



Analisis Deret Waktu dalam Korelasi Stratigrafi: Studi Kasus Formasi Subang, Jawa Barat *Time-Trend Analysis in Stratigraphic Correlation: Case Study of Subang Formation, West Java*

Syaiful Alam

Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Jl Raya Bandung-Sumedang Km. 21, Jawa Barat, Indonesia

email: syaiful.alam@unpad.ac.id

Naskah diterima : 16 Maret 2020, Revisi terakhir : 03 Desember 2020 Disetujui : 03 Desember 2020, Online : 03 Desember 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.21.4.199-206p>

Abstrak-Fasies turbidit dan endapan hasil aliran gravitasi serta suksesi litologi yang monoton pada anggota batupasir Formasi Subang telah membuat korelasi stratigrafi menjadi sulit. Singkapan pada lokasi penelitian mayoritas berupa perselingan batupasir-batulempung, serta setempat ditemukan batupasir amalgamasi. Korelasi stratigrafi merupakan tahapan awal dalam analisis stratigrafi lebih lanjut, antara lain bertujuan untuk mengetahui runtutan kejadian sejarah pengendapan serta penyebarannya secara lateral. Analisis *Time-Trend* (TTA) merupakan metode dalam statistik untuk melihat tren/pola yang ada dari suatu sikuen data. TTA kemudian diterapkan pada penampang stratigrafi terukur pada anggota batupasir Formasi Subang yang tersingkap di lintasan Sungai Cikandung, Jawa Barat. Berdasarkan TTA, terdapat enam pola penumpukan strata yang dapat dikorelasikan secara meyakinkan, dengan batupasir amalgamasi sebagai variasi lokal dalam tren global yang melekat pada penampang stratigrafi di daerah penelitian.

Katakunci: Analisis *Time-Trend* (TTA), korelasi stratigrafi, Formasi Subang.

Abstract-*Turbiditic facies, gravity flow sediment and monotonous succession of lithology in the sandstone member of Subang Formation have made stratigraphic correlation difficult. Outcrops at the research sites are interbedded sandstones and locally founded as amalgamated sandstone. Stratigraphic correlation is an initial stage in a further stratigraphic analysis which among others aims to determine their depositional sequence and lateral distribution. Time-Trend Analysis (TTA) is a method in statistics to reveal trends/patterns that exist from sequence of data. TTA is then applied to the measured stratigraphic sections of sandstone member of Subang Formation on which are exposed at Cikandung River, West Java. According to the TTA, there are six stratal stacking patterns that can be correlated convincingly, with amalgamated sandstones as local variations in global trends attached to the stratigraphic section.*

Keywords: *Time-Trend Analysis (TTA), stratigraphic correlation, Subang Formation.*

