



PEMODELAN FASIES BERDASARKAN ANALISIS FASIES SANDRIDGE PADA LAPANGAN MEI, FORMASI CIBULAKAN ATAS, CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA

Syafiqa Amanda^{1*}, Ildrem Syafri¹, Reza Mohammad Ganjar Gani¹,
Yusi Firmansyah¹

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

*Korespondensi : syafiqa17001@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Penelitian berlokasi di wilayah operasional Pertamina Hulu Energi Offshore Northwest Java yang termasuk ke dalam Cekungan Jawa Barat Utara. Fokus penelitian terletak pada Lapangan Mei, Formasi Cibulakan Atas tepatnya pada interval M - 22. Tujuan penelitian yaitu untuk mengidentifikasi litologi penyusun daerah penelitian, lingkungan pengendapan dan asosiasi fasies yang berkembang, analisis elektrofasis yang ditinjau dari data log, serta arah distribusi dan geometri pada daerah penelitian. Metode penelitian ini yaitu analisis litofasies dan elektrofasis dilanjutkan dengan korelasi kronostratigrafi dan model distribusi fasies dengan Truncated Gaussian Simulation (TGS). Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, daerah penelitian tersusun atas beberapa litologi, diantaranya batupasir, shale, dan batugamping dengan lingkungan pengendapan tide dominated shelf yang berasosiasi dengan perkembangan fasies sand ridge. Fasies sand ridge pada daerah penelitian memiliki arah distribusi serta geometri tersendiri. Hal ini dapat diketahui dari pemodelan geostatik tiga dimensi yang telah dilakukan.

Kata Kunci : *Formasi Cibulakan Atas, Pemodelan Fasies, Fasies Sand Ridge, Truncated Gaussian Simulation, Asosiasi Fasies.*

ABSTRACT

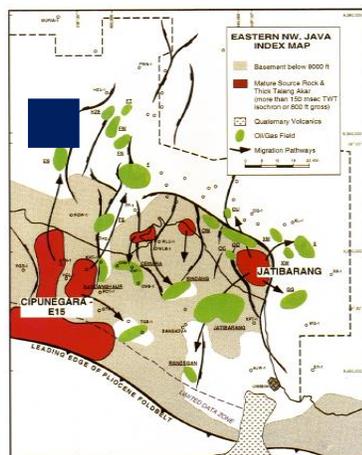
The research area is located in the operational region of Pertamina Hulu Energi in Offshore Northwest Java which is included in the North West Java Basin. The area of interest is located in Mei Field, Upper Cibulakan Formation exactly in M -22 Interval. The purpose of this study was to determine the constituent lithology of the study area, the depositional environment and the facies associations, as well as the modeling of facies distribution in the research area. The method of this research are lithofacies and electrofacies analysis continued by chronostratigraphy correlation and facies distribution model with Truncated Gaussian Simulation (TGS) method. Based on the analysis, the research area is consist of several lithologies, namely sandstones, shale, and limestone with depositional environment of tide dominated shelf that associate with sand ridge facies development. sand ridge facies in the research area has ditrsibution and geometry distribution it self. It can be determined from the three-dimensional geostatic modeling that has been done.

Keyword : *Upper Cibulakan, Facies Modelling, Sand ridge Facies, Truncated Gaussian Simulation, Facies Association.*

1. PENDAHULUAN

Lapangan Mei merupakan lapangan produksi milik Pertamina Hulu Energi Offshore Northwest Java yang terletak pada sub-cekungan Cipunegara (Gambar 1). Interval penelitian merupakan bagian Formasi Cibulakan Atas yang didominasi oleh *sand* dan *shale*. Salah satu yang menarik dari daerah penelitian yaitu ditemukan endapan laut kompleks berupa fasies *sand ridge*. Karakteristik fasies ini sangat istimewa dilihat dari geometri nya yang berbentuk gumuk. Tulisan ini dimaksudkan sebagai bahan kajian untuk :

- Lingkungan pengendapan dan asosiasi fasies *sand ridge*.
- Arah distribusi dan geometri fasies *sand ridge*.
- Model geostatistik fasies *sand ridge*.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Noble, 1997).

