif mengindikasikan mekanisme suspensi yang dominan dalam pengendapan sedimen. Fosil jejak *Chondrites* dan *Zoophycos* mengindikasikan kondisi substrat yang lunak dengan kondisi oksigen relatif minimum (Ekdale dkk., 2012). Dominasi fosil radiolaria dan bivalvia mengindikasikan lingkungan laut terbuka sedangkan melimpahnya fosil radiolaria dan nanofosil gampingan mengindikasikan lingkungan laut yang memiliki nutrisi yang

melimpah. Radiolaria lebih melimpah pada daerah *upwelling* dibanding wilayah laut yang lain (de Wever dkk., 2014; Bak, 2007). Daerah *upwelling* menyediakan tiga kondisi yang meningkatkan peluang preservasi endapan sedimen kaya silika; (1) nutrisi tinggi pada daerah *upwelling* mengakibatkan produktivitas fitoplankton yang lebih besar yang menyebabkan jenuhnya silika akibat tingginya produktivitas endapan kaya radiolaria, (2) meningkatkan laju produksi material organik yang berimplikasi menurunkan rasio organisme bercangkang karbonat, (3) tingginya komponen organik mencegah pelarutan silika (de Wever, 2014). Rijang terbentuk akibat tingginya konsentrasi silika biogenik pada batuan akibat pengendapan radiolaria (Baumgartner, 2013).



Gambar 4. Nanofosil gampingan Formasi Menu; 1. *Cyclagelosphaera margerelii*, 2. *Watznaueria barnesiaie*, 3. *Watznaueria fossacincta*, 4. *Cyclagelosphaera argoensis*, 5. *Cyclagelosphaera brezae*, 6. *Manivitella pemmatoidea*, 7. *Watznaueria biporta*, 8. *Fasciculithus* sp., 9a, 9b. *Diazomatolithus* sp., 10. *Watznaueria fossacincta*, 11. *Watznaueria biporta*, 12. *Broinsonia matalosa*, 13. *Cyclagelosphaera reinhardtii*, 14. *Spenolitus* sp.



