

Analisis Penyebaran Properti Reservoir pada *Petrophysical Modelling* di Lokasi "X" Papua Barat dengan Metode Universal Kriging

Mohammad Hatta Rafsanjani, Heri Kuswanto, Sutikno

Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: sutikno@statistika.its.ac.id

Abstrak— Salah satu penelitian Upstream Technology Center (UTC) Direktorat hulu PT. Pertamina (Persero) adalah pada Lokasi "X" Papua Barat. Analisis Geologi pada penelitian di Lokasi "X" menerapkan metode Geostatistika pada *petrophysical modelling*. Penelitian ini mengaplikasikan metode Universal Kriging pada *Petrophysical Modelling*. Metode ini dapat memberikan analisis yang baik secara geologi karena interpolasi properti reservoir primer dilakukan dengan memasukkan trend jenis batuan (*facies*) sebagai kontrol sehingga penyebaran yang dilakukan memiliki interpretasi yang kuat secara geologi. Properti reservoir yang digunakan adalah porositas dan Net to Gross (NTG). Analisis semivariogram eksperimental dilakukan agar didapatkan semivariogram teoritis porositas dan NTG untuk masing-masing zona. Kesimpulan yang didapatkan adalah Zona 1A dan 1B merupakan target reservoir yang prospektif karena berdasarkan analisis statistika deskriptif dan universal kriging didapatkan hasil penyebaran porositas dan NTG tertinggi daripada lokasi zona yang lainnya.

Kata Kunci— NTG, Porositas, Semivariogram, Universal Kriging, Zona.

I. PENDAHULUAN

PERUSAHAAN minyak nasional atau biasa dikenal PT. Pertamina (Persero) dituntut untuk dapat menjamin ketersediaan energi dalam negeri sambil terus berusaha mencari keuntungan dalam setiap aktivitasnya. Menurut Rencana Jangka Panjang Perusahaan (RJPP) pada periode tahun 2011-2014 PT. Pertamina (Persero) dibebani target produksi minyak dan gas (migas) sebesar 703 ribu barrel per hari dan mempertahankan cadangan migas sebesar 2,01 juta barrel pada tahun 2015 [1]. Direktorat Hulu merupakan salah satu direktorat operasional PT. Pertamina (Persero) yang paling bertanggung jawab dalam memenuhi target tersebut.

Salah satu lokasi penelitian yang sedang dilaksanakan di *Upstream Technology Center* (UTC) Direktorat hulu PT. Pertamina (Persero) adalah Lokasi "X" yang terletak di Provinsi Papua Barat. Penelitian yang dilakukan pada lapangan ini meliputi analisa terpadu geologi atas data dan informasi yang didapat dari tiga sumur yang telah dilakukan pemboran serta analisa geofisika berdasarkan data seismik 2D tahun 1977 dan 1980.

Analisis Geologi pada penelitian di Lapangan Wiriagar menerapkan metode Geostatistika pada *petrophysical modelling*. *Petrophysical modelling* adalah analisis yang bertu-

juan untuk mendapatkan penyebaran properti reservoir pada area tertentu sehingga dapat diperkirakan lokasi yang memiliki reservoir terbanyak. Properti reservoir yang digunakan pada penelitian ini adalah porositas dan *Net to Gross*. Metode yang digunakan oleh UTC Direktorat hulu PT. Pertamina (Persero) adalah *Sequential Gaussian Simulation* yang merupakan teknik interpolasi nilai secara stokastik pada geostatistik. Penggunaan metode ini dikarenakan keterbatasan informasi mengenai metode geostatistik lainnya.

