

GEOLOGI DAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN SERTA GEOMETRI LAPISAN BATUPASIR X FORMASI BEKASAP LAPANGAN TMY CEKUNGAN SUMATRA TENGAH BERDASARKAN SIKUEN STRATIGRAFI

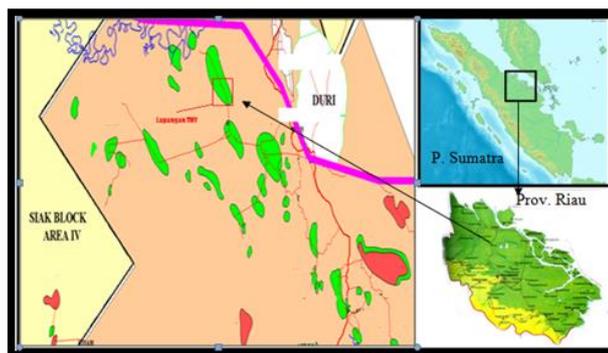
M. Oktomy Yudhianto, Sugeng Widada, Pontjomojono
Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104, Condong Catur 55283, Yogyakarta, Indonesia
Fax/Phone: 0274-487816; 0274-486403

SARI - Objek penelitian adalah Lapangan TMY yang merupakan salah satu daerah operasi PT. Chevron Pasific Indonesia, yang terletak di bagian timur Cekungan Sumatra Tengah. Wilayah operasi ini berjarak kurang lebih 140 km ke arah barat laut dari kota Pekanbaru, Ibukota Provinsi Riau. Tataan stratigrafi Lapangan TMY dari tua ke muda tersusun atas Kelompok Pematang, Formasi Menggala, Formasi Bangko, Formasi Bekasap, Formasi Duri, dan Formasi Telisa. Lapangan TMY terdiri dari 6 sikuen. Lapisan batupasir X termasuk pada HST-4. Lapisan batupasir X terdiri dari tiga asosiasi fasies, yaitu yang pertama terdiri dari litofasies *wavy lamination* (F1), *cross Lamination*, *bioturbated F-VF sandstone* (F2), *bioturbated M-VF sandstone* (F3) yang membentuk sebuah asosiasi fasies *tidal sand bar* dan asosiasi fasies kedua yaitu *tidal channel* yang berbeda fasies secara lateral dengan *tidal sand bar*. Lapisan batupasir X dibagi menjadi dua geometri reservoir yang berbeda pada satu zona reservoir, yaitu geometri "channel" (*tidal channel*) dan geometri "bar" (*tidal bar*). Analisis kualitas reservoir berdasarkan penyebaran *Vshale* rata-rata dan porositas efektif rata-rata pada masing-masing asosiasi fasies pengendapan, dan menunjukkan bahwa batupasir yang diendapkan pada *tidal channel* memiliki kualitas reservoir yang relatif lebih baik dan konsisten terhadap geometrinya dibandingkan batupasir yang diendapkan pada *tidal sand bar*, hal ini dipengaruhi secara langsung oleh perbedaan kondisi lingkungan dan energi pada saat pengendapan pada masing-masing asosiasi fasies.

Kata-kata kunci : *wavy lamination*, *cross lamination*, *bioturbated F-VF sandstone*, *bioturbated M-VF sandstone*, *fasies tidal sand bar*, *channel*, *tidal channel*, *Vshale*

PENDAHULUAN

Lapangan TMY terletak di Cekungan Sumatra Tengah, yang merupakan cekungan hidrokarbon penghasil minyak bumi terbesar di Indonesia (**Gambar 1**). Kelompok Sihapas merupakan tempat terdapatnya reservoir utama pada Cekungan Sumatra tengah. Formasi Bekasap adalah salah satu formasi yang terdapat pada Kelompok Sihapas yang merupakan reservoir utama pada Kelompok ini.

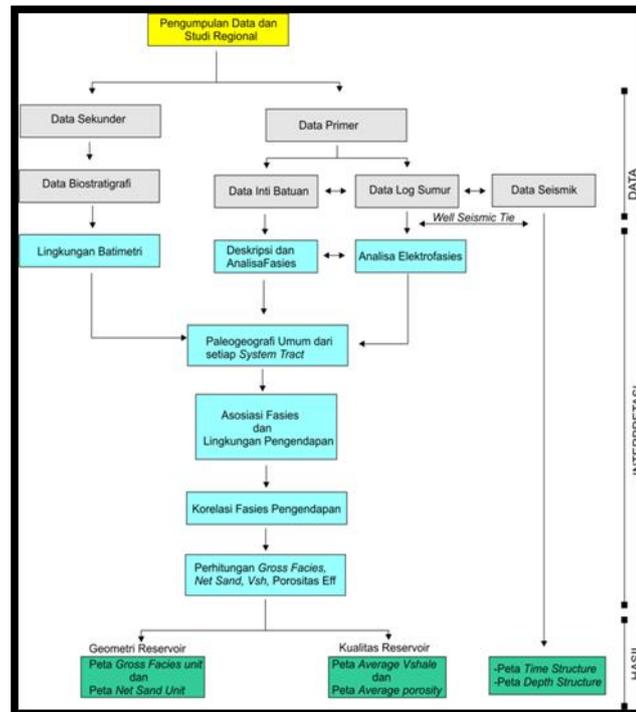


Gambar 1. Lokasi daerah penelitian

Lapisan batupasir X Formasi Bekasap diidentifikasi masih belum optimal. Berdasarkan potensi pengembangan di masa yang akan datang pada batupasir X Formasi Bekasap, dibutuhkan redefinisi reservoir serta pemahaman mengenai kondisi geologi yang realistis dari reservoir, berupa geometri, distribusi, dan kualitas reservoir agar dapat memberikan panduan bagi tahap pengembangan selanjutnya. Hal ini dilakukan untuk lebih memahami proses-proses sedimentasi suatu fasies pengendapan, yang kemudian menjadi acuan dalam korelasi dengan data log sumur bawah permukaan dan dianalisis dengan menggunakan pendekatan sikuen stratigrafi.