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Geologi regional

Cekungan Jawa Barat Utara merupakan salah satu rangkaian *back-*

arc basin di Indonesia bagian Barat. Secara fisiografi Cekungan Jawa Barat Utara berada di sebelah selatan Paparan Sunda yang berbatasan dengan Karimun Jawa di sebelah timur, Cekungan Bogor di sebelah selatan, dan Cekungan Sumatera Selatan di sebelah barat. Cekungan ini terdiri dari 14 sub-cekungan dan 10 diantaranya terbukti memiliki hidrokarbon aktif dan sisanya diduga memiliki kandungan minyak dan gas bumi yang besar, yaitu Jatibarang, Cipunegara, kepuh, Pasir Bungur, Asri, dan lain lain. Menurut Daly, (1987) terdapat 7 fase tektonik yang terjadi pada Cekungan Jawa Barat Utara yang dimulai sejak masa kapur akhir hingga kala pliosen. Terjadinya *rifting* dengan dua arah patahan dengan dip yang hampir sama mengakibatkan terbentuknya system *half graben* yang sangat mempengaruhi system cekungan hingga saat ini. Adapun stratigrafi regional Cekungan Jawa Barat Utara terdiri dari beberapa formasi (dari tua ke muda), yaitu :

- Basement*
- Formasi Jatibarang
- Formasi Talang Akar
- Formasi Baturaja
- Formasi Cibulakan Atas
- Formasi Parigi
- Formasi Cisubuh

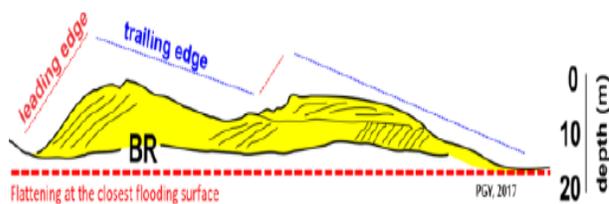
B. Fasies *Sand Ridge*

Endapan *sand ridge* merupakan badan sedimen yg terbentuk pada continental shelf selama fase transgresi sebagai hasil dari arus pasang surut.

Berdasarkan Lopez (2016), *sand ridge* terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. *Embryonic Stage*
Tahap ini dicirikan dengan batuan dengan ukuran butir yang halus (seperti batupasir halus, batulanau, dan *shale*) dan kaya akan cangkang atau *shell*.
2. *Accretion Stage*
Tahap ini dicirikan dengan batupasir dengan ukuran yang lebih kasar. Struktur sedimen penciri seperti *wavy lamination*, *Lenticular*, *Flaser*, *Structureless*, dan lain-lain.
3. *Abandonment Stage*
Tahap ini dicirikan dengan endapan *hemipelagic* dan bioturbasi yang intens.

Karakteristik khas pada *sand ridge* juga terdapat pada morfologinya yang terlihat berbentuk seperti gunduk. Menurut Setyawan (2019), Morfologi pada badan *sand ridge* terdiri dari *leading edge* dan *trailing edge*. Geometri yang terlihat lebih curam disebut sebagai *leading edge* dan geometri yang lebih landai disebut sebagai *trailing edge* (Gambar 2).



Gambar 2. Morfologi *shelf ridge* (Setyawan, 2019)

3. METODE

Pada penelitian ini, dilakukan beberapa analisis dan interpretasi data. Analisis yang dilakukan pertama kali yaitu analisis litofasies berdasarkan data batuan inti. Analisis ini digunakan untuk menunjang dalam interpretasi lingkungan pengendapan dan asosiasi fasies pada daerah penelitian. Analisis litofasies didukung juga dengan analisis elektrofases yang didasarkan pada pengamatan motif log *gamma ray* sebagai acuan dalam interpretasi lingkungan pengendapan.

