

FASIES KIPAS BAWAH LAUT PADA BATUAN BERUMUR PEREM-TRIAS,
DAERAH KEKNENO, CEKUNGAN TIMOR
*SUB MARINE FAN FACIES OF THE PERMIAN-TRIASSIC ROCKS,
KEKNENO AREA, TIMOR BASIN*

Oleh

A.K. Permana* dan A.H. Prastian**

*Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Jl. Diponegoro No.57 Bandung

**Program Studi Teknik Geologi, Universitas Diponegoro, Semarang

email: permana_ak@yahoo.com

Abstrak

Cekungan Timor termasuk kedalam kategori *semi mature* yang memiliki potensi hidrokarbon, namun kompleksitas kondisi geologi dan banyaknya konsep yang berbeda-beda merupakan salah satu penyebab stratigrafi di cekungan ini sulit dimengerti. Penelitian stratigrafi rinci untuk mengidentifikasi fasies dan sub fasies lingkungan pada batuan berumur Perem-Trias dilakukan di daerah Kekneno, Nenas, Cekungan Timor untuk memberikan pandangan baru mengenai stratigrafi, sedimentologi dan fasies lingkungan pengendapan pada batuan berumur Perem-Trias di cekungan ini. Hasil analisis litofasies menunjukkan bahwa batuan yang berumur Perem di daerah Kekneno diendapkan pada fasies lereng bagian bawah sampai atas (*lower to upper slope facies*), sedangkan batuan berumur Trias umumnya diendapkan sebagai fasies sistem kipas luar (*outer fan system facies*), fasies paparan luar samping lereng atas (*outer shelf to upper slope facies*), fasies sistem kipas tengah (*middle fan system facies*), dan fasies sistem kipas dalam (*inner fan system facies*). Endapan-endapan alur (*channel*) dan pematang (*levee*) pada batuan berumur Trias berpotensi menjadi target *play* hidrokarbon.

Kata Kunci: fasies, kipas bawah laut, batuan Perem-Trias, Cekungan Timor

Abstract

The Timor Basin is one of the semi-mature basin in the Eastern Indonesia which has a greatest hydrocarbon potential, however the geological conditions are poorly understood due to the complexity of geological condition and overwhelming of many different geological concept. Detailed stratigraphic section were performed to define facies and depositional environment of the Permian-Triassic rocks in the Kekneno area, Nenas, (West) Timor basin. The result of the facies analysis show that Permian rocks were deposited on the middle fan and lower to upper slope facies. The Triassic rocks deposited on the outer fan, outer shelf to upper slope, middle fan and inner fan facies. The sub-marine channel and levee complex in the Triassic rocks would be a good potential as hydrocarbon play target in the (West) Timor Basin.

Keywords: facies, sub marine fan, Permian-Triassic rocks, Timor Basin

Pendahuluan

Cekungan Timor merupakan salah satu cekungan *semi mature*, yaitu cekungan yang dianggap belum menghasilkan hidrokarbon di kawasan Indonesia Timur. Kondisi geologi yang sangat kompleks menjadi salah satu penyebab kurang menariknya kegiatan eksplorasi migas di Cekungan Timor. Beberapa peneliti terdahulu telah melakukan penelitian di Cekungan Timor, seperti Sawyer dr. (1993), Sani dr. (1995), dan Charlton (2001). Sawyer dr. (1993)

lebih menitikberatkan penelitiannya pada stratigrafi di Timor barat serta proses-proses sedimentologinya, Sani dr. (1995) dalam penelitiannya lebih memfokuskan pada struktur geologi yang berkembang pada Pulau Timor, dan Charlton (2001) dalam penelitiannya lebih banyak membahas tentang prospek adanya hidrokarbon pada Cekungan Timor. Dari beberapa peneliti tersebut di atas masih banyak terdapat perbedaan pendapat mengenai urutan stratigrafi secara rinci dari setiap formasi di Cekungan Timor.

Sawyer dr. (1993) menyebutkan bahwa litostratigrafi di Pulau Timor dibagi menjadi tiga sikuen, yaitu Sikuen Keknenno, Sikuen Kolbano, dan Sikuen Viqueque. Umur dari ketiga sikuen tersebut berkisar dari Perem hingga Pleistosen. Di dalam publikasinya, Sawyer dr. (1993) juga telah merinci susunan formasi dari setiap sekuen tersebut, seperti untuk Sikuen Keknenno yang umurnya Perem Awal hingga Jura disusun oleh Formasi Maubisse, Formasi Atahoc, Formasi Cribas, Formasi Niof, Formasi Aitutu, Formasi Babulu, dan Formasi Wailuli. Karakteristik litologi setiap formasi telah digambarkan secara rinci oleh peneliti terdahulu namun (fasies) lingkungan pengendapan untuk batuan berumur Perem-Trias tersebut belum dilakukan pembagian yang lebih rinci, khususnya untuk batuan Perem-Trias, mereka hanya menyebutkan lingkungan pengendapan laut dangkal hingga laut dalam, tetapi belum menyebutkan lingkungan pengendapan secara rinci.

Masih banyaknya perbedaan pendapat antara beberapa peneliti terdahulu mengenai urutan stratigrafi serta fasies dan lingkungan pengendapan khususnya pada batuan yang berumur Perem-Trias, maka penelitian stratigrafi rinci untuk mengidentifikasi fasies dan sub fasies lingkungan pada batuan berumur Perem-Trias dilakukan di Daerah Keknenno, Nenas, Cekungan Timor. Penelitian ini memberikan pandangan baru mengenai urutan stratigrafi, sedimentologi dan (fasies) lingkungan pengendapan pada batuan berumur perem-Trias di Cekungan Timor.

Metodologi

Penelitian difokuskan di daerah Keknenno, yaitu di daerah Nenas dan sekitarnya, Kabupaten Timor Tengah Selatan, Nusa Tenggara Timur. Lokasi penelitian berada sekitar 130 km ke arah timur laut dari Kota Kupang (Gambar 3). Luas wilayah penelitian adalah 125 km². Untuk mencapai lokasi penelitian dari pusat Kota Kupang menuju ke Kota Soe, dilanjutkan perjalanan dari Kota Soe menuju Desa Nenas menggunakan mobil 4WD selama 2 hari perjalanan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ada dua metode, yaitu metode observasi dan metode analisis. Metode observasi terbagi menjadi dua, yaitu observasi pendahuluan dan observasi rinci untuk memperoleh data geologi lapangan. Sedangkan metode analisis mencakup analisis stratigrafi, struktur geologi, dan (fasies) lingkungan

pengendapan.

Penyelidikan lapangan dilakukan dengan mengumpulkan data stratigrafi pada setiap singkapan batuan, menyusun stratigrafi rinci pada lintasan Sungai Lafunup dan Sungai Tunsif, serta membuat penampang stratigrafi terukur secara lengkap. Dari penampang stratigrafi lengkap tersebut dapat dilakukan analisis litofasies dan analisis (fasies) lingkungan pengendapan pada setiap lintasan.

Geologi Regional Timor Barat

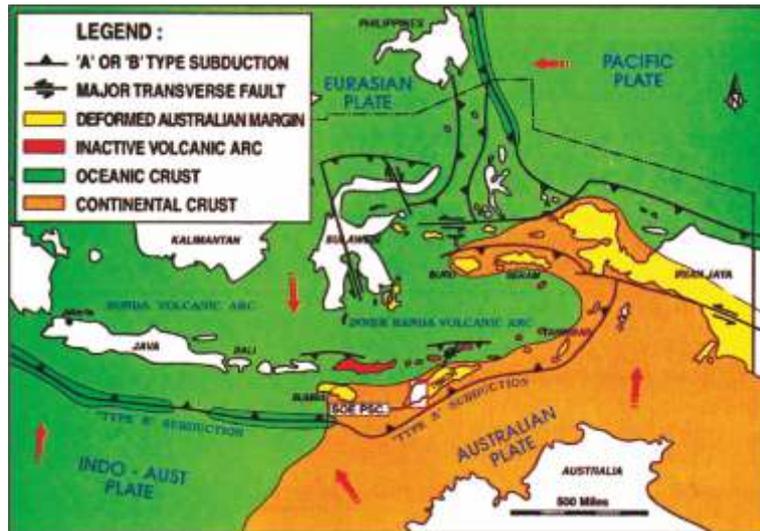
Pulau Timor terletak di sepanjang arah barat hingga timur membentuk sabuk kolisi linier yang disebut Busur Banda (Sawyer dr., 1993). Busur Banda berbentuk tapal kuda, yang membentang sekitar 2000 km melalui kepulauan Tanimbar, Kai, Seram dan menghilang di sekitar pulau Buru (Sani dr. 1995). Pembentukan Pulau Timor dipengaruhi oleh adanya Busur Banda yang merupakan zona pertemuan antara 3 lempeng utama (Gambar 1) yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Eurasia (Hamilton, 1979).

