

PEMODELAN LOG TOTAL ORGANIC CARBON (TOC) MENGUNAKAN METODE PASSEY, REGRESI MULTI LINEAR DAN NEURAL NETWORK

Jamaluddin^{1*}, Maria², Emi Prasetyawati Umar³

¹Program Studi Teknik Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan

²Departemen Geofisika, Universitas Hasanuddin, Makassar.

³Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia

E-mail: Jamaluddin@sttmigas.ac.id

Abstract

Laboratory analysis has proven the Talang Akar Formation as a source rock that is relatively rich in organic content, but the availability of laboratory data is very limited to determine the quantity of organic material in a regional basin area, which is the main objective in this research. Therefore, a simple proven and accurate method is needed to model the TOC (organic carbon content) throughout the borehole is needed. TOC log modeling was performed using the Passey method, multilinear regression and neural network. Based on the modeling results, the multilinear regression method got better results to be applied to the Talang Akar Formation.

Keyword: Passey Method, Neural Network, Multilinear Regression, Total Organic Carbon

Abstrak

Analisa laboratorium telah membuktikan Formasi Talang akar sebagai batuan induk yang relatif kaya kandungan organik akan tetapi ketersediaan data laboratorium sangat terbatas untuk mengetahui kuantitas material organik dalam skala luas cekungan regional, hal inilah yang menjadi tujuan utama dalam penelitian ini. Dengan demikian dibutuhkan suatu metode sederhana yang terbukti dan akurat untuk memodelkan nilai TOC (kandungan karbon organik) pada seluruh kedalaman lubang bor. Pemodelan log TOC dilakukan dengan menggunakan metode Passey, regresi multilinear dan *neural network*. Berdasarkan dari hasil pemodelan, metode regresi multilinear mendapatkan hasil yang lebih baik untuk diterapkan pada Formasi Talang Akar.

Kata Kunci: Metode Passey, *Neural Network*, Regresi multilinear, *Total Organic Carbon*

PENDAHULUAN

Kemampuan suatu batuan induk (*source rock*) untuk menghasilkan minyak dan gas bumi bergantung pada 3 (tiga) parameter yaitu kuantitas total material organik, kualitas tipe material organik, dan kematangan material organik. Jumlah kandungan material organik dalam batuan induk merupakan aspek penting untuk dievaluasi. Kandungan material organik berupa kadar karbon organik yang terdapat dalam batuan sedimen atau TOC. TOC didefinisikan sebagai jumlah karbon organik yang dinyatakan dalam persen berat dari batuan kering (*dry rock*). Karbon organik yang dimaksud merupakan karbon berasal dari zat organik. Menurut Waples (1985) batuan yang mengandung TOC kurang dari 0,5% dipertimbangkan sebagai batuan yang memiliki potensi sebagai batuan induk hidrokarbon yang dapat diabaikan, hal ini karena jumlah dari hidrokarbon yang dapat dihasilkan dari batuan tersebut sangat kecil sehingga tidak memungkinkan terjadinya ekspulsi. Selain itu, jumlah minimum material organik harus dipenuhi untuk suatu ketebalan batuan tertentu agar jumlah ekonomis hidrokarbon tercapai. Peters dan Cassa (1994) menggunakan hasil analisis TOC dan pirolisis *Rock – Eval* sebagai parameter penentu potensial atau kandungan material organik (TOC).

Material organik yang terkandung dalam sedimen adalah bakteri, fitoplankton, zooplankton (terutama foraminifera dan sejenis udang-udangan) juga tumbuhan tingkat tinggi (*higher plant*) dan juga mempunyai kandungan kimia yang sama seperti lipid, protein, karbohidrat dan lignin pada tumbuhan tingkat tinggi, namun terdapat beberapa perbedaan karakteristik pada sejumlah kandungan utamanya dan pada detail struktur kimianya. Kandungan lipid pada minyak bumi sangat penting dikarenakan lipid terdiri atas substansi lemak, lilin, dan komponen lainnya yang menyerupai lipid seperti pigmen terlarut pada minyak, terpenoids, steroids, sterol dan lemak yang kompleks lainnya. Penelitian dilakukan untuk menentukan nilai TOC batuan induk menggunakan pendekatan data well log dan membandingkan beberapa model log TOC yang paling tepat untuk diterapkan pada formasi daerah penelitian.

