

## Penentuan Fasies Dan Lingkungan Pengendapan Formasi Bampo Dan Peutu, Area “MFL”, Cekungan Sumatera Utara

Muflikhah<sup>1\*</sup>, Sarju Winardi<sup>1</sup>, Sugeng Sapto Surjono<sup>1</sup>, Mellinda Arisandy<sup>2</sup>

1) Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

2) Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Petronas Carigali, Malaysia

Corresponding Author: Muflikhah (Email: muflikhah.TK@mail.ugm.ac.id)

### Abstract

*The Bampo and Peutu Formations in North Sumatra Basin is adequately known as components of the Neogen hydrocarbon play, where the Bampo Formation as the source rock and the Peutu Formation as the reservoir. The facies analysis carried out includes facies identification, facies associations, and facies succession, followed by sequence stratigraphic analysis and interpretation of the depositional environment. Data integration includes well log data, biostratigraphic and petrographic data, core data, and seismic data, are needed to obtain comprehensive conclusions that will help reconstruct the depositional environment i.e Gross Depositional Environment (GDE) maps and 3D models. The results of this study indicate that the Bampo Formation develops shale and shaly sand facies, while the Peutu Formation develops sandstone, limestone, and shaly sand facies. The facies associations in the Bampo Formation dominated by shale facies associations and shale-shaly sand facies associations, while in the Peutu Formation dominated by intercalation of sandstone and shaly sand facies associations, shaly sand with thin limestone insert facies associations, and limestone with thin sandstone or shaly sand inserts facies associations. Then, interpretation of the Gross Depositional Environment laterally in the Bampo Formation consist of terrestrial environment, inner shelf, outer shelf, and deep marine slope, while in the Peutu Formation, the environment laterally has become completely marine, consisting of inner shelf, outer shelf, and deep marine slope.*

**Keyword:** *Bampo and Peutu Formations, Facies, Sequence Stratigraphy, Depositional Environment, GDE, Marine Environment.*

### 1. LATAR BELAKANG

Minyak dan gas bumi saat ini masih menjadi komoditas utama dalam sektor energi dan berperan besar bagi perekonomian negara. Indonesia sendiri masih mempunyai potensi migas yang cukup besar untuk dikembangkan dengan tujuan mendapatkan cadangan-cadangan minyak dan gas bumi baru, salah satunya di Cekungan Sumatera Utara. *Petroleum play* yang berkembang pada area ini adalah *carbonate play* berumur Neogen dengan reservoirnya adalah Formasi Peutu yang merupakan reservoir karbonat, sementara *source rock*-nya adalah serpih dari Formasi Bampo (Meckel dkk., 2012).

Pada setiap lingkungan pengendapan akan terjadi proses sedimentasi yang berbeda dan akan membentuk fasies yang berbeda, oleh karena itu analisis fasies dan lingkungan pengendapan secara total (*Gross Depositional Environment*) dibutuhkan untuk mengetahui area-area dan interval-interval pada Formasi Bampo dan Peutu yang berpotensi menjadi reservoir dan *source rock*. Hasil studi ini diharapkan dapat berguna untuk evaluasi potensi hidrokarbon selanjutnya pada area ini yakni berupa analisis *common risk segment*.

**Konfigurasi dan Evolusi Cekungan Sumatera Utara**

Cekungan Sumatera Utara merupakan cekungan belakang busur (*back arc basin*) yang memiliki tektonik aktif tepatnya pada bagian tengah-barat Blok Sibumasu. Pembentukan Cekungan Sumatera Utara terjadi pada Eosen Akhir dan dikontrol oleh Sesar Sumatera dan Sesar Malaka yang merupakan sesar mendatar dekstral (Davies, 1984). Aktivitas sesar tersebut membentuk *pull-apart basin* yang mengubah bentuk morfologi Cekungan Sumatera Utara menjadi berupa tinggian dan rendahan (*horst-graben*).

Barber dkk. (2005) menyatakan bahwa evolusi Cekungan Sumatera Utara terbagi menjadi 4 tahap yang meliputi tahap *pre-rift*, *syn-rift*, *post rift transgression*, dan *post rift regression* (Gambar 1).

#### **Pre-Rift (Eosen Akhir)**

Fase ini merupakan fase awal pembentukan cekungan berupa peregangan batuan dasar. Semua *event* geologi yang terjadi pada waktu Tersier terrekam dalam fase ini, sampai dimana ujung Cekungan Sumatera Utara sudah berubah menjadi paparan karbonat dan delta akibat peregangan batuan dasar. Fase ini menghasilkan Formasi Tampur dan Meucampli yang terdiri dari batupasir, batugamping dan konglomerat polimik.

#### **Syn-Rift atau horst-graben stage (Oligosen Awal-Akhir)**

Fase ini merupakan fase peregangan yang diawali oleh pengendapan sedimen klastik yang berasal dari barat laut dan timur. Seiring dengan transgresi, terjadi sedimentasi endapan laut dan darat. Fase *syn-rift* diakhiri dengan pengangkatan termal yang menghasilkan ketidakselarasan *post-rift* regional. Fase ini menghasilkan Formasi Bruksah atau Parapat dan Formasi Bampo.

#### **Post-Rift Transgression**

Fase ini adalah fase dimana terjadi transgresi regional yang menghasilkan endapan delta dan karbonat pada tinggian cekungan. Hal ini kemudian

menghasilkan Formasi Peutu, Belumai dan Arun. Pada saat transgresi mencapai maksimum, endapannya berubah menjadi endapan dominan berbutir halus. Hal ini kemudian menghasilkan Formasi Baong Bawah yang terdiri atas serpih laut dengan sedikit sisipan batupasir.

#### **Post-Rift Regression**

Pada fase ini terjadi regresi yang mengakibatkan dominasi dari endapan klastik berbutir kasar sebagai akibat dari pengangkatan Bukit Barisan dan vulkanisme. Fase ini menghasilkan Formasi Baong Atas, Keutapang, Seurula, dan Julu Rayeu. Saat vulkanisme terjadi, diendapkanlah satuan vulkanik Toba yang dilanjutkan dengan pengendapan alluvial kuartar.

#### **Stratigrafi Regional**

Koesoemadinata (2020) telah menyusun urutan formasi batuan pada Cekungan Sumatera Utara dari tua ke muda. Adapun urutannya adalah Batuan Dasar, Formasi Tampur, Formasi Bruksah/Parapat, Formasi Bampo, Formasi Belumai, Formasi Peutu, Formasi Baong, Formasi Keutapang, Formasi Seurula, dan Formasi Julu Rayeu (Gambar 2).

#### **Batuan Dasar (Pre - Tersier)**

Batuan dasar pada Cekungan Sumatera Utara memiliki susunan litologi berupa batupasir, batugamping dan dolomit yang diendapkan pada lingkungan pantai sampai laut dangkal yang berumur Pra-Tersier.

#### **Formasi Tampur (Eosen Akhir - Oligosen Awal)**

Formasi ini terendapkan secara tidak selaras di atas batuan dasar. Formasi Tampur tersusun atas litologi berupa batugamping masif, biokalkarenit dan biokalsilitit serta dijumpai juga nodul rijang, batugamping, basal konglomeratik, dan dolomitik. Formasi ini diendapkan pada lingkungan laut lepas-sublitoral dan terbentuk pada fase

transgresi sebelum terjadi peregangan Cekungan Sumatera Utara (Anderson dkk., 1993).

#### **Formasi Bruksah/Parapat (Oligosen Akhir)**

Formasi ini menumpang tidak selaras di atas Formasi Tampur. Litologi penyusun formasi ini berupa batupasir kuarsit, dengan interkalasi serpih dan batulanau, juga terdapat konglomerat di bagian bawah yang mengindikasikan bahwa lingkungan pengendapannya dari fluvial makin berubah menjadi lingkungan laut. Ketebalan formasi ini mencapai 2400 meter (Darman dan Sidi 2000).

#### **Formasi Bampo (Oligosen Akhir)**

Formasi ini terendapkan selaras di atas Formasi Bruksah. Litologi penyusunnya berupa batulempung dan serpih hitam, yang umumnya berasosiasi dengan pirit dan nodul gampingan. Pada Cekungan Sumatera Utara, formasi ini diendapkan pada lingkungan laut dalam (Abdullah, 1995).

#### **Formasi Belumai**

Formasi ini diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Bampo. Litologi penyusun utamanya berupa lanau, batupasir kuarsit, sebagian besar glaukonit dan diselingi dengan batugamping di bagian barat cekungan yang menunjukkan lingkungan pengendapan laut dangkal (*inner shelf*).

