

**STUDI MIKROFASIES DAN DIAGENESIS BATUAN KARBONAT
FORMASI POH, CEKUNGAN LUWUK-BANGGAI,
KECAMATAN PAGIMANA, KABUPATEN LUWUK,
PROVINSI SULAWESI TENGAH**

NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Pendidikan Sarjana Program S-1 Pada Fakultas Teknik
Program Studi Teknik Geologi
Universitas Diponegoro



Disusun Oleh :

**WAHYU BUDHI KHORNIWAN
L2L008057**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
MARET 2013**

**STUDI MIKROFASIES DAN DIAGENESIS BATUAN KARBONAT
FORMASI POH, CEKUNGAN LUWUK - BANGGAI, KECAMATAN PAGIMANA,
KABUPATEN LUWUK, PROVINSI SULAWESI TENGAH**

Wahyu Budhi Khorniawan
Program Studi Teknik Geologi
Universitas Diponegoro
wahyubudhikhorniawan@gmail.com

ABSTRACT

Poh Formation is one of formation which sedimented at Tertiary age in Luwuk – Banggai basin, Central Sulawesi. This basin is very interesting, because it's exposed all kind of rock from Pre Tertiary to recent. Poh Formation litology composed of limestone with insert of carbonic siltstone. This study aimed to determine microfacies and depositional environment of carbonate rocks, find out the process that develops and environmental diagenesis of carbonate rocks, to determine the relative age based on the abundance of foraminifera in the rocks, and the latter determines the dynamics of microfacies stratigraphy sequence based on petrography and paleontology data that observed. The methodology used in this research is descriptive and analytical methods. Descriptive methods performed to test hypotheses, make predictions and get the benefit of a problem to be solved, while for the method of analysis used is the petrographic analysis, mikrofacies analysis, analysis of large foraminifera, and analysis sequence stratigraphy. Analysis mikrofacies done to interpret facies, depositional environment, platform type, process and environmental diagenesis, where as foraminifera analysis is needed to determine the age of rocks. Based on the results of the analysis made facies zoning columns are arranged vertically for easier detection of stacking pattern from a parasequence set. From the observation of thin section obtained 13 types of carbonate rock classifications Dunham(1962), a modified Flugel(2010), namely: *Large Bioclast Packstone forams*, *Bioclast Plangtonik Forams Packstone*, *Bioclast Plangtonik Forams Packstone with Quartz*, *Red Algae Bioclast Wackstone*, *Bioclast Red Algae Grainstone*, *Packstone with Dolomitation*, *Ooid Grainstone*, *Ooid Packstone*, *Bioclast Coral Rudstone*, *Bioclast Milliolidis Grainstone*, *Bioclast Plangtonik Forams Packstone with Microspar*, *Interdeterminate Bioclast Packstone* and *Bioclast Red Algae Packstone with Microspar*. To thirteen types of rocks are scattered into six facies zoning Wilson (1975), namely FZ 1 Deep Sea, FZ 3 Toe-Of-Slope Apron (Deep Shelf Margin), FZ 4 slope, FZ 5 Platform-Margin Reefs, FZ 7 Open Marine, and FZ 8 Platform Interior – Restricted. Depositional environment of the outcrop rocks is shallow marine shelf with to be rimmed carbonate platforms. The process of developing such cement diagenesis isopach marking the marine phreatic environment, which marks the formation of cement circum granular meteoricphreatic environment, as well as the growth of equant calcite mineral, grain deformation, and neomorfism which marks the burial. Relative age out crop shows the range of ages P21 to N11 End the Oligocene-Middle Miocene. The data collected from the analysis of the incision can be used to identify the sequence boundary of the parasequence set that show aggradation and retrogradation stacking pattern, of a system tracts which estimated as transgressive system tract and highstand system tract.

Keywords: Poh Formation, microfacies, facies zoning, diagenesis, sequence stratigraphy

Pendahuluan

Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas dua pertiga wilayahnya merupakan lautan. Studi mengenai hasil laut terutama dalam bidang geologi, seperti batuan karbonat di Indonesia sangatlah kurang. Padahal Indonesia yang mempunyai iklim tropis merupakan tempat yang sangat ideal bagi terbentuknya terumbu yang merupakan komponen utama penyusun batuan karbonat. Dalam perkembangannya batuan karbonat sangat penting bagi kehidupan manusia, hal ini dapat dilihat dari peran batuan karbonat dalam industri perminyakan yaitu sebagai *reservoir* atau batuan penyimpan minyak bumi, dimana hampir 40% batuan *reservoir* yang ada di dunia berasal dari batuan karbonat. Oleh karena itu perlu adanya studi khusus mengenai batuan karbonat mengenai proses-proses diagenesis atau mikrofases dalam hubungannya dengan pembentukan porositas batuan.

