

# **ANALISIS MULTIVARIATE UNTUK VARIABEL GEOSPASIAL**

*Imam Setiaji Ronoatmojo  
Rosiyanti Sinaga*



**Penerbit  
Salemba Teknika**



>> Buku Asli Berstiker Hologram

# **ANALISIS MULTIVARIATE UNTUK VARIABEL GEOSPASIAL**

**Dr. Ir. Imam Setiaji Ronoatmojo, M.T.  
Rosiyanti Sinaga, S.T.**



**Penerbit  
Salemba Teknika**

## Analisis *Multivariate* untuk Variabel Geospasial

Dr. Ir. Imam Setiaji Ronoatmojo, M.T. & Rosiyanti Sinaga, S.T.

Manajer Penerbitan dan Produksi: Novietha Indra Sallama  
Supervisor Editor: Akliia Suslia

Editor: M. Masykur & Hadwitia Pertiwi

Lata Letak: Basit Abdullah

Desain Sampul: Derra Fadhila Putri



Hak Cipta © 2022, Penerbit Salemba Teknik  
Jln. Raya Lenteng Agung No. 101  
Jagakarsa, Jakarta Selatan 12610  
Telp. : (021) 781 8616  
Faks. : (021) 781 8486  
Website : <http://www.penerbitsalemba.com>  
E-mail : [info@penerbitsalemba.com](mailto:info@penerbitsalemba.com)

**Hak cipta dilindungi undang-undang.** Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk tidak terbatas pada memfotokopi, merkam, atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penerbit.

### UNDANG-UNDANG NOMOR 28 TAHUN 2014 TENTANG HAK CIPTA

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta yang meliputi penerjemahan dan pengadaptasian Ciptaan untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama **3 (tiga) tahun** dan/atau pidana denda paling banyak **Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)**.
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta yang meliputi penerbitan, pengandaan dalam segala bentuknya, dan pendistribusian Ciptaan untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama **4 (empat) tahun** dan/atau pidana denda paling banyak **Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah)**.
3. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada poin kedua di atas yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama **10 (sepuluh) tahun** dan/atau pidana denda paling banyak **Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah)**.

Ronoatmojo, Imam Setiaji  
Sinaga, Rosiyanti

Analisis *Multivariate* untuk Variabel Geospasial/Imam Setiaji Ronoatmojo, Rosiyanti Sinaga

113 | Jakarta: Salemba Teknik, 2022  
1 jil., 156 hlm., 17 × 24 cm

ISBN 978-979-9549-59-4

1. Teknik
2. Analisis *Multivariate* untuk Variabel Geospasial
- I. Judul
- II. Imam Setiaji Ronoatmojo, Rosiyanti Sinaga

000.0.00

## TENTANG PENULIS



Dr. Ir. Imam Setiaji Ronoatmojo, M.T. <sup>119</sup> lahir di Cilacap pada tanggal 1 Juli 1960. Penulis meraih gelar doktor <sup>113</sup> dari Institut Teknologi Bandung pada tahun 2011 dengan disertasi *Estimasi Tetapan Anisotropi Medium Isotrop Transversal Tegak dari Difraksi Gelombang Seismik-P dengan Pendekatan Polinomial Orde-3*, yang mempunyai kebaruan berupa penurunan persamaan anisotropi dari fungsi difraksi, di mana sebelumnya berupa penurunan persamaan dari fungsi refleksi. Penulis juga aktif sebagai instruktur di bidang Desain Parameter Seismik 3-D dan Geomekanika. Selama hampir 3 dekade, penulis mengabdikan diri pada sebuah perusahaan jasa minyak PT Elnusa Tbk dengan jabatan akhir sebagai *Principal of Elnusa Petroleum School*. Setelah pensiun dari PT Elnusa Tbk pada tahun 2015, penulis menjadi tenaga pengajar tetap di Universitas Trisakti dengan mata kuliah Geofisika Hidrokarbon, Pemodelan Geostatistik, dan Mekanika Batuan. Penulis juga aktif sebagai pengajar tidak tetap pada Program Magister F-MIPA Universitas Indonesia pada mata kuliah Seismologi Eksplorasi dan Geofisika Instrumentasi. Beberapa karyanya antara lain buku yang berjudul *Mekanika Batuan, Pemodelan Geostatistik, Pengantar Seismologi Eksplorasi, Geomekanika Reservoir*, dan penemuan metode baru berupa penurunan persamaan tetapan anisotropi berdasarkan fungsi difraksi Gelombang Seismik-P yang memperoleh hak cipta pada tahun 2019, yaitu HAKI No:EC0020191775, 29 Mei 2019.



Rosiyanti Sinaga, S.T. lahir di Bandung pada tanggal 30 Juli 1999. <sup>117</sup> Penulis mengenyam pendidikan Teknik Geologi pada program studi *Teknik Geologi Universitas Trisakti* (2017-2022) dan lulus pada tahun 2022 dengan judul skripsi *Analisis Seismisitas dan Tingkat Kerapuhan Batuan di Palung Sumatra dan Sekitarnya*. Adapun karya tulis lainnya berjudul *Analisis Kawasan Rawan Gempa Bumi untuk Mitigasi Bencana di Palung Sumatra dan Sekitarnya*. Selama studi, penulis <sup>97</sup> aktif menjadi Asisten Laboratorium Geologi Dasar dan Laboratorium Paleontologi. Selain itu, penulis juga aktif dalam organisasi mahasiswa *Himpunan Mahasiswa Teknik Geologi Universitas Trisakti* sebagai Kepala Bidang Pendidikan dan dalam organisasi AAPG (American Association of Petroleum Geologist) Chapter Universitas Trisakti sebagai bendahara.



Draf Salemba

## PRAKATA

Dalam pembelajaran tentang karakteristik reservoir hidrokarbon, dijumpai adanya suatu keunikan yang berkaitan dengan hubungan antara sifat fisik tertentu, yang sangat dipengaruhi oleh lingkungan khas di mana batuan diendapkan. Pembelajaran tersebut sangat penting dilakukan, agar dalam pemodelan dapat diamati seberapa linier hubungan tersebut. Kemudian, apakah hubungan tersebut bersifat korelatif, serta berapa nilai kovariansinya. Pengembangan model akan menuntut nilai kepercayaan serta nilai ukuran ketidakpastian terhadap model. Beberapa metode yang sering digunakan dalam hal ini; mulai dari pengukuran nilai probabilistik sebaran data, nilai kovariansi, nilai korelasi sampai nilai galat (kesalahan) dari regresi linier, akan menggambarkan karakteristik dari lingkungan di mana reservoir diendapkan, dan tentu saja, sangat penting untuk menandai karakteristik pelamparan reservoir, yang berguna untuk melakukan prediksi perhitungan potensi hidrokarbon. Monograf ini lebih menekankan pada hasil pengalaman penulis saat menghadapi berbagai karakteristik hubungan *multivariate*, hasil dari pengamatan penulis pada saat bekerja di industri jasa perminyakan. Selama hampir 30 tahun penulis bekerja di dunia industri, menghadapi berbagai macam karakteristik reservoir, yang sangat bermanfaat untuk dibagikan kepada mahasiswa pada umumnya dan kalangan peneliti pada khususnya. Sasaran utamanya adalah para mahasiswa yang mengikuti kuliah-kuliah yang diampu penulis, agar mampu mengembangkan metodologi penelitian pada saat meneliti potensi suatu reservoir.