Tabel 1 Parameter dalam analisis potensi dan kekayaan material organik pada batuan induk (Peters dan Cassa, 1994).

Klasifikasi	TOC (wt%)
Buruk	0 – 0,5
Sedang	0,5 – 1
Baik	1 – 2
Sangat Baik	2 – 4
Istimewa	> 4

PEMODELAN LOG *TOTAL ORGANIC CARBON* (TOC)

Sebaran nilai kandungan karbon organik (TOC) suatu batuan induk dari suatu formasi telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Pemodelan log total organik karbon (%TOC) dilakukan dengan pendekatan secara matematis dan berkaitan dengan nilai kematangan suatu batuan induk. Penentuan kematangan batuan induk bisa dilakukan berdasarkan dari data log sebagai berikut:

1. *Gamma ray log*: keberadaan material organik pada sumur, berasosiasi dengan nilai kandungan uraniumnya, sehingga akan meningkatkan nilai log gamma ray. (Schmocher, 1979).
2. *Resistivity log*: ketika lapisan batuan induk/ batuan induk matang, maka fluida migas akan dapat ditemukan pada patahan-patahan/ fraktura dan void/ ruang pori-pori yang dapat terisi atau kosong. Maka, besar resistivitas batuan induk akan meningkat secara signifikan dengan faktor 10 atau lebih (Meyer dan Nederloff, 1984).
3. *Density log*: Bebatuan shale yang bukan merupakan batuan induk memiliki matriks densitas rerata 2.67 hingga 2.72 g/cm³. Keberadaan material organik akan mengurangi densitas batuan. Pada kasus batuan gamping / *limestone* karbonat seperti yang telah terbukti dalam testing sumur, densitas batuan mengalami peningkatan secara signifikan. (Passey et al, 1990).
4. *Neutron log*: menghitung indeks hidrogen. Sehingga peningkatan nilai neutron log akan merefleksikan keberadaan batuan induk yang telah matang.
5. *Sonic log*: dalam kondisi kompaksi dan litologi yang sama. Peningkatan nilai sonik travel time (Δt) terjadi di bebatuan yang tidak matang dan relatif peningkatan terjadi pada batuan batuan induk yang telah matang.

METODE PENELITIAN

Dalam analisis pemodelan log TOC, diawali dengan ketersediaan data yang ada dalam penelitian ini. Data kekayaan serpih yang digunakan meliputi hasil analisis TOC laboratorium dari sumur yang menembus zona interest. Karena dalam penelitian ini, pemodelan log TOC menggunakan metode Passey dkk, regresi multilinear dan *neural network*.

Metode Passey

Passey menggunakan metode ini, memperkenalkan istilah “Delta LogR” yang nilainya berhubungan secara linear dengan nilai %TOC dan merupakan fungsi dari kematangan batuan induk. Salah satu variabel utama yang digunakan dari teknik ini adalah nilai log pada baseline (garis basis). Adapun, baseline itu sendiri adalah garis pada kedalaman tertentu dimana ditemukan litologi non-batuan induk berbutir halus.

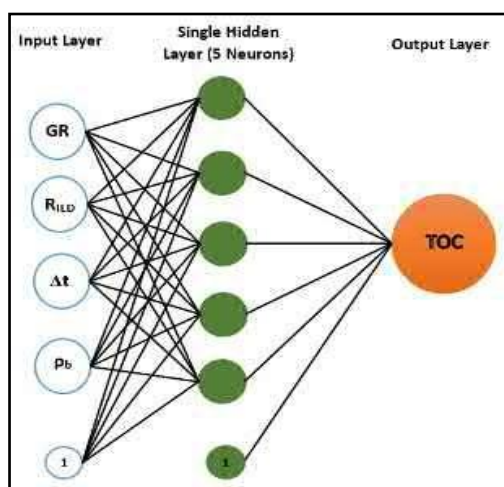
$$\Delta\text{LogR}_{\text{Sonic}} = \text{Log } 10 \left(\frac{RT}{RT_{\text{Baseline}}} \right) + 0.02(\Delta t - \Delta t_{\text{Baseline}}) \quad (1)$$

dengan, RT Nilai log resistivitas pada kedalaman tertentu (ohm.m), RT_{baseline} adalah nilai resistivitas pada kedalaman *baseline* (ohm.m), Δt adalah nilai log sonic (us/ft), $\Delta t_{\text{baseline}}$ nilai log sonic pada titik kedalaman baseline (us/ft) dan nilai 0.02 adalah konstanta perbandingan skala log resistivitas dan log sonik.