Stratigrafi Regional

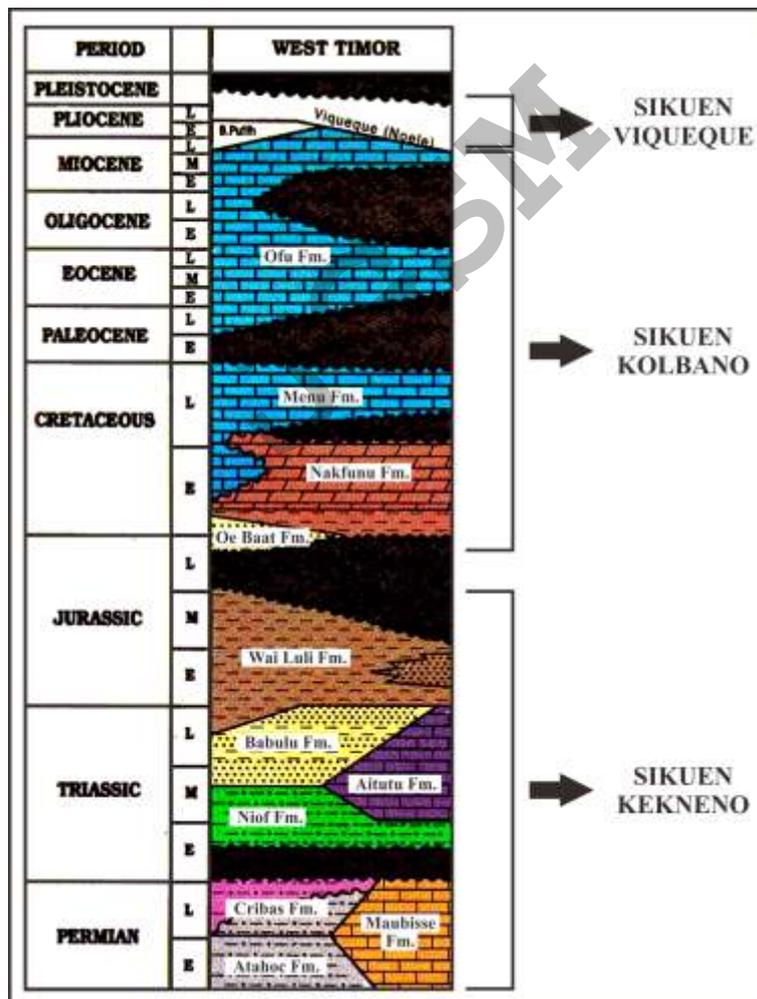
Menurut Sawyer dr. (1993), secara umum litostratigrafi di Timor dapat dibagi menjadi tiga sikuen yaitu Sikuen Keknenno, Sikuen Kolbano, dan Sikuen Viqueque (Gambar 2). Dalam tulisan ini hanya akan dijabarkan stratigrafi batuan pada Sikuen Keknenno yang berumur Perem-Trias sebagai berikut:

Formasi Maubisse

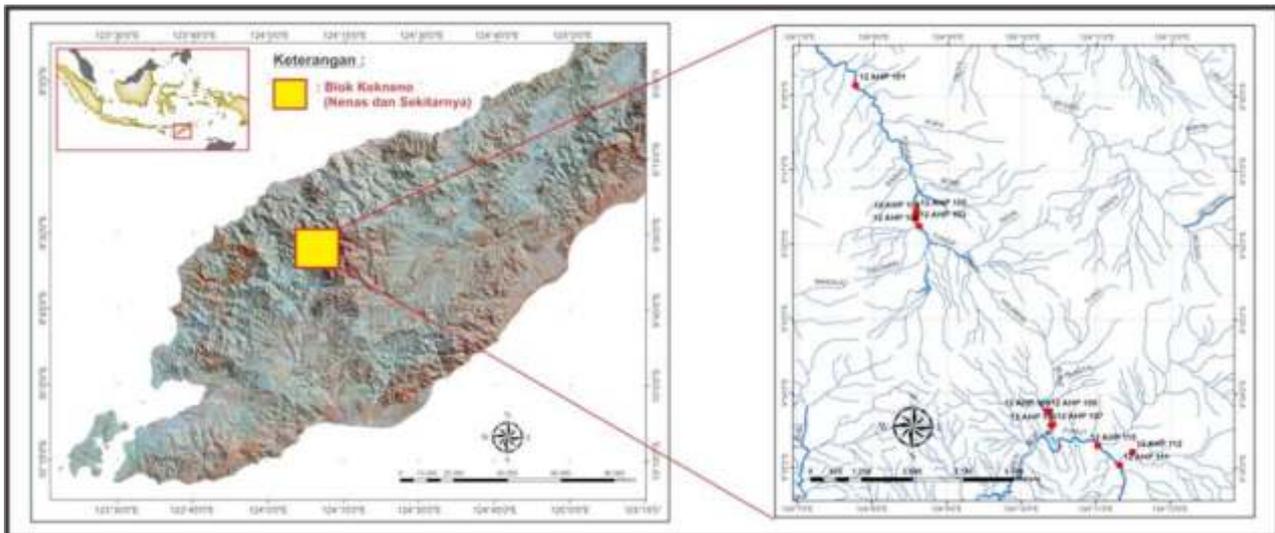
Formasi Maubise berumur antara Perem Awal hingga Perem Akhir, dengan litologi penyusunnya berupa batugamping dan batuan beku ekstrusif yang merupakan batuan tertua di Timor Barat. Batugampingnya berupa biokalkarenit merah-ungu, *packstones*, dan *boundstones* yang kaya akan rombakan cangkang koral, *crinoids*, *byrozoids*, *brachipods*, *cephalopods* dan *fusilinids*. Sedangkan batuan beku mafik ekstrusif dari Formasi Maubise digambarkan oleh De Roever (1940; dalam Sawyer dr., 1993) sebagai kumpulan batuan *volcanic-spilitic* dengan sisipan tuf. Pada singkapan yang ditemukan memperlihatkan dua unit struktur kekar kolom masif dan struktur bantal (*pillow*) pada batuan diabas yang sudah hancur dan batuan basalt, dan juga terdapat perselingan batugamping. Tekstur batuan beku basalnya memperlihatkan tekstur afanitik hingga porfiritik.



Gambar 1 Kerangka tektonik Indonesia Timur (Sawyer dr., 1993)



Gambar 2 Kolom stratigrafi Timor dan pembagian sikuen (Sawyer dr., 1993)



Gambar 3 Lokasi penelitian yang meliputi lintasan Sungai Tunsif dan Lapunuf, daerah Nenas dan sekitarnya

Formasi Atahoc

Formasi ini berumur Perem Awal berdasarkan umur dari fosil *Ammonite*. Di Timor Barat, Formasi Atahoc tidak banyak tersingkap, yang muncul hanya di sepanjang Sungai Noil Laka dan di wilayah Nenas pada barisan perbukitan utara. Litologi dominan yang menyusun Formasi Atahoc adalah batupasir halus *arkose* dengan ciri-ciri sortasi sedang, komposisi mineralnya terdiri atas kuarsa monokristalin, feldspar, plagioklas, serta terdapat fragmen filit dan fragmen batuan dari Kompleks Mutis atau Lolotoi. Kontak basal Formasi Atahoc tidak terekam di Timor Barat. Bird & Cook (1991) menggambarkan kontak bagian atas yang terdiri dari basal amigdaloidal antara Formasi Atahoc dan di atasnya Formasi Cribas.

& Cook (1991) menggambarkan kontak bagian atas yang terdiri dari basal amigdaloidal antara Formasi Atahoc dan di atasnya (Formasi Cribas).

Formasi Cribas

Klasifikasi umur Formasi Cribas pada umur Perem Awal telah ditentukan oleh Audley-Charles (1968) di Timor Timur yang kemudian diperluas di Timor Barat oleh Bird & Cook (1991) yang membagi Formasi ini menjadi beberapa fasies batuan yang berurutan secara lateral, dengan batas antar lapisan yang jelas yang terdiri dari batupasir aneka warna, batulanau, serpih hitam, dan batugamping bioklastika. Ketebalannya diperkirakan lebih dari 300 m. Hasil analisis petrografi dari batupasir (Sawyer dr., 1993) mempunyai ciri-ciri ukuran butirnya halus hingga

kasar, *feldspathic litharenites*, terdiri dari mineral kuarsa polikristalin, plagioklas, fragmen batuan vulkanik, dan bioklastika echinodermata. Batuan sumbernya (*provenance*) diperkirakan dari batuan beku proksimal.

Lingkungan pengendapannya diperkirakan pada shelf dangkal karena diidentifikasi adanya kelompok fosil *Atomodesma* yang menggambarkan lingkungan air subtropis pada kedalaman 20-50 m. Struktur sedimen yang dijumpai adalah *ripple* dan *sole marks* yang menunjukkan bahwa arus turbidit berperan dalam proses pengendapan formasi ini.

Formasi Niof

Formasi ini berumur Trias Awal hingga Trias Tengah yang dicirikan oleh kontak lapisan yang tajam serta menunjukkan banyak struktur sedimen. Litologi yang dominan yang menyusun formasi ini adalah batulempung berlapis tipis, batuserpih warna merah, abu-abu, hitam dan coklat, batupasir *greywacke*, napal, dan batugamping masif. Dari pengamatan petrografi batupasir dari Formasi Niof, diketahui sortasi buruk, bentuk butir bersudut tanggung (*subangular*) hingga bersudut (*angular*), ukuran butir sangat halus hingga medium, *feldspathic arcose* hingga *lithic arenites*. Proses pengendapan formasi ini melalui mekanisme arus turbidit. Lingkungan pengendapan dari formasi ini diperkirakan terdapat pada lingkungan laut dangkal hingga laut dalam. Ketebalan lapisan ini diperkirakan mencapai 400 m.

Formasi Aitutu

Formasi ini berumur Trias Awal hingga Trias Akhir.