Penelitian ini mengaplikasikan metode *Universal Kriging* pada *Petrophysical Modelling*. Metode ini diperkirakan dapat memberikan analisa yang baik secara geologi karena interpolasi properti reservoir primer dilakukan dengan memasukkan *trend* jenis batuan (*facies*) sebagai kontrol dan memberikan pedoman terhadap properti reservoir sehingga penyebaran yang dilakukan memiliki interpretasi yang kuat secara geologi. Metode *Universal Kriging* cocok digunakan dalam studi kasus ini karena tersedianya informasi mengenai kecenderungan penyebaran *facies* tersebut. Penelitian menggunakan metode *Universal Kriging* pada kasus migas masih belum banyak dilakukan. Beberapa penelitian yang membahas *Universal Kriging* antara lain [2] yang membahas mengenai perbandingan metode *Universal Kriging* dengan *Land-use Regression* pada studi kasus konsentrasi mono-nitrogen oksida yang berpengaruh terhadap penyakit Atherosklerosis di Los Angeles, Amerika Serikat. Penelitian [3] membahas mengenai penggunaan metode *Universal Kriging* dan sejumlah semivariogram pada studi kasus permukaan air tanah di Bursa, Turki. Penelitian mengenai *Universal Kriging* juga dilakukan oleh [4] pada studi kasus sejumlah parameter arus lalu lintas di Texas, Amerika Serikat. Serta [5] menggunakan metode *Universal Kriging* untuk memprediksi porositas sebagai ukuran kandungan air tanah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan Munadi dalam Alfiana [6], suatu perangkat dasar geostatistika untuk visualisasi, pemodelan dan eksploitasi autokorelasi spasial variabel regionalisasi yang biasa dikenal sebagai semivariogram. Semivariogram digunakan untuk menentukan jarak dimana nilai-nilai data pengamatan menjadi tidak saling bergantung atau tidak ada korelasinya.

Semivariogram untuk *Universal Kriging* menggunakan sifat *intrinsic stationarity* dan dapat didefinisikan seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(u_i + h) - \mu(u_i + h) - z(u_i) + \mu(u_i)]^2 \quad (1)$$

dengan :

$\gamma(h)$ = Nilai semivariogram antara titik u_i dengan titik $u_i + h$

$z(u_i + h)$ = Nilai pengamatan di titik $u_i + h$

$z(u_i)$ = Nilai pengamatan di titik u_i

$\mu(u_i + h)$ = Nilai rata-rata di titik $u_i + h$

$\mu(u_i)$ = Nilai rata-rata di titik u_i

$N(h)$ = Banyaknya pasangan titik pada jarak h

Berdasarkan semivariogram eksperimental maka akan dicocokkan dengan model semivariogram teori dan pada umumnya model semivariogram teori yang digunakan adalah model linear. Beberapa contoh semivariogram eksperimental adalah model *spherical*, *exponential* dan *gaussian* [7]. Model *Spherical* ditunjukkan oleh persamaan sebagai berikut.

$$\gamma(h) = \begin{cases} C \left[1 - \left(\frac{3h}{2r} \right) - \left(\frac{h}{2r} \right)^3 \right]; h \leq r \\ C; h > r \end{cases}; h > r \quad (2)$$

Pada model *exponential* terjadi peningkatan dalam semivariogram yang sangat curam dan mencapai nilai *sill* secara asimtotik dan dirumuskan sebagai berikut.

$$\gamma(h) = C \left[\exp\left(-\frac{h}{r}\right) \right] \quad (3)$$

Model *gaussian* merupakan bentuk kuadrat dari eksponensial sehingga menghasilkan bentuk parabolik pada jarak yang dekat dan dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\gamma(h) = C \left[\exp\left(-\frac{h}{r}\right)^2 \right] \quad (4)$$

Nilai h adalah jarak lokasi antar sampel. *Sill* merupakan nilai semivariogram untuk jarak pada saat besarnya konstan dan dilambangkan dengan C . Nilai r yang biasa disebut *range* adalah yaitu jarak pada saat nilai semivariogram mencapai *sill*.

Perhitungan eksperimental semivariogram juga dipengaruhi oleh perbedaan arah yang disebut dengan *anisotropic*. Arah dari *anisotropic* diartikan sebagai derajat pergeseran dari sumbu utara sehingga arah ini dapat digunakan sebagai sumbu axis utama.