Prasyarat pengguna monograf ini adalah membaca dan mempelajari buku karya penulis sebelumnya, yakni Pemodelan Geostatistik (Penerbit Universitas Trisakti, ISBN: 978-602-0750-18-7, 2020). Buku tersebut menguraikan peranan analisis *univariate* dan *bivariate* di dalam suatu proses analisis spasial dan *kriging*. Adapun monograf ini akan membahas klasifikasi reservoir hidrokarbon beserta karakteristiknya, sebaran data (distribusi normal dan non-distribusi normal), estimasi probabilistik, estimasi *mean vector* dan *co-variance matrix*, koefisien korelasi, serta pengujian terhadap hipotesis. Monograf ini akan efektif digunakan pada saat kita berhubungan langsung dengan data yang diamati sehingga keunikan relasi antara variabel acak bisa dikaitkan dengan latar belakang geologi

yang menjadi kontrol utama dari proses yang menyebabkan sebaran data. Di samping buku karya penulis yang telah disebutkan di atas, buku lain yang direkomendasikan untuk dibaca adalah buku *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis* karya T.W. Anderson dari *Stanford University (John Willey & Sons, Inc., ISBN: 0-471-36091-0, 2003)*. Meskipun demikian, penerapan buku ini masih bersifat umum, sebab beberapa bab tidak ada kaitannya dengan *spatial analysis*.

Akhirnya, dengan mengucapkan syukur ke hadirat Allah Swt., semoga buku ini dapat memberikan manfaat. Ucapan terima kasih dihaturkan kepada pihak Lemlit Universitas Trisakti yang telah memberikan dukungan dana bagi penelitian penulis, serta kepada pihak FTKE (Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi) di mana penulis bernaung beserta DRPMF.

Jakarta, 19 Februari 2022

Penulis

Draf Salemba

# DAFTAR ISI

Tentang Penulis iii

Prakata v

Daftar Isi vii

Daftar Gambar dan Sumbernya vix

Daftar Tabel xv

## 77 1 PENDAHULUAN 1

A. Latar Belakang 1

B. Rumusan Masalah 6

C. Pokok Bahasan 8

REFERENSI 8

## BAB 2 RESERVOIR HIDROKARBON 11

A. Komponen Petroleum System 11

B. Klasifikasi Petroleum System 14

C. Properti Reservoir 16

REFERENSI 20

## BAB 3 PROPERTI RESERVOIR 25

A. Sejarah Pengukuran Log 25

B. Pendekatan Petrofisika 28

C. Pencitraan Geologi 38

D. Porositas 48

E. Permeabilitas 55

F. Kebasahan 63

G. Saturasi dan Tekanan Kapiler 65

REFERENSI 69

## BAB 4 RELASI ANTAR PROPERTI 75

A. Tinjauan Umum 75

B. Velocity vs Porositas 75

C. Velocity vs Densitas 81

D. Velocity vs Tekanan Pori 85

E. Velocity vs Saturasi Air 89

F. Catatan Penulis Monograf 93

REFERENSI 97

## BAB 5 SEBARAN DATA 101

A. Distribusi Normal Multivariate 101

B. Distribusi Bersama 106

C. Distribusi Marjinal Multivariate 107

D. Kemandirian Statistik 108

E. Distribusi Bersyarat 110

F. Transformasi Variabel 111

G. Catatan Penulis Monograf 112

REFERENSI 112

## BAB 6 KARAKTERISTIK SEBARAN DATA VARIABEL GEOSPASIAL 115

A. Karakteristik Ketidakpastian 115

B. Sebaran Data Sepanjang Interval 116

C. Relasi Sebaran Data Per Interval 119

D. Wujud Ketidakpastian Vertikal dan Lateral 121

REFERENSI 124

## BAB 7 STUDI KASUS 127

A. Gaussian 127

B. Transformasi Nilai Normal 129

C. Transformasi Bersyarat 130

D. Aplikasi 131

REFERENSI 136

## BAB 8 137

Kesimpulan 137

Indeks I-1



Draf Salemba

## DAFTAR GAMBAR DAN SUMBERNYA

---

**Gambar 1.1** Plot silang dari dua komponen utama terhadap log GR, DT, ILD, SN, dan SP untuk lima belas sumur. Hasilnya berupa tujuh klas elektrofases (kode warna) berdasarkan penghitungan *k-means cluster analysis* [20]. 7

**Gambar 2.1** Distribusi akumulasi minyak bumi kontinu, kuasi-kontinu, dan diskontinu pada suatu cekungan minyak bumi biasanya terjadi pada masing-masing batuan sumber (abu-abu), *tight reservoir*, dan reservoir konvensional [25]. 15

**Gambar 2.2** Skema distribusi vertikal *source petroleum system (SPS)*, *tight petroleum system (TPS)*, dan *coventional petroleum system (CPS)* [37]. 19

**Gambar 3.1** Skema perkembangan teknologi *logging* (modifikasi oleh penulis dari Luthi, 2001) [9]. 28

**Gambar 3.2** Batu gamping Dolomit (kiri) dengan  $\phi = 47\%$  dan  $m = 1,95$ . Batu pasir bioklastik *mouldic* (kanan) dengan  $\phi = 36\%$  dan  $m = 3,27$ . Variasi nilai  $m$  menggambarkan pentingnya tekstur batuan pada evaluasi petrofisika. Permeabilitas adalah 3.160 mD untuk sampel kiri dan 7,7 mD untuk sampel kanan [11]. 30

**Gambar 3.3** Skema lubang bor dan sekitarnya, menunjukkan notasi yang digunakan dalam teks [15]. 32

**Gambar 3.4** Pemindai gambar mikroskop elektron (SEM) dari dua batu pasir reservoir dari lapangan Ceuta, Venezuela, menunjukkan kaolinit (kiri) dan ilit/smektit (kanan) [17]. 33

**Gambar 3.5** Hubungan permeabilitas/porositas dari pengukuran *core* pada berbagai jenis batuan klastik yang menggambarkan ketergantungan yang kuat pada ukuran butir [35]. 37

**Gambar 3.6** Prinsip kerja HDT [43]. 39

**Gambar 3.7** Prinsip kerja OBDT [45]. 40

**Gambar 3.8** Dip dan azimuth [46]. 41



**Gambar 3.9** *Cross-correlation* dari dua kurva dan *correlogram* yang dihasilkan dihitung berdasarkan Persamaan 3.21 [49]. 43

**Gambar 3.10** Hasil dipmeter dari program *cross-correlation* dan pengenalan pola GEODIP [51]. 44

**Gambar 3.11** Sketsa skema enam struktur geologi dan pola kemiringannya [52]. 45

**Gambar 3.12** Citra log FMI secara azimuth menggambarkan dip per lapisan dan rekahan [55]. 48

**Gambar 3.13** *Microphotograph* dari ruang pori dan jalur pori-pori [57]. 49

**Gambar 3.14** Diagram yang menunjukkan jenis porositas sekunder yang ada di batuan reservoir [58]. 50

**Gambar 3.16** Porositas efektif pada distribusi serpih yang berbeda [60]. 51

**Gambar 3.17** Porositas efektif dan porositas yang tidak efektif [61]. 51

**Gambar 3.18** Foto dari *macroporosity* yang saling terhubung [63]. 52

**Gambar 3.19** (a) Kemasan kubik, (b) heksagonal, (c) tetragonal, (d) rombohedral, (e) kemasan kubik dengan dua ukuran partikel, dan (f) pasir dengan bentuk partikel tidak beraturan [65]. 52

**Gambar 3.20** Model porositas untuk reservoir pasir serpihan [68]. 54

**Gambar 3.21** Skema porositas dan permeabilitas [70]. 55

**Gambar 3.22** Skema percobaan Darcy [71]. 56

**Gambar 3.23** Aliran linier melalui lapisan-lapisan paralel [73]. 57

**Gambar 3.24** Aliran linier melalui lapisan-lapisan paralel dengan luas yang berbeda [74]. 58

**Gambar 3.25** Aliran linier melalui lapisan-lapisan seri dengan luas yang sama [75]. 59

**Gambar 3.26** Aliran linier melalui lapisan-lapisan seri radial [76]. 59

**Gambar 3.27** Perlapisan terdistribusi acak dengan permeabilitas geometrik [77]. 60

**Gambar 3.28** Plot silang poroperm [78]. 61

**Gambar 3.29** Hubungan poroperm untuk litologi yang berbeda [79]. 62

**Gambar 3.30** Interaksi antar muka air-minyak-padatan, tidak basah (kiri) dan basah (kanan) [82]. 63

**Gambar 3.31** Tegangan permukaan dihasilkan oleh gaya kesetimbangan molekul cair pada permukaan padatan [84]. 64

**Gambar 3.32** Diagram yang menunjukkan sudut kontak perluasan dan sudut kontak surut [86]. 65

**Gambar 3.33** Saturasi air versus tekanan kapiler dengan diagram zona transisi kapiler minyak-air [88]. 67

**Gambar 3.34** Kurva drainase [90]. 68

**Gambar 3.35** Kurva imbibisi [91]. 68

**Gambar 4.1** Perbandingan pengukuran *velocity* yang diperoleh dari sampel *core*, *downhole log*, VSP, dan data seismik SSP [16]. 79