#### **Formasi Peutu (Miosen Awal-Tengah)**

Formasi tersusun oleh litologi batulempung dan batulanau gampingan yang banyak mengandung fosil dan glaukonit, serta lapisan tebal batugamping yang kaya akan foraminifera dan glaukonit pada puncak dan dasar formasi. Lingkungan pengendapan dari formasi ini adalah lingkungan laut dangkal.

#### **Formasi Baong (Miosen Tengah-Akhir)**

Formasi tersusun oleh batulumpur dan serpih yang mengandung tufa dan batupasir di *Middle Baong*. Serpih

Formasi Baong bersifat karbonatan, gampingan, dan banyak terdapat fosil dan glaukonit. Formasi ini diendapkan pada lingkungan laut dalam dan memiliki ketebalan sekitar 500- 2000 meter (Abdullah, 1995).

#### **Formasi Keutapang (Miosen Akhir-Pliosen)**

Formasi ini terendapkan tidak selaras di atas Formasi Baong pada lingkungan delta hingga laut dalam selama fase regresi. Formasi ini tersusun oleh litologi berupa batupasir selang-seling, lignit, dan batulempung dengan sisipan serpih. Ketebalan formasi ini berkisar antara 700-1500 meter (Darman dan Sidi, 2000).

#### **Formasi Seurula (Pliosen)**

Formasi ini didominasi litologi perselingan tipis batupasir dan batulempung yang bersifat tufaan, serta serpih. Formasi ini diendapkan menjari dengan Formasi Keutapang. Kelimpahan foraminifera dan benthik pada formasi ini mengindikasikan lingkungan pengendapan neritik tengah-atas.

#### **Formasi Julurayu (Plio-Pleistosen)**

Formasi ini tersusun oleh litologi lempung dan konglomerat di bagian bawah formasi, semakin ke atas litologinya menjadi batupasir tufaan, dan di beberapa tempat ditemukan Batubara. Formasi ini diendapkan pada lingkungan fluvial sampai laut dangkal.

## **2. DATA DAN METODE**

Penelitian ini berfokus pada analisis fasies dan *Gross Depositional Environment* yang kemudian akan dilakukan pemodelan GDE tersebut. Data penelitian diambil dari 12 sumur yaitu sumur B1, B2, B3, C4, G1, I1, J1, J2, J4, Pa, Pc, dan Pe (Tabel 1). Data log sumur digunakan untuk membagi elektrofasis yakni dengan mencermati pola *log Gamma Ray* dan menentukan batas nilai *cut off log GR* untuk mengidentifikasi litologinya. Identifikasi elektrofasis tersebut akan divalidasi dengan identifikasi

litologi pada batu inti dan sampel petrografi yang selanjutnya akan dianalisis asosiasi fasies dan suksesi fasiesnya. Analisis dilanjutkan dengan penentuan marker kronostratigrafi, pola penumpukan sedimen, dan *system tract*. Hasil integrasi analisis kemudian diwujudkan dalam bentuk peta dan model 3D lingkungan pengendapan total atau *Gross Depositional Environment* (GDE).

### 3. HASIL & PEMBAHASAN

#### Identifikasi Fasies

Pada saat menganalisis fasies, penulis telah lebih dulu menentukan dan menandai batas atas dan bawah dari Formasi Bampo dan Peutu pada *well log*. Penentuan batas ini didasarkan pada data marker formasi yang didapat dari laporan sumur. Selain itu, karakteristik litologi yang tercermin pada data *log* juga menjadi dasar dalam penentuan batas atas dan bawah formasi.

Penamaan fasies menggunakan nama litologi sehingga dapat disebut litofasies. Penamaan ini dipilih karena dalam pembagiannya, rentang nilai GR mencerminkan litologi tertentu. Pembagian rentang nilai GR adalah sebagai berikut: *sandstone* memiliki nilai GR sebesar 20-50 GA<sub>pi</sub> dengan densitas kurang dari 2.25g/cc, *shaly sand* memiliki nilai GR sebesar 51-70 GA<sub>pi</sub>, *shale* memiliki nilai GR > 70 GA<sub>pi</sub>, sementara untuk batugamping (*limestone*) selain kisaran nilai GR-nya namun nilai densitasnya tinggi, lebih dari 2.25g/cc (Gambar 3).

#### Fasies Sandstone

Fasies ini menunjukkan pola *log cylindrical-funnel*. Secara umum fasies ini memiliki warna abu-abu, berbutir sangat halus, sortasi baik, porositasnya medium, dan tersusun oleh kuarsa dan bioklas termasuk foraminifera planktonik yang langka, *echinoidea*, dan pecahan rangka kalsit dan dolomit serta ditemukan adanya glaukonit.

#### Fasies Shalysand

Fasies ini menunjukkan pola *log cylindrical-funnel*. Secara umum fasies ini berwarna abu-abu terang kehijauan, dengan butir halus-kasar, tersusun oleh material lempungan dan sedikit kalkareus yang secara gradasi menjadi batupasir sangat halus, sortasi buruk-baik, serta tidak ada *show*. Fasies *shaly sand* tersusun oleh mineral kuarsa, plagioklas, K-feldspar, siderit, pirit, kalsit, dan dolomit.

#### Fasies Shale

Fasies ini menunjukkan pola *log irregular*. Secara umum fasies ini memiliki warna abu-abu kehijauan, sedikit-sangat kalkareus, tingkat kekerasan medium-keras, berasosiasi dengan foraminifera, dan tidak ada *show*.

#### Fasies Limestone

Fasies ini menunjukkan pola *log cylindrical-funnel*. Secara umum berwarna abu-abu keputihan, berbutir sangat halus, tersortasi baik, tingkat kekerasan medium, dan porositasnya terlihat langsung. Fasies *limestone* tersusun atas material gampingan, kuarsa, fragmen rangka, koral, dan foram.

#### Analisis Asosiasi dan Suksesi Fasies

Asosiasi fasies dikelompokkan berdasarkan kesamaan karakteristik litofasies dan genetisnya. Setiap asosiasi fasies mewakili lingkungan pengendapan tertentu. Berdasarkan hasil identifikasi dan analisis pada ke-12 sumur, didapatlah lima asosiasi fasies (Gambar 4) yaitu:

- Asosiasi fasies perselingan *sandstone* dan *shaly sand* yang bergradasi mengkasar keatas. Gradasi ini tercermin dari pola *log*nya yang berbentuk *funnel*, dimana pola tersebut mengindikasikan lingkungan pengendapan *prograding marine shelf* (Walker dan James, 1992). Suksesi vertikal yang tercermin pada asosiasi fasies ini berupa suksesi

mengkasar ke atas (*coarsening upward*). Sukses ini menunjukkan pola progradasi laut dangkal.

- Asosiasi fasies *shale-shaly sand* yang memiliki pola *log irregular* akibat kontak tegas litologi *shale* dan *shaly sand*. Asosiasi fasies ini diinterpretasikan terendapkan di sekitar *outer shelf* karena kehadiran *limestone* tidak setebal pada asosiasi fasies pertama. Untuk sukses pengendapannya mengkasar ke atas.
- Asosiasi fasies *shale* yang hadir secara masif dan tebal. Tidak ditemukan *sandstone* disini dan *limestone* serta *shaly sand* juga sudah jarang. Pola *log* yang *irregular* mengindikasikan lingkungan pengendapan *deep marine slope* (Walker dan James, 1992), selain itu ditemukan juga fosil penciri laut dalam seperti *Bathysiphon*, *Trochammina*, dan *Karreriella bradyi*. Sukses vertikal pada asosiasi fasies ini berupa sukses menghalus ke atas (*fining upward*) yang menunjukkan pola retrogradasi,
- Asosiasi fasies *shaly sand* sisipan *limestone*. Pada asosiasi fasies ini ditemukan sisipan *shale* tipis yang mengindikasikan lingkungan yang mendalam, namun belum sampai laut dalam. Dengan demikian diinterpretasikan bahwa lingkungan pengendapannya adalah di sekitar *outer shelf*. Sukses vertikal yang tercermin pada asosiasi fasies ini menunjukkan pola pengendapan agradasi, dimana pada pola *log* hal tersebut ditunjukkan dengan pola *cylindrical* yang tidak memiliki *trend*.
- Asosiasi fasies *limestone* sisipan *sandstone/shaly sand*. *Limestone* yang tebal mengindikasikan lingkungan yang dangkal dimana karbonat dapat tumbuh dengan baik. Pada asosiasi fasies ini ditemukan beberapa fosil bentonik penciri laut dangkal, yakni fosil *Elphidium spp.*, *Pyrgo sp.*, *Lepidocyclina*

*spp.*, dan *Amphistegina spp.* pada sumur G1.