Sejalan dengan program dari pemerintah pusat untuk meningkatkan produksi minyak bumi sebesar 900.000 bph pada 2013. Pada tahun 2011, pemerintah melalui Pusat Survei Geologi melakukan penelitian pada kawasan Indonesia Timur berupa survei geologi lapangan di Cekungan Luwuk-Banggai, Kecamatan Pagimana, Kabupaten Banggai dan Banggai Kepulauan, Provinsi Sulawesi Tengah, meliputi studi dan pengambilan data sedimentologi dan stratigrafi, struktur geologi, dan paleontologi untuk mendapatkan gambaran umum mengenai sistem minyak bumi di daerah penelitian. Salah satunya adalah studi mengenai batuan karbonat Formasi Poh yang ada dalam Cekungan Luwuk – Banggai. Formasi Poh yang merupakan salah satu anggota pada cekungan Luwuk - Banggai mempunyai litologi batugamping dan batulanau karbonatan sangat menarik untuk diteliti mengenai proses diagenesis, tektonik, dan naik turunnya permukaan air laut pada saat itu. Masih minimnya informasi mengenai

Formasi Poh secara detail dalam bidang geologi juga menjadi latar belakang dalam melakukan penelitian ini.

Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan mikrofases dan lingkungan pengendapan batuan karbonat, mengetahui proses diagenesis yang berkembang serta lingkungan diagenesis batuan karbonat, mengetahui umur relatif berdasarkan kelimpahan foraminifera besar pada batuan, dan yang terakhir mengetahui dinamika siklus stratigrafi berdasarkan data mikrofases yang teramati.

Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian Tugas Akhir kali ini diantaranya adalah Klasifikasi batuan karbonat didasarkan pada klasifikasi Dunham (1962), dengan tambahan modifikasi dari Flugel (2010), proses dan lingkungan diagenesis dengan melihat jenis dan morfologi semen serta porositas yang teramati pada sayatan tipis tanpa menggunakan *blue dye*, Umur relatif batuan hanya ditentukan menggunakan foraminifera besar melalui analisis sayatan tipis.

Tinjauan Pustaka

Sulawesi terletak pada pertemuan 3 Lempeng besar yaitu Eurasia Pasifik dan Indo Australia serta sejumlah lempeng lebih kecil seperti Lempeng Filipina yang menyebabkan kondisi tektoniknya sangat kompleks. Kumpulan batuan dari busur kepulauan bancuh, ofiolit, dan bongkah dari mikrokontinen terbawa bersama proses penunjaman, tubrukan, serta proses tektonik lainnya.

Menurut Surono, 1994 setidaknya terjadi empat kali deformasi pada daerah Banggai dan sekitarnya, yaitu

- Pada jaman Kapur terjadi pemekaran samudera di bagian barat, kemudian pada Kapur akhir kerak samudera bergerak ke barat dan menunjam di bawah kerak benua Eurasia dan atau busur gunung api. Sehingga Mandala

Sulawesi timur mengalami deformasi yang pertama.

- Pada akhir Paleogen mandala (mikrolempeng) Banggai Sula bergerak ke arah barat berbarengan dengan aktifnya sesar Sorong-Matano, akibat pergerakan tersebut menyebabkan terjadi deformasi yang kedua.
- Pada akhir Miosen tengah bagian timur mandala Sulawesi timur mencuatkan mikrolempeng benua (mandala) Banggai Sula. Kedua lempeng tersebut saling bertemu sehingga menyebabkan terjadinya deformasi fase ketiga. Sesar Toili dan Sesar Salodik merupakan hasil dari kejadian tektonik pada fase ini.
- Pada kala Plio-Pleistosen terjadi deformasi pada seluruh daerah, yang disebabkan oleh proses pengangkatan, sehingga menghasilkan deformasi fase keempat. Deformasi pada fase ini menyebabkan munculnya cekungan – cekungan kecil yang dangkal dan terlingkung.

Stratigrafi

Batuan tertua yang mengalasi wilayah ini adalah Formasi Meluhu. Formasi Meluhu (TRJm) tersusun oleh batuan meta-hemipelagic. Formasi Meluhu (TRJm) terdiri dari batubasak, batupasir malih, filit dan sekis, diduga berumur Trias sampai Jura. Formasi Nanaka (Jn) diduga menindih secara tak selaras, berupa batupasir kuarsa dengan sisipan batubara dan konglomerat, berumur Jura (Simandjuntak, 1981). Pada umur Jura juga terendapkan Formasi Nambo (Jnm), yang tersusun atas batuan napal dan napal yang mengandung fosil Belemnite. Formasi Salodik (Tems) berupa batugamping berumur Eosen sampai Miosen Akhir, menindih tak selaras Formasi Nanaka (Jn). Formasi Nanaka terdiri dari konglomerat, batupasir dan serpih. Pada kala Oligosen hingga Miosen Akhir terendapkan pula Formasi Poh (Tomp) berupa napal, batugamping dan sedikit batupasir, menjemari dengan bagian atas Formasi Salodik. Kelompok Molasa (Formasi Bongka dan Formasi Kintom)

menindih batuan yang lebih tua secara tak selaras; berupa klastika kasar, umurnya diduga Miosen–Pliosen. Formasi Bongka terdiri dari perselingan konglomerat, batupasir, lanau, napal dan batugamping. Formasi Kintom tersusun atas batulempung kapuran dan batupasir. Batuan tersebut di atas merupakan batuan yang berasal dari mandala Banggai Sula.