**Gambar 4.2** Data porositas diplot berdasarkan kedalaman, kotak terbuka dan lingkaran terbuka berasal dari data *core* yang diukur di laboratorium, sedangkan lingkaran hitam berasal dari suatu relasi *velocity*-porositas [17]. 79

**Gambar 4.3** Relasi porositas-*velocity* dari pengamatan Hyndman dkk. (1993) dibandingkan dengan perhitungan menurut persamaan empirik dari Jarrad dkk. (1989), Hamilton (1978), dan Han dkk. (1986) [18]. 80

**Gambar 4.4** Interpretasi struktur *mega splay* dari penampang WT *velocity* dari zona prisma akresi pada subduksi Nankai [19]. 81

**Gambar 4.5** Relasi *velocity*-densitas untuk beberapa litologi. Relasi di atas kira-kira benar untuk batuan klastik dan karbonat, tetapi tidak untuk evaporit. [22]. 82

**Gambar 4.6** Plot *velocity*  $V_p$  terhadap densitas, tampak persamaan Gardner tidak sesuai dengan hasil regresi linier [25]. 84

**Gambar 4.8 a.** Skema relasi tegangan efektif versus *velocity* dalam kasus tidak ada penurunan tegangan efektif; b. Skema *velocity* versus kedalaman untuk tren kecepatan normal dan tren zona *undercompaction* [28]. 86

**Gambar 4.9** Pengaruh ekspansi fluida pada *velocity* dan tren tekanan pori [29]. 87

**Gambar 4.10** Plot silang *velocity* dan densitas pada zona non-reservoir (titik berwarna) dan zona reservoir (titik abu-abu), sementara color bar menunjukkan kedalaman serpih [41]. 95

**Gambar 4.11 a.** Histogram densitas pada zona reservoir; b. Histogram  $V_p$  pada zona reservoir [45]. 96

**Gambar 5.1** Pengeplotan nilai deviasi ( $X_i - E(X)$  dan  $Y - E(Y)$ ), di mana ( $E(X), E(Y)$ ) pada titik (0,0) [4]. 103

**Gambar 6.1** Histogram impedansi akustik pada interval fsad Sumur A-1 dan Sumur A-2. 117

**Gambar 6.2** Histogram *velocity ratio* pada interval fsad Sumur A-1 dan Sumur A-2. 117

**Gambar 6.3** Relasi impedansi akustik dan *velocity ratio* ( $V_{\%}$ ) dari sebaran data pada interval fsad Sumur A-1 dan Sumur A-2, di mana sumbu-x menggambarkan impedansi akustik dan sumbu-y adalah *velocity ratio* ( $V_{\%}$ ). 118

**Gambar 6.4** Relasi impedansi akustik dan *velocity ratio* ( $V_{\%}$ ) pada interval fsab, fsbc, dan fsdc pada Sumur A-1 dan Sumur A-2. 119

**Gambar 6.5** Relasi standar deviasi atau simpangan terhadap nilai *mean* dari impedansi akustik dan *velocity ratio* ( $V_{\%}$ ) pada interval fsab, fsbc, dan fsdc pada Sumur A-1 dan Sumur A-2. 120

**Gambar 6.6** Varians pada interval fsab, fsbc, dan fsdc dari Sumur A-1 dan Sumur A-2. 121

**Gambar 6.7** Matriks ketidakpastian dari prediksi litofasies pada interval fsab Sumur A-1 dan Sumur A-2. 122

**Gambar 6.8** Matriks ketidakpastian dari prediksi litofasies pada interval fsbc Sumur A-1 dan Sumur A-2. 123

**Gambar 6.9** Matriks ketidakpastian dari prediksi litofasies pada interval fscd Sumur A-1 dan Sumur A-2. 123

**Gambar 7.1** Ilustrasi skema distribusi Gaussian *univariate* dan *bivariate*. 128

**Gambar 7.2** Ilustrasi transformasi nilai normal. Probabilitas kumulatif  $p_i$  dari data asli  $z_i$  ditentukan, kemudian nilai normal yang cocok  $y_i$  dihitung. 129

**Gambar 7.3** Citra skala warna porositas dari penampang vertikal. Kedua sumur vertikal berada di kedua ujung penampang. 132

**Gambar 7.4** Citra skala warna (dalam skala log) permeabilitas yang disimulasikan menggunakan *collocated co-simulation* dengan koefisien korelasi 0,59. 133

**Gambar 7.5** Gambar skala warna (dalam skala log) permeabilitas yang disimulasikan dari pendekatan bertahap, yaitu simulasi independen dari transformasi kondisional bertahap, kemudian transformasi kembali sesuai dengan distribusi kondisional yang benar. 133

**Gambar 7.7** Konvergensi koefisien korelasi dengan bertambahnya jumlah kelas dalam prosedur transformasi kondisional bertahap. 134

**Gambar 7.8** Ilustrasi skematik yang menunjukkan bagaimana dua titik data dengan nilai yang sama dapat menghasilkan nilai transformasi yang berbeda jika jumlah kelas dan data terlalu sedikit. 135

**Gambar 7.9** Dua belas data (titik hitam besar) dan data model agar memungkinkan terjadinya inferensi yang andal dari distribusi bersyarat. 135

## DAFTAR TABEL

---

**Tabel 2.1** Perbandingan elemen dan proses dari SPS, TPS, dan CPS (Modifikasi dari Zhao dkk. [2018]) [27] 15

**Tabel 3.1** CEC (*Cation Exchange Capacity*) yang merupakan fungsi dari jenis mineral lempung [24]. 35

**Tabel 3.2** Parameter pemrosesan dipmeter yang umum digunakan [48]. 42

**Tabel 4.1** Matriks relasi properti dengan berbagai tingkat ketidakpastian; R = rendah, S = sedang, dan T = tinggi. 97



Draf Salemba

**A. LATAR BELAKANG**

Untuk memahami karakteristik reservoir hidrokarbon dalam kerangka eksplorasi dan pengembangan prospek hidrokarbon maka dibangunlah sebuah model yang didasarkan pada pengukuran data log dari sumur dan seismik. Hal ini lazim dilakukan untuk pemodelan bawah permukaan. Sebagai model dari keadaan geologi bawah permukaan, terkandung berbagai ketidakpastian yang terkait dengan beberapa proses geologi yang bekerja dalam membangun lingkungan terbentuknya reservoir. Ketidakpastian tersebut muncul akibat keunikan sistem lingkungan pengendapan. Pada dasarnya, setiap lingkungan geologi bersifat unik, meskipun pada praktiknya seorang geolog melakukan penyederhanaan agar model dapat dimengerti. Dalam kaitan tersebut, kita mengenal adanya model yang dibangun berdasarkan konsep geologi dan model yang dibangun berdasarkan data-data pengukuran. Pada model yang dibangun berdasarkan konsep geologi, ditemui model seperti lithostratigrafi atau pemodelan fasies. Sementara model yang dibangun berdasarkan data pengukuran adalah model elektrofasis.