Lalu, dilanjutkan dengan pemerian marker geologi berupa *flooding surface* dan korelasi stratigrafi. Dari korelasi ini mendukung data yang dibutuhkan dalam pembuatan *pie chart map* yang memuat informasi tentang ketebalan interval sehingga dapat terealisasi nya *net sand map* atau peta ketebalan batupasir yang sangat berpengaruh dalam pembuatan model geostatistik fasies. Bersamaan dengan dilakukannya korelasi stratigrafi, dilakukan pula interpretasi pada *amplitude map* dengan menggunakan asumsi *bright spot* dan *pattern* (seperti *patch* dan *ribbon pattern*) pada peta tersebut (Posamentier, 1998).

Realisasi model fasies geostatistik 3D diawali dengan pemodelan struktur dengan menggunakan peta struktur kedalaman yang dilanjutkan dengan *pillar gridding*, pembuatan *horizone* dan *layering*, *scale-up log*, dan analisis data yang dilakukan dengan menggunakan variogram untuk identifikasi arah serta *range* penyebaran data yang memiliki keterkaitan, baik vertikal maupun

horizontal pada daerah penelitian (Ruzi, 2008)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Litofasies

Analisis litofasies dilakukan dengan menggunakan data batuan inti dari sumur MC-2. Dari hasil pengamatan dan deskripsi pada sumur MC – 2 didapatkan 5 Litofasies.

F1 (*Shell fragment sandstone*) dicirikan dengan batupasir berwarna coklat dengan ukuran butir halus. Terdapat fragmen cangkang fosil dan mineral kuarsa dan intensitas bioturbasi sangat kecil. F2 (*Structureless very fine sandstone*) dicirikan oleh batupasir berwarna coklat kekuningan dengan ukuran butir sangat halus dan intensitas bioturbasi sangat kecil. Terdapat fragmen fosil seperti moluska dan bivalve. F3 (*Structureless fine sandstone*) dicirikan dengan batupasir berwarna abu-abu terang dengan ukuran butir pasir halus, memiliki sedikit fragmen fosil, dan terdapat *clay clast* pada bagian dasar batuan. F4 (*Laminated siltstone*) dicirikan dengan batulanau berwarna abu – abu, berukuran butir lanau hingga lempung. Struktur sedimen yang ditemukan yaitu laminasi. F5 (*Bioturbated Siltstone*) dicirikan dengan batulempung berwarna abu – abu terang. Pada batuan ini tersebar fragmen moluska. Intensitas bioturbasi cukup tinggi berupa *Teichichnus* dan *Planolites*.

Dari analisis litofasies yang dilakukan, fasies tersebut dibagi menjadi tiga kelompok asosiasi fasies yaitu AF-1 (*tidal dominated lower*

shoreface) yang terdiri dari F4 termasuk kedalam *embryonic stage* , AF-2 (*tidal dominated upper shoreface*) yang terdiri dari F1 dan F2 termasuk kedalam *accretion stage*, serta AF-3 (*transgressive lower shoreface*) yang terdiri dari F3 dan F5 termasuk kedalam *abandonment stage*. Dalam melakukan interpretasi asosiasi fasies ini merujuk pada Lopez (2016) dan Gilang dkk., (2017).

4.2 Analisis Elektrofases

Analisis elektrofases dilakukan untuk mengetahui lingkungan penendapan sedimen berdasarkan rekaman log *gamma ray*.