### Analisis Sikuen Stratigrafi

Analisis diawali dengan penentuan marker stratigrafi sebagai kerangka pemisah dari *event-event* pembentukan batuan berdasar atas waktu dan proses pembentukannya yang disebut marker kronostratigrafi. Penarikan marker kronostratigrafi dilakukan pada sumur kunci terlebih dahulu, yakni sumur B1. Selanjutnya marker kunci tersebut ditarik secara lateral ke sumur- sumur lain dalam jalur korelasi. Pada penelitian ini marker-marker yang teridentifikasi adalah marker SB1, SB2, MFS1, TS1, FS1, FS2, FS3, dan FS4. Marker *Sequence Boundary* (SB) ditandai dengan kehadiran litologi *sandstone* atau *limestone* diatas marker yang memiliki pola *log blocky* atau *cylindrical*. Marker *Maximum Flooding Surface* (MFS) ditandai dengan defleksi *log GR* yang paling besar dan litologinya halus. Terdapat satu marker MFS yang teridentifikasi. Marker *Flooding Surface* (FS) ditarik pada saat terjadi perubahan mendadak dari endapan berbutir kasar menjadi halus seperti adanya litologi *shale* diatas pola *coarsening upward*. Marker *Transgressive Surface* (TS) dicirikan sebagai batas pemisah pola pengendapan progradasi dan atau agradasi pada *lowstand system tract* dengan pola pengendapan retrogradasi pada *transgressive system tract*.

Marker-marker kronostratigrafi tersebut merepresentasikan siklus transgresi-regresi yang terjadi dan selanjutnya digunakan untuk melakukan korelasi. Jalur korelasi pertama berarah selatan-utara yang secara umum marker SB2, FS4, FS3, MFS1, dan FS2 muncul di semua sumur (Gambar 5). Terdapat *lateral facies change* dibawah SB2 yakni asosiasi fasies perselingan *sandstone* dan *shaly sand* di selatan berubah menjadi asosiasi fasies *shale-shaly sand* ke arah utara. Jalur korelasi

kedua berarah timur-tenggara-barat yang secara umum marker SB2, FS4, FS3, dan MFS1 muncul di semua sumur (Gambar 6). Pada korelasi ini asosiasi fasies *limestone* sisipan *sandstone* atau *shaly sand* berkembang di semua sumur dan menerus. *Limestone* tebal pada bagian barat dan timur merepresentasikan karbonat Peutu yang hadir sebagai *carbonat build up*.

Marker stratigrafi selanjutnya digunakan sebagai dasar penentuan *system tract* (Gambar 7 dan 8). *System tract* diawali oleh *Lowstand System Tract* (LST) yang dibatasi oleh SB1 di bagian bawah dan TS 1 di bagian atasnya. *System tract* ini berada pada Formasi Bampo (sumur C4) dan Peutu (sumur J4) yang menumpang langsung diatas batuan dasar dan memiliki lingkungan pengendapan *inner shelf*. Kemudian *Transgressive System Tract* (TST) terbentuk diatasnya dengan batas bawah adalah TS1 dan batas atas MFS1. Marker MFS1 mencerminkan terjadinya pendalaman maksimum akibat transgresi *relative sea level*. Litologi *shale* disini menandakan adanya penambahan ruang akomodasi. *System tract* selanjutnya adalah *Highstand System Tract* (HST) yang dibatasi oleh MFS1 di bawah dan SB2 di bagian atasnya. Secara umum sistem ini terjadi pada lingkungan *outer-inner shelf* dan membentuk pola pengendapan progradasi. Pola ini masih terus berkembang hingga awal sistem LST. Terakhir, *system tract* kembali menjadi LST lagi yang berkembang diatas marker SB2. LST kedua ini memiliki pola pengendapan sedimen progradasi dan terendapkan pada lingkungan *inner-outer shelf*.

### **Peta Gross Depositional Environment (GDE) dan Model Lingkungan Pengendapan**

Pembuatan peta GDE bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai kerangka stratigrafi yang bermanfaat untuk mendukung analisis *petroleum system*, yakni dapat menunjukkan *reservoir*

*presence* dan distribusi *charging* batuan induk pada analisis *Common Risk Segment* (CRS). Dalam penelitian ini dibuat peta dan model GDE interval Bampo dan Peutu, dimana GDE Bampo mewakili *system tract* yang dominan yakni pada saat *Transgressive System Tract* (TST) atau saat terjadi pendalaman dan GDE Peutu mewakili *Highstand System Tract* (HST) atau saat terjadi pendangkalan. Dalam pembuatannya, penarikan batas atau delineasi peta mengacu pada peta *isochore* (Nugrahanto dkk., 2021). Daerah yang relatif tipis menunjukkan sedimen yang tipis pula dan biasanya akan diinterpretasikan sebagai daerah yang lebih tinggi dengan sedikit pengendapan, begitupun sebaliknya. Untuk pembuatan model lingkungan pengendapan mengacu pada peta GDE.

### **Peta GDE dan Model Lingkungan Pengendapan Bampo Sistem TST**

Pada bagian barat daya dan timur area penelitian, peta *isochore* tampak berwarna merah yang berarti ketebalan sedimennya sangat tipis, sementara pada peta struktur waktu berwarna putih. Dari paparan tersebut, bagian selatan dan timur diinterpretasikan sebagai lingkungan terestrial. Lingkungan ini muncul sebagai hasil ekstrapolasi dari peta-peta inputan yang digunakan yakni peta *isochore* dan peta struktur waktu (Gambar 9).

Pada bagian barat dan selatan area penelitian, peta *isochore* tampak berwarna *orange* dan peta struktur waktu memiliki warna hijau kebiruan yang berarti lingkungan lebih dalam dari lingkungan terestrial. Sementara dari hasil analisis *log* sumur dan fasies utamanya pada sumur C4 didapatkan interpretasi lingkungan pengendapannya berupa *inner shelf*. Dengan demikian bagian barat hingga selatan area penelitian dapat dimodelkan pada GDE sebagai lingkungan *inner shelf*.

Bagian barat laut dan timur laut area penelitian yang relatif tebal dengan warna kuning pada peta *isochore* dan berwarna

biru cerah pada peta struktur waktu diinterpretasikan sebagai *outer shelf*. Hal ini didukung oleh hasil analisis *log* dan fasies, contoh pada sumur Pe didapatkan interpretasi lingkungan pengendapan *outer shelf*.

Pada bagian tengah ke utara area penelitian tampak warna peta *isochore* adalah kuning kehijauan yang berarti sedimen cukup tebal, dan pada peta struktur waktu berwarna biru. Kemudian berdasarkan analisis *log* dan fasies area tersebut, sebagai contoh pada sumur B1 dan B3 didapatkan interpretasi lingkungan pengendapannya laut dalam atau *slope* (Gambar 10). Maka, berdasarkan informasi tersebut bagian tengah hingga utara area penelitian dimodelkan sebagai lingkungan *slope*.

Pada saat pengendapan Formasi Bampo terjadi pendalaman lingkungan pengendapan. Hal ini terlihat dari berkembangnya lingkungan laut dalam yang pada formasi sebelumnya belum berkembang (Gambar 11). Selain itu bukti pendalaman terlihat dari perubahan pengendapan *estuarin system* pada formasi sebelumnya (Formasi Parapat) menjadi *marine system* pada pengendapan Formasi Bampo. Andreason dkk. (1997) juga menyatakan bahwa pada lingkungan pengendapan Bampo terjadi pendalaman secara tiba-tiba.

### **Peta GDE dan Model Lingkungan Pengendapan Peutu Sistem HST**

Pada bagian barat-selatan dan timur area penelitian, peta *isochore* tampak berwarna merah-*orange* dan peta struktur waktu berwarna kuning kehijauan yang menunjukkan lingkungan dangkal (Gambar 12). Kemudian dari hasil analisis *log* dan fasies area tersebut menunjukkan interpretasi lingkungan pengendapan *inner shelf*. Data biostratigrafi pada sumur G1, J4, dan B1 juga mengindikasikan lingkungan *inner shelf*, selain itu pada data biostratigrafi sumur B1 dan J4 ditemukan loncatan umur

yang mengindikasikan adanya erosi. Erosi tersebut memungkinkan terjadinya pendangkalan.

Pada bagian tengah area, peta *isochore* relatif berwarna hijau kekuningan dan peta struktur waktu berwarna hijau kebiruan. Dari hasil analisis *log* dan fasies sumur-sumur area tersebut seperti sumur Pe dan I1 menunjukkan lingkungan *outer shelf*. Data biostratigrafi sumur juga mengindikasikan lingkungan *outer shelf* seperti pada sumur C4 dan I1 (Gambar 13). Dengan demikian bagian tengah area penelitian dapat dimodelkan pada GDE sebagai lingkungan *outer shelf*.