Hal ini sangat menarik untuk dibahas karena kedua model tersebut merupakan upaya pemodelan yang dilakukan untuk membangun karakteristik properti reservoir yang akan dijadikan tolok ukur dalam mengkuantifikasi suatu prospek dan risiko. Dua upaya pemodelan tersebut tidak berdiri secara terpisah, tetapi merupakan suatu kesatuan. Pada saat pemodelan berdasarkan pengukuran maka sebaran data dari masing-masing properti reservoir yang terukur memberikan arti tersendiri bagi keunikan proses geologi yang membentuknya. Hal itu juga tecermin dari masing-masing hubungan antarproperti yang mencerminkan suatu kriteria statistik yang khas. Istilah “elektrofasis” diperkenalkan oleh Serra dan Abbott (1980) dan didefinisikan sebagai **“kumpulan tanggapan data log yang mencirikan suatu lapisan dan memungkinkan untuk dibedakan dari yang lain”** [1]. Biasanya elektrofasis ditetapkan pada satu atau lebih litofasies karena tanggapan log adalah pengukuran sifat fisik batuan. Pengidentifikasian fasies merupakan komponen



penting dari pencarian hidrokarbon dan karakterisasi reservoir. Secara tradisional, fasies dapat diidentifikasi secara manual dengan bantuan teknik grafis seperti plot silang dari *wire-line logs* sehingga bisa dihubungkan perilakunya dengan data *core*. Beberapa model matematika diperkenalkan untuk mengotomatisasi tugas identifikasi fasies, yaitu metode berdasarkan perpaduan statistik *multivariate* dan regresi seperti *Principal Component Analysis* (PCA) [2], analisis *multivariate* dan regresi non-parametrik [3], *classification trees* [4], teknik *artificial intelligence* [5], dan *clustering* [6].

Tidak ada prosedur khusus dalam penentuan elektrofases. Adapun persyaratan umumnya adalah konsistensi dalam pemakaian sekumpulan pengukuran petrofisika melalui data log. Kesamaan dari suatu interval dinyatakan secara kuantitatif dari tanggapan log, di mana suatu interval terbagi dalam sub-set yang perbedaannya dinyatakan dalam suatu fungsi matematis. Oleh karena data dalam jumlah besar maka penyelesaian perhitungannya membutuhkan komputasi komputer. Hal inilah yang memperkenalkan bahwa untuk pengenalan elektrofases dibutuhkan suatu algoritma yang terprogram. Fasies mengandung arti “kenampakan, aspek, dan karakteristik” dari satuan batuan yang merefleksikan kondisi geologi pembentukannya, yang membedakan dengan satuan di sekitarnya [7]. Jadi, pemahaman tentang elektrofases adalah semacam pemahaman litofases atau biofases, tetapi diterapkan pada kenampakan khas yang teramati dari sekumpulan data pengukuran petrofisika.

Pada uraian di atas, tampak adanya upaya untuk mengaitkan antara pengamatan sifat fisik dengan pengamatan dari hasil pengukuran. Jika dari sifat fisik, seperti litofases, kita belum bisa mengetahui relasi antarsifat fisiknya maka pada elektrofases akan diperoleh relasi antarproperti. Bagian inilah yang menarik, yaitu pada akhirnya lingkungan geologi bisa didefinisikan secara jelas. Namun, hal ini akan mengandung ketidakpastian ketika didistribusikan secara lateral, mengingat adanya kekurangan pada data sampel. Jadi, hal ini tidak hanya mengandung arti deterministik, tetapi juga stokhastik. Kompleksitas tersebut yang melahirkan suatu matriks yang bersifat berarah (vektor) dan lahir dari proses analisis *multivariate*.

136 Dalam mengamati relasi antarvariabel, hal mendasar yang harus kita kenal adalah analisis regresi, yakni suatu metode sederhana untuk menyelidiki relasi fungsional di antara beberapa variabel. Relasi tersebut diwujudkan dalam suatu model matematis. Dalam hal ini, variabel dibedakan menjadi dua bagian, yaitu variabel terikat atau biasa disebut juga variabel respon dan variabel penduga (*predictor variable*) atau variabel bebas. Model regresi mengasumsikan bahwa faktor-faktor yang diperkirakan, menunjukkan adanya suatu hubungan sebab-akibat antara satu atau lebih variabel prediktor. Konsep sebuah hubungan antara dua variabel, kita kenal dengan hubungan fungsional dan hubungan statistik. Hubungan tersebut sering disebut sebagai hubungan parametrik. Namun demikian, sebagaimana disebutkan di atas bahwa sering kali relasi antara variabel tidak

senantiasa mempunyai kaidah yang sama (deterministik), tetapi mempunyai hubungan yang unik sehingga melahirkan berbagai kemungkinan—dengan demikian, pendekatan yang bersifat deterministik menjadi kurang tepat. Misalnya, untuk menetapkan suatu relasi empirik antara kecepatan dengan tekanan pori atau AI dengan tekanan pori, ternyata komposisi matriks dalam butiran sangat berperan [8][9]. Oleh karena itu, suatu fungsi matematika dalam suatu interval yang mencerminkan suatu fasies di dalam suatu elektrofasies dapat berubah-ubah secara lateral. Jadi, pendekatannya menjadi bersifat non-parametrik.

Menurut Eubank (1999), pendekatan non-parametrik merupakan pendekatan tidak terikat pada asumsi bentuk kurva regresi tertentu, di mana kurva regresi diasumsikan *smooth* (mulus)—artinya termuat di dalam suatu ruang fungsi tertentu sehingga regresi non-parametrik mempunyai fleksibilitas tinggi [10]. Dengan demikian, data diharapkan mencari sendiri bentuk estimasinya, tanpa dipengaruhi oleh faktor subjektivitas dari peneliti. Penggunaan statistik non-parametrik mengabaikan beberapa asumsi yang melandasi penggunaan metode statistik parametrik. Tidak semua pola relasi bisa didekati dengan pendekatan parametrik karena tidak adanya suatu informasi mengenai bentuk relasi variabel respons dan variabel prediktor. Jika bentuk kurva tidak diketahui dan pola menyebar maka estimasi kurva regresi lebih sesuai menggunakan pendekatan model regresi non-parametrik. Apalagi uji non-parametrik tidak memerlukan pengukuran seperti yang dibutuhkan untuk menyelesaikan uji parametrik. Secara umum model regresi non-parametrik dapat dituliskan sebagai berikut.

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1.1)$$

di mana  $y_i$  adalah variabel respons ke- $i$ ,  $f(x_i)$  adalah fungsi regresi yang tidak diketahui bentuk kurvanya, dan  $\varepsilon_i$  adalah galat ke- $i$  yang saling bebas. Salah satu pendekatan dalam regresi non-parametrik adalah regresi *Spline*. *Spline* mempunyai keunggulan dalam mengatasi pola naik atau turun tajam dengan bantuan titik-titik *knot* sehingga kurva yang dihasilkan relatif mulus [11]. Salah satu pengembangan dari regresi *Spline* adalah *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) yang merupakan kombinasi kompleks antara metode *Spline* dengan rekursif partisi untuk menghasilkan estimasi fungsi regresi yang kontinu. *Recursive Partitioning Regression* (RPR) merupakan salah satu dari program komputasi yang memiliki keunggulan dalam mengolah data berdimensi tinggi. Tujuan dari RPR adalah mengestimasi *sub-region* dan parameter yang berasosiasi pada setiap *sub-region* [12]. Pendekatan RPR menghasilkan model yang memiliki sejumlah fungsi basis untuk meningkatkan kecocokan model. *Recursive Partitioning Regression* (RPR) dalam MARS merupakan suatu metode nonparametrik yang dapat dipandang sebagai suatu prosedur regresi *stepwise* untuk mengaproksimasi fungsi yang tidak diketahui yang

3 berbentuk:

$$f(x) = \sum_{m=1}^M a_m B_m(x) \quad (1.2)$$

dengan  $a_m$  merupakan koefisien dari fungsi basis ke- $m$  dan  $B_m$  menyatakan fungsi basis ke- $m$ .