Kriging membutuhkan model spasial statistika yang biasa disebut semivariogram. Data *input* untuk metode ini diboboti berdasarkan model semivariogram, parameter yang diamati dan juga jumlah sampelnya. Semivariogram yang baik akan memberikan estimasi yang baik pula pada metode kriging. *Universal kriging* atau *kriging with trend* merupakan salah satu teknik linier *kriging* dan dapat dikatakan hampir sama dengan *ordinary kriging*. Hal yang membedakannya adalah nilai rata-rata populasi diasumsikan mengikuti *trend* linier berupa koordinat dari variabel sekunder [5]. Berikut adalah persamaan (5) yang menggambarkan hubungan tersebut [8].

$$z(u) = m(u) + Y(u) \quad (5)$$

Nilai $z(u)$ merupakan nilai pengamatan. Nilai $m(u)$ merupakan komponen deterministik dan $Y(u)$ adalah residual fungsi acak yang telah dikurangi nilai deterministiknya

Jika koordinat dari *trend* linier dilambangkan oleh f_i , $Y(u)$ mempunyai sifat *intrinsic u* dan bernilai 1, maka fungsi linier dari $m(u)$ adalah sebagai berikut.

$$m(u) = \sum_{i=1}^n a_i f_i(u) \quad (6)$$

Nilai a_i adalah koefisien *trend*. Nilai f_i merupakan koordinat lokasi dan l adalah banyaknya orde dalam persamaan *trend*. Persamaan estimator *Universal Kriging* adalah sebagai berikut.

$$\hat{z}(u_0) = \sum_{i=1}^k \lambda_i z(u_i) \quad (7)$$

Nilai $\hat{z}(u_0)$ adalah nilai estimasi pengamatan. Nilai $z(u_i)$ merupakan nilai pengamatan dan λ_i adalah nilai pembobot

Lokasi penelitian memiliki tiga sumur eksplorasi dengan sumur yang pertama adalah sumur C-3 yang ditemukan pada tahun 1981. Sumur kedua adalah sumur C-4 yang dibor secara mi-ring dari lokasi yang sama dengan sumur C-3. Sumur delineasi C-5 dibor pada Oktober 1985 dengan jarak sekitar 750 m dari sumur sebelumnya. Sumur C-5 dibor secara vertikal sampai kedalaman 1905 ft (581 m).

Porositas merupakan perbandingan volume ruang pori terhadap volume total batuan. Secara umum didefinisikan sebagai berikut. NTG didefinisikan sebagai persentase volume batu pasir dalam suatu batuan yang sudah dikurangi oleh volume batu lempung. Batu pasir memiliki kemampuan mengandung reservoir lebih baik daripada batu lempung.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Upstream Technology Center (UTC) Direktorat Hulu PT. Pertamina (Persero). Analisis geologi dan geofisika telah dilakukan pada data yang berasal dari data seismik, *well* (sumur) maupun *core* pada sumur C-3, C-4 dan C-5. Data tersebut terdiri atas absis, ordinat dan elevasi serta nilai properti reservoir pada zona 1A, 1B, 2, 3 dan 4 di masing-masing sumur tersebut.

Variabel penelitian yang digunakan adalah porositas, NTG dan *trend facies*. Data porositas dan NTG merupakan data kuantitatif yang berjenis rasio dan bagian dari properti reservoir. Data tersebut memiliki nilai dengan interval 0 sampai 0,5 dengan satuan adalah persentase. Sementara *trend facies* terdiri atas absis, ordinat dan elevasi. Koordinat *trend facies* tersebut memuat informasi mengenai penyebaran jenis batuan yang sesuai analisa geologi sehingga dapat dijadikan variabel kontrol dari properti reservoir.

Tahapan metode analisis data adalah sebagai berikut.

- 1) Melakukan analisis statistika deskriptif untuk porositas dan NTG di sumur C-3, C-4 dan C-5 di zona 1A, 1B, 2, 3 dan 4.
- 2) Melakukan penghitungan semivariogram eksperimental data porositas dan NTG pada masing-masing zona. Penghitungan ini membutuhkan pasangan antara titik

dalam jarak tertentu dengan sumur C-3, C-4 dan C-5 sehingga akan didapatkan tiga nilai semivariogram eksperimental dan digambarkan dalam grafik. Jika ingin diketahui titik dengan jarak yang berbeda maka dilakukan penghitungan semivariogram eksperimental kembali.