PENDAHULUAN

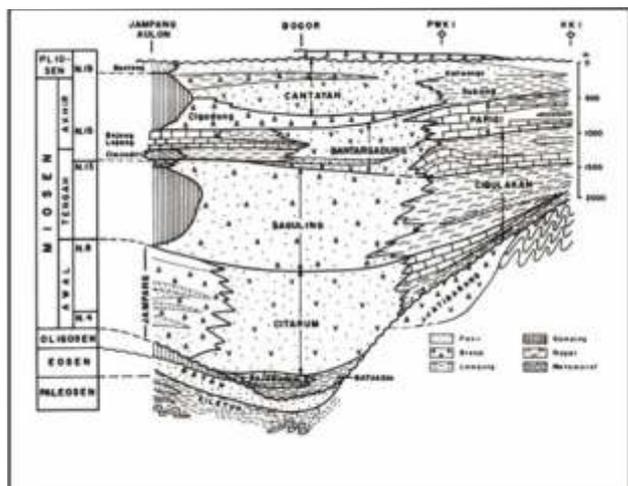
Lokasi penelitian berada di Sungai Cikandung, Kecamatan Tanjung Kerta, Sumedang. Pada lokasi ini tersingkap anggota batupasir Formasi Subang yang memiliki pola stratifikasi baik serta dapat diamati dengan jelas. Namun, seringkali pola stratifikasi yang ditemukan bersifat monoton, sehingga sulit ditentukan suksesi pola pengendapannya. Oleh karenanya, diperlukan adanya metode yang mampu membantu dalam menentukan pola-pola pengendapan. Formasi Subang tersingkap di bagian timur Cekungan Bogor (Arfiansyah dkk., 2018; Misbahudin dan Sadisun, 2019; Silitonga, 1973). Secara stratigrafi, formasi Subang ini tertindih oleh Formasi Kaliwangu dan Citalang. Pendapat mengenai hubungan stratigrafi di antara formasi-formasi tersebut pun beragam, seperti yang telah diungkapkan oleh beberapa peneliti terdahulu (Martodjojo, 2003; Philetas dan Nalendra, 2019; Silitonga, 1973). Formasi Subang memiliki kesetaraan dengan Formasi Cisubuh dengan ketebalan mencapai ± 1400 m berdasarkan penampang gayaberat (Panjaitan dan Astawa, 2010). Formasi Cisubuh juga berperan sebagai regional seal dan reservoir pada sistem petroleum di Cekungan Jawa Barat Utara (Ginanjari dkk., 2019; Jambak dkk., 2015; Nugroho dkk., 2020). Masih sedikit sekali penelitian mengenai sistem petroleum di Cekungan Bogor, termasuk untuk Formasi Subang. Hasil inventarisasi kandungan rembesan gas pada Formasi Subang dan Kaliwangu menunjukkan bahwa formasi-formasi ini berpotensi rendah untuk menghasilkan hidrokarbon berdasarkan hasil studi geokimia (Suhada dkk., 2007). Rembesan gas tersebut berada pada zona ketidakselarasan menyudut (*angular unconformity*) antara Formasi Citalang dan Kaliwangu berdasarkan pola jurus perlapisan batuan, dan juga Formasi Kaliwangu berada di atas bidang batas sikuen yang bersifat erosional pada Formasi Subang (Alam dkk., 2019; Aswan dkk., 2013). Berdasarkan analisis stratigrafi jalur korelasi penampang Jampang Kulon – Bogor - Purwakarta, Formasi Subang hanya terbentuk di bagian Paparan Sunda pada Akhir Miosen (Gambar 1). Sementara itu, endapan Miosen Akhir lainnya adalah Formasi Cantayan yang berkembang di bagian Purwakarta. Pengaruh vulkanisme lebih terlihat dengan adanya sifat tufaan di Formasi Cantayan (Rizal dkk., 2016).

Runtutan sedimen Miosen Akhir - Plistosen ini juga menunjukkan adanya perubahan lingkungan pengendapan secara vertikal dari lingkungan laut (Formasi Subang) menjadi lingkungan sungai (Formasi Citalang). Secara lateral, Formasi Subang

yang didominasi oleh batulempung menunjukkan lingkungan pengendapan yang lebih dalam dibandingkan Formasi Cantayan.

Daerah penelitian merupakan antiklinorium yang berarah relatif barat-timur serta tersesarkan. Sesar utama yang berperan membentuk kondisi geologi pada formasi batuan tersebut adalah Sesar Baribis yang menjadi pembatas antara Cekungan Jawa Barat Utara dan Cekungan Bogor melalui adanya proses inversi sebelum produk akhir berupa sesar naik (Armandita dkk., 2002; Supendi dkk., 2018).

Sebanyak dua lintasan terpilih berdasarkan kondisi kualitas singkapannya yang baik dijadikan sebagai lokasi penelitian di Sungai Cikandung (Gambar 2). Singkapan-singkapan pada anggota batupasirnya memiliki ragam tekstur serta litologi. Untuk anggota batulempung di Formasi Subang, singkapan umumnya memiliki kualitas perlapisan/stratifikasi yang buruk dan relatif homogen. Sebaliknya, heterogenitas litologi lebih sering ditemukan pada anggota batupasir dalam bentuk ragam tekstur, ketebalan, geometri dan pola penumpukan lapisan (*stacking pattern*). Untuk perlapisan yang homogen, diperlukan metode korelasi yang tidak konvensional untuk mengetahui pola *stacking pattern*-nya, sehingga perubahan proses sedimentasi dapat diketahui secara vertikal dan lateral. Proses sedimentasi pada Formasi Subang mencirikan adanya *gravity flow*. Singkapan-singkapan yang ditemukan berasosiasi dengan *grain flow*, *debris flow*, dan *slump*. Batas kontak antar perlapisan batuan berupa bidang-bidang yang tegas erosional, namun hanya bersifat diastemik. Berbeda dengan ketidakselarasan, bidang-bidang diastem hanya menunjukkan jeda waktu yang bersifat lokal.



Sumber: Martodjojo (2003).

Gambar 1. Korelasi Stratigrafi Cekungan Bogor.



Gambar 2. Daerah penelitian pada Lokasi A dan Lokasi B.