Fungsi basis  $a_m$  merupakan kumpulan fungsi parametrik yang terdiri atas satu atau lebih variabel. Adapun fungsi basis  $B_m$  pada RPR didefinisikan sebagai berikut.

$$B_m(x) = \prod_{k=1}^{K_m} H[S_{km} * (x_{v(k,m)} - t_{km})] \quad (1.3)$$

di mana  $K_m$  adalah derajat interaksi,  $S_{km}$  adalah tanda pada titik *knot* ( $-1$  atau  $+1$ ),  $x_{v(k,m)}$  adalah variabel prediktor,  $t_{km}$  adalah nilai *knot* dari variabel prediktor, dan  $H$  menyatakan *step function*, yang didefinisikan sebagai:  $H[\eta] = \begin{cases} 1, & \text{jika } \eta \geq 0 \\ 0, & \text{jika } \eta < 0 \end{cases}$

Beberapa modifikasi dilakukan oleh Friedman (1991) untuk mengatasi kelemahan metode *Recursive Partitioning Regression* (RPR). Dalam mengatasi kelemahan RPR untuk mengidentifikasi fungsi linier dan aditif, Friedman mengusulkan untuk tidak menghapus fungsi basis awal atau induk selama pemilihan *sub-region* berlangsung. Jadi, pada iterasi berikutnya, *sub-region* dapat dipilah lebih lanjut sehingga diperoleh *sub-region* yang saling tumpah-tindih. Dengan modifikasi ini, RPR dapat menghasilkan model linier dengan pemilihan berulang pada variabel prediktor yang berbeda. Di samping itu, dihasilkan pula model yang lebih fleksibel. Untuk mengatasi adanya diskontinu pada titik *knot* yang disebabkan perkalian fungsi variabel tunggal  $H_{(\eta)}$ , Friedman mengusulkan untuk mengubah  $H_{(\eta)}$  dengan regresi linier *Spline* berderajat satu dengan sisi kiri ( $-$ ) dan sisi kanan ( $+$ ) [13].

*Spline* merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh data yang berpola naik atau turun secara tajam. *Spline* merupakan fungsi *piecewise* (potongan) polinomial yang memiliki sifat tersegmen dan kontinu, di mana fungsi *Spline univariate* berderajat yang didefinisikan sebagai berikut.

$$s(x) = \sum_{i=0}^q a_i x^i + \sum_{j=1}^K b_j (x - t_j)_+^q \quad (1.4)$$

3 dengan  $K$  adalah *knot* yaitu  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_K$ . Adapun *truncated power basis*  $(x - t_j)_+^q$  didefinisikan sebagai:

$$(x-t_j)_+^q = \begin{cases} (x-t_j)_+^q, & x-t_j > 0 \\ 0, & x-t_j \leq 0 \end{cases}$$

sehingga bentuk umum fungsi *Spline* berderajat  $q$  dan  $p$  variabel prediktor adalah:

$$s(x) = a_0 + \sum_{l=1}^{+p} \left[ \sum_{j=1}^q a_{lj} x^j + \sum_{k=1}^K b_{jk} (x_l - t_k)^q \right] \quad (1.5)$$

$$\text{dengan } (x_l - t_k)^q = \begin{cases} (x_l - t_k)^q, & x_l - t_k > 0 \\ 0, & x_l - t_k \leq 0 \end{cases}$$

Regresi *Spline* merupakan salah satu metode regresi non-parametrik yang bentuk kurva regresinya berupa fungsi *Spline*. Secara umum, model regresi *Spline univariate* dapat ditulis sebagai berikut.

$$y_i = a_0 + \sum_{j=1}^q a_j x^j + \sum_{k=1}^K b_k (x_i - t_k)^q + \varepsilon_i \quad (1.6)$$

di mana  $q \geq 1$  serta  $a_j$  dan  $b_k$  bernilai *real* untuk  $i=1,2,3, \dots, n, j=1, \dots, q$  dan  $k=1,2,3, \dots, K$  serta  $\varepsilon$  adalah galat acak independen dengan mean nol dan varians  $\sigma^2$ . Menurut Friedman (1991), model MARS hasil dari kombinasi kompleks antara RPR dan pendekatan *Spline* [14] sehingga diperoleh:

$$y_i = a_0 + \sum_{m=1}^M a_m \prod_{k=1}^{k_m} \left( S_{km} (X_{v(k,m)} - t_{km}) \right) + \varepsilon_i \quad (1.7a)$$

$$y_i = a_0 + \sum_{m=1}^M a_m B_m(x) + \varepsilon_i \quad (1.7b)$$

$$\text{dengan } B_m(x) = \prod_{k=1}^{k_m} \left( S_{km} (X_{v(k,m)} - t_{km}) \right)$$

$a_0$  adalah konstanta regresi dari fungsi basis,  $a_m$  adalah koefisien dari fungsi basis ke- $m$ ,  $M$  adalah maksimum fungsi basis,  $k_m$  adalah derajat interaksi ke- $m$ ,  $x_{v(k,m)}$  adalah variabel prediktor,  $t_{km}$  adalah nilai *knot* dari variabel prediktor, dan  $\varepsilon_i$  adalah galat acak yang bersifat independen. Dari model MARS pada Persamaan 1.7b dalam bentuk matriks dapat ditulis sebagai berikut.

$$\underline{Y} = \underline{B}\underline{a} + \underline{\varepsilon} \quad (1.8)$$

3 dengan,

$$\underline{Y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$$

$$\underline{a} = (a_1, a_2, \dots, a_M)^T$$

## B. RUMUSAN MASALAH

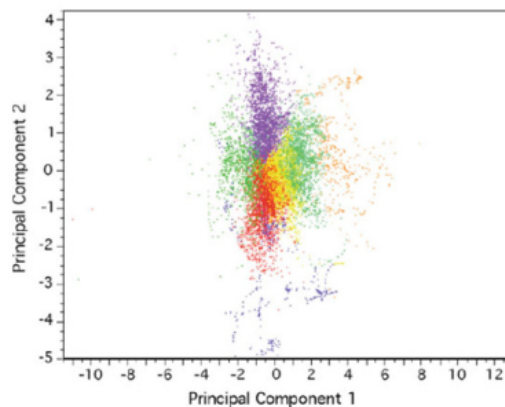
Dari uraian di atas mengenai upaya pemodelan non-parametrik, diketahui bahwa relasi antarproperti reservoir tidak sesederhana yang dibayangkan. Jika kita memperoleh suatu nilai korelasi antara hasil prediksi dan nilai aktualnya maka sebenarnya terkandung pula suatu ketergantungan terhadap variabel di luar sistem yang didefinisikan. Semakin besar nilai galatnya maka akan terkandung ketergantungan terhadap variabel lain yang semakin tinggi. Seperti yang diamati oleh penulis pada relasi antara AI dan tekanan pori, ternyata komposisi dari matriks (butiran) dalam fraksi sedimen batu pasir sangat memengaruhi relasi tersebut [15][16]. Metode statistik regresi dengan pendekatan non-parametrik bekerja secara khusus untuk mengenali pola melalui suatu proses normalisasi terhadap setiap variabel yang diidentifikasi melalui suatu hubungan berdasarkan nilai antara varians. Pada pendekatan ini, tidak dikenal adanya “pemaksaan” terhadap nilai hubungan tersebut, tetapi tetap dicari-temukan suatu “korelasi yang paling mungkin” berdasarkan nilai probabilitas yang diketahui dari sebaran datanya. Proses linierisasi seperti yang dilakukan pada saat regresi parametrik seperti regresi linier dihindari.

Sementara itu, objek yang dikaji berbeda dengan objek statistik umum, di mana pada statistik umum yang disebut sampel adalah suatu peristiwa yang tidak terikat oleh variabel geospasial, sedangkan pada objek studi statistik pada studi geologi senantiasa mempunyai ikatan dengan lokasi pengamatan atau koordinat dalam ruang tiga dimensi. Baik berupa data sumuran (mempunyai koordinat kedalaman) maupun penampang vertikal (koordinat x dan z) ataupun penampang horizontal (koordinat x dan y). Peristiwa geologi yang dimaksud, seperti yang telah dikemukakan sebelumnya, mempunyai proses secara alamiah yang berbeda-beda di setiap lokasi, meskipun ada suatu kecenderungan dasar yang hampir serupa. Hal inilah yang mendasari suatu pendekatan MARS (*multivariate adaptive regression spline*) yang digunakan untuk menduga nilai yang belum diketahui.