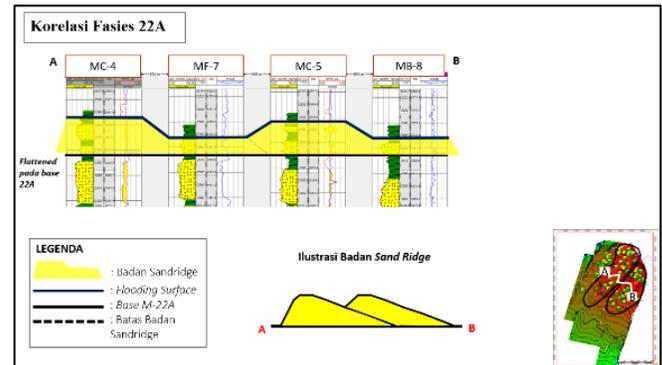
Dalam melakukan interpretasi elektrofases merujuk pada model respon pola log *gamma ray* yang dikemukakan oleh Kendall (2003). Berdasarkan hasil analisis terdapat 3 pola yang berkembang pada daerah penelitian yaitu *cylindrical shaped*, *funnel shaped*, dan *bell shaped*.

Dari analisis ini, dapat diinterpretasikan bahwa *funnel shaped* yang diasosiasikan sebagai fase embrionik pada endapan *sand ridge* berhubungan dengan peristiwa *normal regression* sebagai fase awal transgresi. Kemudian, dilanjutkan dengan *funnel shaped* yang berasosiasi dengan tahap akresi pada endapan *sand ridge* yang mana motif log ini berhubungan dengan peristiwa *forced regression* pada proses pembentukan *sand ridge* dan *bell shaped* yang berasosiasi dengan *abandonment stage* yang berhubungan dengan peristiwa transgresi dari endapan *sand ridge*.

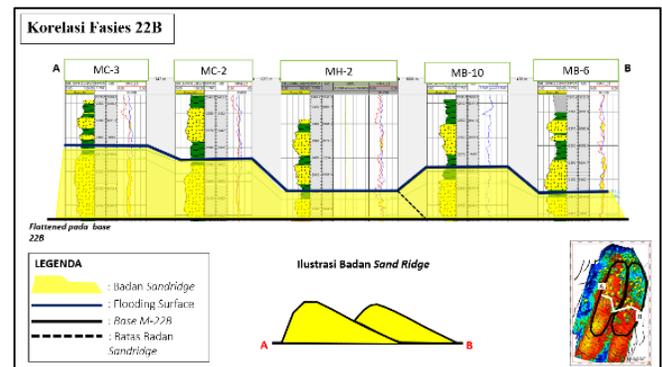
4.3 Korelasi Kronostratigrafi

Korelasi kronostratigrafi merupakan korelasi yang dilakukan dengan menghubungkan satuan – satuan stratigrafi yang memiliki kesamaan waktu pembentukan berdasarkan bidang – bidang kronostratigrafi atau bidang kesamaan waktu. Berdasarkan konsep sikuen stratigrafi, marker yang digunakan dalam melakukan korelasi menunjukkan suatu kesamaan waktu pengendapan batuan sedimen (kronostratigrafi), salah satunya adalah *Flooding Surface* yang dicirikan dengan adanya perubahan fasies menjadi lebih dalam dengan dominasi litologi berupa *shale* dengan bioturbasi yang semakin meningkat.

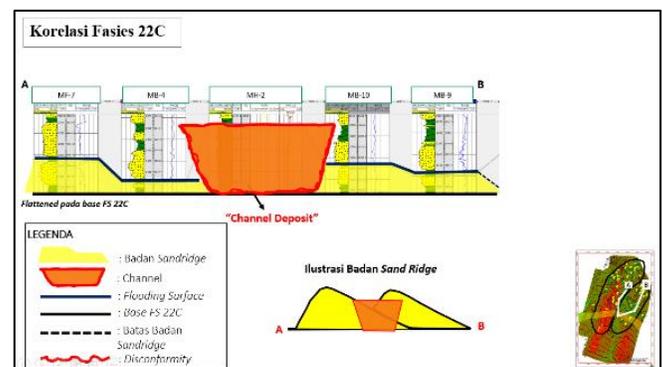
Dari korelasi kronostratigrafi yang dilakukan pada penelitian ini, ditemukan tiga interval pada daerah penelitian, yaitu interval 22A, 22B, dan 22C. kemudian, setelah dilakukan korelasi pada ketiga interval tersebut, diketahui bahwa pada daerah penelitian terdapat dua badan *sand ridge* yang berkembang dengan distribusi *leading* dan *trailing edge* yang relative berarah barat laut – tenggara (Gambar 3 dan 4). Pada interval 22C juga ditemukan endapan *channel* yang ditandai dengan adanya *blocky pattern* pada log yang memotong badan *sand ridge* (Gambar 5).