Adapun nilai total kandungan karbon organik %TOC dapat ditemukan dengan menggunakan persamaan (1) berikut:

$$\text{TOC} = \Delta\text{LogR} \times 10^{(2.297 - 0.1688 \text{ LOM})} \quad (2)$$

dengan, TOC adalah nilai total karbon organik (%), LOM tingkat kematangan batuan (*Level of Maturity*), ΔLogR nilai *crossover* log resistivitas dan log sonik dan nilai konstanta 10 adalah perbandingan nilai 100 us/ft berada pada satu bidang skala yang sama dengan 10 logaritmik log resistivitas.



Gambar 1. Struktur desain untuk pembuatan model ANN dengan satu lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lima neuron (Wibowo dkk, 2021).

- **Metode Regresi multilinear**

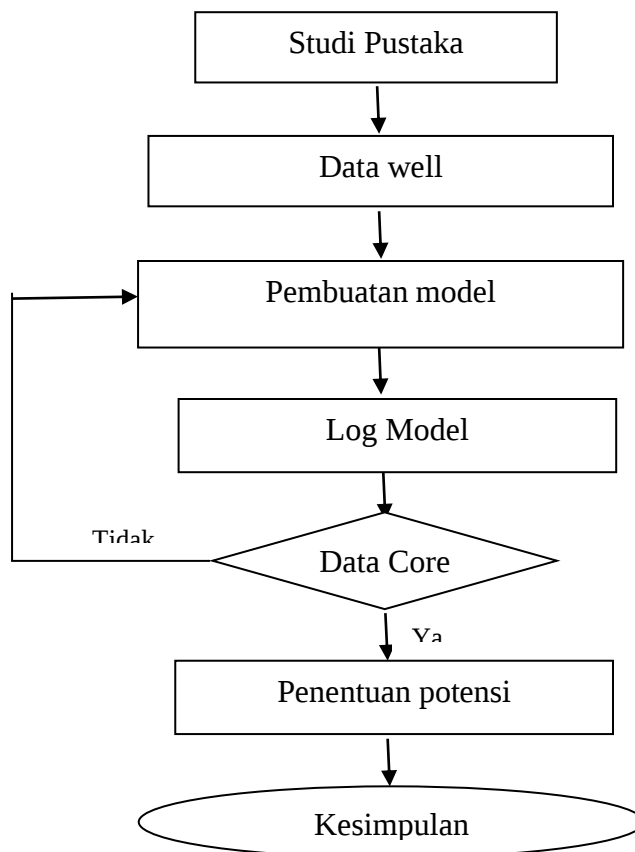
Secara matematis regresi multilinear dapat dituliskan sebagai berikut:

$$y = b + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_i x_i \dots\dots\dots (3)$$

Persamaan di atas menunjukkan regresi multilinear untuk mencari nilai y berdasarkan input x_1, x_2 dan seterusnya sampai x_i . Penyelesaian persamaan ini adalah mencari nilai koefisien a dan konstanta b . y dianalogikan sebagai TOC, x_1 dianalogikan sebagai *log gamma ray*, x_2 dianalogikan sebagai *log density*, x_3 dianalogikan sebagai *log neutron-porosity*, x_4 dianalogikan sebagai *log P-wave*, dan x_5 dianalogikan sebagai *log resistivitas*.

- **Metode Neural Network**

Model yang dikembangkan dioptimalkan dengan mempelajari pengaruh parameter yang berbeda (fungsi pembelajaran, fungsi transfer, jumlah hidden layer, jumlah neuron, dan jumlah iterasi) terhadap kemampuan prediksi TOC model.