Pola-pola yang muncul dari pengamatan dikategorikan sebagai elektrofases. Secara ideal, semua pengukuran dapat dianggap sebagai tanggapan terhadap pengukuran log pada selang data sumur, dan merupakan variabel tanggapan yang akan digunakan sebagai basis data bagi variabel prediktor seperti porositas atau permeabilitas yang akan diduga, berdasarkan nilai korelasinya. Namun pada kenyataannya, data tersebut belum tentu tersedia pada setiap sumur. Log yang penting untuk dipastikan keberadaannya adalah

sonic (DT), RhoB, GR, ILD, dan NPhi. Dalam mendefinisikan suatu elektrofases, data-data log tersebut harus distandardisasi, yaitu **pengurangan terhadap nilai rata-rata dan dibagi nilai deviasi standar pada setiap selangnya**. Hasilnya berupa besaran tanpa dimensi dan unit, yang bernilai antara  $-3$  sampai  $+3$  [17]. Nilai tersebut menggambarkan suatu bentangan dari sebaran data, berkisar dari nilai minimum hingga nilai maksimum, dengan akumulasi pada nilai rata-rata atau harga tengah jika merupakan distribusi normal Gaussian. Meskipun dalam pengertian geologi sangat sulit dijumpai adanya suatu sebaran yang menyerupai distribusi normal Gaussian [18].

Setiap *log traces* distandardisasi secara independen (mandiri) pada semua selang yang ada untuk masing-masing sumur sehingga standardisasi tersebut benar-benar independen terhadap jenis log dan sumur. Hal ini akan mengakibatkan beberapa hal yaitu hilangnya efek akibat perbedaan pengukuran dalam unit, kedudukan setiap jenis log sama yakni nilai rata-rata pada angka nol, dan simpangan bisa bernilai positif atau negatif terhadap nilai rata-rata—lebih jauh lagi, perbedaan pengukuran akibat kondisi lubang sumur yang berbeda akan ikut dihilangkan [19]. Jika keberadaan dari masing-masing tanggapan log bersifat empiris maka berlaku spesifik pada setiap proses geologi. Ada hal ini penting untuk dikategorikan, misalnya, yang paling sederhana ialah batuan reservoir dan non-reservoir, meskipun pada praktiknya jumlah fasies bisa lebih dari itu. Klas elektrofases selanjutnya diplot terhadap dua komponen utama, misalnya, porositas dan permeabilitas, berdasarkan penghitungan *k-means cluster analysis* (Gambar 1.1).



**Gambar 1.1** Plot silang dari dua komponen utama terhadap log GR, DT, ILD, SN, dan SP untuk lima belas sumur. Hasilnya berupa tujuh klas elektrofases (kode warna) berdasarkan penghitungan *k-means cluster analysis* [20].

Pada Gambar 1.1, kita menemukan ada keunikan dari suatu karakter elektrofacies, yang akan diteliti lebih jauh tentang bagaimana hubungan antarproperti reservoir yang ada sehingga dari suatu model diharapkan adanya uraian dari proses-proses yang bekerja membentuk lingkungan tersebut.

Permasalahan dalam analisis *multivariate* dari data geospasial adalah munculnya banyak kemungkinan pada variabel prediktor yang terkait dengan munculnya ketidakpastian yang bisa diamati lewat *PCA analysis* dari suatu sebaran elektrofacies. Hal ini akan menyisakan suatu kajian tentang seberapa efektif metode MARS yang diaplikasikan pada variabel geospasial dan menjadikannya beban permasalahan yang lebih kompleks dibandingkan data nonspasial.

### C. POKOK BAHASAN

Monograf ini dititikberatkan pada beberapa hal, yaitu reservoir hidrokarbon dalam lingkup *petroleum system*, tanggapan pengukuran data log pada reservoir, relasi antarproperti reservoir, analisis *multivariate*, dan contoh studi kasus yang spesifik dengan permasalahan dalam materi.

### REFERENSI

- [1] Serra, O. dan H.T. Abbott. 1980. "The Contribution of Logging Data to Sedimentology and Stratigraphic". SPE 9270. 55th Annual Fall Technical Conference and Exhibition, Dallas, Texas, 19 hlm.
- [2] Wolff, M. dan J. Pelissier-Combesure. 1982. "FACI-OLOG-Automatic Electrofacies Determination". Transactions of the SPWLA 23rd Annual Logging Symposium, Paper FF, dan 22 hlm.
- [3] Lee, S. H. dan A. Datta-Gupta. 1999. "Electrofacies Characterization and Permeability Predictions in Carbonate Reservoirs: Role of Multivariate Analysis and Nonparametric Regression". SPE 56658. Annual Technical Conference and Exhibition Held in Houston, Texas.
- [4] Perez, H. H. dan A. Datta-Gupta. 2003. "The Role of Electrofacies, Lithofacies, and Hydraulic Flow Units in Permeability Prediction from Well Logs: A Comparative Analysis Using Classification Trees". SPE 84301. Annual Technical Conference and Exhibition, Denver.
- [5] Lim, J., J.M. Kang, dan J. Kim. 1999. "Interwell Log Correlation Using Artificial Intelligence Approach and Multivariate Statistical Analysis". SPE 54362. SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Jakarta, Indonesia.
- [6] Antelo, R., S.A. Andina, dan O. Aguirre. 2001. "Permeability Calculations from Clustering Electrofacies Technique for the Petrophysical Evaluation in La Pena and Tundy Oil Fields". SPE 69400. SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference, Buenos Aires, Argentina.

- [7] Neuendorf, K.K.E., J.P. Mehl Jr., dan J.A. Jackson (para editor). 2005. *Glossary of Geology*. Am. Geol. Inst.
- [8] Ronoatmojo, I.S. 2017. "Identifikasi Faktor Utama yang Memengaruhi Sebaran P-Impedance dalam Hubungannya dengan Sebaran Tekanan Pori, Lapangan Rantau, Cekungan Sumatera Utara". *Buletin Mindagi*. Vol. 11/No. 01. Januari 2017.
- [9] Ronoatmojo, I.S., G.S. Titaley, A. Widiyanto, W. Silvia, A. Nurani, dan R. Jayanti. 2017. "The Case Study of Empirical Relation Between Pore Pressure and P-Impedance in Shallow Layer". Proceeding JCM HAGI – IAGI – IAFMI- IATMI 2017.
- [10] Eubank, R. L. 1999. *Non-Parametric Regression and Spline Smoothing*. Edisi ke-2. Marcel Dekker, New York.
- [11] Gardle, W. 1990. *Applied Nonparametric Regression*. Cambridge University.
- [12] Friedman, J. H. 1991. "Multivariate Adaptive Regression Spline (With Discussion)". *The Annals of Statistics*. Vol. 19, hlm. 1-141.
- [13] Friedman, J. H. 1991. "Multivariate Adaptive Regression Spline (With Discussion)". *The Annals of Statistics*. Vol. 19, hlm. 1-141.
- [14] Friedman, J. H. 1991. "Multivariate Adaptive Regression Spline (With Discussion)". *The Annals of Statistics*. Vol. 19, hlm. 1-141.
- [15] Ronoatmojo, I.S. 2017. "Identifikasi Faktor Utama yang Memengaruhi Sebaran P-Impedance dalam Hubungannya dengan Sebaran Tekanan Pori, Lapangan Rantau, Cekungan Sumatera Utara". *Buletin Mindagi*. Vol. 11/No. 01. Januari 2017.
- [16] Ronoatmojo, I.S., G.S. Titaley, A. Widiyanto, W. Silvia, A. Nurani, dan R. Jayanti. 2017. "The Case Study of Empirical Relation Between Pore Pressure and P-Impedance in Shallow Layer". Proceeding JCM HAGI – IAGI – IAFMI - IATMI 2017.
- [17] Davis, J.C. 2002. *Statistics and Data Analysis in Geology*. Edisi Ke-3. Willey, New York.
- [18] Ronoatmojo, I.S. dan M. Burhannudinnur. 2020. *Pemodelan Geostatistik*. Jakarta: Penerbit Universitas Trisakti.
- [19] Davis, J.C. 2018. "Electrofacies in Reservoir Characterization". Bab 11. *Handbook of Mathematical Geosciences*. Sagar, B.S.D., Q. Cheng, dan F. Agterberg (editor). Springer, Switzerland.
- [20] Davis, J.C. 2018. "Electrofacies in Reservoir Characterization". Bab 11. *Handbook of Mathematical Geosciences*. Sagar, B.S.D., Q. Cheng, dan F. Agterberg (editor). Springer, Switzerland.