METODE PENELITIAN

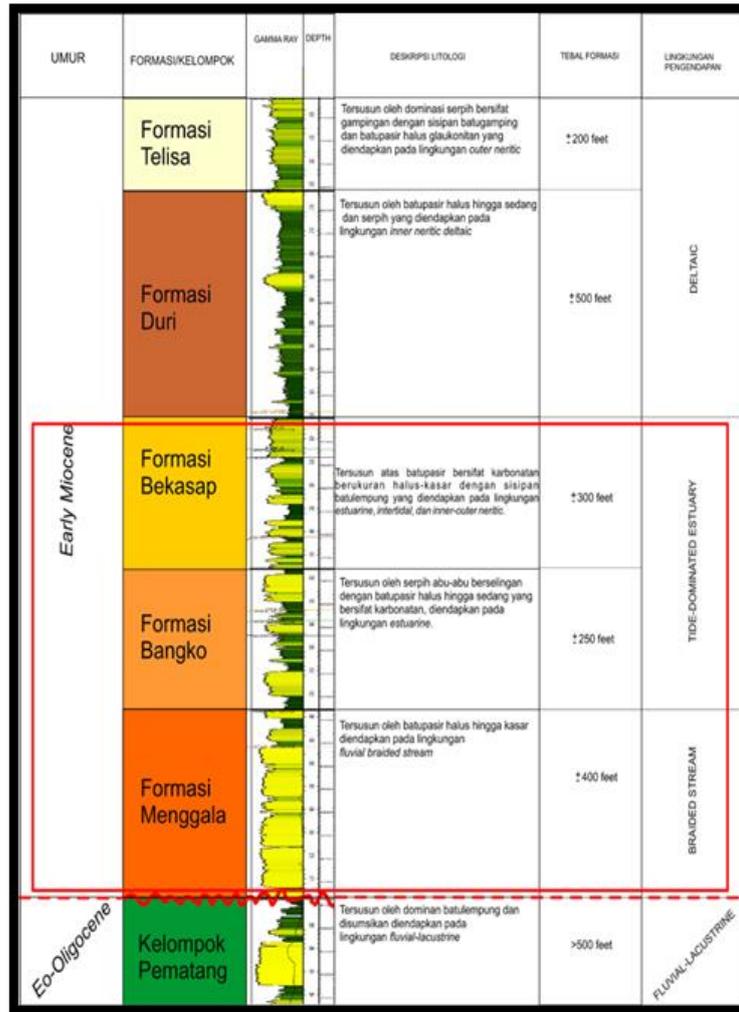
Metode yang digunakan adalah pemetaan distribusi reservoir secara vertikal dan lateral dengan mengintegrasikan data log sumur dan data inti batuan dengan pendekatan sikuen stratigrafi. Untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan, maka dilakukan empat tahap utama dalam penelitian ini, meliputi tahap pendahuluan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan dan analisis data (**Gambar 2**).



Gambar 2. Diagram alir penelitian

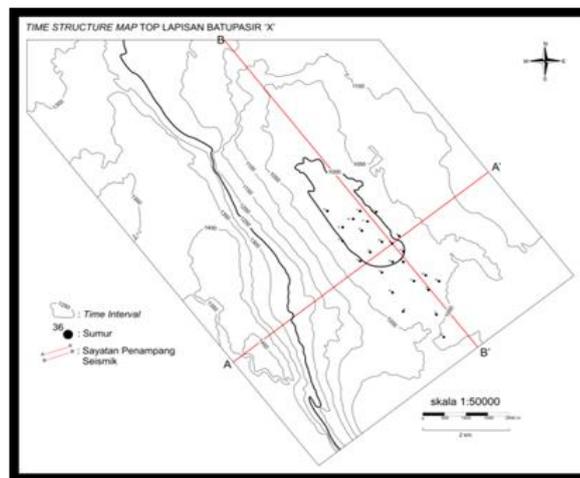
GEOLOGI DAERAH TELITIAN

Tatanan stratigrafi Lapangan TMY tersusun atas Kelompok Pematang, Formasi Menggala, Formasi Bangko, Formasi Bekasap, Formasi Duri, dan Formasi Telisa (**Gambar 3**). Pembahasan mengenai stratigrafi lokal pada Lapangan TMY didasarkan dari hasil pengamatan data *wireline log* dan batuan inti pada sumur P-01 yang menjadi sumur kunci di dalam penelitian ini. Namun sumur P-01 memiliki keterbatasan pada *log gamma ray*, yang mana log ini sebagai acuan untuk penentuan litologi. Dengan demikian data batuan inti yang terdapat pada sumur OAS-1 diproyeksikan ke sumur sekitar yang memiliki *log gamma ray* mencakup seluruh daerah telitian. Sumur P-75 yang berjarak 1,5 kilometer dari P-01 menjadi sumur yang digunakan untuk mencerminkan stratigrafi daerah telitian. Berdasarkan pengamatan dari data sumur dan batuan inti tersebut diketahui bahwa Kelompok Pematang yang merupakan kelompok tertua dari daerah telitian yang diendapkan pada Lingkungan *fluvial-lacustrine* dan secara tidak selaras di atasnya diendapkan Formasi Menggala yang diendapkan pada lingkungan *fluvial braided stream*. Sehingga litologi yang berkembang pada formasi ini adalah batupasir kerikilan sampai dengan batupasir berukuran sedang. Adapun ciri dari litologi penyusun formasi ini yaitu batupasir kerikilan berwarna abu-abu terang, butiran pasir berukuran kerikil sangat halus, menyudut tanggung, membundar tanggung, sortasi menengah-bagus, porositas sedang-buruk. Secara selaras di atas Formasi Menggala terendapkan Formasi Bangko yang terdiri dari batupasir dengan ukuran pasir sedang-sangat halus, bahkan terdapat sisipan batulanau dan batulempung, serta adanya aktifitas organisme yang mencerminkan bahwa sudah dipengaruhi oleh proses *marine*. Di atas Formasi Bangko diendapkan Formasi Bekasap secara selaras yang terdiri dari batupasir berukuran sedang sampai halus yang diendapkan pada lingkungan *estuarine*. Secara regional terjadi transgresif hingga puncaknya pada Formasi Telisa. Namun secara lokal ditemukan bahwa proses transgresif dan regresif mempengaruhi daerah telitian. Stratigrafi pada daerah telitian terbagi atas 6 sikuen pengendapan. Dari hasil interpretasi maka daerah telitian terendapkan pada lingkungan *braided fluvial – estuarine tide dominated*. Untuk penentuan umur dari formasi ini, penulis menggunakan data biostratigrafi yang telah dianalisis peneliti terdahulu. Data biostratigrafi ini yang berasal dari Lapangan TMY pada sumur P-75.