- 3) Menentukan grafik semivariogram teoritis yang sesuai atau paling mendekati dengan semivariogram eksperimental data porositas dan NTG pada titik dalam jarak tertentu di masing-masing zona. Jika ingin diketahui titik dengan jarak yang berbeda maka kembali dilakukan penentuan semivariogram teoritis berdasarkan semi-semivariogram eksperimental.
- 4) Memilih model semivariogram terbaik berdasarkan bentuk visual, nilai MSE dan properti semivariogram.
- 5) Menghitung pembobot *Universal Kriging* berdasarkan semivariogram teoritis dan variabel kontrol pada masing-masing zona untuk titik dengan jarak tertentu. Jika ingin diketahui pembobot titik dengan jarak yang berbeda maka dilakukan kembali penghitungan pembobot berdasarkan semivariogram teoritis yang sesuai dengan jarak tersebut.
- 6) Menghitung estimasi nilai porositas dan NTG pada titik dalam jarak tertentu di masing-masing zona. Pembuatan peta dilakukan ketika semua titik pada lokasi penelitian sudah diestimasi, sehingga dapat diketahui penyebaran nilai porositas dan NTG pada masing-masing zona di lokasi tersebut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

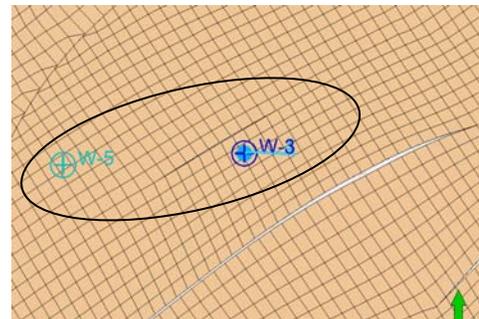
A. Deskripsi Porositas dan NTG

Analisis *Universal Kriging* membutuhkan asumsi normalitas dan stasioneritas pada data yang digunakan. Penelitian ini mengasumsikan data yang digunakan telah memenuhi distribusi Normal karena terjadi kesulitan dalam menguji normalitas data jika hanya tersedia tiga observasi saja. Kesulitan ini juga mengakibatkan asumsi stasioneritas sulit dibuktikan. Namun karena lokasi penelitian berada pada jarak sekitar 750 m, maka diperkirakan nilai rata-rata dari porositas dan NTG pada lokasi penelitian adalah konstan.

Tabel 1. Nilai Maksimum, Minimum, Mean dan Standar Deviasi Menurut Properti Reservoir Tiap Zona Penelitian

Zona	Properti Reservoir	Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Nilai Mean	Nilai Std Dev
Zona 1A	Porositas (%)	0,40	0,00	0,22	0,09
	NTG (%)	0,99	0,19	0,75	0,20
Zona 1B	Porositas (%)	0,30	0,01	0,14	0,08
	NTG (%)	0,99	0,64	0,87	0,08
Zona 2	Porositas (%)	0,18	0,00	0,03	0,03
	NTG (%)	0,99	0,01	0,82	0,15
Zona 3	Porositas (%)	0,29	0,00	0,11	0,10
	NTG (%)	0,93	0,52	0,69	0,09
Zona 4	Porositas (%)	0,18	0,00	0,02	0,04
	NTG (%)	0,98	0,66	0,84	0,06

Tabel 1 menunjukkan bahwa zona target yang prospektif terletak pada Zona 1A. Hal ini dikarenakan nilai maksimum dan nilai mean terbesar terdapat pada kedua zona tersebut. Nilai maksimum dan nilai mean yang besar mengindikasikan adanya nilai properti reservoir yang terdapat pada zona tersebut. Nilai maksimum porositas terbesar adalah 0,40 dan nilai maksimum NTG adalah 0,99. Semakin dalam zona pada tiap sumur maka semakin kecil kemungkinan untuk mendapatkan reservoir (Tabel 1). Hal ini dapat dilihat dari nilai maksimum dan mean porositas dan NTG yang semakin mengecil pada Zona 2, Zona 3 dan Zona 4.