Pada mandala Sulawesi timur tersusun atas batuan ultramafik yang paling tua. Batuan ultramafik (Ku) yang terdiri dari harzburgit, dunit, piroksenit, serpentinit, gabro, diabas, basal dan diorit. Umurnya belum diketahui dengan pasti, diduga Kapur. Setempat juga dijumpai sekis, amfibolit, filit dan gabro malih yang diduga merupakan bagian dari kerak samudera. Formasi Matano (Km) berupa batugamping dengan sisipan rijang, dan argilit berumur Kapur (Simanjuntak, dkk., 1983). Batuan termuda berupa Aluvium (Qa) yang terdiri dari : lumpur, lempung, pasir, kerikil dan kerakal; berupa endapan sungai, rawa dan pantai. Satuan ini menindih tak selaras satuan yang lebih tua dan setempat menjemari dengan batugamping terumbu, Formasi Terumbu Karang Kuartar (Ql)

Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian adalah metode deskriptif dan metode analisis. Metode deskriptif yang dilakukan adalah untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian. Metode deskriptif tidak hanya memberikan gambaran terhadap fenomena-fenomena, tetapi juga menerangkan hubungan, menguji hipotesis, membuat prediksi serta mendapatkan manfaat dari suatu masalah yang ingin dipecahkan, sedangkan untuk metode analisis yang digunakan adalah analisis petrografi, analisis mikrofases, analisis foraminifera besar, dan analisis sikuenstratigrafi.

Hasil dan Pembahasan

1. Analisis Mikrofases

Melalui pengamatan sayatan tipis yang dilakukan, 22 sampel batuan

karbonat ini dapat dibagi kedalam 6 tipe zonasi fasies

a. FZ 1 Deep Sea

Penciri dari *FZ 1 Deep Sea* dapat dilihat dari sayatan tipis dengan kode sayatan PG 07, PG 11, PG 18, PG 30, dan PG 32. Pada sayatan tipis dengan kode PG 07, terlihat foraminifera planktonik sangat dominan. Pada umumnya fasies ini terletak pada perairan yang tidak tembus cahaya dengan pengaruh energi laut yang sangat dominan. Penamaan batuan yang didasarkan pada klasifikasi Dunham (1962) dengan tambahan modifikasi Flugel (2010), menamakan batuan ini *bioclast planktonic foram wackestone – packstone – grainstone* dan sesuai dengan kondisi *SMF (Standard Microfacies Types) 1* yakni *Spiculite wackestone or packstone, often with a calcisiltite* yang menjadi penciri *FZ 1*, serta *SMF 3* yakni *Pelagic lime mudstone and wackestone with planktonic microfossils* yang menjadi penciri *FZ 1* dan *FZ 3*, sehingga diperkirakan batuan karbonat ini terendapkan pada zona *deep sea*.

b. FZ 3 Toe-Of-Slope Apron (Deep Shelf Margin)

Penciri dari *FZ 3 Toe-Of-Slope Apron (Deep Shelf Margin)* dapat dilihat dari sayatan tipis dengan kode sayatan PG 05, PG 13, PG 19, PG 33, dan PG 34. Pada sayatan tipis dengan kode PG 05, terlihat adanya foraminifera besar yaitu *Operculina sp* dan adanya foraminifera planktonik yang tidak begitu dominan. Penamaan batuan yang didasarkan pada klasifikasi Dunham (1962) dengan tambahan modifikasi Flugel (2010), menamakan batuan ini *bioclast planktonic foram packstone, bioclast red algae grainstone, indeterminate bioclast packstone, dan bioclast large foram packstone* dan sesuai dengan kondisi *SMF (Standard Microfacies Types) 3* yakni *Pelagic*

lime mudstone and wackestone with planktonic microfossils yang menjadi penciri *FZ 1* dan *FZ 3*, serta *SMF 4* yakni *Microbreccia, bio - and lithoclastic packstone or rudstone* yang menjadi penciri *FZ 3* dan *FZ 4*, sehingga diperkirakan batuan karbonat ini terendapkan pada zona *toe of slope* antara *FZ 3* dan *FZ 4*.

c. FZ 4 Slope

Penciri dari *FZ 4 Slope* dapat dilihat dari sayatan tipis dengan kode sayatan PG 02, PG 20, dan PG 44. Pada sayatan tipis dengan kode PG 02, terlihat adanya foraminifera besar yang dominan yaitu *Discocyclina sp, Amphistegina sp, Operculina sp, Lepidocyclina sp, dan Alveolina sp*. Selain itu masih terdapat foraminifera planktonik yang sangat sedikit. Penamaan batuan yang didasarkan pada klasifikasi Dunham (1962) dengan tambahan modifikasi Flugel (2010), menamakan batuan ini *bioclast large foram packstone dan packstone with dolomitization* dan sesuai dengan kondisi *SMF (Standard Microfacies Types) 5* yakni *Allochthonous bioclastic grainstone, rudstone, packstone, floatstone, breccia with reef-derived biota* yang menjadi penciri *FZ 4*, sehingga diperkirakan batuan karbonat ini terendapkan pada zona *slope*.