Area dengan sedimen relatif tebal pada bagian barat laut yang ditunjukkan dengan peta *isochore* berwarna biru tua diinterpretasikan sebagai *slope* laut dalam. Interpretasi ini juga didukung oleh data biostratigrafi dan litologi pada sumur B3. Dengan demikian bagian barat laut area penelitian dimodelkan pada peta GDE sebagai lingkungan *slope*.

Pada GDE interval Peutu yang dominan sistem HST, sudah tidak dijumpai lingkungan terestrial dan lingkungan laut dangkal berkembang hampir di seluruh area (Gambar 14). Hal ini disebabkan oleh adanya *rifting* di Laut Andaman yang terjadi sebelumnya, yang mengakibatkan pengaruh laut terbuka ke Cekungan Sumatera Utara sehingga cekungan mengalami transgresi regional. Pada saat inilah karbonat-karbonat tumbuh dengan baik di bagian tinggian-tinggiannya dan daerah terestrial ikut tergenang.

Posisi Laut Andaman yang membawa suplai air masuk ke cekungan ada di bagian barat laut Cekungan Sumatera Utara, sehingga bagian barat laut adalah bagian yang mendapat genangan air lebih intens daripada di bagian selatan-tenggara. Selain itu, litologi yang berkembang di barat laut didominasi oleh *shale*, dan jarang ditemukan karbonat. Kedua hal tersebut mendukung interpretasi bahwa bagian barat laut berkembang menjadi laut dalam.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan interpretasi penelitian pada area MFL, dapat disimpulkan:

- Litofasies yang berkembang pada Formasi Bampo area MFL adalah fasies *shale* dan *shaly sand*, sementara pada Formasi Peutu area MFL berkembang fasies *sandstone*, *limestone*, dan *shaly sand*. Fasies-fasies tersebut dikelompokkan menjadi asosiasi fasies dimana Formasi Bampo didominasi oleh asosiasi fasies *shale* dan asosiasi fasies *shale-shaly sand*, sementara formasi Peutu didominasi oleh asosiasi fasies perselingan *sandstone* dan *shaly sand*, asosiasi fasies *shaly sand* sisipan *limestone*, dan asosiasi fasies *limestone* sisipan *sandstone* atau *shaly sand*.
- Dinamika sedimentasi pengendapan Formasi Bampo area MFL didominasi oleh sistem TST, sementara Formasi Peutu bagian bawah didominasi oleh sistem HST dan diikuti oleh sistem LST awal pada Formasi Peutu bagian atas. Dinamika sedimentasi dikontrol oleh fluktuasi muka air laut yakni berupa 3 kali pendalaman pada Formasi Bampo (FS1, FS2, dan MFS) dan dua kali pendalaman pada Formasi Peutu (FS3 dan FS4).
- *Gross Depositional Environment* (GDE) Formasi Bampo area MFL secara lateral terdiri atas lingkungan terestrial di bagian barat daya dan timur, *inner shelf* di bagian barat dan selatan, *outer shelf* di bagian barat laut dan timur laut, dan *deep marine slope* yang berkembang di tengah hingga utara, sementara GDE Formasi Peutu area MFL secara lateral sudah berupa lingkungan laut seluruhnya. Karbonat Peutu berkembang intensif pada lingkungan *inner- outer shelf* di selatan dan tengah area penelitian, sementara litologi *shale* banyak dijumpai pada lingkungan *deep marine slope* di barat laut area

penelitian.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis bersyukur kepada Tuhan YME sehingga penelitian ini dapat selesai. Salam hormat juga penulis haturkan kepada pembimbing yang telah membimbing selama penelitian. Tak lupa, penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Pusat Kajian – Lembaga Kerjasama Fakultas Teknik UGM dan Petronas Carigali atas izin menggunakan data yang diberikan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, B.L., Bon, J., dan Wahono, H.E., 1993, Reassessment of The Miocene Stratigraphy, Paleogeography and Petroleum Geochemistry of The Langsa Block in the Offshore North Sumatra Basin: Proceedings of Indonesian Petroleum Association 22<sup>nd</sup> Annual Convention.
- Andreason, M.W., B. Mudford, dan Onge, J.E.St., 1997, Geologic Evolution and Petroleum System of the Thailand Andaman Sea Basins: Proceedings of an International Conference on Petroleum Systems of SE Asia and Australasia, p.337-350.
- Arifin, A.A., Andriana, Y., dan Haryanto, I., 2020, Pola Pertumbuhan Fasies Karbonat Formasi Peutu Lapangan ADM, Cekungan Sumatera Utara: Padjajaran Geoscience Journal, 4(1), p.84-91.
- Barber, A.J., Crow, M.J., dan Milsom, J.S., 2005, Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution: London, Geological Society.
- Boggs, Jr., S., 1987. Principles of Sedimentology and Stratigraphy 4<sup>th</sup> edition: New Jersey, Pearson Prentice Hall.
- Darman, H., dan Sidi, F.H., 2000, An Outline of The Geology of

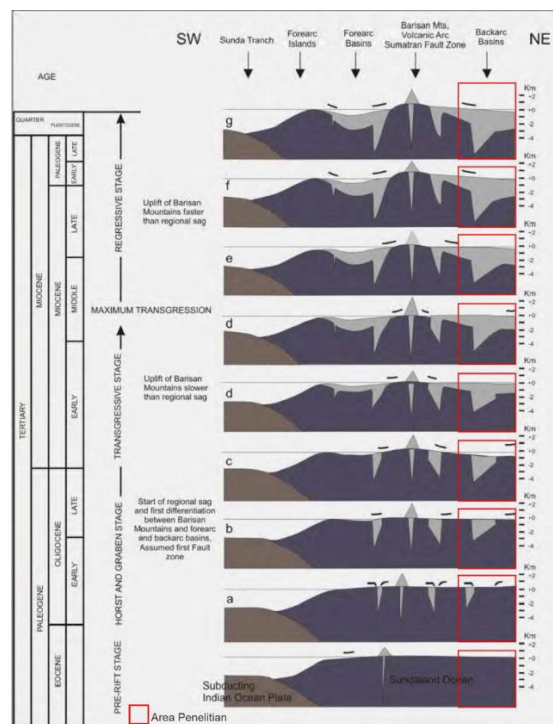
- Indonesia: Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- Davies, P.R., 1984, Tertiary Structural Evolution and Related Hydrocarbon Occurrences, North Sumatra Basin: Proceedings of Indonesian Petroleum Association 13<sup>th</sup> Annual Convention.
- Kendall, C.G.St.C 2003, Sequence Stratigraphy Basics: South Carolina, University of South Carolina.
- Koesoemadinata, R.P., 1969, Outline of the Geologic Occurrence of Oil in Tertiary Basins of West Indonesia: AAPG Bulletin.
- Nugrahanto, K., Syafri, I., dan Muljana, B.,

2021, Depositional Environment of Deep Water Fan Facies: A Case Study of the Middle Miocene Interval at the Kutai and North Makassar Basins: Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral, 22(1), p.45-57.

Rider, M., 1996, The Geological Interpretation of Well Logs, 2<sup>nd</sup> edition: Malta, Whittles Publishing.

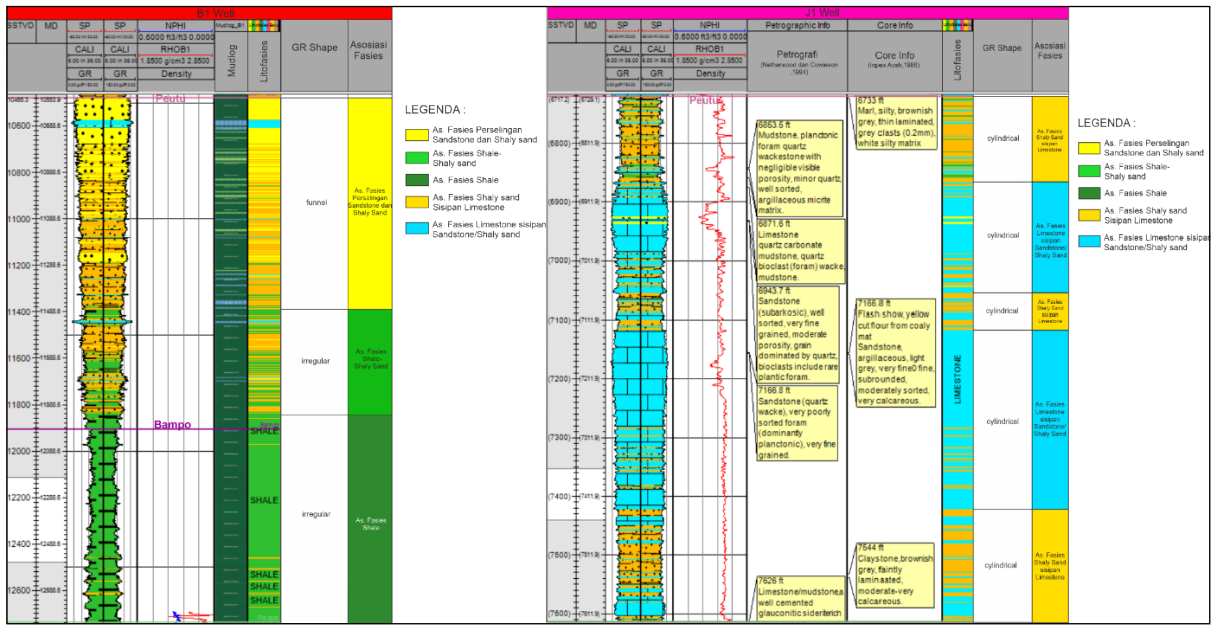
Walker, R.G., dan James, N.P., 1992, Facies Models: Response to Sea Level Change, Second Edition: Canada, Geological Association of Canada.