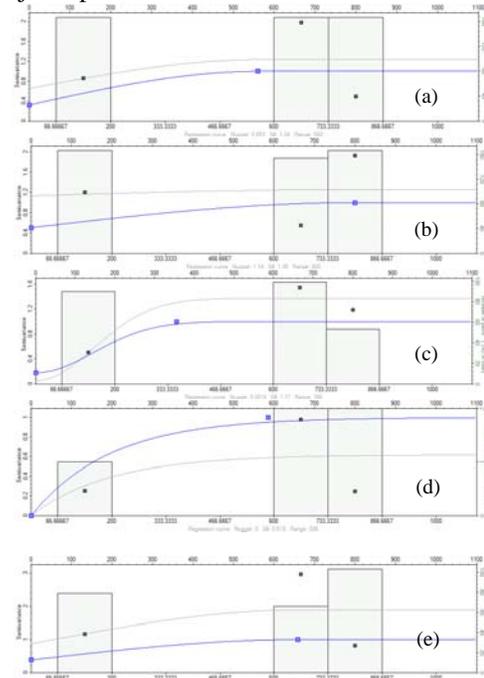


Gambar. 1. Lokasi Observasi Penyebaran Properti Reservoir Pada Lokasi "X".

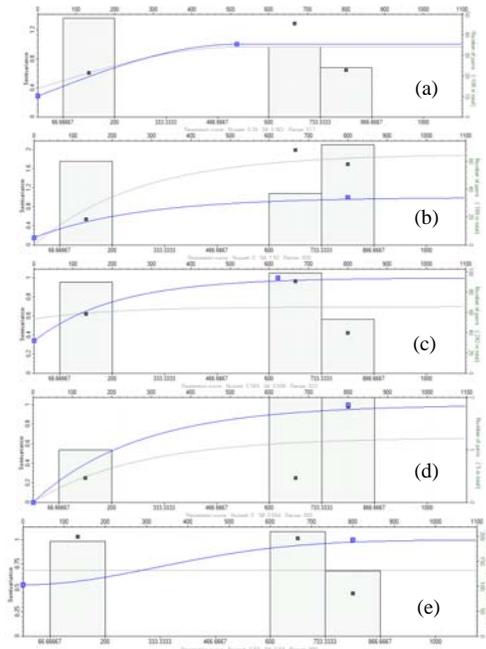
Terdapat 167 lokasi yang diteliti dalam penelitian ini terletak di dalam lingkaran yang ditandai pada Gambar 1 dan jarak 50 m antar lokasi dapat mengacu berdasarkan *grid* yang tertera pada gambar yang sama.

B. Penentuan Semivariogram

Semivariogram teoritis yang digunakan adalah semivariogram *Exponential*, *Spherical*, dan *Gaussian* seperti yang disajikan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar. 2. Semivariogram Eksperimental dan Teoritis Porositas di Tiap Zona: *Spherical* untuk Zona 1A (a), *Spherical* untuk Zona 1B (b), *Gaussian* untuk Zona 2 (c), *Exponential* untuk Zona 3 (d) dan *Spherical* untuk Zona 4 (e).



Gambar. 3. Semivariogram Eksperimental dan Teoritis NTG di Tiap Zona: Spherical untuk Zona 1A (a), Exponential untuk Zona 1B (b), Exponential untuk Zona 2 (c), Exponential untuk Zona 3 (d) dan Gaussian untuk Zona 4 (e).