Gambar 3. Stratigrafi Lapangan TMY dengan kotak merah daerah fokus telitian

Struktur utama yang terdapat di Lapangan TMY berupa lipatan antiklin dengan arah BaratLaut-Tenggara (NW-SE) merupakan klosur utama pada Lapangan TMY yang terbentuk pada fase tektonik F3 (**Gambar 4**). Hal ini dibuktikan dengan menarik horison lapisan batupasir X pada penampang seismik yang telah diikat dengan data sumur dan melakukan korelasi struktur pada top lapisan batupasir X.



Gambar 4. Time structure map top Lapisan batupasir X

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis fasies pada penelitian ini dilakukan berdasarkan analisis data inti batuan (*core*) dan data log sumur. Pada tahap awal penelitian dilakukan analisis terhadap data inti batuan untuk mengetahui fasies, kemudian dilakukan kalibrasi dengan data log yang memiliki data inti batuan tersebut. Berdasarkan kalibrasi data tersebut maka dapat ditentukan fasies dan lingkungan pengendapan secara lebih tepat. Kemudian pola log sumur yang tidak memiliki data inti batuan dapat diinterpretasi melalui pola log sumur yang memiliki data inti batuan.

Core #1 Interval 3162-3183 ft

Core ini berada pada interval reservoir batupasir X. Berdasarkan deskripsi data inti batuan (*core*) interval kedalaman 3162-3183 ft (Gambar 5) ini terdiri atas litofasies *wavy lamination* (F1), *cross Lamination*, *bioturbated F-VF sandstone* (F2), *bioturbated M-VF sandstone* (F3) (Gambar 5).

Litofasies F1, F2, dan F3 menunjukkan bahwa fasies ini diendapkan pada energi yang relatif rendah yang ditandai dengan kehadiran bioturbasi yang cukup kuat. Dan kehadiran *struktur wavy* dan *crossbedding* mengindikasikan adanya ritme dari perubahan kuat arus saat pengendapan pada batuan ini serta membuktikan fasies ini dipengaruhi arus pasang surut. Dari kehadiran litofasies ini dapat diinterpretasikan membentuk sebuah asosiasi fasies *tidal sand bar*.

Berdasarkan kurva log GR fasies ini menunjukkan pola mengkasar keatas atau *funnel shape*, karakter log ini akan digunakan sebagai dasar pendekatan elektrofasis untuk menginterpretasi sumur-sumur yang tidak memiliki data batuaninti. Interpretasi fasies ini mengacu pada model lingkungan pengendapan Estuarin oleh Darlymple (1992) (Gambar 6).

Identifikasi Marker Sikuen Stratigrafi dari Biostratigrafi

Pada penelitian ini, analisis sikuen stratigrafi menggunakan data biostratigrafi yang telah diinterpretasi sebelumnya oleh PT. Chevron Pacific Indonesia meliputi analisis Foraminifera, dan Nannofosil. Dengan melakukan identifikasi bidang sikuen stratigrafi dari data biostratigrafi, ini dapat menguatkan interpretasi penentuan bidang sikuen stratigrafi dari *wireline log*. Interpretasi ini dilakukan pada sumur P-01 dan P-75 (Gambar 7 dan 8). Biostratigrafi dijadikan dasar dalam penentuan zonasi umur dan data tambahan dalam penentuan lingkungan pengendapan di Kelompok Sihapas. Hal ini membantu penulis untuk menentukan bidang sikuen pada daerah penelitian. Pada sumur P-75 dapat dilihat bidang MFS ditandai dengan fosil peniciri yaitu *C. abisectus* dan *T. carinatus* pada *inner neritic* pada kedalaman 3770ft.

Berdasarkan identifikasi sikuen stratigrafi pada log sumur sumur P-01 dan P-75, pada daerah telitian dapat dibagi menjadi 6 sikuen yaitu sikuen-1, sikuen-2, sikuen-3, sikuen-4, sikuen-5, dan sikuen-6.

Sikuen-1

Sikuen-1 setara dengan super sikuen karena batas bawah berupa batas log dan bagian atasnya oleh SB-1. Sikuen ini terdiri dari Kelompok Pematang yang diendapkan pada lingkungan *fluvial-lacustrine*.

Sikuen-2

Sikuen-2 dibatasi oleh SB-1 pada bagian bawah oleh SB-1 (top dari Kelompok Pematang) dan bagian atasnya oleh SB-2. Sikuen-2 ini terdiri dari LST-1, TST-1, dan HST-1.