METODOLOGI

Untuk mengatasi kesulitan dalam mendeteksi pola penumpukan perlapisan (*stratal stacking pattern*) dari hasil pengukuran stratigrafi, metode alternatif diperlukan dengan menimbang beberapa metode konvensional yang telah ada. Metode korelasi konvensional saat ini masih bersifat subjektif, terutama jika data stratigrafi yang akan dikorelasikan adalah data bawah permukaan. Data stratigrafi permukaan, seperti data singkapan batuan, tingkat keyakinan yang tinggi dalam korelasi stratigrafi akan muncul dikarenakan aspek fisik atau deskriptif batuan yang dapat didefinisikan dengan baik. Namun, hal ini akan berbeda untuk data stratigrafi permukaan terlebih lagi melalui motif log pada *geophysical logging*. Untuk mengatasi masalah korelasi tersebut, maka penelitian ini menggunakan metode Analisis Deret Waktu yang telah dicobakan terhadap dua penampang stratigrafi terukur pada dua contoh lintasan singkapan Formasi Subang.

Metode yang digunakan dalam studi ini adalah statistik yang disebut *Time-trend Analysis* (TTA). Pemanfaatan statistik dengan algoritma tertentu untuk korelasi stratigrafi telah dimulai sejak tahun 90-an (Rudman dan Lankston, 1973; Tsay dan Lai, 1988; Waterman dan Raymond, 1987). Namun demikian, korelasi stratigrafi harus selalu ditempatkan sebagai *geological sense*, bukan hanya statistik (Michael dan Smith, 1980; Smith dkk., 2015). Untuk mengakomodir beberapa pendapat tersebut, maka percobaan metode ini divalidasi terlebih dahulu dengan data-data singkapan batuan di lapangan untuk tetap menjadikan metode statistik tersebut memiliki *geological sense*.

TTA secara sederhana merupakan filter sikuen data. Sikuen data adalah data yang terurut dalam waktu.

Dalam geologi, banyak sekali ditemukan sikuen data, termasuk data paleontologi dan stratigrafi. Akan tetapi, terminologi waktu pada istilah statistik memiliki kesetaraan terhadap kedalaman dalam istilah geologi. Domain waktu dan kedalaman keduanya adalah parameter *sampling sikuensial* dalam suatu suksesi data, misalnya adalah pengukuran penampang stratigrafi yang digunakan dalam penelitian ini sebagai alat analitik.

Penampang stratigrafi adalah *sikuen dataset* yang dapat dideskripsikan sebagai variabel acak $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_N$ dan setiap Z berkorespondensi terhadap tepat satu nilai kedalaman ataupun ketebalan. Fenomena tersebut mencerminkan perulangan dalam waktu atau ketebalan mengikuti teori probabilitas dan disebut sebagai proses stokastik (Sarma, 2009; Straub dkk., 2020). Proses stokastik dapat berupa sinyal deret waktu (*time series signal*), dalam hal ini yang disebut sebagai sinyal adalah sinyal stratigrafi, sebab adanya informasi litologi untuk tiap ketebalan unit stratigrafi. Sementara itu, suatu sinyal dapat tersusun dari komponen tren serta komponen acak, yang secara matematis diformulasikan sebagai berikut;

$$y = u(z) + \varepsilon, \dots [1]$$

dengan;

y = nilai pengamatan

z = posisi kedalaman/ketebalan

$u(z)$ = komponen tren

ε = komponen acak

Persamaan [1] menunjukkan bahwa dalam sikuen data deret waktu terdapat variasi *trend* dan acak. Komponen tren mencerminkan adanya kecenderungan atau pola umum dari sikuen data. Sementara itu, variasi yang bersifat tidak reguler merupakan bagian dari komponen tren. Fluktuasi dari variasi komponen acak bersifat *unpredictable*, sering ditemukan sebagai *stratigraphic event*.