Litologi penyusun dari formasi ini adalah batugamping putih-merah muda dengan perselingan batulempung karbonatan berwarna abu-abu hitam. Kadang-kadang dijumpai rijang (*chert*) yang terendapkan bersama dengan batugamping. Tebal lapisan konsisten yaitu 45-60 cm dengan kontak tajam dan planar. Pada bidang perlapisan dapat ditemukan makrofauna seperti *Halobia*, *Daonella*, *Monotis*, *Ammonite*, dan fragmen fosil lainnya. Lingkungan pengendapan formasi ini didominasi endapan laut terbuka, yaitu pada sekitar paparan luar hingga lereng (*slope*).

Formasi Babulu

Litologi yang menyusun formasi ini terdiri dari perselingan batulanau-batulempung dan batupasir masif. Bidang perlapisan dari batupasir masif mempunyai ketebalan antara 60 cm hingga 3 m. Struktur sedimen yang ditemukan diantaranya adalah perlapisan, struktur biogenik, dan *mud cracks*. Pada permukaan bidang perlapisan terdiri dari brakiopoda, fragmen tumbuhan, fosil jejak dan *Ammonite* berukuran kecil. Selain itu juga terdapat perlapisan tipis unit batulempung, batulanau dan batupasir. Pola sedimentasi yang sering muncul adalah mengkasar atau menghalus ke atas, *rip-up clast*, dan perlapisan, termasuk paralel laminasi, laminasi silang siur, bioturbasi, dan *small scale current ripple*. Lingkungan pengendapan formasi ini adalah tepi paparan.

Formasi Wailuli

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

Hasil Penelitian dan Diskusi

Stratigrafi Daerah Nenas dan Sekitarnya

Dari hasil pengukuran penampang stratigrafi, pada daerah penelitian dapat dibagi menjadi beberapa satuan batuan, diantaranya dari yang tua hingga muda adalah satuan batulanau sisipan batupasir halus, satuan perselingan batulanau dengan batugamping kalkarenit, satuan serpih hitam sisipan batupasir halus, satuan batugamping *wackstone* sisipan batulanau karbonatan, satuan perselingan

batupasir dengan batulanau, dan satuan batupasir sisipan batulanau (Permana, 2012).

Dari masing-masing satuan batuan tersebut kemudian dilakukan analisis (fasies) lingkungan pengendapannya. Secara umum batuan yang ditemukan pada daerah penelitian diendapkan sebagai endapan kipas bawah laut (*submarine fan deposit*) hingga sebagai endapan paparan luar (*outer shelf deposit*). Analisis fasies pada daerah penelitian ini dibagi menurut umur batuan, yaitu analisis fasies pada batuan berumur Perem dan analisis fasies pada batuan Trias.

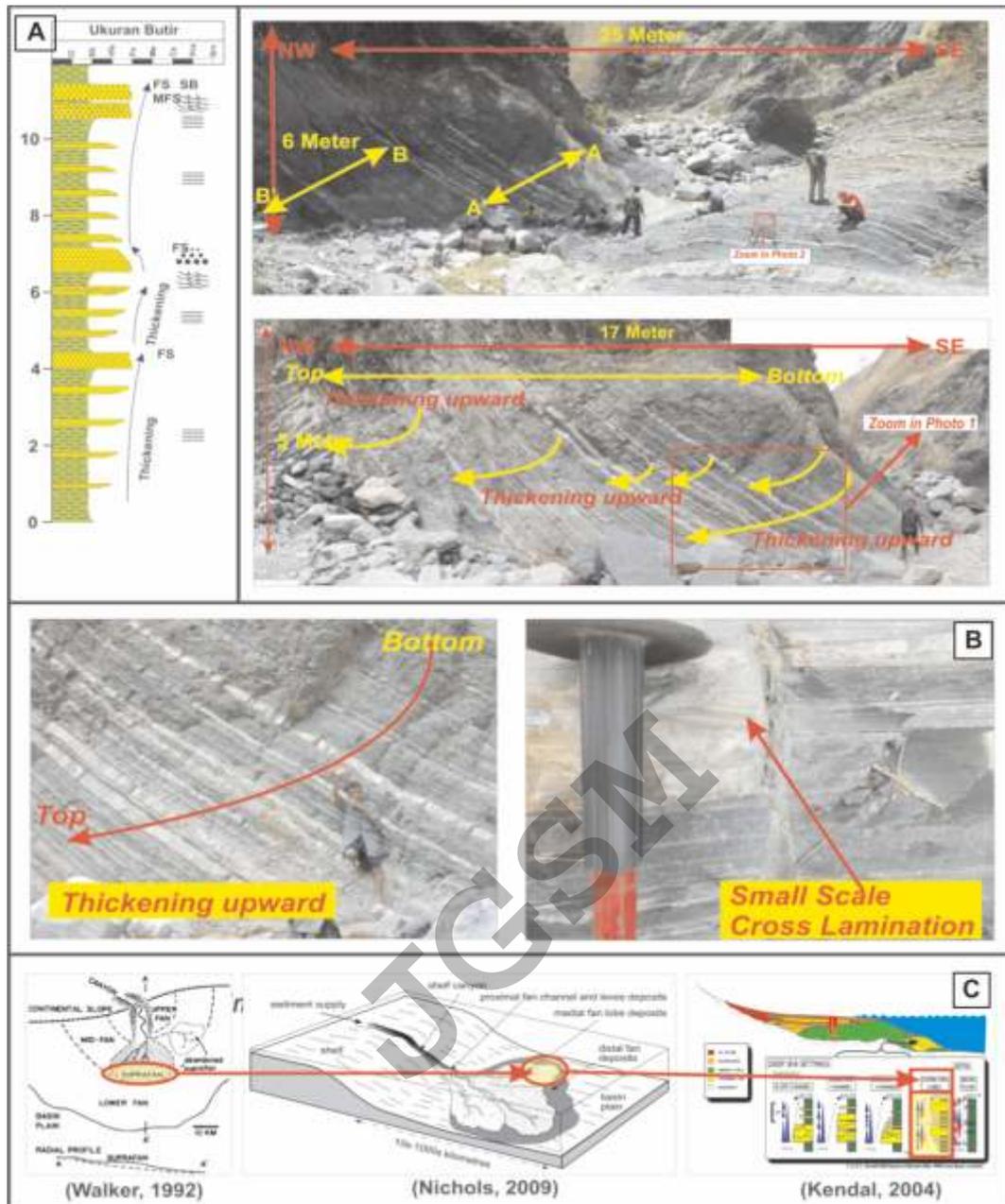
Fasies Batuan Perem

Analisis fasies pada batuan Perem berkaitan dengan litologi dari Formasi Atahoc dan Formasi Cribas yang ditemukan di lapangan. Dari hasil pengamatan di lapangan dapat diidentifikasi bahwa batuan yang berumur Perem di daerah Kekeno ini diendapkan sebagai endapan kipas bawah laut (*submarine fan*), terdiri atas endapan kipas tengah (*middle fan*) dan endapan kipas bawah sampai lereng atas (*lower to upper slope deposit*).

a. Fasies Middle Fan System

Batuan yang terendapkan pada sistim kipas tengah (*middle fan system*) ini merupakan produk dari arus turbidit dengan tingkat densitas yang tinggi dan rendah. Karakteristik litofasies yang ditemukan di lapangan adalah satuan batulanau sisipan batupasir, perselingan batulanau dengan batupasir halus, dan batupasir masif yang merupakan bagian bawah dari Formasi Atahoc (Gambar 4A).

Batulanau berwarna abu-abu cerah, relatif kompak, bersifat non-karbonatan, ketebalan setiap lapisan batulanau bervariasi mulai dari 5-20 cm, dan terdapat nodul batupasir halus. Struktur sedimennya *parallel lamination* (Gambar 4B), dan semakin ke lapisan yang muda batulanau semakin dominan (Gambar 4A). Batupasir berwarna abu-abu cerah, bersifat non karbonatan, ukuran butir pasir halus sampai sedang, bentuk butir membundar tanggung (*subrounded*), sortasi baik, dan ketebalan batupasir bervariasi antara 6-70 cm. Struktur sedimen yang dijumpai diantaranya adalah *normal graded bedding*, *parallel lamination*, *small scale cross lamination*, dan pada batupasir bagian bawah (*bottom*) semakin ke atas atau ke arah yang muda batupasirnya semakin menebal (*thickening upward*), sedangkan pada bagian atas batupasirnya semakin ke atas ada yang semakin menipis atau *thinning upward* (Gambar 4B).



Gambar 4(A) Penampang stratigrafi bagian bawah dari Formasi Atahoc yang menunjukkan *thickening upward sequence* dan normal graded bedding, (B) Foto lapangan yang menunjukkan *thickening upward sequence* dan struktur sedimen, (C) Model lingkungan pengendapan dari Fasies *Suprafan Lobe Deposit* (Lokasi : STA 12 AHP 104 di Sungai Tunsif, Nenas)

Pada fasies kipas tengah (*middle fan facies*) ini karakteristik litofasiesnya masih dapat dibedakan lagi menjadi beberapa endapan subfasies, diantaranya adalah endapan *suprafan lobe deposit* pada bagian bawah (*bottom*), *middle fan channel deposit*, dan *leveed channel of submarine middle fan*.