Grafik berwarna abu-abu merupakan semivariogram eksperimental, sementara grafik berwarna biru adalah semivariogram teoritis. Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa tiga sumur tidak cukup jelas menggambarkan bentuk semivariogram eksperimentalnya. Hal ini menyebabkan kendala dalam pemilihan semivariogram teoritis yang tepat sehingga semivariogram teoritis untuk porositas dan NTG dipilih dengan mengombinasikan pengamatan visual, properti semivariogram serta nilai MSE antara semivariogram eksperimental dan teoritis. Pemilihan berdasarkan properti semivariogram didasarkan nilai range yang dihasilkan oleh tiap semivariogram teoritis. Semivariogram teoritis terpilih merupakan semivariogram dengan nilai range berkisar 750 m. Model semivariogram teoritis porositas dan NTG pada tiap zona disajikan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Model Semivariogram Teoritis Porositas

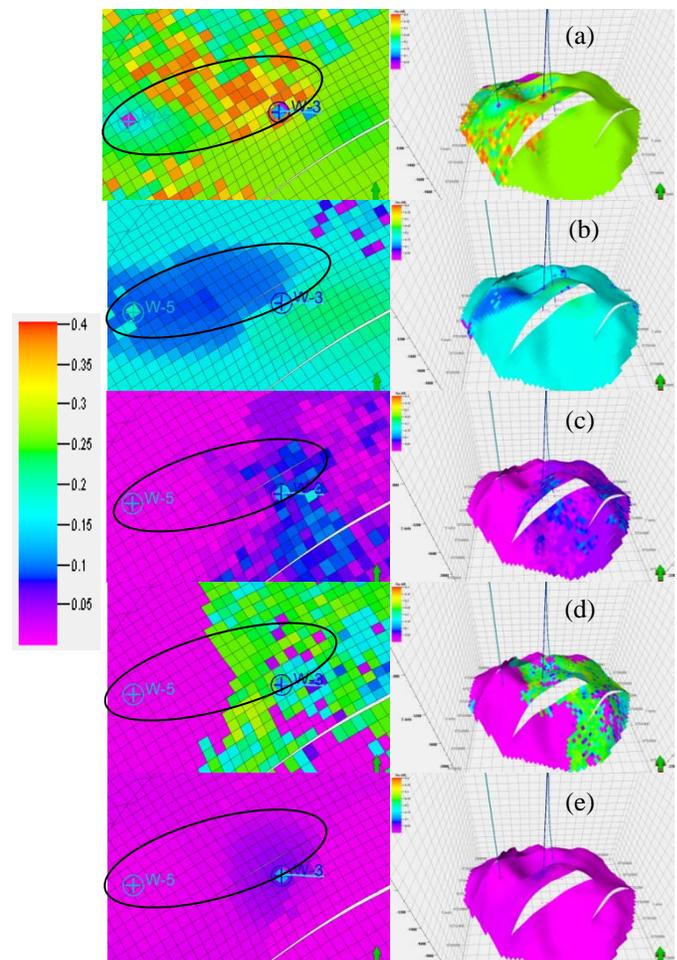
Semivariogram Teoritis	Persamaan
Zona 1A	$\gamma(h) = 1.24 \left[1 - \left(\frac{3h}{1120} \right) - \left(\frac{h}{1120} \right)^3 \right], h \leq 1120$ $1.24, h > 1120$
Zona 1B	$\gamma(h) = 1.37 \left[1 - \left(\frac{3h}{1092} \right) - \left(\frac{h}{1092} \right)^3 \right], h \leq 1092$ $1.37, h > 1092$
Zona 2	$\gamma(h) = 1.37 \left[\exp \left(-\frac{h}{356} \right)^2 \right]$
Zona 3	$\gamma(h) = 0.81 \left[\exp \left(-\frac{h}{586} \right) \right]$
Zona 4	$\gamma(h) = 1.89 \left[1 - \left(\frac{3h}{1318} \right) - \left(\frac{h}{1318} \right)^3 \right], h \leq 1318$ $1.89, h > 1318$

Tabel 3. Model Semivariogram Teoritis NTG

Semivariogram Teoritis	Persamaan
Zona 1A	$\gamma(h) = 0.96 \left[1 - \left(\frac{3h}{1024} \right) - \left(\frac{h}{1034} \right)^3 \right], h \leq 1024$ $0.96, h > 1024$
Zona 1B	$\gamma(h) = 1.92 \left[\exp \left(-\frac{h}{800} \right) \right]$
Zona 2	$\gamma(h) = 0.69 \left[\exp \left(-\frac{h}{622} \right) \right]$
Zona 3	$\gamma(h) = 0.66 \left[\exp \left(-\frac{h}{800} \right) \right]$
Zona 4	$\gamma(h) = 0.69 \left[\exp \left(-\frac{h}{800} \right)^2 \right]$