HASIL PENELITIAN

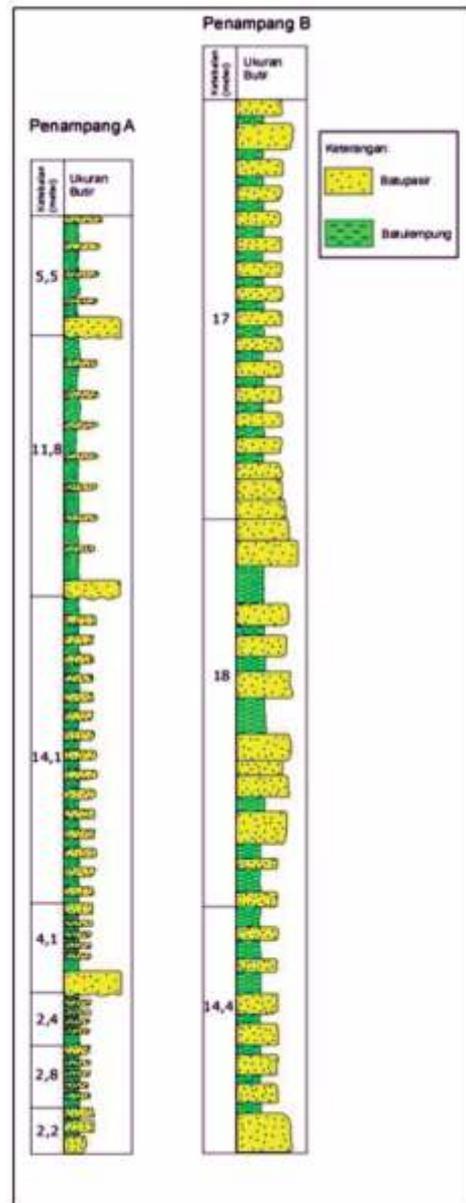
Penelitian diawali dengan pengamatan singkapan batuan di Sungai Cikandung untuk mengetahui karakter fisik batuan. Umumnya, singkapan-singkapan di lokasi studi adalah *slump deposit*, *grain flow deposit*, *debris flow deposit*, dan *turbidite* (Gambar 3). *Grain flow deposit* dicirikan dengan butiran berukuran pasir dengan tekstur *grain-supported* dan terpilah baik. *Debris flow deposit* memiliki komponen yang relatif bervariasi secara ukuran

(bongkah hingga lumpur) serta kemas yang terbuka. *Grain flow* dan *debris flow deposits* diinterpretasikan sebagai endapan dengan mekanisme proses *sediment-gravity flow*.

Sementara itu, Sikuen Bouma dan bidang-bidang erosional juga sering ditemukan sebagai penciri transportasi sedimen melalui saluran-saluran pada kipas laut. Dapat ditafsirkan bahwa daerah penelitian masuk kedalam sistem lereng oleh mekanisme *sediment-gravity flow* pada tatanan lingkungan laut. Hasil pengukuran stratigrafi dengan metode kompas dan pita ukur didapatkan dua penampang, yaitu pada induk Sungai Cikandung dan anak sungainya. Penampang pada induk Sungai Cikandung berketebalan 42,9 m yang disebut sebagai Penampang A dan pada anak sungainya setebal 49,4 m sebagai Penampang B (Gambar 4).



Gambar 3. Singkapan di Sungai Cikandung Desa Hariang: *debrite* (Lokasi B) dan *slump deposit* (Lokasi A).



Gambar 4. Penampang A pada Lokasi A dan B pada Lokasi B kolom stratigrafi terukur di Sungai Cikandung, Desa Hariang.

Adanya kombinasi komponen tersebut dalam suatu sinyal stratigrafi membuat fungsi sinyal tersebut menjadi tidak stasioner. Sinyal yang tidak stasioner membuat suatu sistem dalam analisis *time-trend* tidak berjalan dengan baik, karena informasi data pada sinyal tersebut memiliki nilai variansi yang besar dan jauh dari ekspektasinya. Untuk menentukan model *time-series*, dapat digunakan fungsi autokorelasi sebagai berikut:

$$r_L(x_t, x_{t-L}) = c(x_t, x_{t-L}) / s_{x_t} s_{x_{t-L}} \dots [2]$$

dengan;

$r_L(x_t, x_{t-L})$ = koefisien autokorelasi

$c(x_t, x_{t-L})$ = kovarian

$S_{x_t} S_{x_{t-L}}$ = standard deviasi

Persamaan [2] merupakan fungsi autokorelasi untuk mengukur hubungan antar dua variabel. Variabel dalam stratigrafi pada dasarnya hanya satu dengan jarak antar lag-nya. Lag merupakan jumlah pasangan data dengan jarak tertentu. Korelasi merupakan hasil bagi antara kovarian dengan simpangan baku. Sementara itu, indeks $t-L$ adalah *time/lag distance*. Gambar 5 menunjukkan sebaran koefisien korelasi-diri hingga lag 100. Korelasi-diri dengan lag 100 adalah korelasi antara Z_t dengan Z_{t-100} . Terdapat penurunan nilai koefisien korelasi-diri secara perlahan. Nilai koefisien korelasi-diri mulai berfluktuasi di sekitar batas atas dan batas bawah dari lag ke-4 hingga seterusnya. Korelogram juga berguna untuk menunjukkan derajat acak suatu data dan ada tidaknya suatu trend dalam sikuen data. Korelogram pada Gambar 5 menunjukkan korelasi antara deret data pada lag t dengan $t-1$ berkorelasi tinggi yang memiliki arti bahwa data tersebut tidak acak. Di samping itu, nilai koefisien autokorelasi setelah lag ke-2 berada di bawah batas kritis yang dapat