Subfasies *Suprafan Lobe*

Endapan pada *suprafan lobe* merupakan endapan turbidit klasik (*classical turbidite*), yaitu satuan batulanau sisipan batupasir. Karakteristik khusus

sebagai penciri endapan *suprafan lobe* adalah pada lapisan batupasir yang semakin ke arah atas semakin menebal lapisannya atau *thickening upward*. Menurut Walker dan James (1992), endapan yang mempunyai karakteristik *thickening upward* dapat dibandingkan dengan progradasi Lobe pada delta, dan oleh karena itu sama halnya dengan endapan turbidit klasik (*classical turbidite*) pada kipas bawah laut (*submarine fan*) dengan karakteristik *thickening upward* terbentuk selama progradasi dari *submarine fan lobe* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4C

untuk model menurut Walker dan James (1992).

Proses progradasi pada *submarine lobe* ini terjadi ketika influk material sedimen yang berukuran pasir yang berasal dari paparan (*shelf*) lebih banyak sehingga endapan sedimen pada *submarine lobe* akan semakin maju ke arah kipas luar (*outer fan*) dan distal. Endapan yang ditemukan pada daerah penelitian ini termasuk dalam fasies kipas luar (*outer fan*), tetapi tidak terlalu jauh dari batas luar fasies kipas tengah (*middle fan*). Hal ini dilihat dari lapisan batupasir yang tidak terlalu sedikit dan semakin ke arah lapisan muda semakin tebal (*thickening upward*) seperti pada Gambar 4A.

Subfasies *Middle Fan Channel*

Endapan subfasies *middle fan channel* dicirikan oleh karakteristik litofasies dimana terdapat struktur *thinning upward* pada lapisan batupasir (Gambar 5). Singkapan pada daerah penelitian terdapat satuan perselingan batulanau dengan batupasir halus, dimana lapisan batupasirnya semakin menipis ke arah muda (*thinning upward*) dan juga ukuran butirnya semakin menghalus ke atas (Gambar 5A). Karakteristik itulah penciri endapan *middle fan channel*.

Pada endapan *middle fan channel* ini terdiri dari endapan alur (*channel*) pada kipas tengah (*middle fan*) dan endapan *leveed channel* pada kipas tengah atau *middle fan* (Gambar 5C). Endapan *channel* berupa lapisan batupasir masif dan semakin ke arah muda, lapisan batupasir tersebut semakin menipis ke atas (*thinning upward*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5B. Endapan *channel* pada fasies *middle fan channel* ini merupakan endapan alur (*channel*) dangkal pada endapan kipas tengah (*middle fan deposit*). Sedangkan endapan *leveed channel* pada kipas bawah laut dicirikan oleh endapan turbidit klasik berupa batulanau sisipan batupasir.

b. Fasies *Lower to Upper Slope*

Dari data lapangan, diperoleh data litologi yang terdiri dari satuan perselingan batulanau dengan batugamping kalkarenit dan satuan perselingan batulanau dengan batupasir di bagian bawah. Batulanau berwarna abu-abu cerah sampai abu-abu gelap, secara umum batulanau semakin menebal ke arah atas perlapisan, sedangkan batugampingnya berwarna abu-abu cerah, ukuran butir pasir halus, sortasi baik, bentuk butir membundar (*rounded*). Struktur sedimen yang ditemukan pada batupasir adalah *parallel lamination*, *small scale cross bedding* dan juga terdapat fosil jejak (Gambar 6B).

Batugamping kalkarenit berwarna abu-abu terang, ukuran butir pasir halus, sortasi baik, dan bentuk butir membundar tanggung (*subrounded*). Struktur sedimen yang ditemukan adalah laminasi. Batugamping ini terdapat komposisi makrofosil berupa fosil *Atomodesma*, *Ammonite*, *Coral* dan *Crinoid* (Gambar 6A). Kemunculan makrofosil tersebut terutama fosil *Atomodesma* pada lapisan batugamping kalkarenit, jika dibandingkan dengan peneliti sebelumnya, batuan tersebut termasuk dalam anggota Formasi Cribas.

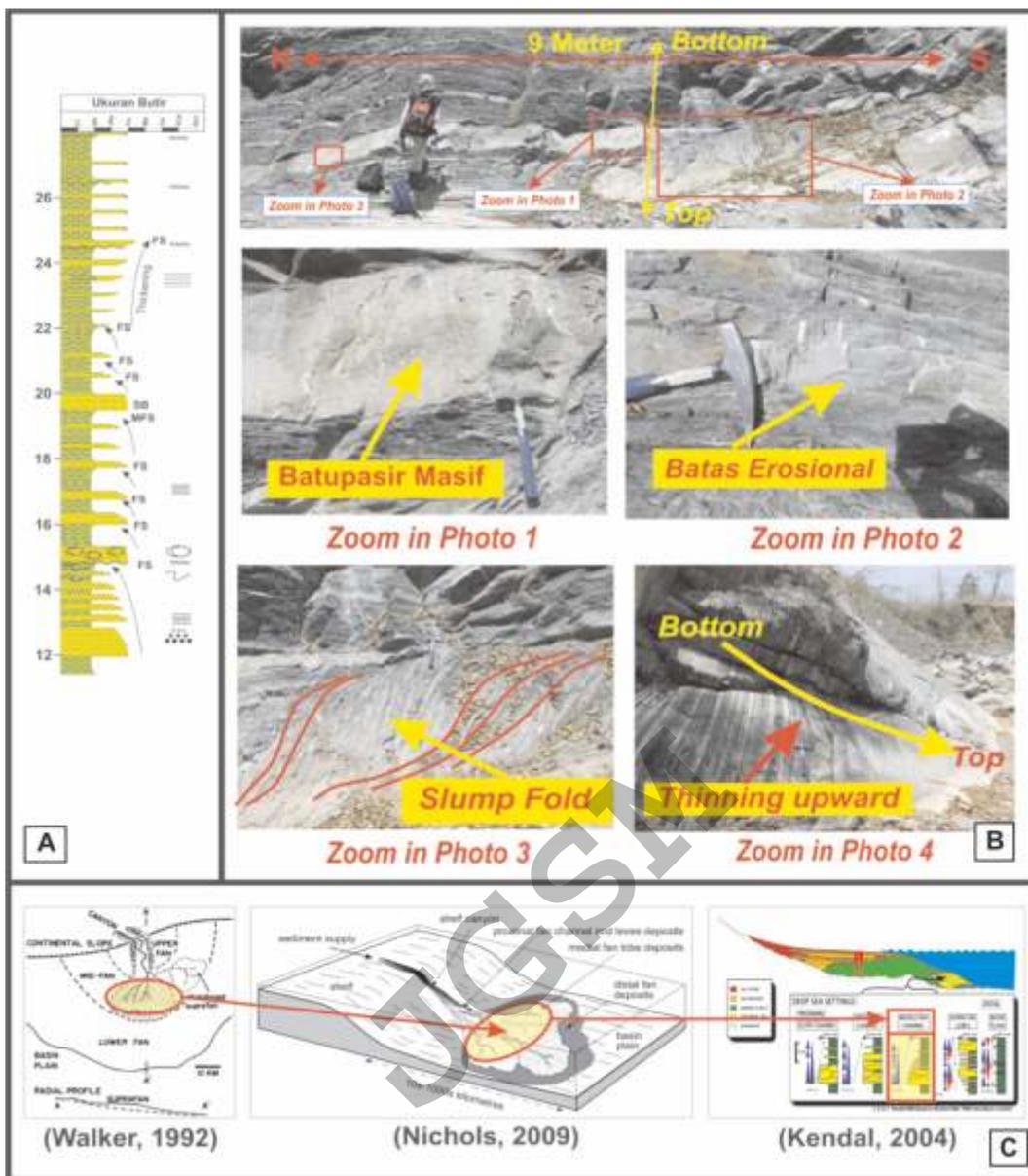
Hasil analisis karakteristik litofasies dari singkapan batuan di lapangan dan kolom stratigrafi terukur (Gambar 6A), lapisan batugampingnya semakin menipis ke arah muda (*thinning upward*) dan juga semakin menghalus (*fining upward*). Pada lapisan batugamping kalkarenit terdapat komposisi makrofosil berupa fosil *Atomodesma*, *Ammonite*, *coral* dan *crinoid*. Fosil-fosil tersebut hanya dapat hidup di lingkungan laut dangkal (*shelf*). Diinterpretasikan bahwa fosil tersebut tertransport melalui *submarine canyon* dan kemudian terendapkan pada lingkungan yang tidak jauh dari fasies paparan luar (*outer shelf*), yaitu tepatnya diendapkan sebagai fasies lereng bagian bawah hingga atas (*lower to upper Slope*), Gambar 6C.