d. FZ 5 Platform-Margin Reefs

Penciri dari *FZ 5 Platform-Margin Reefs* dapat dilihat dari sayatan tipis dengan kode sayatan PG 21, PG 28, dan PG 43. Pada sayatan tipis dengan kode PG 21, terlihat adanya *red algae* yang dominan dan adanya foraminifera besar. Penamaan batuan yang didasarkan pada klasifikasi Dunham (1962) dengan tambahan modifikasi Flugel (2010), menamakan batuan ini *bioclast red algae grainstone dan bioclast coral rudstone* dan sesuai dengan kondisi *SMF (Standard Microfacies Types) 11* yakni *Coated bioclastic grainstone*

yang menjadi penciri FZ 5 dan FZ 6, sehingga diperkirakan batuan karbonat ini terendapkan pada zona FZ 5 Platform-Margin Reefs.

e. FZ 7 Platform Interior - Normal Marine (Open marine)

Penciri dari FZ 7 Platform Interior - Normal Marine (Open marine) dapat dilihat dari sayatan tipis dengan kode sayatan PG 41. Pada sayatan tipis dengan kode PG 41, terlihat adanya *red algae* yang dominan dan adanya *large foraminifera*. Penamaan batuan yang didasarkan pada klasifikasi Dunham (1962) dengan tambahan modifikasi Flugel (2010), menamakan batuan ini *bioclast red algae packstone with micospar* dan sesuai dengan kondisi SMF (Standard Microfacies Types) 8 yakni *Wackstones and floatstones with whole fossils and well-preserved endo- and epibiota* yang menjadi penciri FZ 2 dan FZ 7, sehingga diperkirakan batuan karbonat ini terendapkan pada zona FZ 7 Platform Interior - Normal Marine (Open marine).

f. FZ 8 Platform Interior - Restricted

Penciri dari FZ 8 Platform Interior - Restricted dapat dilihat dari sayatan tipis dengan kode sayatan PG 15, PG 23, PG 24, PG 27, dan PG 31. Pada sayatan tipis dengan kode PG 27, terlihat adanya *ooids* yang dominan dan adanya *millioids*, selain itu juga terdapat foraminifera besar yaitu *alveolina sp.* Adanya *millioids* atau *austrolina sp* dan *ooids* merupakan penciri terbentuk pada daerah yang mempunyai energy yang tenang. Penamaan batuan yang didasarkan pada klasifikasi Dunham (1962) dengan tambahan modifikasi Flugel (2010), menamakan batuan ini *bioclast red algae wackstone, ooids packstone, ooids grainstone* dan *bioclast millioids grainstone* dan sesuai dengan kondisi SMF (Standard Microfacies Types) 16 yakni *Peloid*

grainstone and packstone. Subtypes differentiate non-laminated and laminated rocks yang menjadi penciri FZ 7 dan FZ 8, sehingga diperkirakan batuan karbonat ini terendapkan pada zona FZ 8 Platform Interior - Restricted.

Berdasarkan penentuan mikrofases dan zonasi fasies Formasi Salodik ini memiliki bentuk *platform* berupa *rimmed carbonate shelves*. Hal ini dicirikan dengan adanya biota *Austrotrilina Sp* sebagai penciri daerah dengan energi sedang tetapi berfluktuasi, seperti pada *facies zone restricted* yang terdapat di daerah belakang terumbu ataupun *sand shoals*, sehingga terlindung dari hantaman *fair-weather wave base* secara langsung, tetapi zona ini masih terhubung dengan laut terbuka, menyebabkan sirkulasi air pada zona ini sangat baik dan cocok sebagai tempat habitat dari *Austrotrilina Sp*.

2. Analisis Diagenesis

Proses diagenesis yang terjadi dari batuan karbonat Formasi Poh dari awal pengendapan yang disebut Fase Eogenesis berupa hadirnya mikritisasi dan semen *isopach* yang menandai lingkungan *marine phreatic*, setelah itu pelarutan terjadi pada batuan yang terlihat adanya sementasi *circumgranular* yang menandai lingkungan *meteoric phreatic*, dolomitasi yang menandai lingkungan *mixing zone* serta pertumbuhan mineral *equant calcite*, deformasi butiran, dan *neomorfisme* yang menandai lingkungan *burial*. Pada tahap terakhir yaitu fase telogenesis. Pada fase ini terjadi suatu pengangkatan yang disebabkan oleh tumbukan mandala Banggai Sula dengan Mandala Sulawesi Timur yang menyebabkan terbentuk struktur geologi berupa sesar naik yang menyebabkan formasi Poh dapat terangkat. Kondisi pengangkatan ini ditandai oleh adanya

pelarutan sehingga menghasilkan porositas sekunder berupa *vug*

Dari model diagenesis yang telah dibuat, proses diagenesis ini berawal pada saat Oligosen Akhir – Miosen Tengah dimana terbentuknya formasi salodik pada Mandala Banggai Sula yang kemudian diikuti oleh terbentuknya Formasi Poh pada Mandala Banggai Sula, lihat pada Lampiran 1. Pada saat ini diagenesis yang terjadi adalah *marine phreatic*. Kemudian terjadi perubahan lingkungan diagenesis dari *marine phreatic* menjadi *meteoric phreatic* dan *mixing zone* yang disebabkan oleh penurunan muka air laut (*sea level drop*). Penurunan muka air laut ini menyebabkan pengaruh air dari daratan atau air tawar lebih dominan sehingga suplai Mg lebih banyak daripada Ca. Hasil dari proses penggantian atau *replacement* CaCO₃ menjadi MgCO₃ mengakibatkan terjadinya *replacement* kalsit menjadi dolomit, lihat pada Gambar 4.24. Kemudian Pada Kala Miosen Akhir tumbukan mandala Banggai – Sula dan Mandala Sulawesi Timur semakin intensif, yang menyebabkan formasi Salodik dan Formasi Poh terdeformasi dan merupakan awal terjadinya pengangkatan. Pada saat ini diagenesis yang terjadi adalah perubahan dari *marine phreatic* – *mixing zone* menuju *burial*, lihat pada Lampiran 1.