Sikuen-3

Sikuen-3 dibatasi oleh SB-2 pada bagian bawah dan SB-3 pada bagian atasnya. Sikuen-3 ini terdiri dari TST-2 dan HST-2.

Sikuen-4

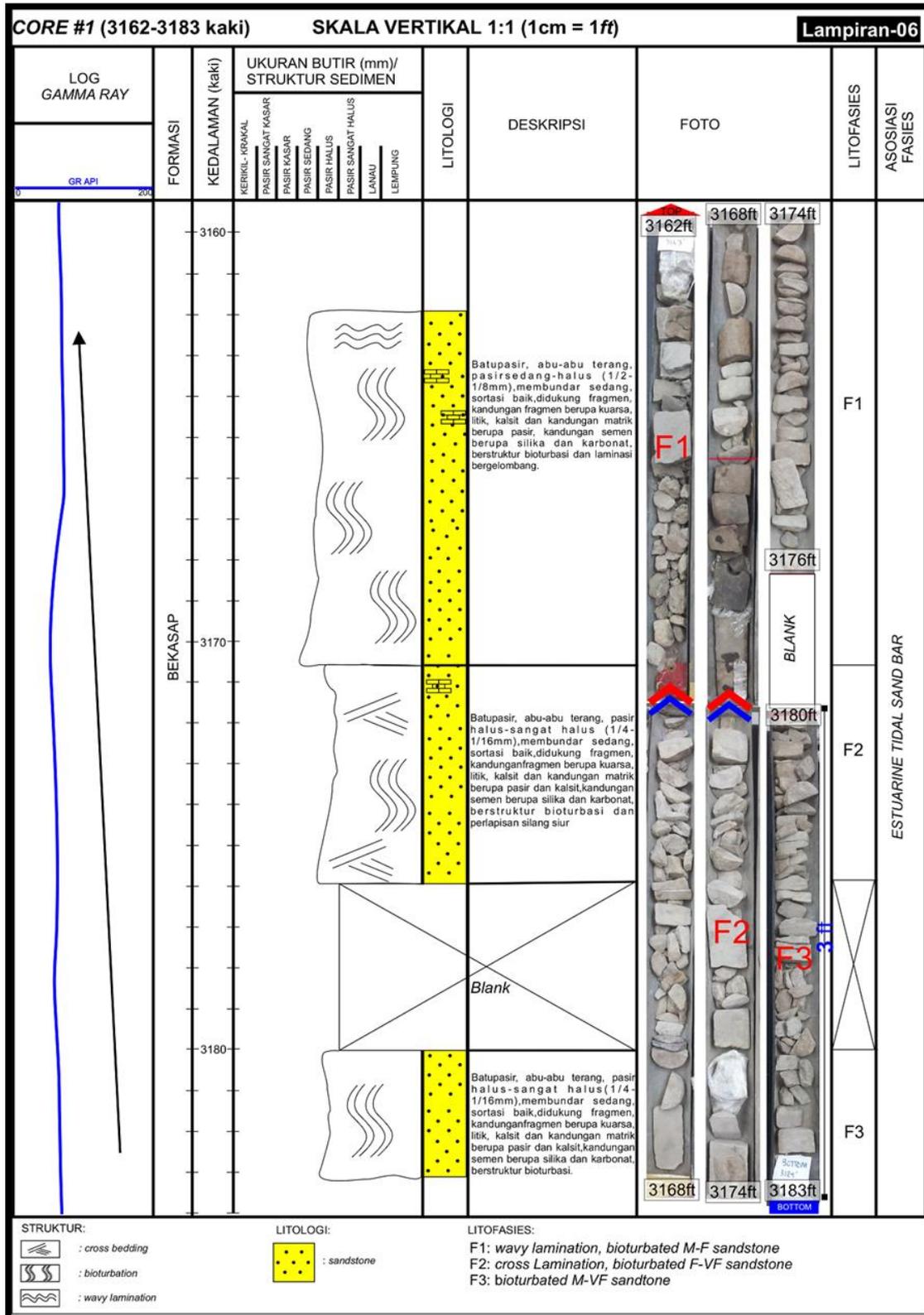
Sikuen-4 dibatasi oleh SB-3 pada bagian bawahnya dan SB-4 pada bagian atasnya. Sikuen-4 ini sama dengan sikuen sebelumnya yang terdiri dari dua *system tract* yakni TST-3 dan HST-3.

Sikuen-5

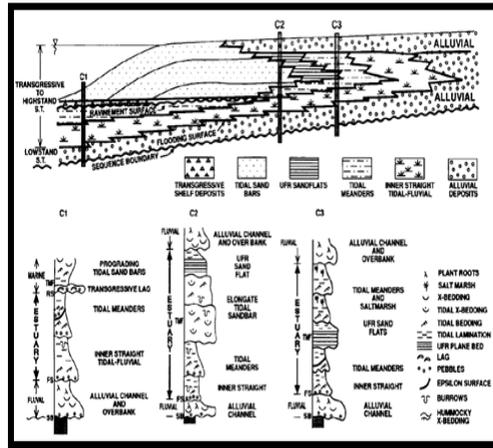
Sikuen-5 dibatasi oleh SB-4 pada bagian bawah dan SB-5 pada bagian atasnya. Sikuen ini terdiri dari TST-4 dan HST-4 yang termasuk dalam Formasi Bekasap.