Fasies Batuan Trias

Batuan yang berumur Trias pada daerah penelitian terdiri dari Formasi Niof, Formasi Babulu dan Formasi Aitutu. Berdasarkan hasil analisis fasies pada batuan Trias dari data lapangan, dapat diinterpretasikan bahwa batuan tersebut terendapkan pada beberapa sistem fasies, diantaranya adalah fasies kipas luar (*outer fan system*), paparan luar sampai lereng atas (*outer shelf to upper slope*), kipas tengah (*middle fan system*) dan kipas dalam (*inner fan system*).

a. Fasies *Outer Fan*

Batuan yang terendapkan pada fasies kipas luar (*outer fan*) ini merupakan produk dari arus turbidit. Karakteristik litofasies pada fasies ini adalah didominasi oleh endapan turbidit klasik yaitu satuan serpih sisipan batupasir halus dari Formasi Niof. Serpih berwarna abu-abu kehitaman, pada bagian bawah *shally* (menyerpih) dikarenakan adanya struktur dan semakin ke atas semakin masif, terdapat banyak konkresi atau nodul batupasir sangat halus, bersifat non-karbonatan, dan ketebalan setiap lapisan serpih bervariasi antara 15-110 cm dengan karakteristik lapisannya buruk antara beberapa milimeter sampai



Gambar 5 (A) Penampang stratigrafi bagian atas dari Formasi Atahoc yang menunjukkan *thinning upward sequence* dan *fining upward*, (B) Foto lapangan yang menunjukkan litologi, pola *thinning upward sequence* dan struktur sedimen, (C) Model lingkungan pengendapan dari Fasies *middle fan channel deposit* (Lokasi : STA 12 AHP 104 di Sungai Tunsif, Nenas)

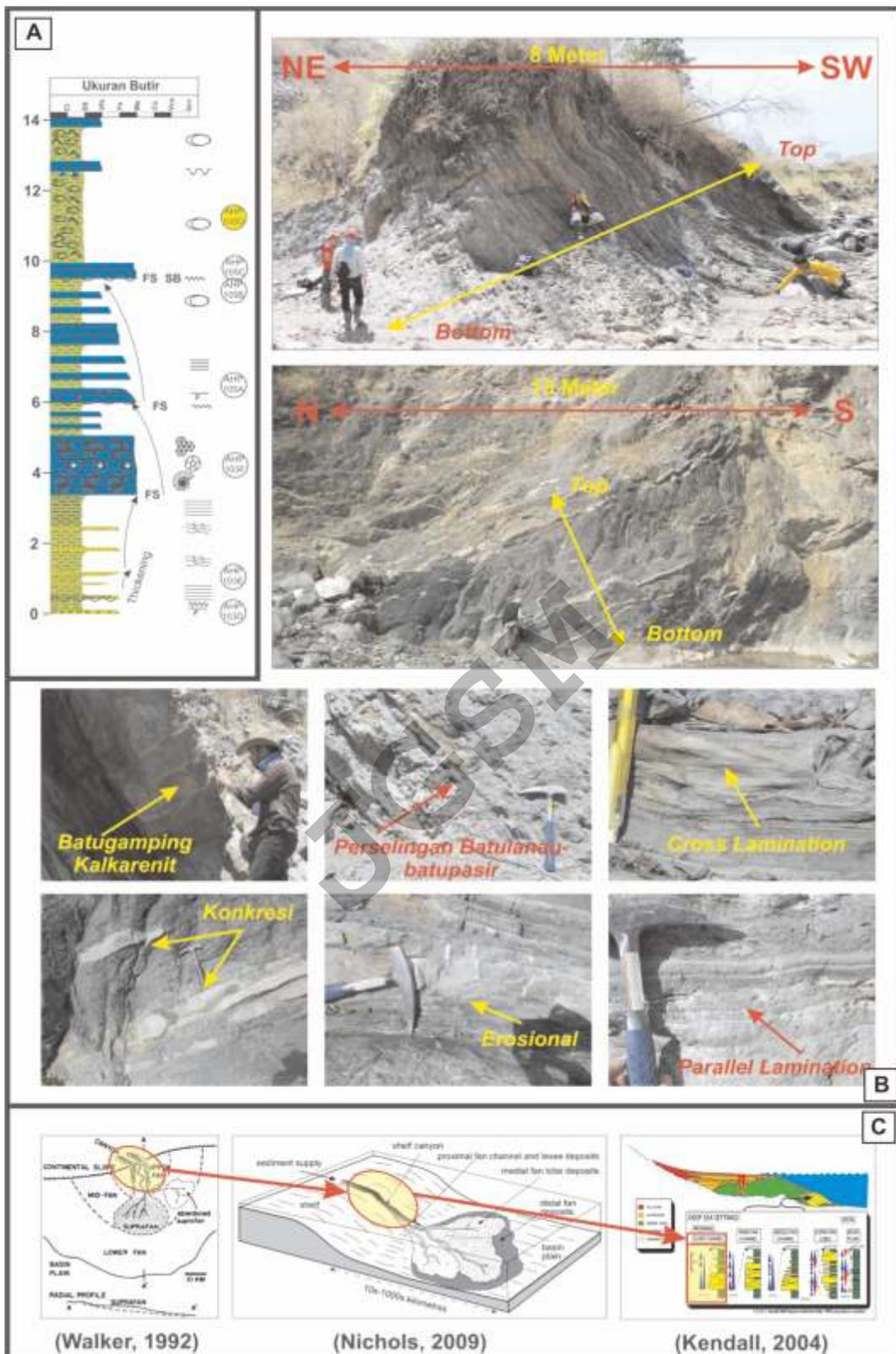
beberapa desimeter (Gambar 7A dan B).

Semakin ke arah lapisan yang muda, batulanau semakin menebal. Batupasirnya berwarna abu-abu kecoklatan, ukuran butir halus, sortasi buruk, bentuk butir membundar tanggung, bersifat non-karbonatan, ketebalan lapisan antara 5-10 cm. Struktur sedimen yang ditemukan adalah paralel laminasi, perlapisan, *slump*, dan batas erosional pada beberapa lapisan sisipan batupasir halus (Gambar 7B).

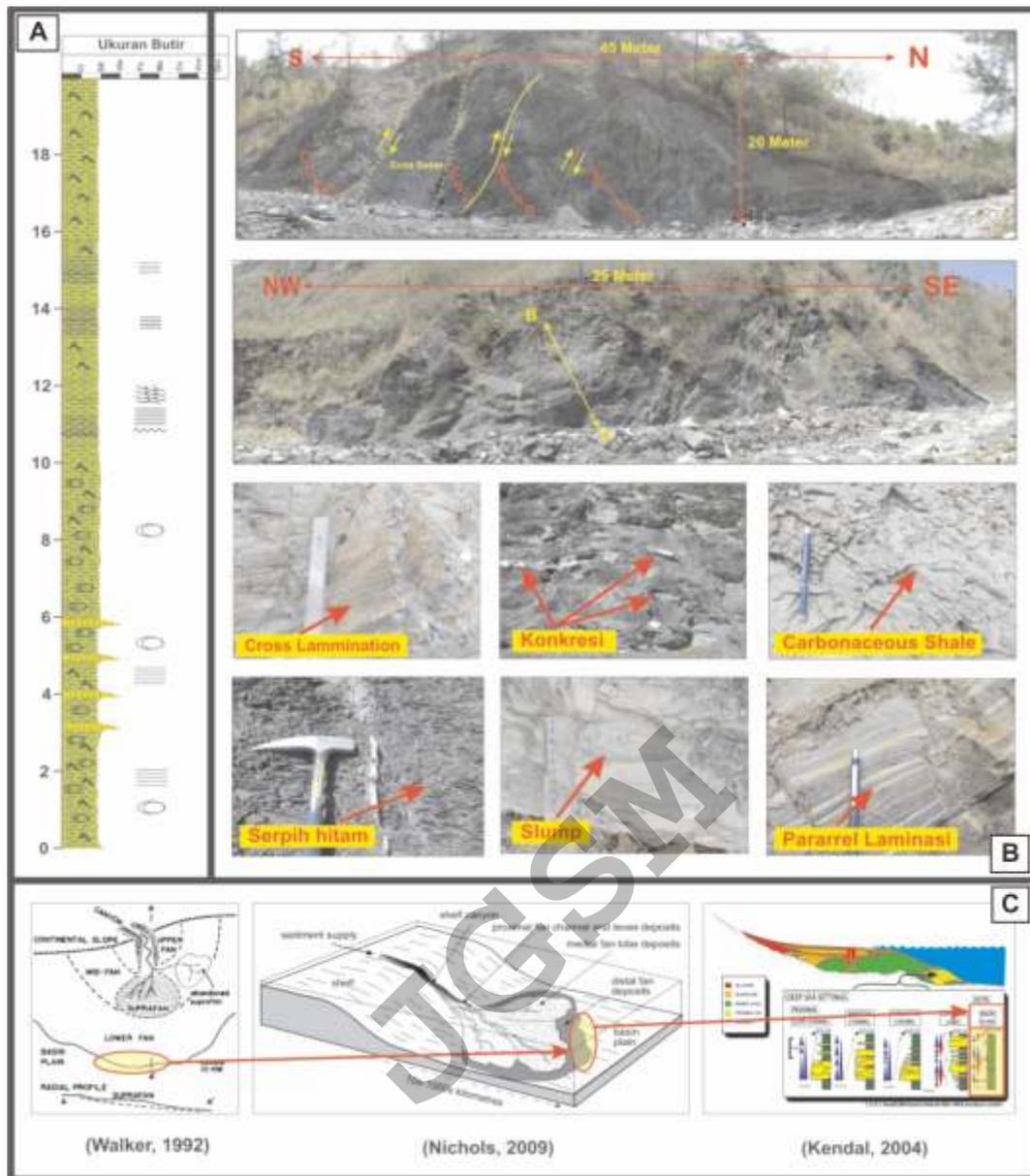
Pada sistem fasies ini terdiri dari endapan-endapan

fan fringe pada endapan fasies kipas luar dan endapan *pelagic mud*. Keduanya saling berhubungan dan terbentuk pada lingkungan pengendapan yang tidak jauh.