Gambar 3. Korelasi Kronostratigrafi pada interval 22A



Gambar 4. Korelasi Kronostratigrafi pada interval 22B



Gambar 5. Korelasi Kronostratigrafi pada interval 22C

4.4 Interpretasi *Amplitude Map*

Amplitude map yang digunakan pada penelitian ini termasuk kedalam data sekunder yang telah disediakan yang dilanjutkan dengan interpretasi terhadap peta tersebut.

Dalam interpretasi *amplitude map* menggunakan konsep anomali *pattern* berdasarkan Posamentier (1998). Pola dari anomali *amplitude map* ini yaitu *patch pattern*. *Patch* menunjukkan bahwa terdapat sandwaves yang berkembang di daerah penelitian. Selain itu, asumsi *bright spot* yang terdapat pada *amplitude map* juga digunakan. *Bright Spot* ini merupakan asumsi sederhana yang dapat diinterpretasikan bahwa daerah tersebut memiliki asosiasi dengan batuan yang bersifat porous.

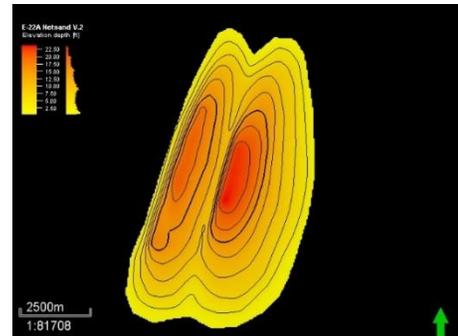
4.5 Pembuatan *Pie Chart Map*

Rasio ketebalan batupasir dan *shale* didapatkan setelah dilakukannya korelasi antar sumur yang ada pada daerah penelitian. *Marker* yang diperoleh dari hasil korelasi fasies dapat diekstrak menjadi peta distribusi fasies dalam suatu peta geometri ketebalan reservoir. Pembuatan *pie chart map* dilakukan untuk mengetahui rasio ketebalan daerah penelitian yang kemudian akan mendukung pembuatan *net sand map*.

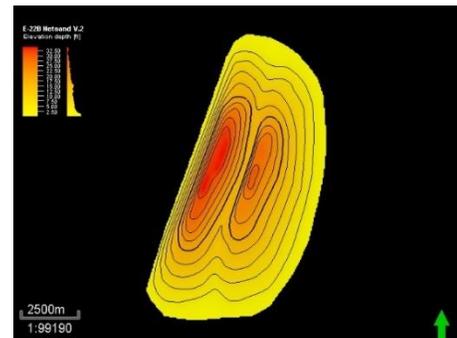
4.6 Pembuatan *Net Sand Map*

Net sand map yang dibuat merupakan peta isopach yang dalam pembuatannya menggunakan ketebalan batupasir bersih (*Clean Sand*) dalam ketebalan stratigrafi yang sebenarnya serta dinyatakan

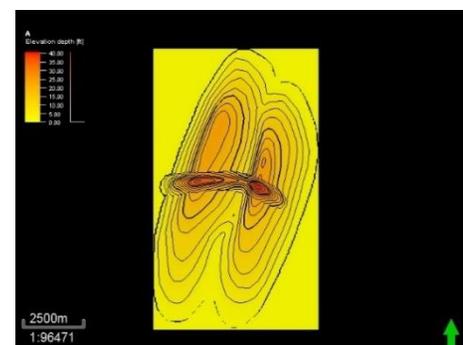
dalam garis kontur yang menunjukkan ketebalannya. Pembuatan *net sand map* digunakan untuk tahapan selanjutnya dalam realisasi model fasies 3D (Gambar 6,7 dan 8).