# Analisis\_Book.pdf

---

## ORIGINALITY REPORT

---

15%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

10%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

---

## PRIMARY SOURCES

---

1	<a href="http://archives.datapages.com">archives.datapages.com</a> Internet Source	1%
2	<a href="http://www.karyailmiah.trisakti.ac.id">www.karyailmiah.trisakti.ac.id</a> Internet Source	1%
3	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet Source	1%
4	<a href="http://ijseas.com">ijseas.com</a> Internet Source	1%
5	<a href="http://link.springer.com">link.springer.com</a> Internet Source	<1%
6	<a href="http://www.spgindia.org">www.spgindia.org</a> Internet Source	<1%
7	<a href="http://pubs.usgs.gov">pubs.usgs.gov</a> Internet Source	<1%
8	Stefan M. Luthi. "Geological Well Logs", Springer Science and Business Media LLC, 2001 Publication	<1%
9	<a href="http://123dok.com">123dok.com</a> Internet Source	<1%

---

10	<a href="http://lib.unnes.ac.id">lib.unnes.ac.id</a> Internet Source	<1 %
11	Imam Setiaji Ronoatmojo, Muhamad Burhannudinnur, Grace Stephani Titaley. "The influence of tectonic forces on the coupling ratio of sand Z-600, Keutapang formation, North Sumatra Basin", AIP Publishing, 2020 Publication	<1 %
12	<a href="http://www.tsop.org">www.tsop.org</a> Internet Source	<1 %
13	<a href="http://sinta3.ristekdikti.go.id">sinta3.ristekdikti.go.id</a> Internet Source	<1 %
14	A A Pramana, G Riantomo, A P Oktaviani, I Setiabudi, F D E Latief, M A Gibrata. "Digital Rock Physics Application in Determining The Porosity of Shale Rock", Journal of Physics: Conference Series, 2022 Publication	<1 %
15	<a href="http://social.um.ac.ir">social.um.ac.ir</a> Internet Source	<1 %
16	<a href="http://www.springerprofessional.de">www.springerprofessional.de</a> Internet Source	<1 %
17	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1 %
18	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Internet Source	<1 %

19	<a href="http://eprints.uad.ac.id">eprints.uad.ac.id</a> Internet Source	<1 %
20	Submitted to Universiti Teknologi Petronas Student Paper	<1 %
21	Z. Tašárová. "Small-scale gravity modeling of upper crustal structures in the Araba Valley along the Dead Sea Transform", <i>Geochemistry Geophysics Geosystems</i> , 09/28/2006 Publication	<1 %
22	<a href="http://www2.nsr.go.jp">www2.nsr.go.jp</a> Internet Source	<1 %
23	Submitted to Imperial College of Science, Technology and Medicine Student Paper	<1 %
24	<a href="http://mafiadoc.com">mafiadoc.com</a> Internet Source	<1 %
25	<a href="http://www.onepetro.org">www.onepetro.org</a> Internet Source	<1 %
26	<a href="http://www.hindawi.com">www.hindawi.com</a> Internet Source	<1 %
27	<a href="http://gudangilmu.farmasetika.com">gudangilmu.farmasetika.com</a> Internet Source	<1 %
28	Bruno Valle, Patrick Führ Da' Bó, Jeferson Santos, Lucas Aguiar et al. "A new method to improve the NMR log interpretation in drilling mud-invaded zones: A case study	<1 %

# from the Brazilian Pre-salt", Journal of Petroleum Science and Engineering, 2021

Publication

---

29 Glenn Bowers. "Determining an Appropriate Pore-Pressure Estimation Strategy", Proceedings of Offshore Technology Conference OTC, 04/2001

Publication

---

30 Submitted to Higher Education Commission Pakistan

Student Paper

---

31 cafetinnova.org

Internet Source

---

32 documents.mx

Internet Source

---

33 polen.itu.edu.tr

Internet Source

---

34 www.ccgalbarta.com

Internet Source

---

35 epdf.tips

Internet Source

---

36 pure.hw.ac.uk

Internet Source

---

37 Submitted to University of Aberdeen

Student Paper

---

38 dias.library.tuc.gr

Internet Source

---

39	<a href="https://crewes.org">crewes.org</a> Internet Source	<1 %
40	Dingye Zheng, Xiongqi Pang, Xinhua Ma, Changrong Li, Tianyu Zheng, Liming Zhou. "Hydrocarbon generation and expulsion characteristics of the source rocks in the third member of the Upper Triassic Xujiahe Formation and its effect on conventional and unconventional hydrocarbon resource potential in the Sichuan Basin", <i>Marine and Petroleum Geology</i> , 2019 Publication	<1 %
41	<a href="https://library.uniteddiversity.coop">library.uniteddiversity.coop</a> Internet Source	<1 %
42	<a href="https://onepetro.org">onepetro.org</a> Internet Source	<1 %
43	<a href="https://www.actuariayfinanzas.net">www.actuariayfinanzas.net</a> Internet Source	<1 %
44	<a href="https://www.sid.ir">www.sid.ir</a> Internet Source	<1 %
45	Er Chuang, Jingzhou Zhao, Yangyang Li, Shanghua Si, Yubin Bai, Weitao Wu, Qiyang Han. "Relationship between tight reservoir diagenesis and hydrocarbon accumulation: An example from the early Cretaceous Fuyu reservoir in the Daqing oil field, Songliao Basin, China", <i>Journal of Petroleum Science and Engineering</i> , 2021 Publication	<1 %

---

46	<a href="https://dissertations.umi.com">dissertations.umi.com</a> Internet Source	<1 %
47	<a href="http://html.rhhz.net">html.rhhz.net</a> Internet Source	<1 %
48	Mineral Resource Estimation, 2014. Publication	<1 %
49	<a href="http://library.seg.org">library.seg.org</a> Internet Source	<1 %
50	Submitted to Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia Student Paper	<1 %
51	F DAVIDMARTIN. "Reservoir Engineering", Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering, 1996 Publication	<1 %
52	<a href="http://www.depositonce.tu-berlin.de">www.depositonce.tu-berlin.de</a> Internet Source	<1 %
53	Maheswar Ojha, Kalachand Sain. "Velocity- porosity and velocity-density relationship for shallow sediments in the Kerala-Konkan basin of western Indian margin", Journal of the Geological Society of India, 2014 Publication	<1 %
54	Submitted to Universiti Teknologi MARA Student Paper	<1 %
55	<a href="http://psj.basu.ac.ir">psj.basu.ac.ir</a> Internet Source	<1 %