Fasies *fan fringe* ini merupakan fasies lingkungan pengendapan pada pinggir atau batas luar dari fasies kipas luar, seperti yang ditunjukkan oleh model fasies lingkungan pengendapan kipas bawah laut oleh Walker dan James (1992) dan Nichols (2009) yang ditunjukkan pada Gambar 7C.



Gambar 6 (A) Penampang stratigrafi bagian atas dari Formasi Cribas yang menunjukkan *thinning* dan *thickening upward sequence*, (B) Foto singkapan dan struktur sedimen, (C) Model lingkungan pengendapan dari fasies *lower to upper slope deposit* (Lokasi : Sungai Tunsif, Nenas)



Gambar 7 (A) Penampang stratigrafi Formasi Niof yang menunjukkan dominasi litologi serpih dengan sisipan batupasir halus, (B) Foto singkapan dan beberapa struktur sedimen, (C) Model lingkungan pengendapan dari Fasies *Outer Fan System Deposit* (Lokasi: STA 12 AHP 102 di Sungai Tunsif, Nenas)

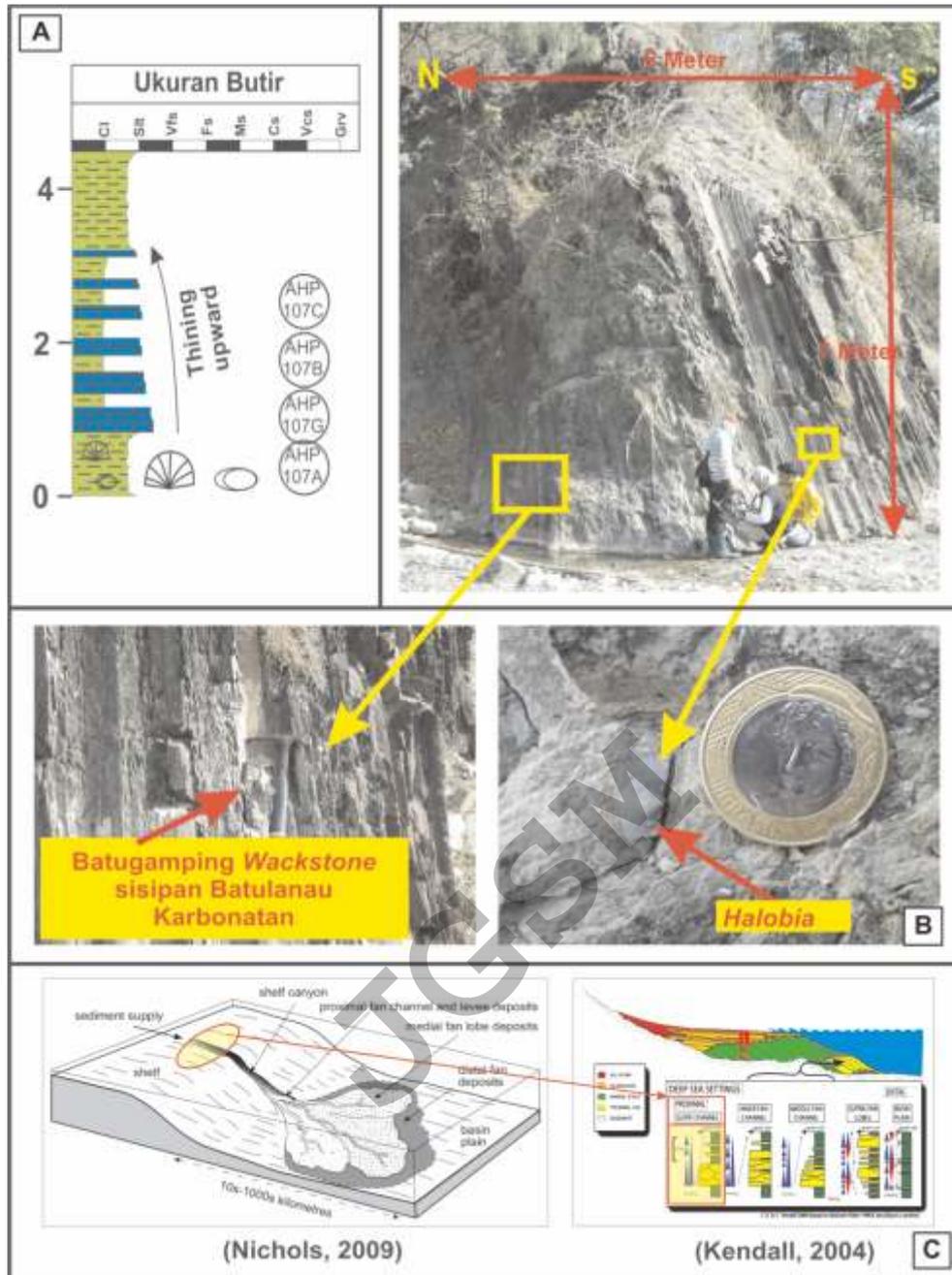
b. Fasies *Outer Shelf to Upper Slope*

Fasies paparan luar sampang lereng bagian atas (*outer shelf to upper slope*) ini diindikasikan dengan dijumpai litologi batugamping *wackstone* sisipan batulanau karbonatan. Ketebalan lapisan batugamping *wackstone* sisipan batulanau karbonatan tersebut hanya 1,5 meter. Berdasarkan deskripsi batuan secara megaskopis, batugamping *wackstone* berwarna merah, kompak atau masif, ketebalan lapisannya antara 19 cm hingga 25 cm, cenderung menipis ke atas (*thinning upward*), terdapat makrofosil *Halobia*. Sedangkan sisipan batulanau karbonatan berwarna

merah kecoklatan, ketebalan lapisannya antara 5 cm hingga 10 cm dan menyerpih (Gambar 8A).

Dari karakteristik litologi tersebut, diinterpretasikan bahwa satuan litologi ini merupakan anggota Formasi Aitutu yang terendapkan secara menjari dengan Formasi Niof dan Formasi Babulu.

Penentuan fasies lingkungan pengendapan untuk satuan batugamping *wackstone* sisipan batulanau karbonatan tersebut berdasarkan litologi batugamping dan keterdapatannya fosil *Halobia* (Gambar 8B).



Gambar 8 (A) Penampang stratigrafi Formasi Aitutu di daerah Kekneno, menunjukkan litologi batugamping *wackstone* yang menipis ke atas (*thinning upward*), (B) Foto singkapan yang menunjukkan litologi dan makrofosil, (C) Model lingkungan pengendapan dari Fasies *outer shelf to upper slope deposit* (Lokasi: 12 AHP 107 di Sungai Besi, Nenas)

c. Fasies Middle Fan System

Karakteristik litofasies pada endapan sistem fasies kipas tengah (*middle fan*) adalah litologinya didominasi oleh satuan perselingan batulanau dengan batupasir halus dan satuan perlapisan batupasir halus dengan batupasir sedang. Fasies kipas tengah ini pada batuan berumur Trias terdiri dari endapan alur (*channel*) dan alur pematang (*leaved*

channel) pada kipas tengah bawah laut (*submarine middle fan*), yang penjelasannya seperti berikut ini:

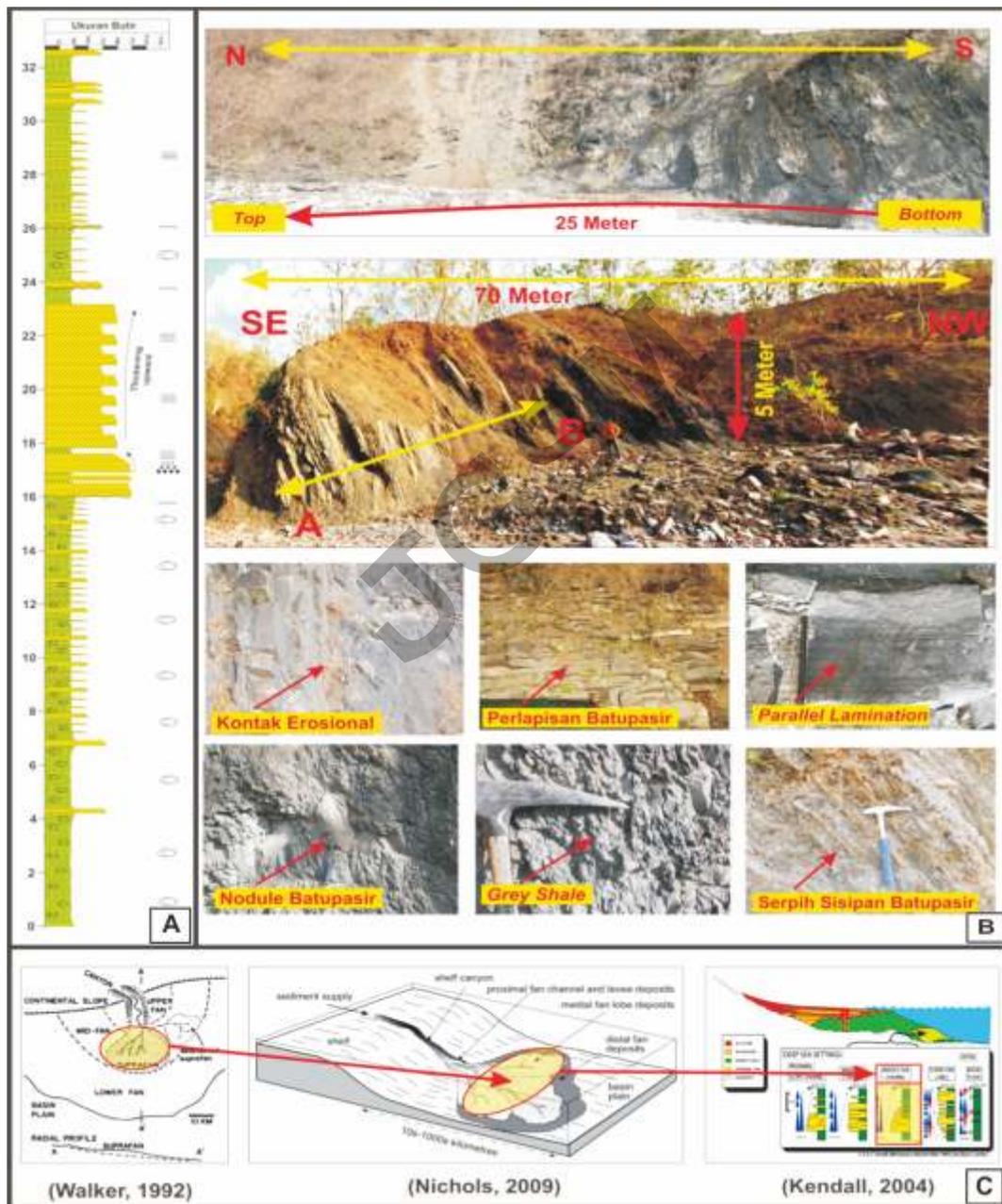
Middle Fan Channel

Karakteristik endapan *channel* pada kipas tengah yang terdapat di daerah penelitian adalah dicirikan oleh adanya lapisan batupasir tebal (7-8 m) pada bagian bawah (*bottom*), dengan struktur normal *graded bedding*, dan pada batas bagian bawah

berupa batas erosional yang mengerosi litologi batulanau di bawahnya (Gambar 9A). Karakteristik tersebut merupakan penciri endapan pengisi *channel*.

Selain itu, kenampakan lainnya yang terdapat di lapangan yang merupakan karakteristik litofasies dari sistem ini adalah adanya batupasir masif berukuran pasir sedang dengan bagian bawah dibatasi oleh batas erosional, di atasnya terdapat lapisan batupasir dengan struktur *normal graded bedding*, dan bagian atasnya terdapat pelapisan batupasir halus

dengan batupasir sedang dengan karakteristik lapisannya menebal ke atas atau *thickening upward* (Gambar 9B). *Thickening upward* pada pengisi *channel* diinterpretasikan terjadi pergantian pengisian influks sedimen yang semakin banyak secara bergantian antara material yang berukuran pasir halus dengan material pasir sedang, dimana dipengaruhi juga oleh faktor arus dan topografi *channel*.



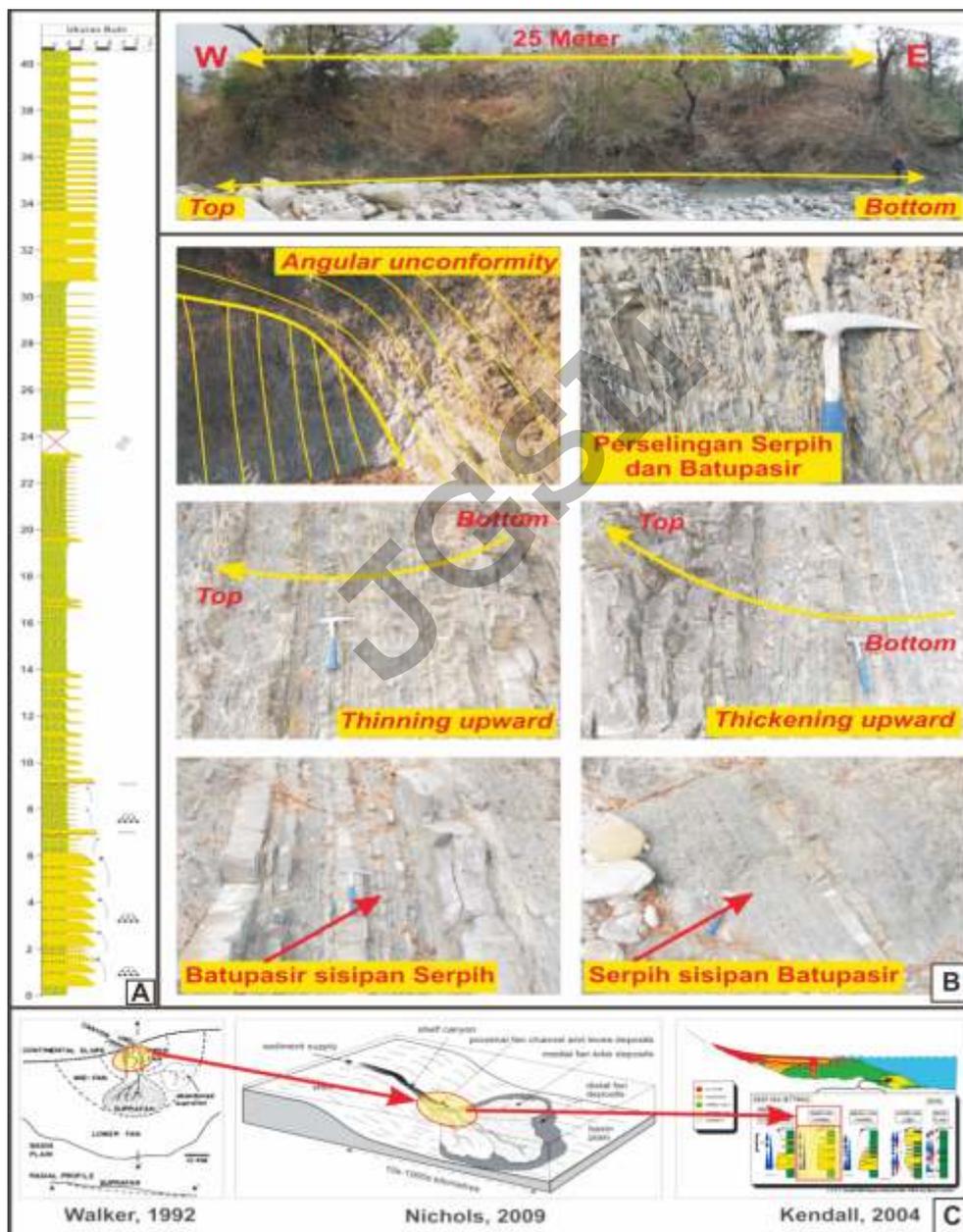
Gambar 9 (A) Foto singkapan dan Penampang stratigrafi bagian bawah dari Formasi Babulu, menunjukkan thickening upward, (B) Foto lapangan yang menunjukkan litologi dan struktur sedimen, (C) Model lingkungan pengendapan dari *Fasies Middle Fan System Deposit* (Lokasi: 12 AHP 109 di Sungai Lapunuf, Daerah Nenas)

Leveed Channel of Submarine Middle Fan

Endapan alur pematang (*leveed channel*) ini memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda dengan endapan *leveed channel* pada kipas dalam (*inner fan*) dan kipas luar (*outer fan*). Hanya saja pada endapan alur pematang pada sistem kipas tengah (*middle fan*) dicirikan dengan adanya perubahan ketebalan lapisan batupasir secara cepat semakin ke arah atas semakin menipis. Endapan ini terdiri dari endapan turbidit klasik yaitu berupa perselingan antara batulanau dengan batupasir, dimana secara

umum sikuen tersebut memperlihatkan penipisan ke arah muda (*thinning upward*). Penentuan *thinning upward* ini dimulai dari lapisan batupasir dengan batas bawah erosional (Gambar 10A dan B).

Pada satuan perselingan batulanau dengan batupasir halus yang ditemukan di daerah penelitian, secara megaskopis, batulanau berwarna abu-abu cerah, menyerpih, bersifat non-karbonatan, dan ketebalannya antara 5-20 cm. Batulanau semakin menebal ke arah lapisan muda.



Gambar 10 (A) Penampang stratigrafi Formasi Babulu yang menunjukkan *fining upward* dan *thinning upward*, (B) Foto lapangan yang menunjukkan litologi dan struktur sedimen, (C) Model lingkungan pengendapan dari Fasies *Inner Fan System Deposit*

Batupasirnya berwarna abu-abu kecoklatan, ukuran butir pasir halus, sortasi buruk, bentuk butir membundar tanggung, bersifat non-karbonatan, ketebalan lapisan antara 6-17 cm (Gambar 10 B)

Berdasarkan data lapangan, karakteristik litofasies tersebut diendapkan pada sistem fasies ini.

d. Fasies Inner Fan System

Karakteristik litofasies yang diendapkan pada fasies kipas dalam (*inner fan system*) adalah adanya perlapisan batupasir sisipan batulanau, dimana lapisan batupasirnya semakin ke arah muda semakin menipis. Fasies ini terdiri dari endapan-endapan channel dan pematang channel (*leveed channel*) pada sistem kipas dalam (*inner fan system*) sebagai berikut:

Inner Fan Channel Deposit

Endapan ini terdiri dari lapisan batupasir sisipan batulanau, lapisan batupasirnya semakin ke arah atas atau ke arah lapisan yang lebih muda semakin menipis secara bertahap. Batupasir berwarna abu-abu cerah, ukuran butir pasir halus, sortasi baik, bersifat non-karbonatan. Struktur sedimen yang berkembang diantaranya adalah paralel laminasi, perlapisan, dan pada beberapa lapisan batupasir bagian bawahnya terdapat batas erosional yang mengerosi litologi batulanau.