Gambar 6. *Net Sand Map* pada Interval 22-A



Gambar 7. *Net Sand Map* pada Interval 22-B



Gambar 8. *Net Sand Map* pada Interval 22-C

4.7 Realisasi Model Fasies 3D

Pemodelan fasies dibagi menjadi dua tahap utama yaitu pemodelan struktur tiga dimensi dan pemodelan fasies. Pemodelan struktur tiga dimensi merupakan proses pembuatan kerangka geometri model geologi bawah permukaan pada interval reservoir secara tiga dimensi. Proses pemodelan dilakukan dalam beberapa tahap yaitu pemodelan sesar, *pillar gridding*, dan pembuatan *horizon*.

Setelah dilakukan pemodelan struktur tiga dimensi, dilanjutkan dengan pemodelan fasies. Proses pemodelan fasies dilakukan dalam beberapa tahap yaitu, *layering*, *Up-scaling well*, dan analisis data.

- **Pemodelan Struktur**

Pemodelan struktur atau sesar yaitu memodelkan sesar hasil interpretasi dalam bentuk pilar – pilar yang mana pilar tersebut merupakan permukaan sesar dalam model tiga dimensi.

- ***Pillar Gridding***

Pillar Gridding adalah proses pembuatan *grid* (kotak) secara lateral pada model yang dibuat dengan batas lateral poligon daerah penelitian dan batas vertikal interval permukaan sesar.

- **Pemodelan *Horizon***

Dari data peta struktur kedalaman atau *depth structural map* yang ada dan juga sesar – sesar yang telah di *pick* dalam bentuk tiga dimensi, kedua data di integrasikan dalam proses pembuatan *horizon*. Pembuatan *horizon* ini menghasilkan bentuk tiga dimensi dari peta struktur kedalaman yang sudah dipengaruhi oleh sesar -

sesar yang berkembang di daerah penelitian

- ***Layering***

Layering merupakan proses pembuatan sel secara vertikal pada interval reservoir yang telah dibatasi oleh *horizon*. Penentuan jumlah layer yang tepat akan menghasilkan *upscaled log* yang meyerupai log asli.

- ***Up-Scaling Well Log***

Menurut Ruzi (2008), *up – scaling well* data dilakukan untuk mengubah data yang diperoleh dari hasil analisa dan interpretasi sumur. Hasil analisa yang dimaksud dapat berupa data *continuous* atau *discrete* dalam model *grid*. Elektrofases yang diperoleh dari analisa sebelumnya pada masing – masing sumur akan dimasukkan menjadi nilai *grid sel* untuk masing – masing *layer* yang telah di definisikan. Setiap *sel* memiliki nilai tunggal untuk setiap variabel.

Dalam pemodelan ini terdapat prinsip *support effect* yang harus dipenuhi, maka nilai variabel data di *up scale* terlebih dahulu agar sesuai dengan dimensi *grid*. Metode yang digunakan pada proses *up – scaling well* data dalam penelitian ini yaitu *most of* untuk fasies.

- **Analisis Data**

Pada penelitian ini variogram dipilih sebagai metode berdasarkan konsep bahwa distribusi persebaran batupasir dikontrol asosiasi fasies dari interval reservoir. Beberapa aspek penting dalam penentuan variogram

yaitu penentuan arah utama (*Major Direction*), arah minor (*Minor Direction*), dan arah vertikal (*Vertical Direction*). *Major direction* ditentukan melalui analisis geometri reservoir sesuai dengan arah persebaran fasiesnya yaitu relatif timur laut – barat daya. *Minor Direction* merupakan arah tegak lurus dari arah utama yang dipengaruhi oleh lebar fasies. *Vertical Direction* merupakan kontrol dari ketebalan fasies (Ruzi, 2008). Selain itu, yang perlu diperhatikan adalah *nugget*, *sill*, dan *range*.