Gambar 2. Bagan alir penelitian.

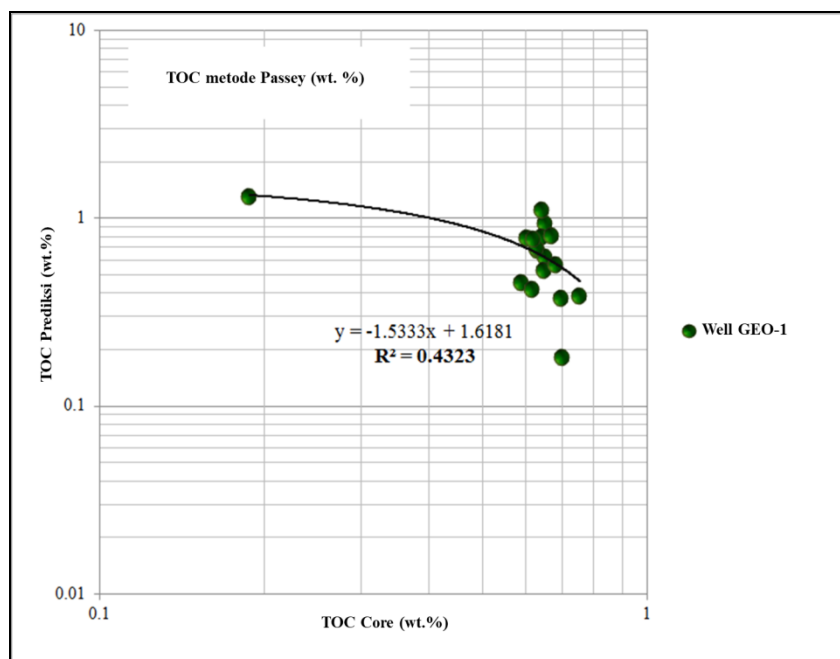
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pemodelan log TOC menggunakan metode Passey, regresi multilinear dan neural network didapatkan hasil di bawah ini yang kemudian dikorelasikan dengan data TOC *core* yang didapatkan dari hasil uji menggunakan LECO (tabel 2).

Nilai kematangan (Ro) rata-rata pada daerah penelitian ini sebesar 0.63 sehingga menggunakan nilai LOM 10. Berdasarkan dari hasil pemodelan log TOC menggunakan metode passey, nilai TOC batuan induk pada sumur GEO-1 berkisar 0,43 - 7,53 wt.%. Hasil plot silang antara TOC core laboratorium terhadap TOC model metode Passey didapatkan nilai regresi linier $R^2 = 0,4323$ atau *probability* sebesar 43,23% (Gambar 3).

Tabel 2 Hasil pemodelan prediksi log TOC megggunakan metode Passey, Regresi Multi Linear dan *Neural Network*

Well	Kedalaman (Meter)	TOC Core (%wt)	TOC metode Passey (%wt)	TOC Regresi Multi Linear (%wt)	TOC <i>Neural</i> <i>Network</i> (%wt)
GEO-1	2280	1.29	0.43	0.96	0.4042
	2310	0.45	1.15	0.43	0.6698
	2365	0.92	1.43	0.82	0.3505
	2410	0.77	0.79	0.75	0.4359
	2530	0.67	1.00	0.65	0.4680
	2665	0.61	3.35	0.77	0.4256
	2722	0.78	3.43	0.61	0.5450
	2750	0.68	1.23	0.59	0.4839
	2815	0.18	2.10	0.72	0.4658
	2846	0.38	1.69	0.66	0.2558
	2885	1.09	1.07	0.74	0.1070
	2902	0.41	2.35	0.73	0.3662
	2952	0.8	2.86	0.44	0.5993
	2994	0.76	7.53	0.67	0.4992
	3040	0.52	2.15	0.56	0.0154
	3085	0.56	1.26	0.56	0.6353
	3105	0.37	2.70	0.55	0.2422