## DAFTAR GAMBAR

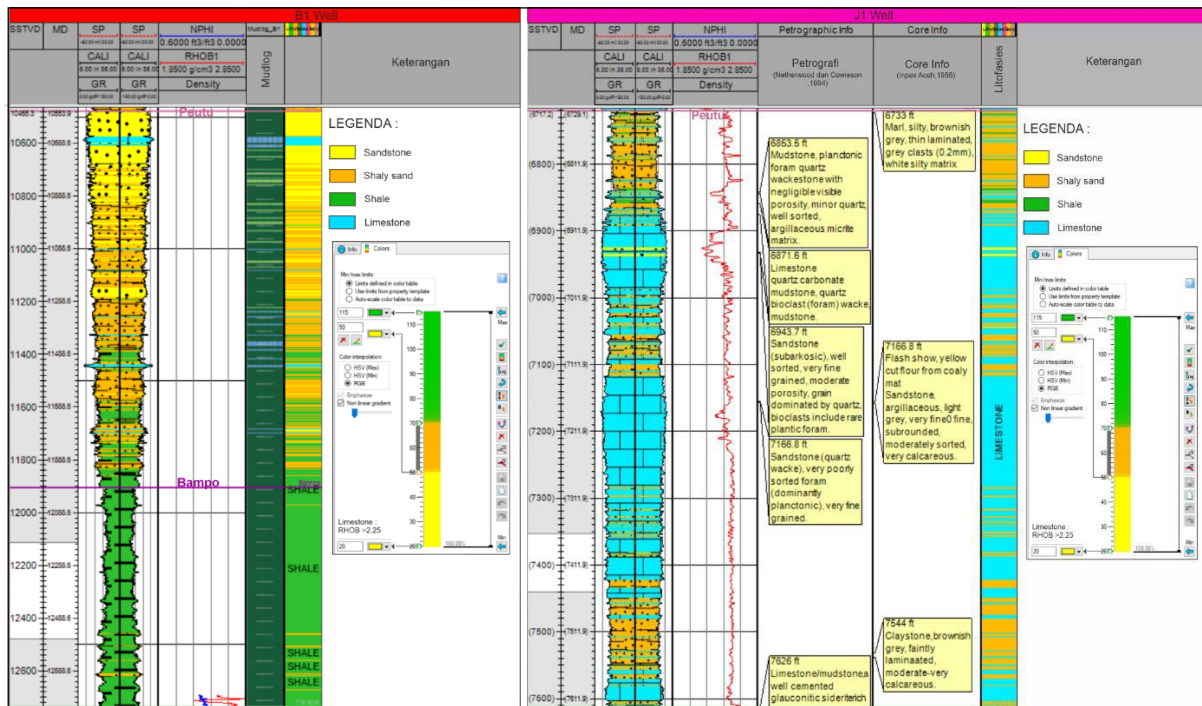


Gambar 1. Model palinspatik Cekungan Sumatera Utara (Barber dkk., 2005).