Sikuen-6

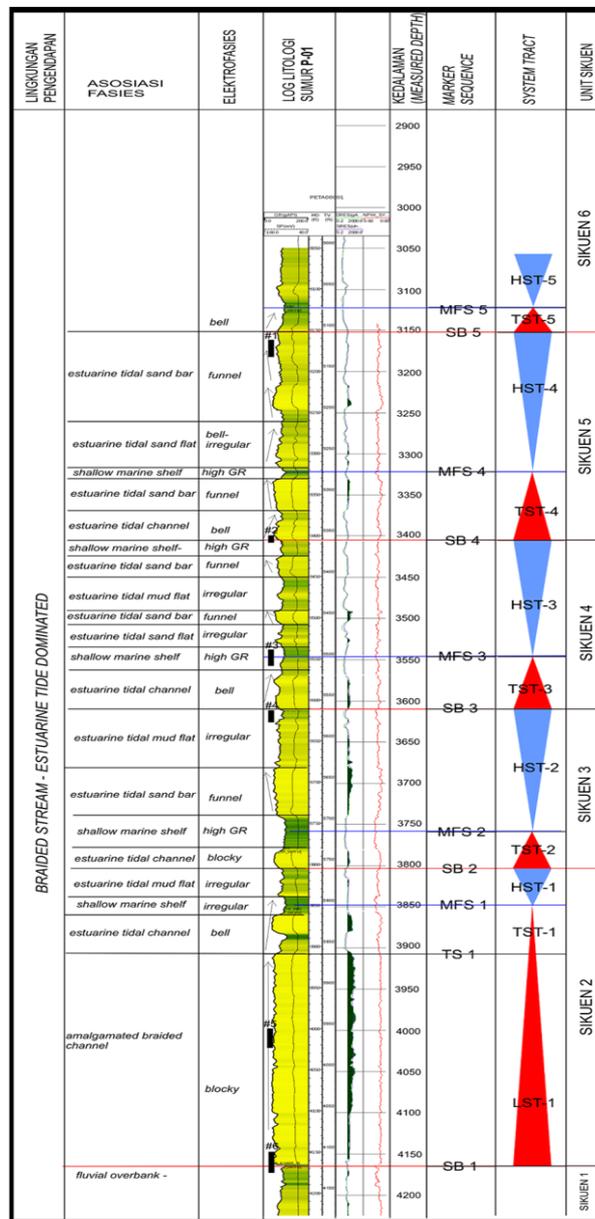
Sikuen-6 dibatasi oleh SB-5 pada bagian bawahnya dan pada bagian atasnya oleh SB-6. Pada sikuen ini terdiri dari TST-5.



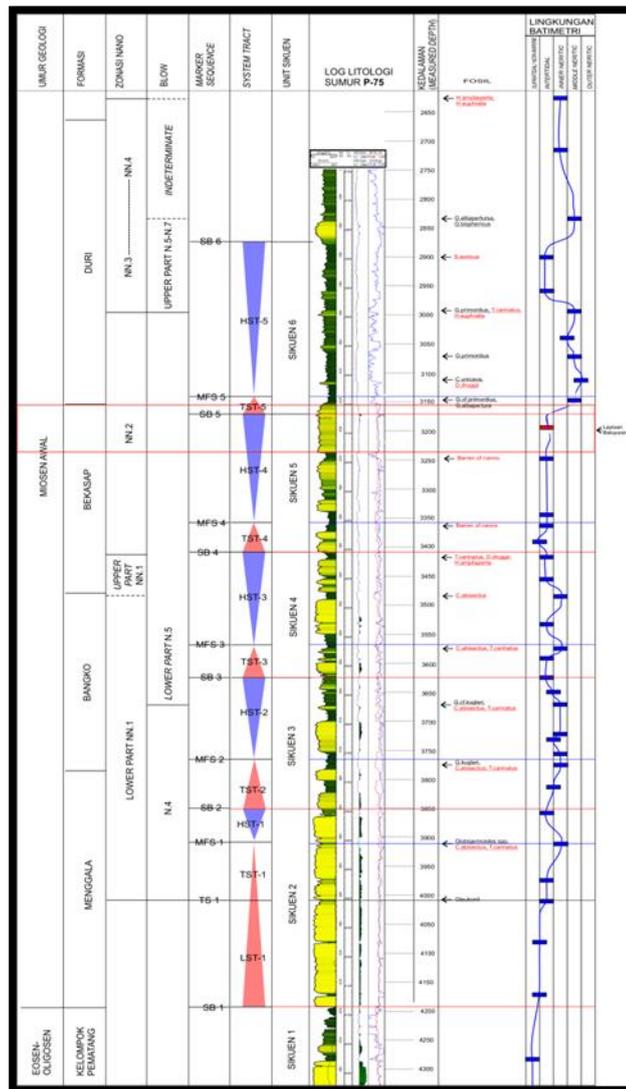
Gambar 5. Profil interval core #1 pada sumur P-01



Gambar 6. Model Lingkungan pengendapan Estuarin (Darlymple,1992)



Gambar 7. Interpretasi fasies, lingkungan pengendapan dan sikuen stratigrafi pada sumur P-01

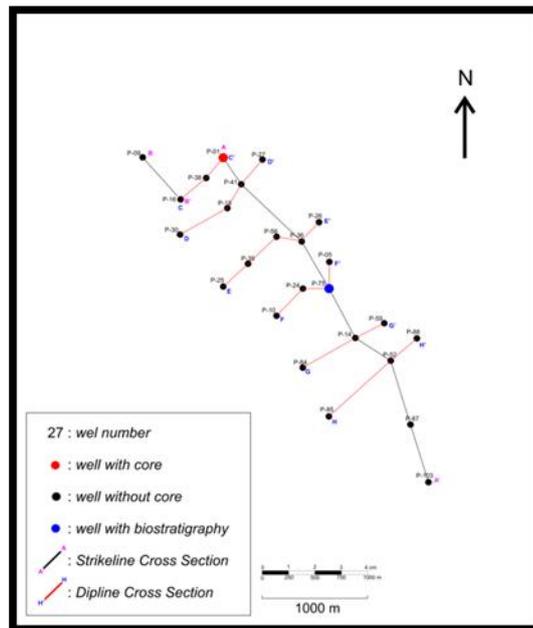


Gambar 8. Interpretasi sikuen stratigrafi menggunakan biostratigrafi pada sumur P-75