Pada saat Miosen Akhir diikuti oleh mulai tererosinya Mandala Sulawesi Timur yang menyebabkan pengendapan kearah cekungan. Erosi ini kemudian diikuti oleh proses transportasi dan pengendapan sedimen yang merupakan awal terbentuknya Formasi Bongka yang menyebabkan perubahan proses diagenesis menjadi *burial*. Semakin intensifnya tumbukan antara Mandala Banggai – Sula dengan Mandala Sulawesi Timur pada Kala Pliosen - Sekarang menyebabkan terbentuknya sesar – sesar naik seperti patahan Pasini, patahan Poh, dan patahan Batui yang

menyebabkan formasi Poh kemudian tersingkap baik di permukaan. Pada saat ini proses diagenesis yang terjadi adalah *meteoric vadose*. Sehingga pembentukan porositas seperti *vug* dapat berkembang dengan baik.

3. Porositas Visual

Porositas merupakan suatu rongga dalam batuan yang dapat dilalui ataupun diisi oleh fluida. Pada pengamatan sayatan tipis dapat terlihat porositas dari 22 sampel batuan. Porositas yang berkembang umumnya terbentuk pada saat proses diagenesis batuan karbonat seperti *vug*, *fracture*, dan *intercrystal*. Pada sayatan PG 02, 18, 20, 21, 33, dan 41 mempunyai persentase porositas *vug* berkisar antara 5 – 10%, berdasarkan klasifikasi Koesoemadinata, 1980 maka kualitas persentase porositas batuan ini adalah buruk atau *poor*. Pada sayatan PG 15, 19, 23, 24, 27, 31, 34, dan 44 mempunyai porositas *fracture* sebesar 5 – 11%, berdasarkan klasifikasi koesoemadinata, 1980 maka kualitas persentase porositas batuan ini adalah buruk atau *poor*. Pada sayatan PG 05, 07, 11, 13, 28, dan 43 mempunyai porositas *vug* dan *fracture* sebesar 5 – 13% berdasarkan klasifikasi Koesoemadinata (1980) maka kualitas persentase porositas batuan ini adalah buruk - cukup. Sedangkan pada sayatan PG 12 dan 30 mempunyai jenis porositas *vug* dan *intercrystal* sebesar 8 – 10%, berdasarkan klasifikasi Koesoemadinata (1980) maka kualitas persentase porositas batuan ini adalah buruk atau *poor*.

4. Umur Relatif

Dari hasil zonasi foraminifera besar yang telah dibuat, umur batuan adalah antara P21 sampai N11 yaitu Oligosen Akhir sampai dengan Miosen Tengah lihat pada Lampiran 2, yaitu berkisar antara 25 juta tahun yang lalu sampai dengan 15 juta tahun yang lalu. Biozonasi ini dilakukan dengan

mengambil foraminifera besar yang kemunculannya melimpah seperti *Heterostegina Sp*, *Operculina Sp*, *Austrotrilina Sp*, *Amphistegina Sp*, *Lepidocyclina Sp*, dan *Cycloclypeus Sp*. Hal ini menunjukkan bahwa biota yang melimpah pada jamanya merupakan kunci atau fosil index dalam penentuan umur batuan. Hasil biozonasi ini diperkuat dengan hasil data biozonasi foraminifera planktonik dari Pusat Survey Geologi yang menunjukkan bahwa batuan karbonatan pada Formasi Poh dengan mempunyai umur N10 yaitu pada kisaran Miosen Tengah.

5. Sikuenstratigrafi

Pada gambar tersebut, dapat kita lihat bahwa terdapat 3 *parasequence* yang dibatasi oleh 2 *sequence boundary*. *Parasequence* yang pertama terletak dibagian *bottom*, tersusun oleh 4 lapisan batuan, yakni lapisan PG 02, PG 05, PG 07, dan PG 11 yang memperlihatkan adanya perubahan zonasi fasies selama proses pengendapan. Diawali oleh lapisan PG 02 yang terendapkan pada *slope*, secara bertahap terjadi perubahan fasies pada lapisan PG 05 menjadi zona *toe of slope*, diikuti oleh lapisan PG 07 dan PG11 yang kemudian terendapkan pada *basin*, sebagai penciri naiknya muka air laut dengan garis pantai menuju kearah darat yang disebut dengan *transgressive system track* (TST 1). Batas antara *system tract* pertama dengan *system tract* kedua dibatasi oleh adanya kenaikan muka air laut yang relatif stabil sehingga menyebabkan garis pantai bergeser kearah darat atau dikenal dengan istilah *agradasi*. *Agradasi* menjelaskan bahwa pembentukan cekungan sama dengan akumulasi sedimen. Kenaikan muka air laut yang relatif stabil mengakibatkan paparan (*shelf*) dangkal semakin meluas, terjadi perubahan zonasi fasies yang awalnya merupakan daerah *open marine* menjadi *restricted*. Perubahan ini dinamakan *highstand system tracts* 1 (HST 1)