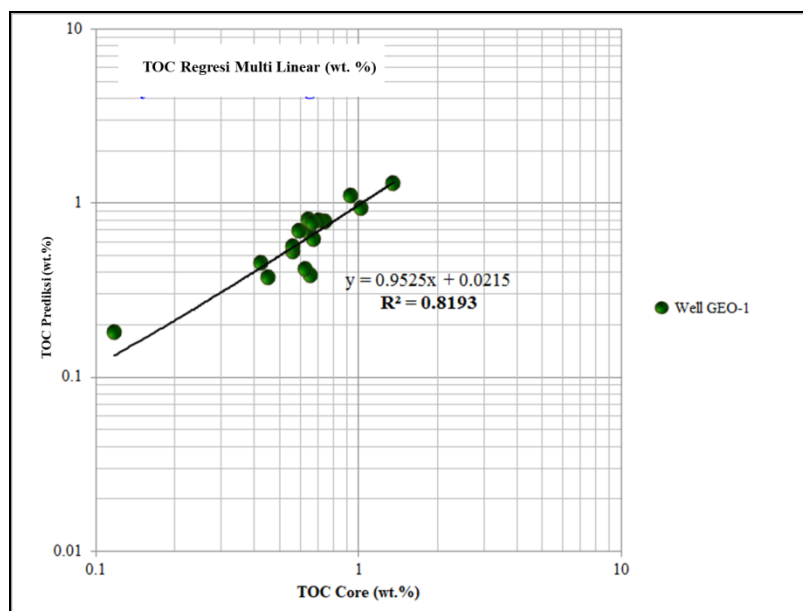
Gambar 3. Korelasi TOC berdasarkan pemodelan TOC core dan TOC prediksi menggunakan metode Passey.

Pemodelan log TOC menggunakan metode passey pada daerah penelitian kurang bagus, dikarenakan parameter yang digunakan dalam pemodelan TOC metode passey diharuskan memasukkan nilai baseline zona serpih. Selain itu, diakibatkan karena terjadinya *shifting* antara data *kellybushing* (kb). Passey mengasumsikan bahwa zona serpih yang kaya akan bahan organik maka respons resistivitas batuan akan tinggi dan diikuti oleh penurunan kecepatan gelombang sonik kompresional.

Pada pemodelan log TOC menggunakan metode regresi multilinear, didapatkan persamaan di bawah ini:

$$\text{TOC Model} = (-3.5) + (0.00215 \times \text{Log GR}) + (0.0005 \times \text{Log Resistivitas}) + (0.006 \times \text{Log P Wave}) + (1.2849 \times \text{Log Densitas} + 3.7705 \times \text{Log Neutron-Porositas}) \quad (4)$$

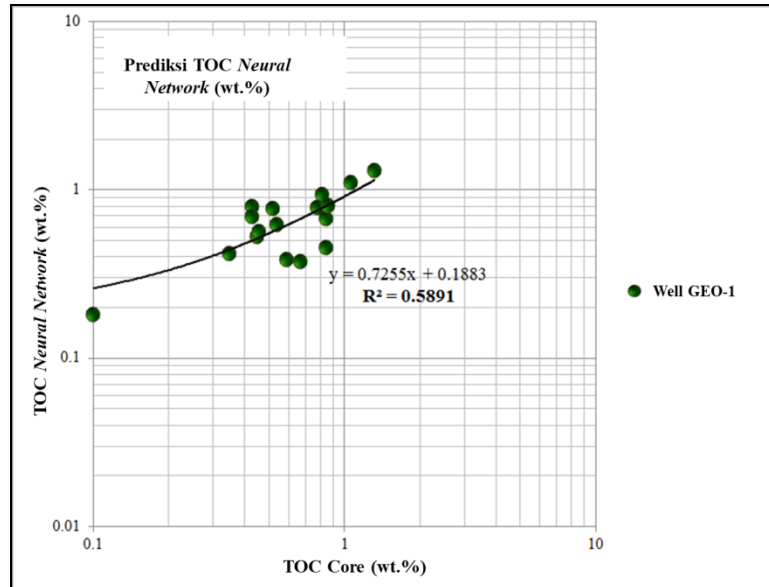
Persamaan 4 digunakan untuk menghitung TOC model menggunakan metode regresi multilinear. Berdasarkan dari hasil pemodelan, nilai TOC pada sumur GEO-1 berkisar 0,43 - 0,96 wt.%. Hasil dari pemodelan kemudian dilakukan plot silang Antara hasil pemodelan dan nilai TOC core didapatkan nilai regresi linier sebesar $R^2 = 0,8193$ atau *probability* sebesar 81,93%. Hal tersebut memiliki arti bahwa kemampuan variable independen sebesar 81,93%, sedangkan sisanya 18,07% dijelaskan oleh variable lain selain variable independen dalam penelitian tersebut (Gambar 4).