disimpulkan bahwa sikuen data dari penampang stratigrafi ini tidak memiliki tren. Secara umum, jika koefisien autokorelasi terdistribusi secara eksponensial teredam mencapai tak terhingga, maka sikuen data merupakan bagian dari proses stokastik, salah satu model *time series* yang digunakan dalam proses stokastik adalah model autoregresi dikarenakan sifat korelogramnya.

Persamaan autoregresi tingkat ke- p . AR(p) dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + \epsilon_t \dots [3]$$

dengan;

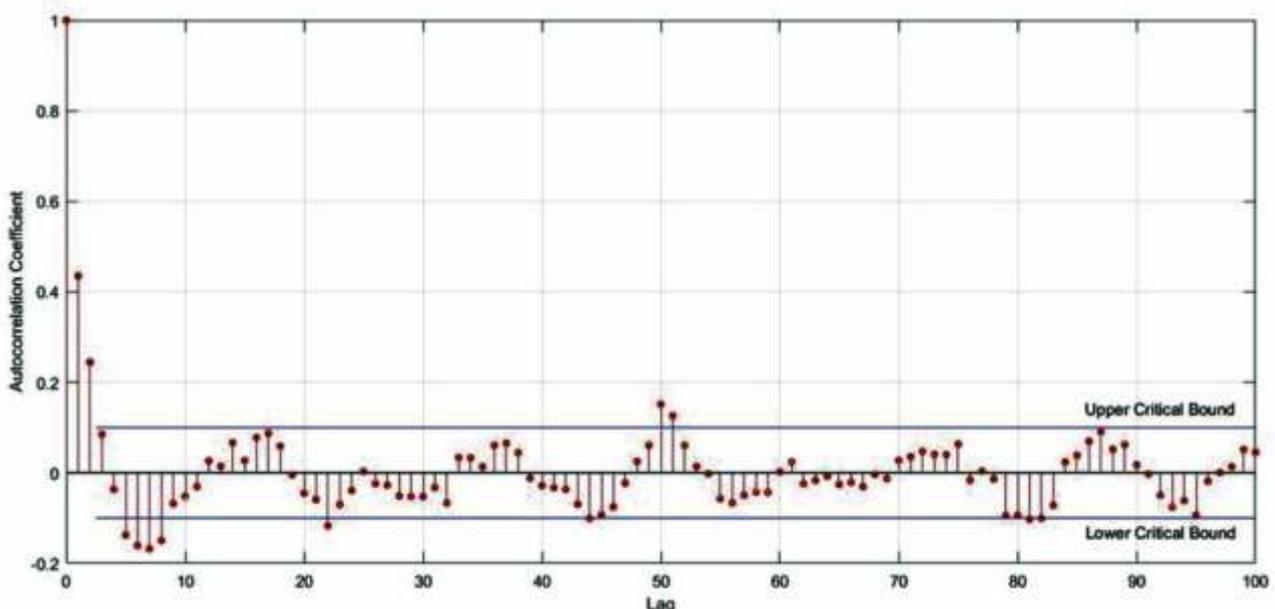
Z_{t-p} = deret ketebalan unit stratigrafi

F_p = koefisien autoregresi

ϵ_t = operator (error prediktor)

Persamaan [3] merupakan penjabaran dari persamaan [1] untuk model *time series* menggunakan autoregresi.

Suatu unit ketebalan stratigrafi, Z_t , merupakan proses autoregresi dari unit stratigrafisebelumnya, yang ditandai dengan indeks $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-p}$, dan masih menyisakan komponen acak ϵ_t .



Gambar 5. Korelogram data penampang stratigrafi terukur (MS) Sungai Cikandung.