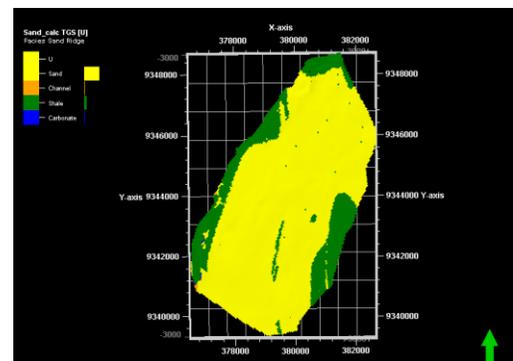
- **Pemodelan Fasies Sand Ridge Geostatistik**

Pemodelan fasies untuk pembuatan model 3D sangat diperlukan untuk mempermudah proses simulasi. Dari sekian banyak algoritma yang dapat digunakan dalam pemodelan fasies, pada penelitian kali ini pemodelan distribusi fasies menggunakan metode *Truncated Gaussian Simulation (TGS)* yang merupakan metode dalam pemodelan distribusi fasies yang menggunakan pembobotan berdasarkan interpretasi elektrofasis *well log* dalam memperkirakan distribusi fasies batupasir. Hal ini sangat berkaitan dengan simulasi sikuensial yang menggunakan pembobotan berdasarkan geostatistik. Geostatistik digunakan secara luas untuk membuat model kuantitatif reservoir dalam skala lapangan berdasarkan data geologi.

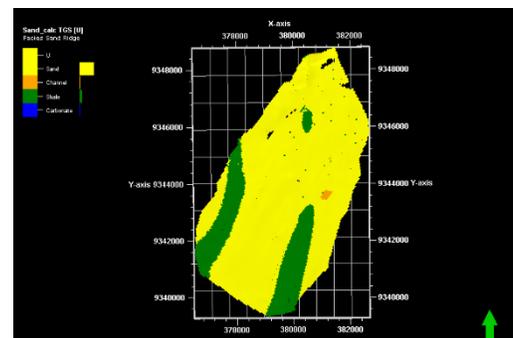
Geostatistik akan menghasilkan nilai yang mana nilai tersebut sangat bergantung dari hasil *up – scalling*

well log data dan penentuan variogram. Oleh karena itu, sebelum dilakukannya pembuatan model fasies, terlebih dahulu perlu dilakukannya analisis data untuk menentukan pola penyebaran data dengan menggunakan variogram.

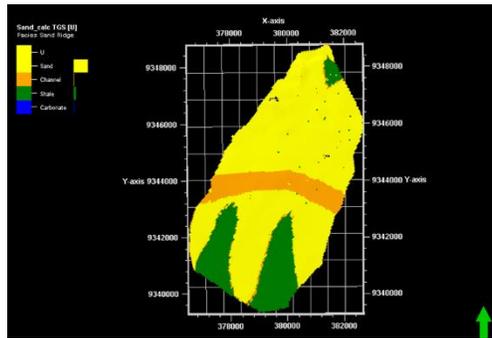
Dari pemodelan serta *net sand map* yang telah di buat sebelumnya dapat diketahui bahwa geometri dari *sand ridge* pada daerah penelitian memanjang dengan arah relative timur laut – barat daya dan diperoleh model fasies *sand ridge* 3D (Gambar 9, 10, dan 11).