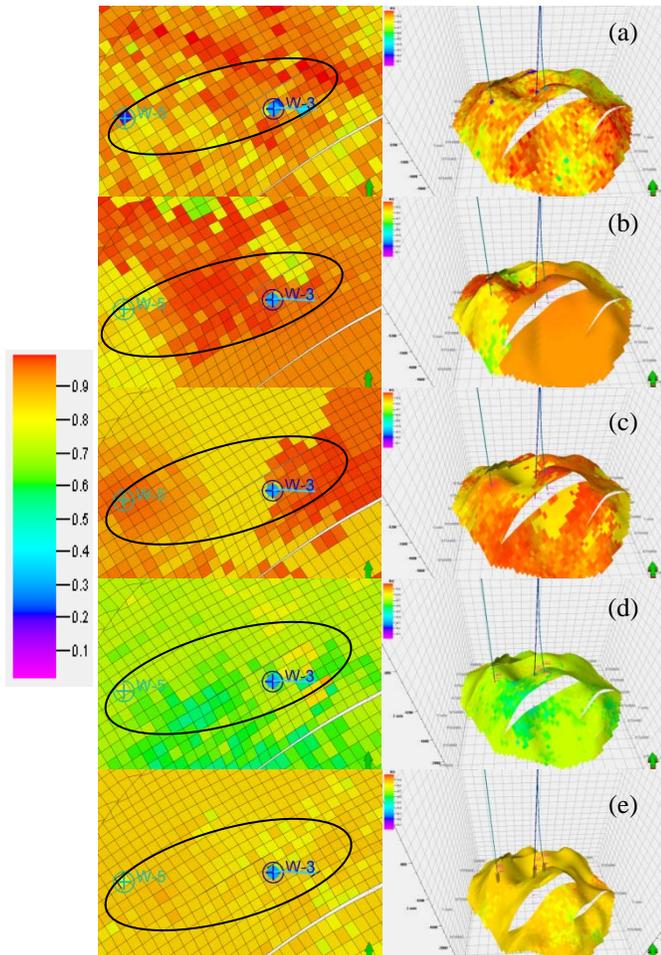
C. Penyebaran Porositas dan NTG

Penyebaran porositas pada Gambar 4 terfokus pada jarak sekitar 750 m antara sumur C-3, C-4 dengan C-5. Hal ini disebabkan interpolasi akan menghasilkan nilai yang dapat dijamin secara geostatistika jika berada pada sekitar observasi.



Gambar. 4. Hasil Penyebaran Porositas Pada: Zona 1A (a), Zona 1B (b), Zona 2 (c), Zona 3 (d) dan Zona 4 (e).

Gambar 4 menjelaskan bahwa nilai porositas tertinggi pada terletak pada Zona 1A dengan nilai berkisar 0,23 hingga 0,40 dan ditandai dengan warna oranye, kuning dan hijau. Zona 1B mempunyai nilai porositas sedang yang berkisar antara 0,10 hingga 0,22 dan ditandai dengan warna biru tua dan biru muda. Sementara zona lainnya memiliki nilai porositas yang rendah dengan nilai pada interval 0 hingga 0,09 dan ditandai oleh warna ungu.



Gambar. 5. Hasil Penyebaran NTG Pada: Zona 1A (a), Zona 1B (b), Zona 2 (c), Zona 3 (d) dan Zona 4 (e).

Hasil penyebaran NTG memiliki nilai yang relatif sama pada tiap zona yang ditandai oleh warna kuning dan oranye dengan nilai berkisar 0,70 hingga 0,99. Nilai NTG pada interval tersebut merupakan nilai NTG dengan kategori tinggi. Hasil berbeda ditunjukkan oleh Zona 3 karena menghasilkan nilai NTG pada interval 0,50 hingga 0,69 dan ditandai dengan warna kuning, serta dikelompokkan ke dalam kategori sedang.