DISKUSI

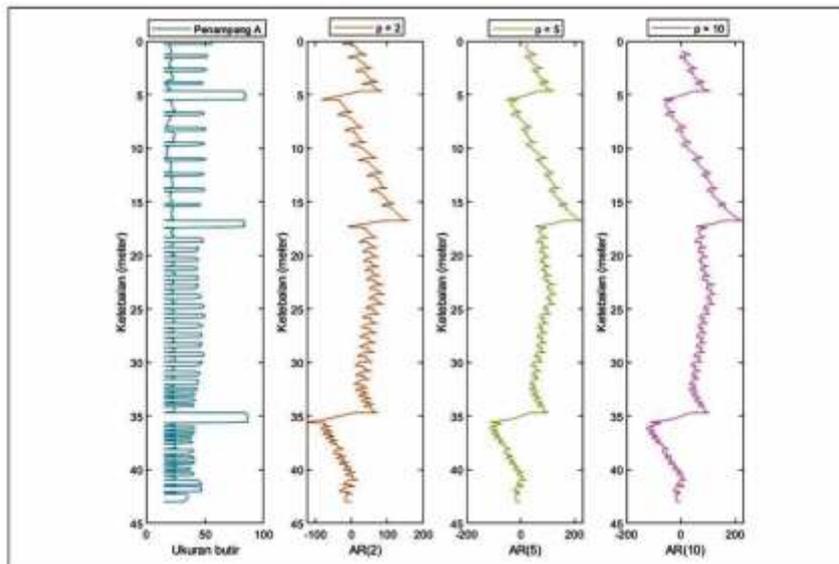
Dengan menerapkan formula persamaan [3], maka aproksimasi Z_t terhadap komponen tren yang sebenarnya dapat dikomputasi dari rangkaian sikuen data (Harbaugh dan Merriam, 1968). Untuk sampel, lag pada proses autoregresi dipilih menjadi AR(2), AR(5), dan AR(10). Persamaan AR(10) pada hasil MS Section A adalah sebagai berikut:

$$Z_t = 0,429(Z_{t-1}) + 0,136(Z_{t-2}) + 0,051(Z_{t-3}) + 0,003(Z_{t-4}) + 0,024(Z_{t-5}) - 0,263(Z_{t-6}) - 0,086(Z_{t-7}) + 0,086(Z_{t-8}) + 0,033(Z_{t-9}) + 0,058(Z_{t-10}) + 26,367 \dots [5]$$

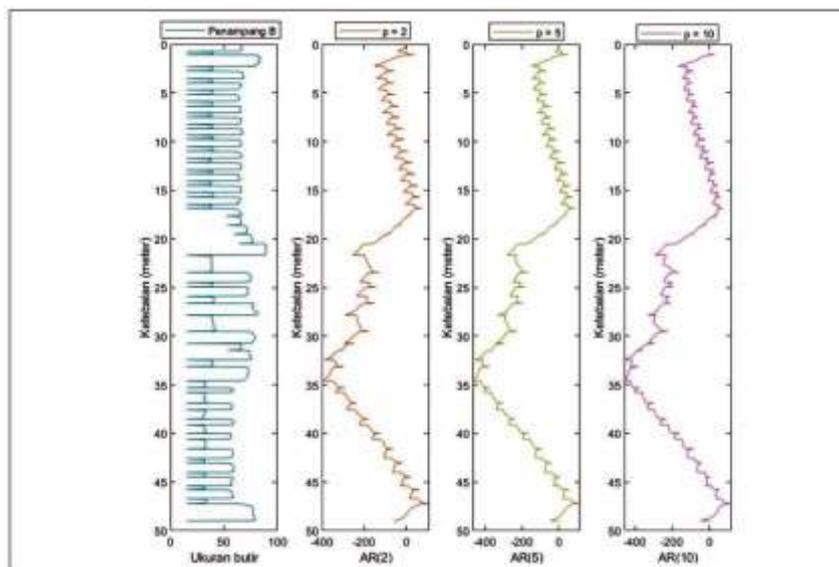
AR(10) memberikan hasil yang lebih *smooth* untuk melihat tren sedimentasi dibandingkan AR dengan lag yang lebih kecil. Berdasarkan proses autogresi tersebut, seperti pada Gambar 6 dan 7, perubahan pola tren sedimentasi terlihat dengan jelas sehingga dapat membantu dalam korelasi stratigrafi. Dalam hal ini dijumpai tiga tren sedimentasi. Tren 1 dan tren 3 mengindikasikan adanya penebalan unit perlapisan dari Section A ke Section B. Sementara itu, tren 2 menunjukkan adanya penipisan unit perlapisan dari Section A menuju Section B.