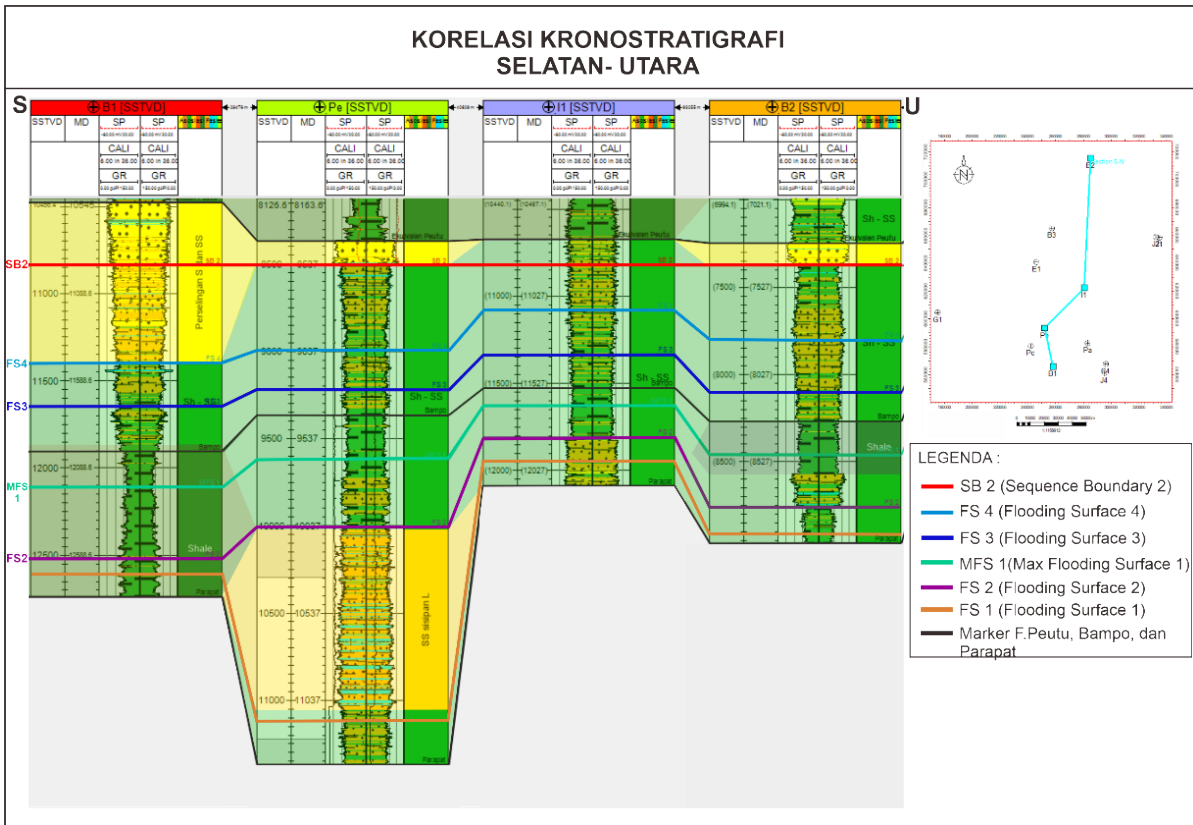




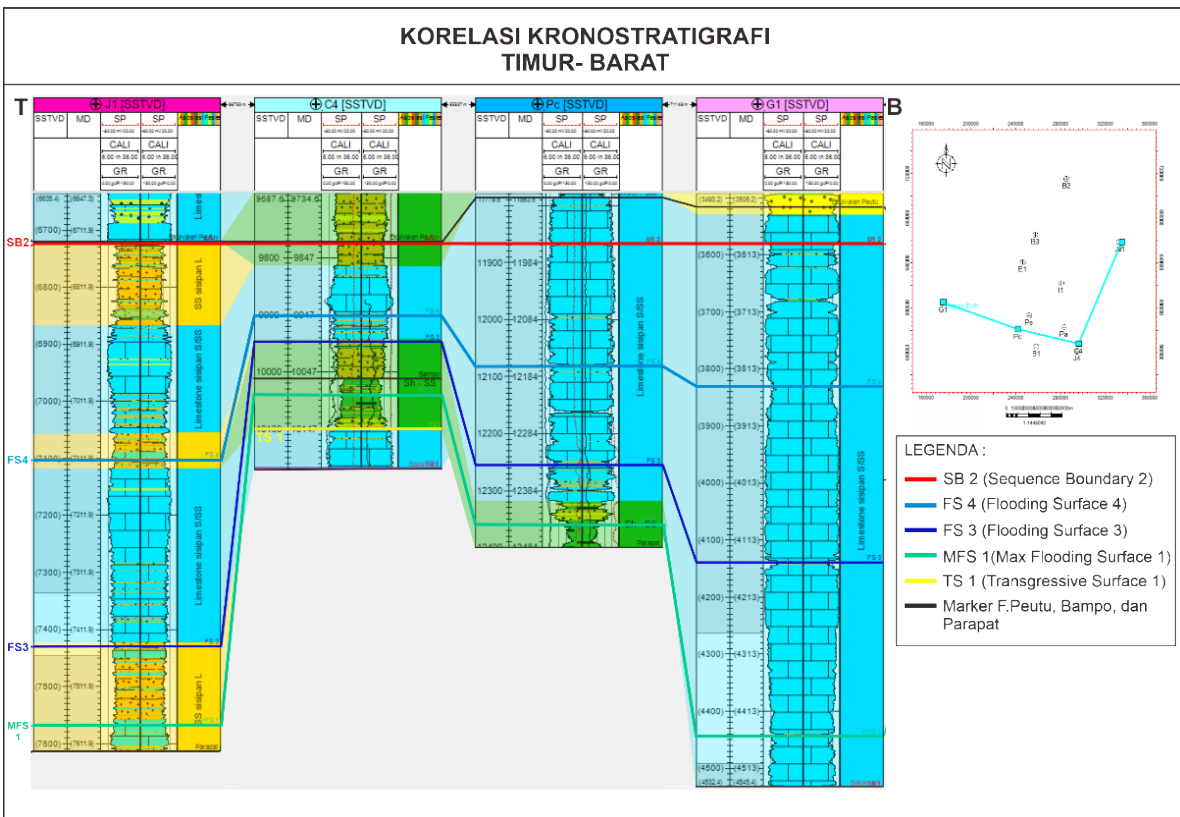
Gambar 3. Contoh pembagian fasies dan dasar penentuan fasies pada sumur B1 (kiri) dan J1 (kanan).



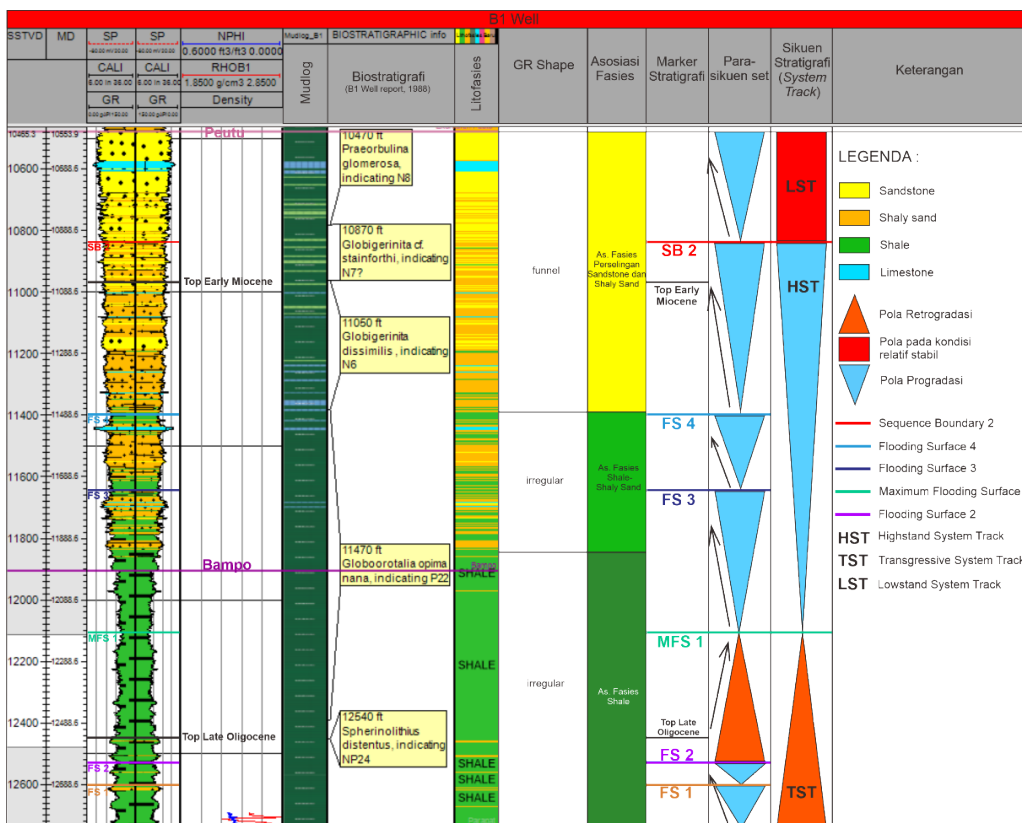
Gambar 4. Pengelompokan litofasies ke dalam asosiasi fasies sumur B1 (kiri) dan J1 (kanan).



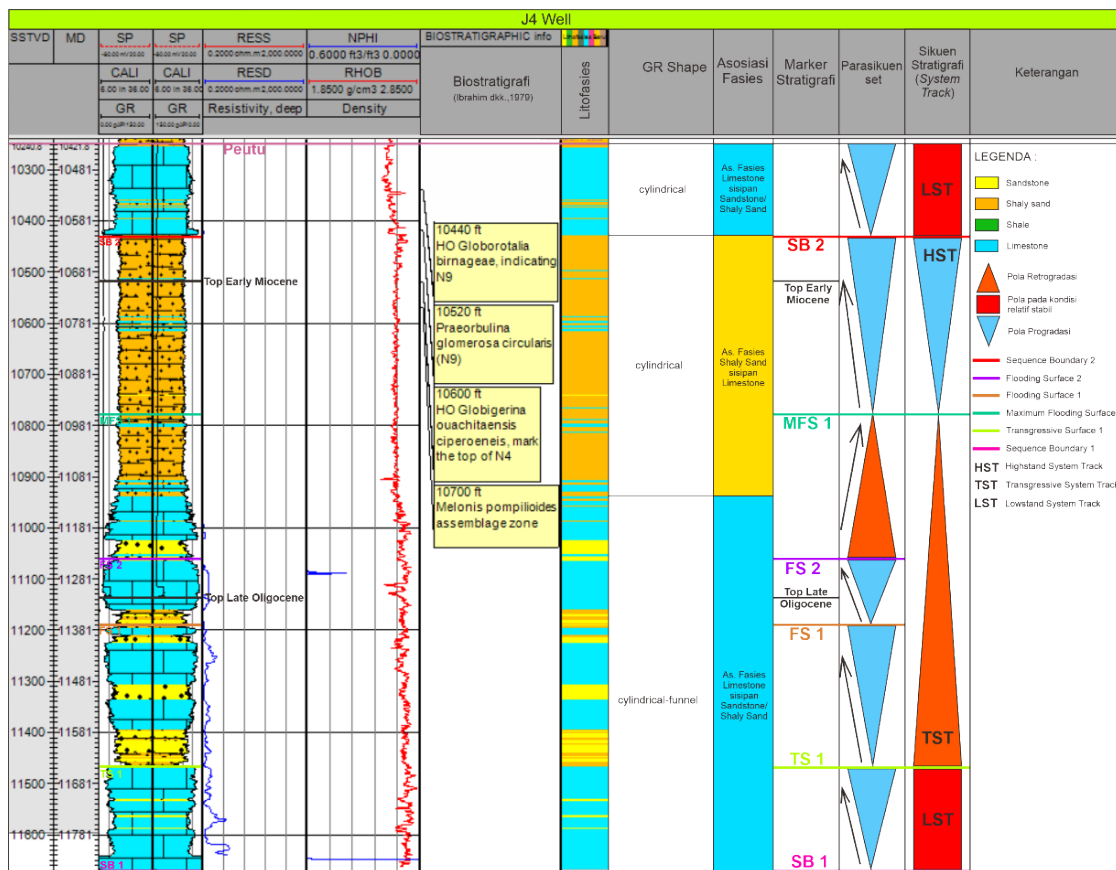
Gambar 5. Korelasi kronostratigrafi berarah selatan-utara.