Korelasi Sumur

Korelasi dapat didefinisikan sebagai suatu metode untuk membedakan unit stratigrafi yang ekivalen dalam segi waktu, umur, dan posisi stratigrafi. Data yang digunakan untuk korelasi adalah data log sumur, berupa log *gamma ray* (GR), *resistivity* (DRES dan SRES), *neutron* (NPHI), dan *Density* (RHOB). Pada daerah penelitian, korelasi dilakukan dengan mengacu pada sumur P-75 dan P-01 karena sumur ini memiliki data batu inti yang telah dideskripsi oleh penulis dan data biostratigrafi yang telah dianalisis sebelumnya. Pada penelitian kali ini, dipilih delapan jalur korelasi yaitu enam jalur korelasi berarah Timur Laut-Barat Daya dan dua jalur korelasi berarah barat laut-tenggara (**Gambar 9**).

Jalur korelasi barat laut-tenggara contohnya pada jalur korelasi A-A' dapat memberikan gambaran bahwa pada lapisan batupasir X memiliki hubungan berbeda fasies secara lateral antara fasies *tidal sand bar* dan fasies *tidal channel*. Hal ini dibuktikan dengan interpretasi data core pada sumur P-01 yang menunjukkan bahwa reservoir batupasir X disusun oleh asosiasi fasies *tidal sand bar-1* dan setelah dicocokkan dengan pola elektrofases menunjukkan pola *funnel shape*/ bentuk corong dan dikorelasikan dengan sumur yang tidak memiliki data batuan inti seperti pada sumur P-41 dan P-36. Namun pada sumur P-75 terlihat pola elektrofases yang menunjukkan *blocky-bell shape*, pola elektrofases ini menunjukkan bahwa ada perbedaan fasies dari batupasir X secara lateral dan pola *blocky-bell shape* ini diinterpretasi sebagai *tidal channel* (Kendall, 2003). Pada sumur P-14, P-52, P-87, dan P-103 menunjukkan pola log *funnel shape* yg diinterpretasikan sebagai *tidal sand bar-2*. Pemetaan bawah permukaan merupakan proses membuat suatu permodelan bawah permukaan berdasarkan data-data geologi sehingga menghasilkan suatu peta kontur. Tujuan utama membuat peta ini adalah untuk melihat keadaan bawah permukaan suatu daerah interval secara lateral. Pemetaan bawah permukaan dalam penelitian ini menggunakan data log sumur.



Gambar 9. Peta lintasan korelasi daerah penelitian

Peta Gross Facies Unit

Peta geometri endapan menggambarkan penyebaran lateral batuan reservoir (**Gambar 10**). Peta endapan ini indentik dengan peta *gross interval reservoir*. Pembuatan peta geometri endapan dilakukan dengan cara mengelompokkan setiap sumur yang memiliki tipe endapan dan karakter log yang sama. Kemudian dilakukan perhitungan ketebalan *gross interval* pada setiap fasies di semua sumur yang ada. Nilai-nilai ketebalan di setiap sumur ini menjadi acuan untuk membuat kontur ketebalan. Pada tahap pemetaan *gross interval* ini dihasilkan tiga peta *gross facies unit*. Untuk geometri *estuarine tidal channel* dan *tidal sand bar* dipetakan dengan mengacu pada bentuk geometri *tide-dominated estuary* model oleh Dalrymple (1992).

Peta Net Sand Unit

Peta net reservoir menggambarkan penyebaran batupasir yang efektif yang berfungsi sebagai reservoir (**Gambar 11**). Peta *net sand unit* ini merupakan peta yang menghubungkan ketebalan batupasir yang sama. Peta ini menggambarkan penyebaran tubuh reservoir yang sebenarnya. Ketebalan *net sand* diperoleh dari *gross interval* yang memiliki nilai *Vshale* lebih kecil dari harga ambang (*cut-off*) sebesar 44%.

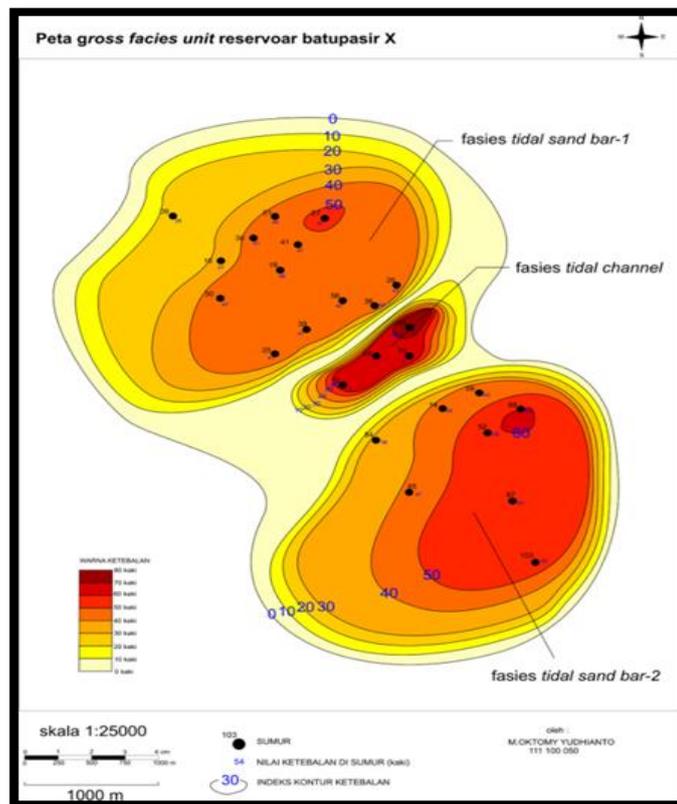
Peta Average Vshale

Nilai *Vshale* pada penelitian ini diperoleh dari data sumur berupa log GR dengan menggunakan rumus seperti yang tertera pada sub-bab 6.5. Nilai *vshale* yang dipetakan merupakan nilai *Vshale* rata-rata dari setiap fasies pengendapan yang mewakili nilai kandungan lempung dalam volume batuan pada reservoir (**Gambar 12**).