---

56	<a href="http://bibliotecadigital.exactas.uba.ar">bibliotecadigital.exactas.uba.ar</a> Internet Source	<1 %
57	<a href="http://epdf.pub">epdf.pub</a> Internet Source	<1 %
58	"geoENV II — Geostatistics for Environmental Applications", Springer Science and Business Media LLC, 1999 Publication	<1 %
59	<a href="http://ejournal.upi.edu">ejournal.upi.edu</a> Internet Source	<1 %
60	<a href="http://prism.ucalgary.ca">prism.ucalgary.ca</a> Internet Source	<1 %
61	<a href="http://www.skb.se">www.skb.se</a> Internet Source	<1 %
62	<a href="http://www.sprensky.com">www.sprensky.com</a> Internet Source	<1 %
63	<a href="http://www.ukm.my">www.ukm.my</a> Internet Source	<1 %
64	John Fanchi. "Predicting 4D Seismic Performance Using an Integrated Flow Model", Proceedings of SPE Annual Technical Conference and Exhibition ATCE, 10/1999 Publication	<1 %
65	Submitted to Pamoja Education Student Paper	<1 %

66	Internet Source	<1 %
67	eaps.mit.edu Internet Source	<1 %
68	tesi.cab.unipd.it Internet Source	<1 %
69	www.j3.jstage.jst.go.jp Internet Source	<1 %
70	livrepository.liverpool.ac.uk Internet Source	<1 %
71	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
72	webs.uvigo.es Internet Source	<1 %
73	Submitted to Heriot-Watt University Student Paper	<1 %
74	Hilmi S. Salem. "The Influence of Clay Conductivity on Electric Measurements of Glacial Aquifers", Energy Sources, 2010 Publication	<1 %
75	Submitted to University of Portsmouth Student Paper	<1 %
76	ml.scribd.com Internet Source	<1 %
77	repositori.uin-alauddin.ac.id Internet Source	<1 %



78	<a href="http://www.earthdoc.org">www.earthdoc.org</a> Internet Source	<1 %
79	<a href="http://www.mpp.mpg.de">www.mpp.mpg.de</a> Internet Source	<1 %
80	Submitted to Udayana University Student Paper	<1 %
81	Submitted to University of Birmingham Student Paper	<1 %
82	Submitted to University of Melbourne Student Paper	<1 %
83	<a href="http://cyberleninka.org">cyberleninka.org</a> Internet Source	<1 %
84	<a href="http://odplegacy.org">odplegacy.org</a> Internet Source	<1 %
85	<a href="http://repository.unair.ac.id">repository.unair.ac.id</a> Internet Source	<1 %
86	<a href="http://www.netl.doe.gov">www.netl.doe.gov</a> Internet Source	<1 %
87	Boncelet, Charles. "Probability, Statistics, and Random Signals", Oxford University Press Publication	<1 %
88	<a href="http://coek.info">coek.info</a> Internet Source	<1 %
89	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Internet Source	<1 %

90	<a href="http://istina.ipmnet.ru">istina.ipmnet.ru</a> Internet Source	<1 %
91	Submitted to Universiti Malaysia Terengganu UMT Student Paper	<1 %
92	<a href="http://docplayer.net">docplayer.net</a> Internet Source	<1 %
93	<a href="http://en.earth-science.net">en.earth-science.net</a> Internet Source	<1 %
94	<a href="http://espace.curtin.edu.au">espace.curtin.edu.au</a> Internet Source	<1 %
95	<a href="http://etheses.uin-malang.ac.id">etheses.uin-malang.ac.id</a> Internet Source	<1 %
96	<a href="http://www.nrcresearchpress.com">www.nrcresearchpress.com</a> Internet Source	<1 %
97	<a href="http://e-journal.trisakti.ac.id">e-journal.trisakti.ac.id</a> Internet Source	<1 %
98	<a href="http://repository.trisakti.ac.id">repository.trisakti.ac.id</a> Internet Source	<1 %
99	Submitted to The University of Manchester Student Paper	<1 %
100	<a href="http://digital.library.unt.edu">digital.library.unt.edu</a> Internet Source	<1 %
101	<a href="http://archiv.ub.uni-heidelberg.de">archiv.ub.uni-heidelberg.de</a> Internet Source	<1 %

[dspace.vutbr.cz](http://dspace.vutbr.cz)

102	Internet Source	<1 %
103	edudocs.org Internet Source	<1 %
104	escholarship.org Internet Source	<1 %
105	nied-ir.bosai.go.jp Internet Source	<1 %
106	repo.pens.ac.id Internet Source	<1 %
107	Myung W Lee. "Elastic velocities of partially gas-saturated unconsolidated sediments", Marine and Petroleum Geology, 2004 Publication	<1 %
108	id.unionpedia.org Internet Source	<1 %
109	vdocuments.site Internet Source	<1 %
110	Well Logging for Earth Scientists, 2007. Publication	<1 %
111	arxiv.org Internet Source	<1 %
112	idoc.pub Internet Source	<1 %
113	muhariefeffendi.files.wordpress.com Internet Source	<1 %

114	<a href="http://riset.sadra.ac.id">riset.sadra.ac.id</a> Internet Source	<1 %
115	<a href="http://royatulkhalilah14.blogspot.com">royatulkhalilah14.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
116	<a href="http://www.pqprc.ir">www.pqprc.ir</a> Internet Source	<1 %
117	Alan Dermawan. "DIGITAL STORYTELLING THROUGH VLOG AS A REBRANDING MEDIA FOR BASUKI TJAHAJA PURNAMA", Diakom : Jurnal Media dan Komunikasi, 2020 Publication	<1 %
118	Bernard Altshuler. "The infinite-lived rat— An equal-age replacement process", Environment International, 1978 Publication	<1 %
119	<a href="http://adoc.pub">adoc.pub</a> Internet Source	<1 %
120	<a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet Source	<1 %
121	<a href="http://id.wikipedia.org">id.wikipedia.org</a> Internet Source	<1 %
122	<a href="http://karyaulama.blogspot.com">karyaulama.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
123	<a href="http://kumpulanskipsi.blogspot.com">kumpulanskipsi.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
124	<a href="http://mpira.ub.uni-muenchen.de">mpira.ub.uni-muenchen.de</a> Internet Source	<1 %

125	<a href="https://repository.ub.ac.id">repository.ub.ac.id</a> Internet Source	<1 %
126	<a href="https://repository.unhas.ac.id">repository.unhas.ac.id</a> Internet Source	<1 %
127	<a href="https://suratterdahulu.blogspot.com">suratterdahulu.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
128	<a href="https://zh.scribd.com">zh.scribd.com</a> Internet Source	<1 %
129	<a href="https://zombiedoc.com">zombiedoc.com</a> Internet Source	<1 %
130	"CS1-PC-22_HR", ActEd Publication	<1 %
131	Continuous Bivariate Distributions, 2009. Publication	<1 %
132	Daniel Asante Otchere, Tarek Omar Arbi Ganat, Raooof Gholami, Mutari Lawal. "A Novel Custom Ensemble Learning Model for an Improved Reservoir Permeability and Water Saturation Prediction.", Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2021 Publication	<1 %
133	David P. Lesmes. "Relationships between the Electrical and Hydrogeological Properties of Rocks and Soils", Water Science and Technology Library, 2005 Publication	<1 %

134 Jingzhou Zhao, Qing Cao, Yubin Bai, Chuang Er, Jun Li, Weitao Wu, Wuxian Shen. "Petroleum accumulation: from the continuous to discontinuous", Petroleum Research, 2017  
Publication <1 %

---

135 Sandholm, William. "Vital Statistics", Oxford University Press  
Publication <1 %

---

136 Sela Oktia, Iwan Setiawan, Fournita Agustina. "ANALISIS POLA PENJUALAN HASIL KOMODITI PADI SAWAH DI DESA RIAS KECAMATAN TOBOALI KABUPATEN BANGKA SELATAN", Journal of Integrated Agribusiness, 2020  
Publication <1 %

---

137 Watheq J. Al-Mudhafar. "Integrating machine learning and data analytics for geostatistical characterization of clastic reservoirs", Journal of Petroleum Science and Engineering, 2020  
Publication <1 %

---

138 qdoc.tips  
Internet Source <1 %

---

Exclude quotes Off  
Exclude bibliography Off

Exclude matches Off