Gambar 5. Penampang stratigrafi Formasi Menu

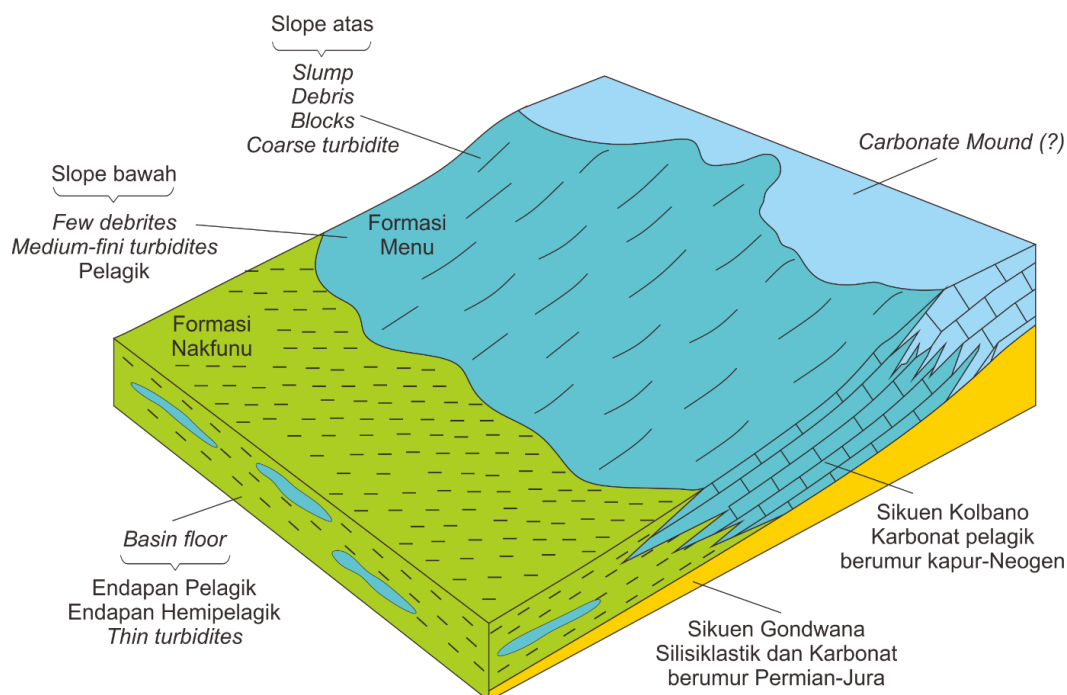
Lingkungan pengendapan

Struktur menyerpih (*fissile*) pada kalsilitut merupakan kecenderungan batuan untuk terbelah searah atau sejajar dengan bidang perlapisan, *fissile* disebabkan oleh penjarangan mineral berlembar/pipih dan material organik. Berdasarkan pengujian XRD pada sampel AJW18 komponen mineral lempung Formasi Menu berupa *Nontronite* ($\text{Na}_{0,3}\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$). *Nontronite* merupakan lempung anggota kelompok smektit dengan gugus kaya unsur besi (Fe) dengan sedikit atau tanpa magnesium (Mg). *Nontronite* terbentuk secara autigenik oleh reaksi hidrotermal berupa pengayaan silika dan besi (*ferrous*) yang berasal dari interaksi hidrotermal dengan sedimen selain itu *nontronite* juga dapat terbentuk akibat reaksi silika dan besi oksida pada lingkungan beroksigen pada suhu dan tekanan yang lebih besar dari permukaan (Petit dkk., 2017). *Nontronite* umum ditemukan sebagai *physil* yang terbentuk pada sedimen laut dalam secara autigenik.

Berdasarkan tujuh belas sampel sayatan tipis Formasi Menu di Pulau Rote, menunjukkan lima belas sampel memiliki standar mikrofases *pelagic mudstone-wackestone* (SMF 3) yang menunjukkan FZ 1 berupa laut dalam.

Radiolaria umum dijumpai pada batuan Mesozoikum yang terbentuk pada landaian laut terbuka dan cekungan dengan batimetri yang bervariasi, batugamping dan rijang yang memiliki komponen dominan radiolaria merepresentasikan endapan laut dalam (Flugel, 2004). Endapan dengan fosil radiolaria melimpah juga hadir sebagai endapan batugamping pelagik pada laut terbuka (Flugel dan Munnecke, 2010). Ketidakhadiran rijang dalam bentuk *ribbon chert* berlapis tebal mengindikasikan lingkungan pengendapan tidak mencapai batial bawah hingga abisal.

Haig dan McCartain (2007) menyatakan bahwa batuan karbonat pelagik kaya fosil radiolaria di Pulau Timor dijumpai pada umur Kapur Awal, hal ini sejalan dengan keberadaan nanofosil gampingan yang dijumpai pada Formasi Menu yang dominan tersusun oleh bioklastika radiolaria dengan umur Kapur Awal berdasarkan nanofosil gampingan. Batugamping radiolaria Formasi Menu memiliki hubungan tidak selaras dengan batupasir kuarsa-glaukonit Keberadaan litofases batugamping klastika, napal, dan rijang, komponen dominan berupa bioklastika pelagik, kontrol turbidit, mengindikasikan asosiasi fasies laut dalam. Berdasarkan karakter litofases dan mikrofases,



Gambar 6. Model lingkungan pengendapan Formasi Menu di Pulau Rote.

model pengendapan Formasi Menu sesuai dengan tipe E pada model yang diusulkan oleh Tucker dan Wright (2009) berupa karbonat laut dalam. Pola penumpukan sedimen yang cenderung menghalus keatas dan lapisan menipis keatas, lapisan batugamping dengan lapisan yang monoton, kontak lapisan tegas dan berseling dengan serpih merupakan penciri endapan *basin margin* (Cook dan Mullins, 1983). Hal ini sejalan dengan penelitian di Pulau Timor (Haig dan McCartain, 2007) yang menyatakan bahwa endapan batugamping pelagik sikuen Kolbano terbentuk pada lingkungan laut dalam pada laut terbuka. Pada Mesozoikum radiolaria menjadi penyusun yang umum pada batugamping khususnya pada Jura hingga Kapur Awal (Flügel, 2004). Dominasi radiolaria sebagai penyusun utama batuan endapan pelagik berkurang secara gradasional seiring bertambahnya komponen nanofosil gampingan yang kemudian menjadi melimpahnya komponen foraminifera pada Kapur Awal bagian atas. Hal ini diperkirakan dipicu oleh arus laut global yang terbentuk akibat pemekaran kontinen Gondwana dan Laurasia (Veevers, 2006). Formasi Oebaat. Kedua formasi ini dipisahkan oleh ketidakselarasan akibat *break up* Gondwana pada Valanginian-Hauterivian. (Charlton, 2001). Bagian bawah Formasi Menu yang merupakan perselingan antara batugamping dan rijang (Gambar 5) ditafsirkan merupakan kontak menjemari dengan Formasi Nakfunu. Model pengendapan Formasi Menu dan hubungannya dengan Sikuen Gondwana digambarkan pada Gambar 6.