terekam pada *system tract* kedua yang disusun oleh lapisan PG 13 terendapkan pada *toe of slope* yang kemudian mengendapkan PG 15 pada daerah *restricted*. Pada bagian atas dari *system tract* kedua ini dibatasi bagian atasnya oleh *flooding surface* yaitu muka air laut mengalami kenaikan pada garis pantai sebelumnya. Kemudian *system track* yang ketiga *highstand system tracts* 2 (HST 2) yang disusun oleh lapisan PG 18, PG 19, PG 20, PG 21, PG 23, PG 24, dan PG 27. Lapisan PG 18 terendapkan pada *basin* kemudian mengendapkan PG 19 pada daerah *toe of slope*, PG 20 pada daerah *slope*, PG 21 pada daerah *platform margin reef*, PG 23 sampai dengan PG 27 pada daerah *restricted*. Pada bagian atas dari *system tract* ketiga ini dibatasi bagian atasnya oleh *flooding surface* yaitu terjadi peningkatan laju sedimentasi karena ruang akomodasi sedimen stabil. Peningkatan laju sedimentasi ini menyebabkan pergeseran pantai ke arah darat dan dapat dijadikan sebagai batas dari *parasequence* yang dikenal yaitu *sequen boundary* 1 (SB1). Setelah terjadinya *sequen boundary* (SB1) muka air laut kembali turun yang menyebabkan bagian dari HST 1 dan HST 2 tersingkap di permukaan. Hal ini dapat terlihat dari proses diagenesis yang terjadi yaitu terbentuknya porositas sekunder berupa *vug*. Pada saat terjadinya fase *lowstand system track* tidak dapat terekam dikarenakan suplai sedimen dari darat sangat dominan daripada pembuatan cekungan atau akomodasi, dengan *stacking pattern* berupa *progradasi*. Muka air laut kembali naik setelah *parasequence* pertama dan mulai terjadi proses *parasequence* kedua. *Parasequence* kedua tersusun oleh 4 lapisan batuan, yakni lapisan PG 28 dan PG 30 yang memperlihatkan adanya perubahan zonasi fasies selama proses pengendapan. Diawali oleh lapisan PG 28 yang terendapkan pada *platform margin reef*, secara bertahap terjadi perubahan fasies pada lapisan PG

30 yang kemudian terendapkan pada zona *basin*, sebagai penciri naiknya muka air laut dengan garis pantai menuju kearah darat yang disebut dengan *transgressive system track* (TST 2). Batas antara *system tract* empat dengan *system tract* kelima dibatasi oleh adanya kenaikan muka air laut yang relatif stabil sehingga menyebabkan garis pantai bergeser kearah darat atau dikenal dengan istilah *agradasi*. *agradasi* menjelaskan bahwa pembentukan cekungan sama dengan akumulasi sedimen. Kenaikan muka air laut yang relatif stabil mengakibatkan paparan (*shelf*) dangkal semakin meluas, terjadi perubahan zonasi fasies yang awalnya merupakan daerah *open marine* menjadi *restricted*. Perubahan ini dinamakan *highstand system tracts* 3 (HST 3), lihat pada Gambar 4.29, terekam pada *system tract* kedua yang disusun oleh lapisan PG 31 terendapkan pada daerah *restricted*. Pada bagian atas dari *system tract* kelima ini dibatasi bagian atasnya oleh *flooding surface* yaitu terjadi peningkatan laju sedimentasi karena ruang akomodasi sedimen stabil. Peningkatan laju sedimentasi ini menyebabkan pergeseran pantai ke arah darat. Kemudian *system track* yang keenam *highstand system tracts* 4 (HST 4) yang disusun oleh lapisan PG 32, PG 33, PG 34, dan PG 41. Lapisan PG 32 terendapkan pada *basin* kemudian mengendapkan PG 33 dan PG 44 pada daerah *toe of slope*, dan PG 41 pada daerah *open marine*. Pada bagian atas dari *system tract* keenam ini dibatasi bagian atasnya oleh *flooding surface* yaitu terjadi peningkatan laju sedimentasi karena ruang akomodasi sedimen stabil. Peningkatan laju sedimentasi ini menyebabkan pergeseran pantai ke arah darat hal ini dapat dijadikan sebagai batas dari *parasequence* yang dikenal yaitu *sequen boundary 2* (SB2). Setelah terjadinya *sequen boundary* (SB2) muka air laut kembali turun yang menyebabkan bagian