Tabel 4.

Kategori Tiap Zona Berdasarkan Nilai Porositas dan NTG

Variabel		NTG		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Porositas	Rendah	-	Zona 3	Zona 2 Zona 4
	Sedang	-	-	Zona 1B
	Tinggi	-	-	Zona 1A

Hasil penyebaran porositas dan NTG memiliki kesimpulan yang sama dengan kajian geologi dan geofisika yang telah dilakukan yaitu Zona 1A dan 1B merupakan zona target reservoir karena diduga mempunyai nilai porositas dan NTG yang baik (Tabel 4).

V. KESIMPULAN

Zona 1A merupakan target reservoir karena mempunyai nilai porositas tertinggi dengan nilai mean dan standar deviasi porositas sebesar 0,22 dan 0,09. Zona 1B merupakan zona yang mempunyai nilai mean dan standar deviasi NTG tertinggi dengan nilai 0,87 dan 0,08. Sumur C-3 merupakan sumur yang mempunyai nilai porositas tertinggi dengan nilai mean dan standar deviasi sebesar 0,12 dan 0,10. Nilai NTG tertinggi terdapat pada sumur C-5 dengan nilai mean dan standar deviasi sebesar 0,84 dan 0,09.

Semivariogram teoritis porositas yang mayoritas digunakan adalah semivariogram *spherical* yaitu pada Zona 1A, 1B dan 4. Semivariogram teoritis yang mayoritas digunakan untuk NTG adalah *exponential* yaitu pada Zona 1A, 2 dan 3. Nilai penyebaran porositas tertinggi berada pada Zona 1A dan Zona 1B. Sementara hanya Zona 3 yang mempunyai nilai penyebaran NTG terendah dan berbeda dibandingkan dengan zona lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis M.H.R. mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. A. Syaeful Bahri, MT yang telah memberikan wawasan dan *networking* kepada peneliti. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ricky Adi Wibowo selaku Ketua Divisi *Geology and Geophysics Upstream Technology Center* PT. Pertamina (Persero), Saudara Rienno Ismail, S.T, Saudara Aditya Wicaksono, S.T dan Saudari Gita Ayu Srikandini, S.T sebagai pembimbing Penulis dalam melaksanakan penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. 2012. Bersinergi Capai Target 2012. Pertamina.com/index.php/detail/view/beritapertamina_/8790/bersinergi-capai-target-2012.[3 Februari 2012].
- [2] Mercer, L.D., Szpiro, A.A., Sheppard, L., Lindstrom, J., Adar, S., Allen, R.W., Avol, E.L., Oron, A.P., Larson, T., Iju, L.J.S., Kaufman, J.D. Comparing Universal Kriging and Land-use Regression for Predicting Concentrations of Gaseous Oxides of Nitrogen (NO_x) for The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis and Air Pollutin (MESA Air). *Atmospheric Environmental* 45 (2011) 4412-4420.
- [3] Gundogdu, K.S. dan Guney, I. Spatial Analyses of Groundwater Levels Using Universal Kriging. *J.Earth Syst.Sci.* 116, No.1 (2007) 49-55.
- [4] Selby, B. dan Kockelman, K.M. Spatial Prediction of AADT In Unmeasured Locations By Universal Kriging. *Journal of Transport Geography* (2011, Jan.).
- [5] Laksana, E.A. Analisis Data Geostatistika Dengan Universal Kriging [Skripsi]. Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta. (2010).
- [6] Alfiana, A.N. Metode Ordinary Kriging pada Geostatistika [Skripsi]. Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta. (2010).
- [7] Weckernagel, H. *Multivariate Geostatistics*. Berlin: Springer. (1995).
- [8] Majani, B.S. Analysis of Ecternal Drift Kriging Algorithm With Application to Precipitation Estimation in Complex Orography [Thesis]. Enschede: Geo-Informatics. International Institue For Geo-Information Science And Observation. (2007).