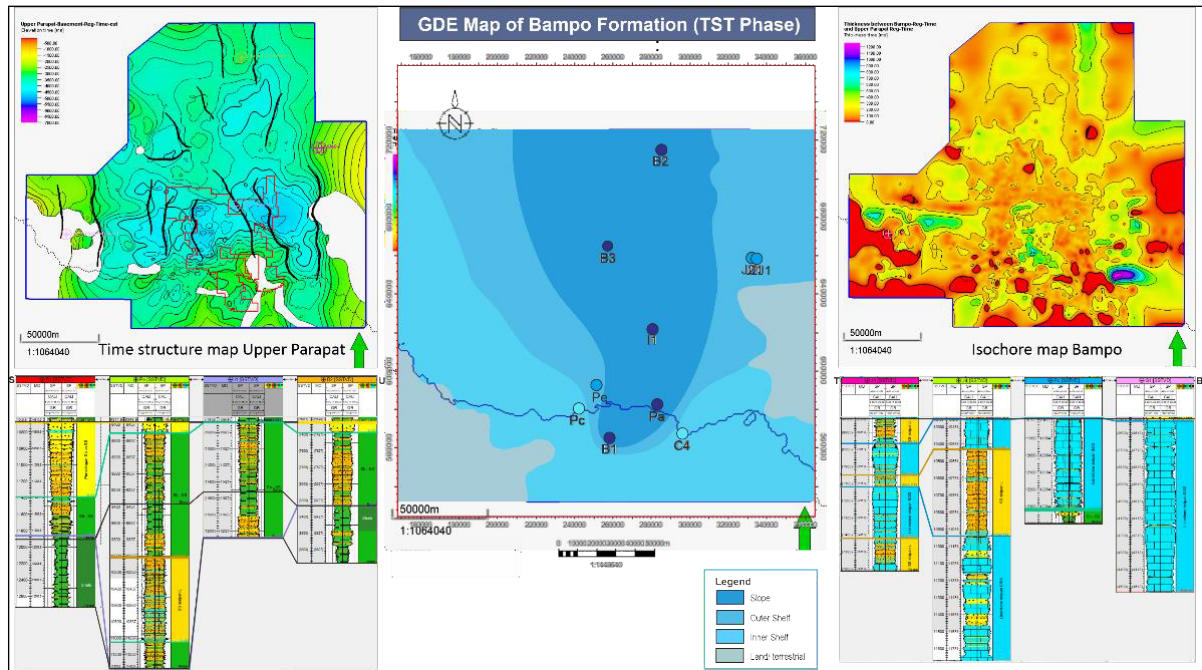
Gambar 6. Korelasi kronostratigrafi berarah timur-tenggara-barat.



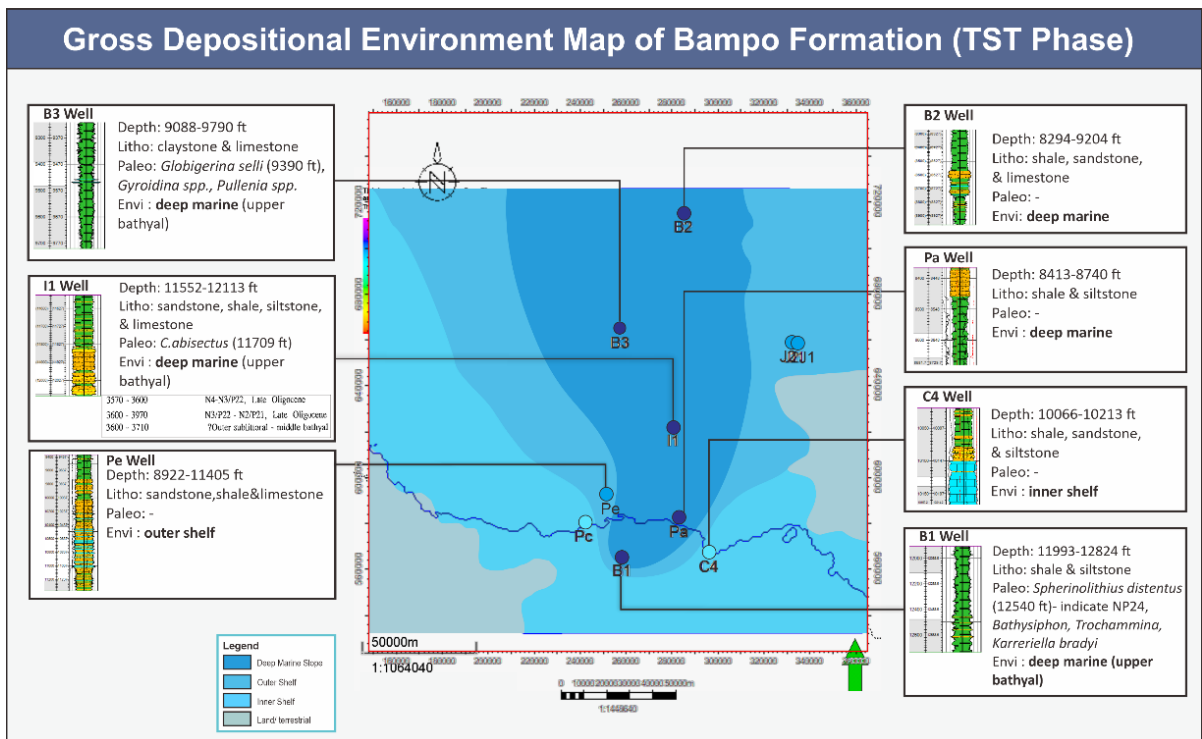
Gambar 7. Analisis system tract pada sumur B



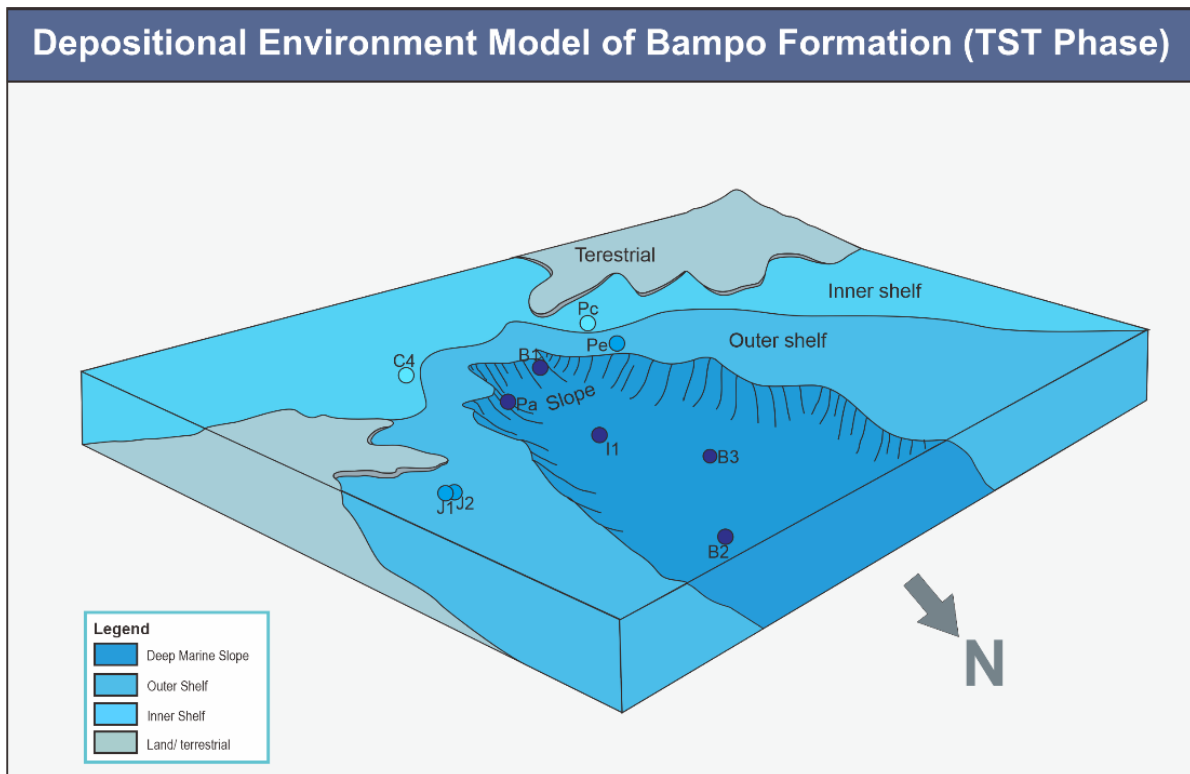
Gambar 8. Analisis system tract pada sumur J4.