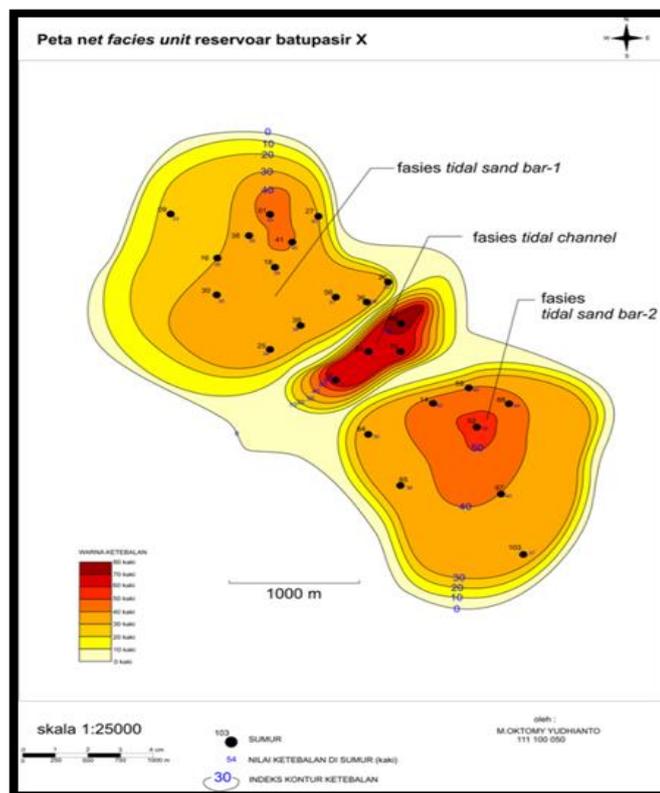
Perbedaan nilai *Vshale* pada geometri tidal channel ini menunjukkan adanya tingkat energi pada saat pengendapan sedimen. Nilai *Vshale* yang rendah yang rendah terletak pada bagian tengah *channel* dan nilai *Vshale* yang tinggi pada bagian tepi *channel*.

Pemetaan Average Effective Porosity

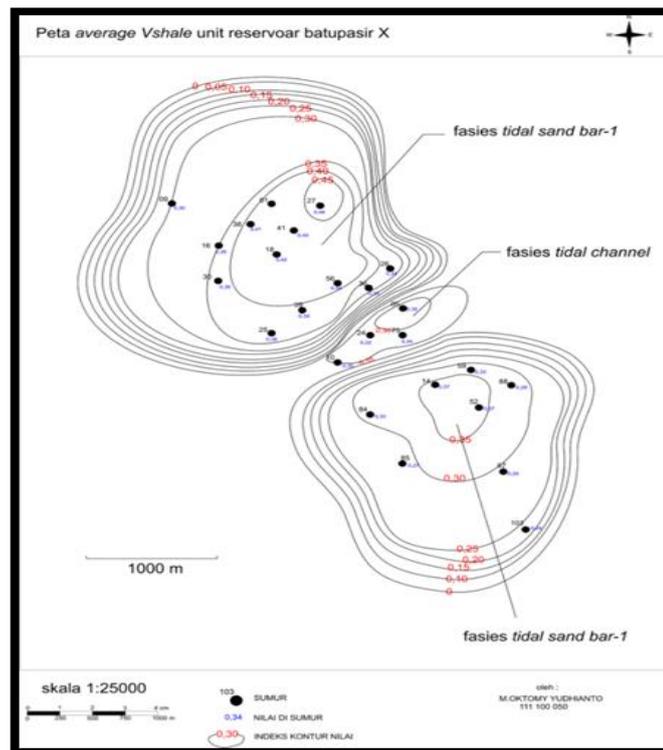
Analisis penyebaran porositas efektif diawali dengan perhitungan porositas efektif dari log sumur untuk mendapatkan porositas efektif secara vertikal dari interval net sand setiap fasies pada lapisan Batupasir X. Kemudian dirata-ratakan dari semua sumur yang ada dan selanjutnya dilakukan pemetaan nilai porositas efektif rata-rata dari setiap fasies pada lapisan Batupasir X di setiap sumur (**Gambar 13**).



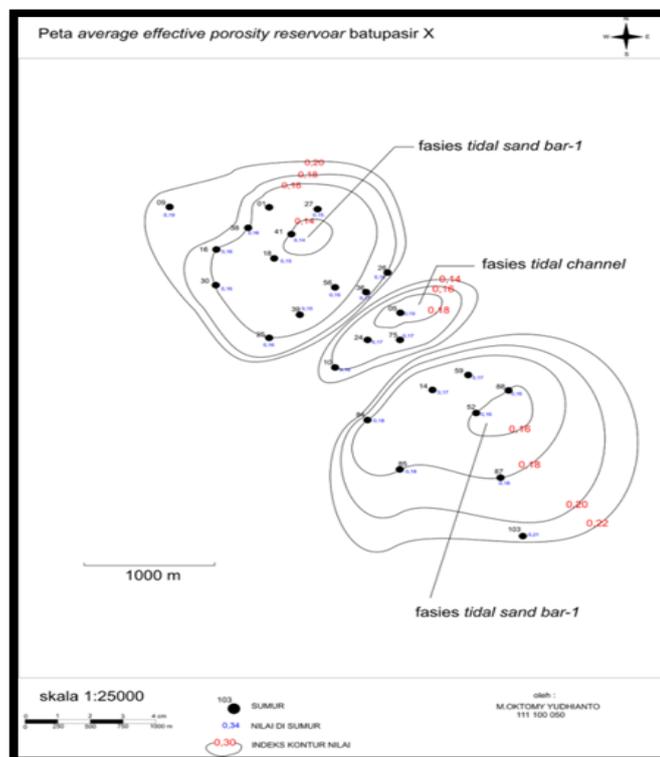
Gambar 10. Peta Gross Facies Unit reservoir batupasir X