dari HST 1 dan HST 2 tersingkap di permukaan. Hal ini dapat terlihat dari proses diagenesis yang terjadi yaitu terbentuknya porositas sekunder berupa *vug*. Pada saat terjadinya fase *lowstand system track* tidak dapat terekam dikarenakan suplai sedimen dari darat sangat dominan dari pada pembuatan cekungan atau akomodasi dengan *stacking pattern* berupa *progradasi*. Suplai sedimen dari darat yang dominan menyebabkan terumbu sebagai salah satu komponen penyusun batuan karbonat tidak dapat tumbuh dengan baik. Muka air laut kembali naik setelah *parasequence* kedua dan mulai terjadi proses *parasequence* ketiga. *Parasequence* ketiga tersusun oleh 2 lapisan batuan, yakni lapisan PG 43 dan PG 44 yang memperlihatkan adanya perubahan zonasi fasies selama proses pengendapan. Diawali oleh lapisan PG 43 yang terendapkan pada *platform margin reef*, secara bertahap terjadi perubahan fasies pada lapisan PG 44 yang kemudian terendapkan pada zona *slope*, sebagai penciri naiknya muka air laut dengan garis pantai menuju kearah darat yang disebut dengan *transgressive system track* (TST 3).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis komponen penyusun batuan, terdapat 6 tipe zonasi fasies yang didasarkan pada model Wilson (1975), yaitu:
 - a. *FZ 1 Deep Sea*, teridentifikasi melalui sayatan tipis pada sayatan berkode "PG 07, PG 11, PG 18, PG 30, dan PG 32".
 - b. *FZ 3 Toe-Of-Slope Apron (Deep Shelf Margin)*, teridentifikasi melalui sayatan tipis pada sayatan berkode "PG 05, PG 13, PG 19, PG 33, dan PG 34".

- c. *FZ 4 slope*, teridentifikasi melalui sayatan tipis pada sayatan berkode “PG 02, PG 20, dan PG 44”.
- d. *FZ 5 Platform-Margin Reefs* teridentifikasi melalui sayatan tipis pada sayatan berkode “PG 21, PG 28, dan PG 43”.
- e. *FZ 7 Open Marine* teridentifikasi melalui sayatan tipis pada sayatan berkode “PG 41”
- f. *FZ 8 Platform Interior – Restricted*, teridentifikasi melalui sayatan tipis pada sayatan berkode “PG 15, PG 23, PG 24, PG 27, dan PG 31”.

Keenam tipe zonasi fasies yang teridentifikasi tersebut, menunjukkan bahwa batuan karbonat Formasi Poh terendapkan pada lingkungan *shallow marine shelf*.

2. Proses diagenesis yang berkembang dan lingkungan diagenesis dari singkapan batuan karbonat Formasi Poh dari awal pengendapan sampai sekarang yaitu mikritisasi yang menandai lingkungan *marine phreatic*, sementasi *circumgranular* yang menandai lingkungan *meteoric phreatic*, dolomitasi yang menandai lingkungan *mixing zone* serta pertumbuhan mineral *equant calcite*, deformasi butiran, dan *neomorfisme* yang menandai lingkungan *burial*.
3. Porositas yang terbentuk adalah porositas sekunder yaitu *vug*, *fracture*, dan *intercrystal* dengan besar porositas antara 5-11%, sehingga berdasarkan klasifikasi oleh Koesoemadinata (1980) maka kualitas persentase batuan ini adalah buruk-cukup.
4. Umur relatif singkapan Formasi Poh berdasarkan analisis foraminifera besar menunjukkan kisaran umur P21 sampai N11 yaitu Oligosen Atas - Miosen Akhir hal ini berdasarkan biozonasi foraminifera besar.

Saran

1. Dari hasil penelitian, Formasi Poh mempunyai porositas yang buruk-cukup dengan besar porositas 5 -11%, sehingga

tidak cukup baik untuk dijadikan *reservoir*, Perlu menggunakan *blue day* untuk mengetahui besaran porositas yang sebenarnya. Selain itu perlu adanya studi lanjut mengenai perhitungan porositas dengan menggunakan metode *coring* ataupun metode geofisika seperti *logging*, sehingga didapatkan nilai porositas yang lebih valid.

Daftar Pustaka

- BouDagher, Marcelle K. & Fadel, 2008. *Evolution and Geological Significance of Larger Benthic Foraminifera*. Departement of Earth Sciences University College London. UK.
- Catuneanu, O. 2003. *Principles of Sequence Stratigraphy*. Elsevier Science : Canada.
- Choquette, P.H. & Pray, 1970. *Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates*, Am. Assoc. Petroleum Geol. Bull..
- Davies, I.C., 1990, *Geological and Exploration Review of the Tomori PSC, Eastern Indonesia*, Proceeding, Indonesian Petroleum Association, 19th Annual Convention & Exhibition.
- Dunham, R. J. 1962. *Classification Of Carbonate Rocks According To Their Depositional Texture*. Classification of Carbonate Rocks symposium: Tulsa, OK, American Association of Petroleum Geologists Memoir 1, p. 108-121.
- Fadel, M.K., 2008. *Evolution and Geological Significance of Larger Benthic Foraminifera*, *Developments in Paleontology and Stratigraphy* 21, Elsevier, Amsterdam, 515
- Fakhrudin, R., Amirudin, dan Hasibuan. 2011. *Laporan Akhir: Studi Stratigrafi Cekungan banggai - sula. Sulawesi Timur*. Pusat Survei Geologi: Bandung.