KESIMPULAN

Formasi Menu di Pulau Rote berumur Berriasian-Valanginian yang tersusun oleh batugamping klastika halus, napal, dan rijang. Formasi Menu terdiri dari batugamping pelagik yang komponen utamanya didominasi oleh bioklastika radiolaria, bivalvia, nanofosil gampingan. Karakteristik batuan yang berbutir halus ditafsirkan dapat berperan sebagai batuan tudung pada sistem minyak bumi

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada seluruh anggota Tim Cekungan Sawu 2014 yang telah membantu dalam pengambilan data, analisis laboratorium, sintesis, dan memberikan saran untuk tulisan ini

juga Dr. Rubiyanto Kapid yang telah membantu dalam foto dan deskripsi nanofosil gampingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Audley-Charles, M. G., 2011. Tectonic post-collision processes in Timor. *Dalam: Hall, R., Cottam, M. A., dan Wilson, M. E. J., (Eds.), The SE Asian gateway: History and tectonics of the Australia–Asia collision.* The Geological Society 355, London-UK: 241-266.
- Bak, K., 2007. Environmental changes around the cenomanian-turonian boundary in a marginal part of the outer Carpathian basin expressed by microfacies, microfossils and chemical records in the Skole Nappe (Poland). *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 77(1): 39–67.
- Baumgartner, P.O., 2013. Mesozoic radiolarites–accumulation as a function of sea surface fertility on Tethyan margins and in ocean basins. *Sedimentology*, 60(1), pp.292-318.
- Charlton, T. R., 2001. The petroleum potential of West Timor. *Proceedings of the Indonesian Petroleum Association, 28th Annual Convention and Exhibition*, Jakarta, Indonesia, 301-317.
- Charlton, T.R. dan Gandara, D., 2014. The petroleum potential of onshore Timor-Leste. *Proceedings of the Indonesian Petroleum Association, 38th Annual Convention and Exhibition*, Jakarta, Indonesia, 301-317.
- de Wever, P., O’Dogherty, L., dan Gorican, S., 2014. Monsoon as a cause of radiolarite in the Tethyan realm. *Geoscience*, 346: 287-297.
- Dickinson, W. R. dan Suczek, C. A., 1979. Plate tectonics and sandstone composition. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 63: 2164-2182.
- Dunham, R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: *Classification of Carbonate Rocks. Dalam Ham, W. E. (Eds.) Mem. Am. Ass. petrol. Geol.* 1: 108-121.
- Ekdale, A.A., Bromley, R.G. dan Knaust, D., 2012. The ichnofabric concept. In *Developments in Sedimentology* (Vol. 64, pp. 139-155). Elsevier.
- Flügel, E., 2004. *Microfacies of carbonate rocks 1st edition.* Springer, New York.
- Flügel, E. dan Munnecke, A., 2010. *Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation*

- and application* (Vol. 976, p. 2004). Berlin: Springer.
- Haig, D. W., dan McCartney, E., 2007. Carbonate pelagites in the post-Gondwana succession (Cretaceous–Neogene) of East Timor. *Australian Journal of Earth Sciences*, 54: 875-897.
- Harris, R. A., Vorkink, M. W., Prasetyadi, C., Zobell, E., Roosmawati, N., dan Apthorpe, M., 2009. Transition from subduction to arc-continent collision: Geologic and neotectonic evolution of Savu Island, Indonesia. *Geosphere*, 5(3): 152-171.
- Perch Nielsen, K., 1985. Cenozoic calcareous nannofossils. *Dalam* Bolli, H. M., Saunders, J. B. dan Perch Nielsen, K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge: 329-426.
- Petit, S., Baron, F. dan Decarreau, A., 2017. Synthesis of nontronite and other Fe-rich smectites: a critical review. *Clay Minerals*, 52(4), pp.469-483.
- Poynter, S., Goldberg, A., dan Hearty, D., 2013. Sedimentary and structural features of the Plio-Pleistocene Timor Accretionary Wedge, Timor–Leste. *The Sedimentary Basins of Western Australia*, 4.
- Rosidi, H. M. D., Tjokrosapoetro, S., dan Gafoer, S., 1996. *Peta Geologi Lembar Kupang, Timor*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sawyer, R. K., Sani, K., dan Brown, S., 1993. The stratigraphy and sedimentology of West Timor, Indonesia, *Proceedings of Indonesian Petroleum Association 22nd Annual Convention*, Jakarta, Indonesia, 533-574.
- Tucker, M. E. dan Wright, V. P., 2009. *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Veevers, J.J., 2006. Updated Gondwana (Permian–Cretaceous) earth history of Australia. *Gondwana Research*, 9(3), pp.231-260.
- Villeneuve, M., Corne'e, J. J., Harsolumakso, A., Martini, R., dan Zaninetti, L., 2005. Re'vision stratigraphique de l'Ile de Timor (Indone'sie orientale). *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 98: 297-310.
- Wilson, J.L., 2012. *Carbonate facies in geologic history*. Springer Science & Business Media.