Gambar 9. Model Fasies Sand Ridge Geostatistik 3D pada Interval 22A



Gambar 10. Model Fasies Sand Ridge Geostatistik 3D pada Interval 22B



Gambar 11. Model Fasies Sand Ridge Geostatistik 3D pada Interval 22C

KESIMPULAN

- Daerah penelitian diendapkan pada lingkungan *Transgressive Tidal* dengan asosiasi fasies berupa *Tidal Dominated Lower Shoreface* sebagai *embryonic stage*, *Tidal Dominated Upper Shoreface* sebagai *accretion stage*, dan *Transgressive Lower Shoreface* sebagai *abandonment stage* dari endapan *sand ridge*.
- Korelasi sumur yang dilakukan dengan dengan mem-*flattening*-kan base reservoir 22-A, 22-B dan 22-C dapat menunjukkan bahwa terdapat dua badan *sand ridge* yang berkembang di daerah penelitian. Kedua badan *sand ridge* yang terlihat pada korelasi menunjukkan bahwa distribusi *leading* dan *trailing edge* memiliki arah barat laut – tenggara.
- Berdasarkan tahapan pemodelan fasies 3D yang dilakukan, kedua badan *sand ridge* memiliki arah geometri yang memanjang dengan arah timur laut – barat daya yang

didominasi oleh persebaran fasies batupasir pada setiap intervalnya berdasarkan hasil analisa data geostatistik menggunakan metode *Truncated Gaussian Simulation* (TGS). Persebaran fasies batupasir pada interval 22 – A sebesar 82.89%, interval 22 – B sebesar 91.57%, dan interval – 22C sebesar 76.86%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Ildrem Syafri, DEA dan Bapak Reza Mohammad Ganjar Gani, ST., MT. selaku dosen pembimbing penulis yang telah membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini. Tak lupa penulis haturkan terimakasih pula kepada Kang Asep Ginanjar, S.T., M.T. selaku pembimbing teknis yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian di PT. Pertamina Hulu Energi *Offshore Northwest Java*. Selain itu, Penulis ucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadran beserta jajarannya.

DAFTAR PUSTAKA

Bishop, Michele. 2000. *Petroleum Systems of The Northwest Java Provinence, Java and Offshore Southeast Sumatra, Indonesia*. Colorado: USGS.

- Ginanjari, A., Setiawan, P.K.D., Wasonoaji, A., dan Syuhada, P. 2019. *Designing New Workflow for Sand Ridge Geocellular Model, Case Study from DXE Structure, Upper Cibulakan Formation, Offshore Northwest Java*. JOINT CONVENTION YOGYAKARTA 2019, HAGI – IAGI – IAFMI- IATMI (JCY 2019).
- Lopez, Julio Leva. 2016. *Architecture and recognition criteria of ancient shelf ridges; an example from Campanian Almond Formation in Hanna Basin, USA*.
- Posamentier. 1998. *Stratigraphic Analysis of The Main Member of The Upper Cibulakan Formation at E Field, Offshore Northwest Java, Indonesia*. IPA, 2006 - 26th Annual Convention Proceedings, 1998.
- Ramadhan, G.C., Setiawati, Y.D., Ginanjari, A., Setiawan, P.K.D., and Syuhada, P.I. 2017. *Sub-Facies Coding of Single Sand Ridge Facies: A New Approach to Interpret Detailed Sand Ridge Reservoirs*. Indonesian Association of Geologists, JCM Proceeding, 125-132.
- Ruzi, Fadhli. 2008. *Pemodelan dan Karakterisasi Reservoir Batupasir 1950' dan 2110' Formasi Bekasap menggunakan Metoda Geostatistik di Lapangan Rahma dan Nala, Cekungan Sumatera Tengah*. Thesis. Universitas Indonesia
- Setiawan, P.K.D., Amrizal., Syuhada, P., dan Noeradi, D. 2019. *Depositional Stages of Tidal Shelf Sand Ridge Deposit and Its Implication for Upper Cibulakan Sandstone Reservoir Geometry and Characteristic at Echo Field, North West Java Basin*. JOINT CONVENTION YOGYAKARTA 2019, HAGI – IAGI – IAFMI- IATMI (JCY 2019).