$$Z_t = 0,64(Z_{t-1}) + 0,05(Z_{t-2}) - 0,02(Z_{t-3}) - 0,05(Z_{t-4}) - 0,11(Z_{t-5}) - 0,01(Z_{t-6}) - 0,06(Z_{t-7}) - 0,01(Z_{t-8}) + 0,07(Z_{t-9}) - 0,05(Z_{t-10}) + 17,32 \dots [4]$$

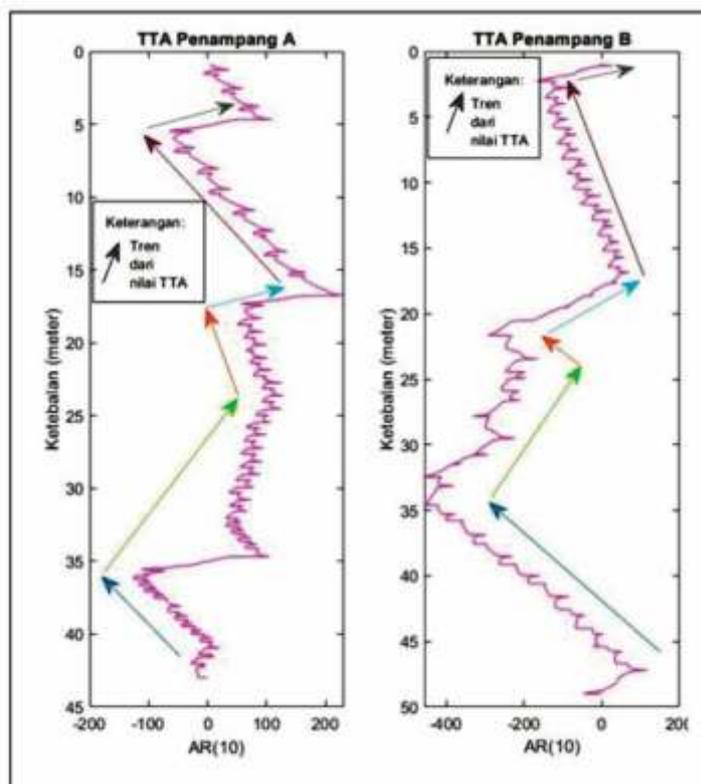
Hasil untuk persamaan AR(10) pada hasil MS Section B adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Hasil pengolahan dengan menggunakan AR(2), AR(5) dan AR(10) pada Penampang A.



Gambar 7. Hasil pengolahan dengan menggunakan AR(2), AR(5) dan AR(10) pada Penampang B.



Gambar 8. Penampang stratigrafi melalui TTA.

KESIMPULAN

Metode TTA mampu membantu dalam menentukan tren sedimentasi pada penampang stratigrafi. Penampang stratigrafi lintasan Sungai Cikandung, Section A dan B, menunjukkan geometri perlapisan berupa perselingan batupasir dan batulempung. Seringkali, pola perlapisan ini bersifat monoton, sehingga menyulitkan dalam melihat tren sedimentasi. Dengan menggunakan metode TTA, terdapat tiga tren sedimentasi yang dapat dikorelasikan secara lateral. Hasil korelasi menunjukkan adanya penebalan dan penipisan unit stratigrafi, hal ini boleh jadi adanya proses regresi dan

transgresi di Formasi Subang. Namun demikian, studi lanjut diperlukan untuk mengetahui penyebab adanya penebalan unit perlapisan pada tren 1 dan 3, serta penipisan unit perlapisan pada tren 2 sehingga dapat diketahui posisi tinggian dan cekungan di suatu daerah pengamatan geologi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada segenap civitas akademika Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, terutama staf pengajar di Laboratorium Stratigrafi atas bantuan serta terlaksananya publikasi ini.

ACUAN

- Alam, S., Sendjaja, Y.A., Jurnaliah, L., Gani, R.M.G., and Fachrudin, A., 2019. Evidence of Pliocene-Pleistocene Unconformity in Eastern Bogor Trough, Sumedang-West Java. *Journal of Geological Sciences and Applied Geology*, 3(1): 38–43.
- Arfiansyah, K., Aini, H.N., Syafri, I., Lutfi, A., and Amitama, B., 2018. Petrogenesis of Pasir Cupu Diorite, Plered District, Purwakarta, West Java. *Journal of Geological Sciences and Applied Geology*, 2(5): 38–48.
- Armandita, C., Raharjo, B., Satyana, A.H., Syafri, I., Hariyadi, M., Nugraha, E., Wanasherpa, dan Graha, S., 2002. Perkiraan Inversi Sesar Baribis Serta Perannya terhadap Proses Sedimentasi dan Kemungkinan adanya "Reworked Source" pada Endapan Turbidit Lowstand setara Talang Akar. *Buletin Geologi Institut Teknologi Bandung*, 34(3).