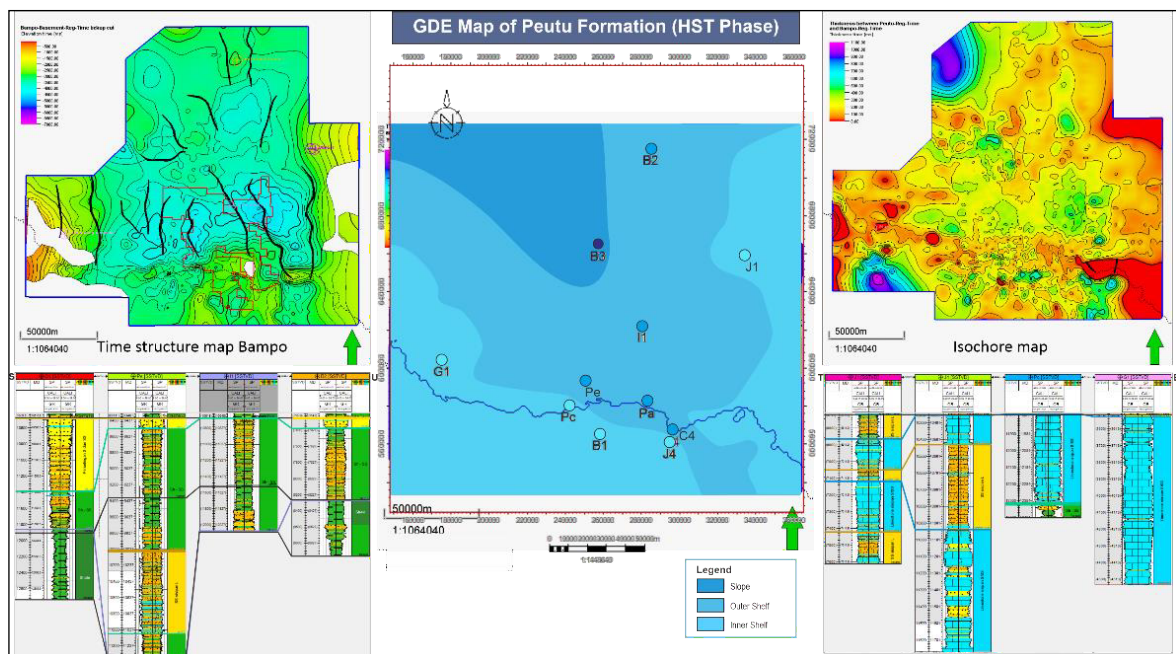
Gambar 9. Parameter-parameter dalam pembuatan peta GDE Bampo.



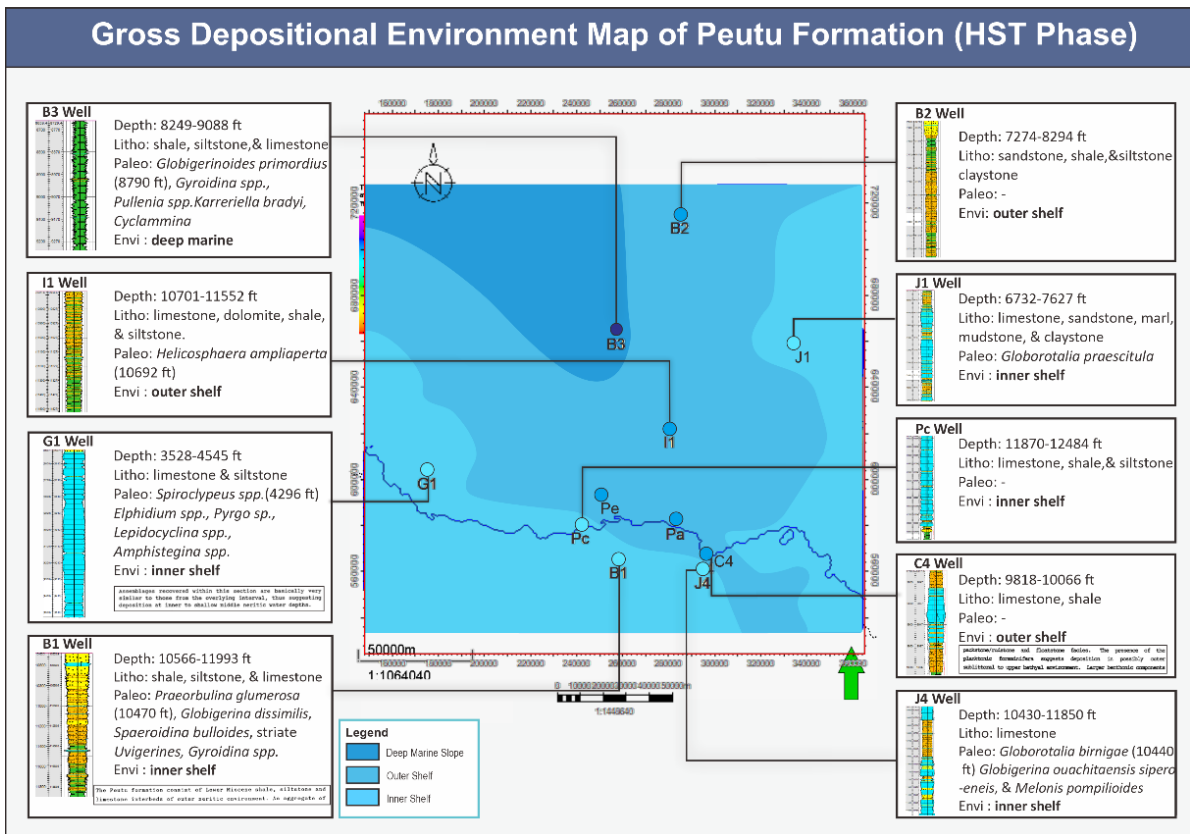
Gambar 10. Peta GDE Formasi Bampo.



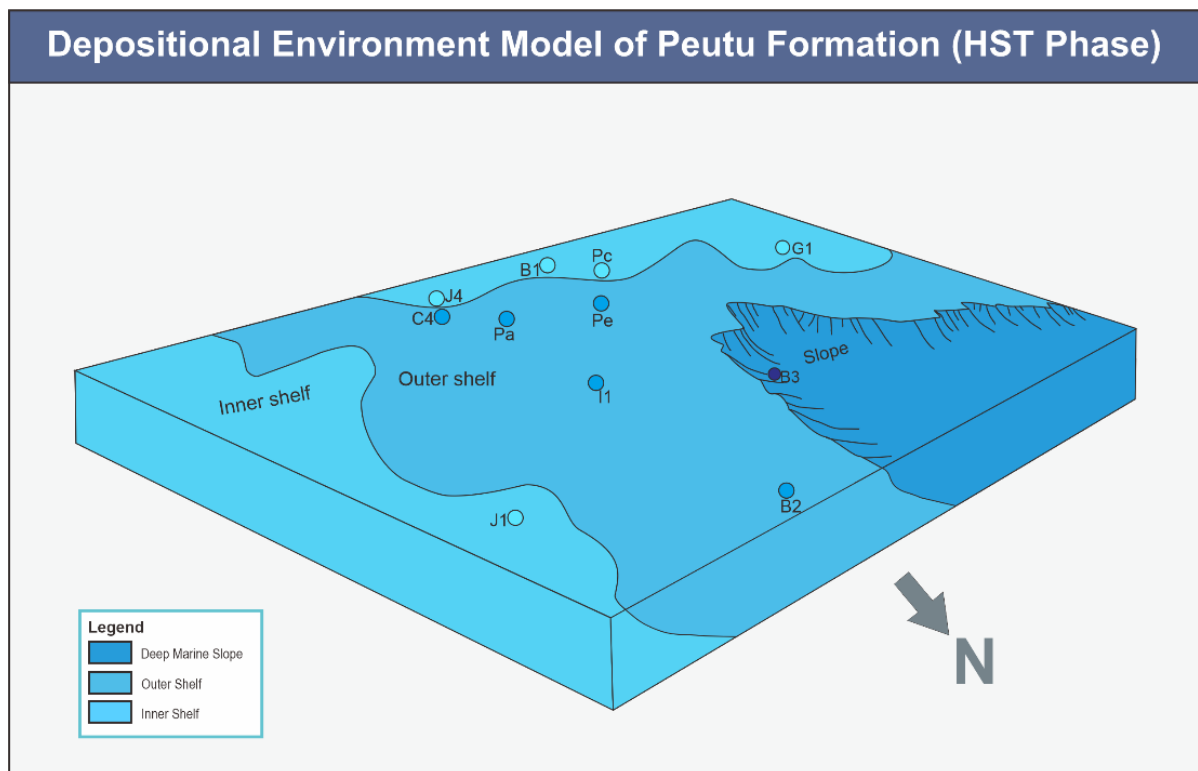
Gambar 11. Model lingkungan pengendapan Formasi Bampo dengan bagian *slope* laut dalam ada di utara.



Gambar 12. Parameter-parameter dalam pembuatan peta GDE Peutu.



Gambar 13. Karakteristik fasies dari data sumur dan Peta GDE Formasi Peutu.



Gambar 14. Model lingkungan pengendapan Formasi Peutu dengan bagian slope laut dalam ada di barat laut.