Pola menipis ke secara gradasional pada lapisan batupasir, menurut Walker dan James (1992) terbentuk karena perubahan lingkungan pengendapan material sedimen dari channel menuju ke bagian *leveed channel* yang lebih dalam. Dari karakteristik litofasies tersebut dapat diinterpretasikan bahwa endapan tersebut merupakan endapan *inner fan channel* (Gambar 10C).

Leveed Channel of Submarine Inner Fan

Seperti pada endapan *levee* lainnya, endapan *leveed channel* pada *Inner Fan* juga terdiri dari endapan turbidit klasik yaitu perselingan batulanau dengan batupasir. Dari deskripsi litologi secara megaskopis di lapangan, pada satuan perselingan batulanau dengan batupasir halus, batulanauanya berwarna abu-abu cerah, menyerpih, bersifat non-karbonatan, dan ketebalannya antara 5-20 cm. Batupasirnya berwarna abu-abu kecoklatan, ukuran butir pasir halus, sortasi buruk, bentuk butir membundar tanggung, bersifat non-karbonatan, ketebalannya

antara 6-17 cm.

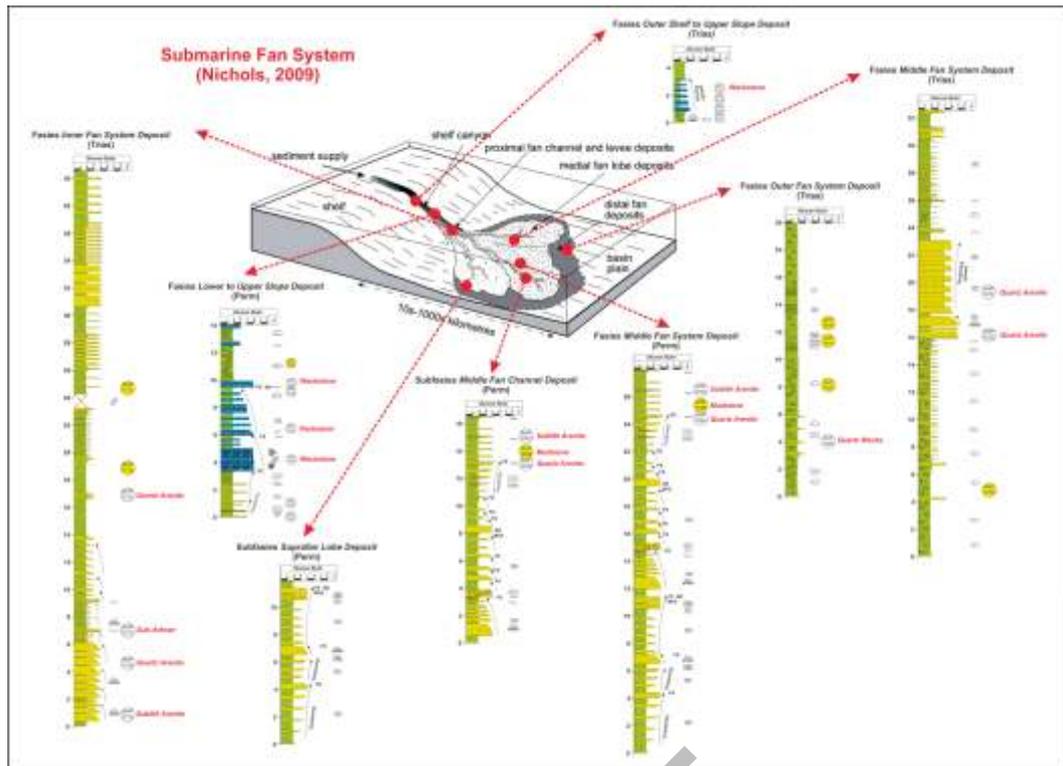
Endapan *levee* yang berupa endapan turbidit klasik menurut Walker dan James (1992) terbentuk karena proses perkembangan endapan dari channel yang kemudian migrasi atau berpindah ke lingkungan pematang channel (*leveed channel*).

Dari rincian di atas, dapat dibuat model fasies lingkungan pengendapan dari semua satuan batuan yang diendapkan pada masing-masing fasies lingkungan pengendapan dari semua formasi (Gambar 11). Fasies lingkungan pengendapan dari semua unit batuan tersebut secara umum diendapkan pada fasies *outer shelf* hingga fasies *submarine fan system*. Secara rinci, batuan berumur Perem hingga Trias ini terendapkan pada beberapa fasies, diantaranya adalah *fasies middle fan system*, *fasies lower to upper slope deposit*, *fasies outer fan system*, *fasies outer shelf to upper slope deposit*, dan *fasies inner fan system*.

King dr., 1992 menggambarkan bahwa di beberapa daerah endapan laut dalam, khususnya lingkungan kompleks *channel* dan *levee* telah terbukti dapat menjadi potensi yang sangat besar untuk terakumulasi hidrokarbon, oleh karena itu endapan-endapan *channel* dan *leveed channel* pada batuan yang berumur Trias seperti dijelaskan di atas memiliki potensi sebagai target *play* hidrokarbon di Cekungan Timor (Barat).

Kesimpulan

- Satuan batuan pada daerah penelitian dibagi menjadi 6 satuan, yaitu satuan batulanau sisipan batupasir halus, satuan perselingan batulanau dengan batupasir gampingan, satuan serpih hitam sisipan batupasir halus, satuan batugamping *wackstone* sisipan *redmarl*, satuan perselingan batupasir dengan batulanau, dan satuan batupasir sisipan batulanau.
- Batuan berumur Perem diendapkan pada beberapa sistem fasies *submarine fan*, diantaranya adalah *fasies middle fan* dan *fasies lower to upper slope deposit*.
- Batuan berumur Trias terendapkan pada beberapa sistem fasies *submarine fan* dan fasies laut dangkal, diantaranya adalah *fasies outer fan system deposit*, *fasies outer shelf to upper slope deposit*, *fasies middle fan system*, dan *fasies inner fan system deposit*.



Gambar 11 Model fasies lingkungan pengendapan batuan berumur Perm-Trias dari setiap fasies yang dijumpai

- Endapan-endapan *channel* dan *leveed* pada batuan yang berumur Trias dapat berpotensi menjadi target *play* hidrokarbon di Cekungan Timor (Barat)

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih saya sampaikan kepada seluruh anggota Tim Survei Dinamika Cekungan, Pusat

Survei Geologi Badan Geologi Bandung yang telah memberikan saya kesempatan untuk melakukan penelitian di Cekungan Timor, Nusa Tenggara Timur. Terima kasih juga sampaikan kepada Hadi Nugroho dan Yoga Aribowo atas diskusi selama penulisan ini, serta kepada seluruh pihak yang telah mendukung saya selama melaksanakan penelitian hingga selesai.

Acuan

- Audley-Charles, M.G., Carter, D.J., 1968. Paleogeographical significance of some aspects of Paleogene and Early Neogene Stratigraphy and tectonics of the Timor Sea region. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 11:247-264.
- Bird, P.R and Cook, S.E., 1991. Permo-Trias Succession of the Kekneno Area, West Timor: Implication for Paleogeography and Basin Evolution. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 6(3/4):359-371.
- Bouma, A.H., 1962. *Sedimentology of some flysch deposits*. Amsterdam, Elsevier, 168 p.
- Charlton, T.R., 2001. The Perm of Timor: stratigraphy, palaeontology and palaeogeography. *Journal of Asian Earth Science* 20 :719-774.
- Charton.T.R.,2001. The Petroleum Potential of West Timor. *Proceedings of the Indonesian Association* 28,301-317, Indonesia.
- Hamilton, W., 1979. *Tectonics of the Indonesian Region*. United States Geological Survey, p.1079.

- King, P.R., Browne, G.H. and Slatt, R.M. 1994. Sequence architecture of exposed late Miocene basin floor fan and channel–levee complexes (Mount Messenger Formation), Taranaki Basin, New Zealand. In:Eds P. Weimer, A.H. Bouma and B.F. Perkins *Submarine Fans and Turbidite Systems: Sequence Stratigraphy, Reservoir Architecture and Production Characteristics, Gulf of Mexico and International*, pp. 177–192.
- Nichols, G., 2009. *Sedimentology and Stratigraphy* Second Edition. Wiley-Blackwell by a John Wiley & Sons, Ltd, UK.
- Permana, A.K., 2012. Laporan Akhir Penelitian Stratigrafi Cekungan Timor Kelompok Kerja Survei Dinamika Cekungan Tahun Anggaran 2012. Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral, Bandung.
- Sani, K., Jacobson, I., Sigit, R., 1995. The Thin-Skinned Thrust Structures of Timor. *Proceedings of the Indonesian Petroleum Association 24 Annual Convention 24*, 277-193, Indonesia.
- Sawyer, R.K., Sani, K., Brown, S., 1993. Stratigraphy and Sedimentology of West Timor, Indonesia. *Proceedings of the Indonesian Petroleum Association 22:1-20*, Indonesia.
- Shanmugam, G., 2005. *Deep-Water Processes and Facies Models: Implications For Sandstone Petroleum Reservoirs*. Department of Earth and Environmental Sciences The University of Texas, U.S.A.
- Walker, R. G., dan James, N. P., 1992. *Facies Model, Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada, Kanada.

JGSM