- Aswan, Rijani, S, and Rizal, Y., 2013. Shell Bed Identification of Kaliwangu Formation and its Sedimentary Cycle Significance, Sumedang, West Java. *Indonesian Journal of Geology*, 8(1): 1–11.
- Ginanjar, A.R., Anggraeni, E., Subhan, M., Aditya, A., Suhartanto, I., Wibowo, W., and Hasani, N., 2019. Revisiting Cisubuh Formation in Onshore North West Java Basin; New Analysis from Seismic Stratigraphy, Geochemistry, and Subsurface Perspective; Implication for Petroleum System and Shallow Target Hydrocarbon Exploration in Northwest Java Basin; Case Stu. *Society of Petroleum Engineers*, 1–23.
- Harbaugh, J.W. and Merriam, D.F., 1968. *Computer Applications in Stratigraphic Analysis*. John Wiley & Sons, Inc.
- Jambak, M.A., Syafri, I., Isnaniawardhani, V., Benyamin, and Rodriguez, H., 2015. Facies and Diagenetic Level of the Upper Cibulakan and Parigi Formation, in Randegan and Palimanan Area. *Indonesian Journal on Geoscience*, 2(3): 157–166.
- Martodjojo, S., 2003. *Evolusi Cekungan Bogor*. Institut Teknologi Bandung, ITB.
- Michael, W. and Smith, T., 1980. New Stratigraphic Correlation Techniques. *Journal of Geology*, 88: 451–457.
- Misbahudin and Sadisun, I.A., 2019. The use of Disintegration Ratio in Evaluating Rock Durability in Selected Mudrock Samples in Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 4(3): 158–170.
- Nugroho, E.S., Riyanto, A., and Suardana, M., 2020. Reservoir Characterization with Acoustic Impedance Inversion and Multi Attribute Method on “Essen” Field, Talang Akar Formation, Sub-Ciputat Basin, North West Java. *The 2nd International Conference on Science and Innovated Engineering*, 1–10.
- Panjaitan, S. dan Astawa, I.N., 2010. Studi Potensi Migas dengan Metode Gayaberat di Lepas Pantai Utara Jakarta. *Jurnal Geologi Kelautan*, 8(1): 23–35.
- Philetas, Y. dan Nalendra, S., 2019. Geologi Neogen-Kuarter di Sub Cekungan Majalengka, Jawa Barat. *Seminar Nasional Applicable Innovations of Engineering and Science Remark*, 1–8.
- Rizal, Y., Pamungkas, G., and Alfend, R., 2016. Sedimentation of the Cantayan Formation in Sirnasari, Bogor, West Java-Indonesia. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 3(5): 349–360.
- Rudman, A. and Lankston, R., 1973. Stratigraphic Correlation of Well Logs by Computer Techniques. *American Associations of Petroleum Geologists*, 57(3): 577–588.
- Sarma, D., 2009. *Geostatistics with Applications in Earth Sciences*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Silitonga, P. H., 1973. *Peta Geologi Lembar Bandung, Skala 1:100.000*. Direktorat Geologi, Bandung.
- Smith, D.G., Bailey, R.J., Burgess, P.M., and Fraser, A.J., 2015. Strata and Time: Probing the Gaps in Our Understanding. *Geological Society of London*, 404: 1–10.
- Straub, K.M., Duller, R.A., Foreman, B.Z., and Hajek, E.A., 2020. Buffered, Incomplete, and Shredded: The Challenges of Reading an Imperfect Stratigraphic Record. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 125(3): 1–44.
- Suhada, D.I., Triono, U., dan Simatupang, D.P., 2007. Inventarisasi Kandungan Gas Daerah Tanjung Medar Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat.
- Supendi, P., Nugraha, A.D., Puspito, N.T., Widiyantoro, S., and Daryono, D., 2018. Identification of Active Faults in West Java, Indonesia, based on Earthquake Hypocenter Determination, Relocation, and Focal Mechanism Analysis. *Geoscience Letters*, 5(31): 1–10.
- Tsay, F.S. and Lai, P.F., 1988. Stratigraphic Correlation of Well Logs Using Relational Tree Representation. *Society of Petroleum Engineers*, 553–558.
- Waterman, M. and Raymond, R., 1987. The Match Game: New Stratigraphic Correlation Algorithms. *Mathematical Geology*, 19(2): 109–127.
-