- Ferdian, F., Hall, R. & Watkinson, I., 2010, *A Structural Re-Evaluation of the North Banggai – Sula Area, Eastern Indonesia*, Proceeding, Indonesian Petroleum Association, 34th Annual Convention & Exhibition
- Flugel, E. 1982. *Microfacies Analysis of Limestone*. Edisi ke-1. Springer-Verlag, Berlin.
- 2010. *Microfacies Of Carbonate Rocks Analysis, Interpretation And Application*. Edisi ke-2. Springer.
- Folk, R.L., 1959. *Practical Petrographic Clasification of Limestone: American Association of Petrolum Geologists Bulletin*, v43, no1p133-152.
- Garrard, R.A., Supandjono, J. B. & Surono, 1988, *The Geology of the Banggai – Sula Microcontinent, Eastern Indonesia*, Proceeding, Indonesian Petroleum Association, 17th Annual Convention & Exhibition.
- Hamilton, W. 1979. *Tectonics of Indonesiaan Region*. United State Geological Survey Profesional Paper, Washington, 345pp.
- Koesoemadinata, RP. 1980. *Geologi Minyak dan Gas Bumi*. ITB: Bandung
- Moore, C.H. 1989. *Carbonate Diagenesis and Porosity*. Edisi pertama. Elsevier: Amsterdam-Netherlands.
- Myers, K. 1996, *Sequence Stratigraphy*, Blackwell Science.
- Nazir, M. 1983. *Metode Penelitian*, Ghalia Indonesia Darussalam: Jakarta.
- Parkinson CD. 1991. *The petrology, structure, and geological history of the metamorphic rock of Central Sulawesi, Indonesia*. Terra Nova 8:312-323
- Peter A.S., and Dana S.U.S. 2003. *A Color Guide To The Petrography Of Carbonate Rocks: Grains, Textures, Porosity, Diagenesis*. American Association of Petroleum Geologists: Oklahoma.
- Posamentier, H.W., and Allen, G.P. 1999. *Siliciclastic Sequence Stratigraphy Concepts and Application*. ARCO Exploration and Producing Technology.
- Rusmana, E, A. Koswara, T.O Simandjuntak. 1993. *Geologi Lembar Luwuk, Sulawesi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Indonesia.
- Schlager, W. 2005. *Carbonate Sedimentology And Sequence Stratigraphy*. SEPM: Tulsa, Oklahoma 74235, U.S.A.
- Setyo, W. R. 2011. *Analisis Sejarah Geologi pada Zaman Tersier, Berdasarkan Data Struktur Geologi, Stratigrafi, dan Observasi Lapangan, Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah*. Tugas Akhir, Semarang.
- Silver E. A., McCaffrey R., Joyodiwiryo Y. and Stevens S. 1983. *Ophiolite emplacement by collision between the Sula platform and the Sulawesi island-arc, Indonesia*. Geophys. Res. 88, 9419-9435.
- Simandjuntak, TO. 1986. *Sedimentology and tectonics of the collision complex in the east arm of Sulawesi*. PhD Thesis, University of London
- Sukamto, R. 1990. *Exploration note and geological map of South Sulawesi, 1:1.000.000*. Geological Research and Development Centre, Bandung, Indonesia.
- Surono, T.O, Simandjuntak, Sukido. 1994. *Geologi Lembar Batui, Sulawesi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Indonesia.
- Tucker, Maurice, E., and Wright V. Paul. 1991. *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Publishing company.

- Villeneuve, Michel, Wahyu Gunawan, Hean-Jacques Cornee, Oliver Vidal. 2000. *Geology of the central Sulawesi belt (eastern Sulawesi) constraints for geodynamic models*. Geol Rundsch. 91:524-537. Marseille.
- Wahyudiono, Joko. 2011. *Proposal Penelitian Struktur Geologi Cekungan Luwuk – Banggai, Sulawesi Tengah*. Pusat Survey Geologi : Bandung
- Walker, R.G., and James, N.P. 1992. *Facies Models : Response To Sea Level Change*. Geological Association of Canada: Ontario.
- Wilson, J.L. 1975. *Carbonate Facies In Geologic History*. 471 pp., New York: Springer

LAMPIRAN 2

										33.90	23.03		15.97		11.61		Age (Ma)													
Eocene					Oligocene					Miocene					Epoch Stage															
M					L					M						Planktonik Zone														
Bartonian		Priabonian			Rupelian			Chattian		Aquit.	Burdig.		Langhian				Serravallian	Tortonian	Messinian											
P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	a	b	P22	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18		
																				<i>Heterostegina Sp</i>										
																				<i>Operculina Sp</i>										
																				<i>Austrotrillina Sp</i>										
																				<i>Amphistegina Sp</i>										
																				<i>Lepidocyclina Sp</i>										
																				<i>Cycloclypeus Sp</i>										
Tb3					Tb		Tc		Td		Lower Te (Te1-4)		Upper Te (Te5)		Lower TtI		Middle TtI		Upper TtI		Tt2		Tt3		Tt4		Tt5		Tt6	
																				"1 after Stage"										