Gambar 11. Peta *Net Facies Unit reservoir batupasir X*



Gambar 12. Peta *average Vshale unit reservoir batupasir X*



Gambar 13. Peta *Average Effective Porosity reservoir batupasir X*

KESIMPULAN

1. Secara umum litologi Lapangan TMY pada Kelompok Pematang yang berumur Eosen-Oligosen dan terdiri dari dominan batulempung yang diendapkan pada lingkungan *fluvial-lacustrine* dan selanjutnya pada Kelompok Sihapas yang berumur Miosen Awal yang diendapkan pada lingkungan *estuarine* dan terdiri dari batupasir halus hingga kasar, serpih abu-abu berselingan dengan batupasir halus hingga sedang yang bersifat karbonatan, kemudian kasar dengan sisipan lempung yang berifat karbonatan.
2. Struktur utama yang terdapat di Lapangan TMY berupa lipatan antiklin dengan arah BaratLaut-Tenggara (NW-SE) dan merupakan klosur utama pada lapangan TMY yang terbentuk pada fase tektonik F3 (fase kompresi).
3. Tatahan stratigrafi Lapangan TMY dari tua ke muda tersusun atas Kelompok Pematang, Formasi Menggala, Formasi Bangko, Formasi Bekasap, Formasi Duri, dan Formasi Telisa.
4. Lapangan TMY terdiri dari 6 sikuen yaitu sikuen-1 setara dengan supersikuen pada Kelompok Pematang, sikuen-2 (LST-1, TST-1, dan HST-1), sikuen-3 (TST-2 dan HST-2), sikuen-4 (TST-3 dan HST-3), sikuen-5 (TST-4 dan HST-4) dan sikuen-6 (TST-5 dan HST-5). Dan lapisan batupasir X termasuk pada HST-5
5. Lapisan batupasir X terdiri dari tiga asosiasi fasies, yaitu yang pertama terdiri dari litofasies *wavy lamination* (F1), *cross Lamination*, *bioturbated F-VF sandstone* (F2), *bioturbated M-VF sandstone* (F3) yang membentuk sebuah asosiasi *fasies tidal sand bar* dan asosiasi fasies kedua yaitu *tidal channel* yang berbeda fasies secara lateral dengan *tidal sand bar*.
6. Lapisan batupasir X dibagi menjadi dua geometri reservoir yang berbeda pada satu zona reservoir, yaitu geometri "channel" (*tidal channel*) dan geometri "bar" (*tidal bar*). Bentuk geometri dari masing-masing asosiasi fasies ini berkaitan erat dengan proses pengendapannya. Analisis kualitas reservoir berdasarkan penyebaran *Vsh* rata-rata dan porositas efektif rata-rata pada masing-masing asosiasi fasies pengendapan, menunjukkan bahwa batupasir yang diendapkan pada *tidal channel* memiliki kualitas reservoir yang relatif lebih baik ($Vsh=0,30$ dan $\Phi E=0,18$) dan konsisten terhadap geometrinya dibandingkan batupasir yang diendapkan pada *tidal sand bar* ($Vsh=0,45$ dan $\Phi E=0,14$), hal ini dipengaruhi secara langsung oleh perbedaan kondisi lingkungan dan energi pada saat pengendapan pada masing-masing asosiasi fasies.

DAFTAR PUSTAKA

- Asquith, G.B. and Gibson, C.R. 1982. *Basic Well Log Analysis for Geologist*, AAPG, Tulsa.
- Boggs, Sam, J.R., 2006. *Principles of Sedimentology and Stratigraphy (Fourth Edition)*. University of Oregon, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Dalrymple, R.W., Zaitlin, B.A., dan Boyd, R., 1992. Estuarine Facies Model: Conceptual Basis and Stratigraphic Implications, *Journal of Sedimentary Petrology* vol.62 no.6.: SEPM
- Emery, D. and K. J. Myers, 1996. *Sequence Stratigraphy*. BP Exploration, Stockley Park, Uxbridge, London.
- Nichols, Gary. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*, second edition. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester.
- Posamentier, H. W. and G. P. Allen, 1999. *Siliclastic Sequence Stratigraphy : Concepts and Applications*, Indonesian Sedimentologists Forum.
- Rider, Malcolm, 1996. *The Geological Interpretation of Well Logs*, Whittles Publishing, Scotland.
- Schlumberger, 1986. *Log Interpretation Charts*, Schlumberger Well Service, Jakarta.
- Tearpock, D.J and Bischke, R.E. 1991. *Applied Subsurface Geological Mapping*. Prentice-Hall:New Jersey.
- Walker, RG. James NP., 1992. *Facies Models Response to Sea Level Change*: Geological Assosiation of Canada.
- Walker, R. G. dan Henry W. Posamentier, 2006. *Facies Model Revisited*, Society for Sedimentary Geology, Tulsa, Oklahoma.
- Van Wagoner, J.C., Mitchum, R.M, dkk, 1990. *Siliclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs, Cores, and Outcrops*, USA, The America Association Of Petroleum Geologists.