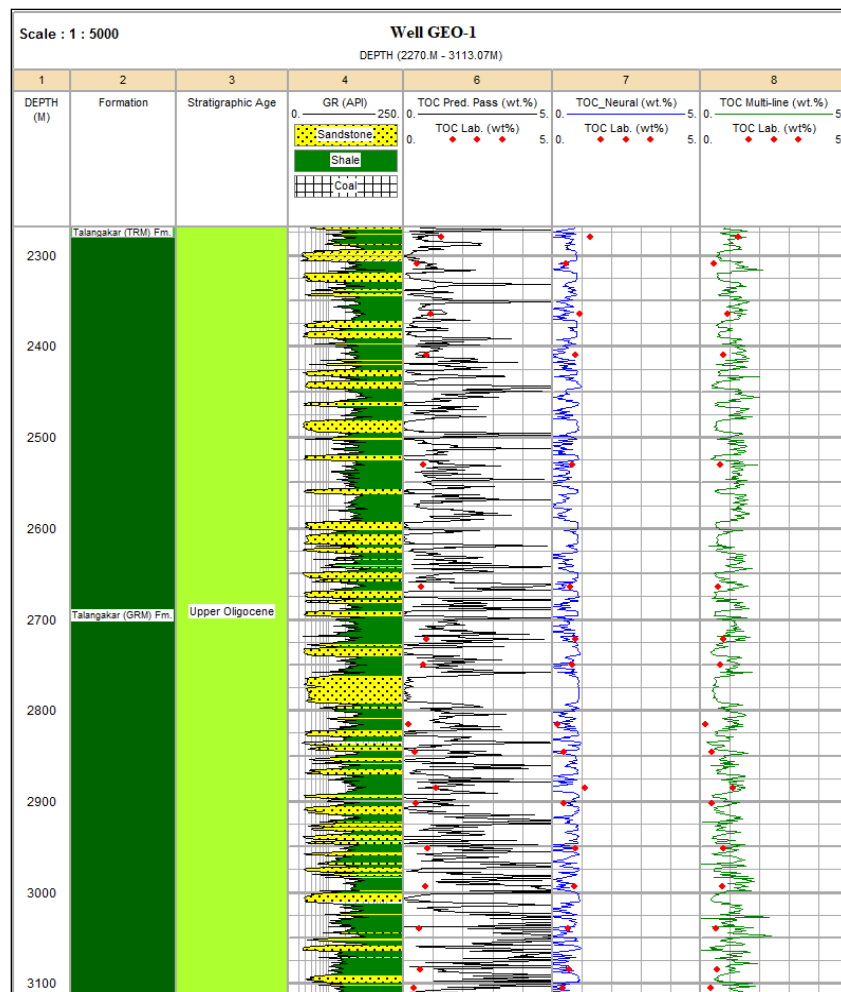
Gambar 4. Korelasi TOC berdasarkan pemodelan TOC core dan TOC Prediksi menggunakan metode regresi multilinear.

Metode regresi multilinear pada daerah penelitian dapat memberikan hasil yang lebih baik untuk perhitungan TOC dikarenakan pemodelan menggunakan variable independen yaitu TOC core, *log Gamma Ray*, *log Density*, *log Neutron-Porosity*, *log resistivitas* dan *log P-Wave* sebagai input dari perhitungan regresi multi linier untuk menghasilkan TOC Model dari perhitungan.

Nilai kualitas material organik berdasarkan pemodelan log TOC menggunakan metode *neural network* pada Formasi Talang Akar adalah 0,0154 – 0,6698 wt.%. Dari hasil plot silang antara TOC *core* laboratorium dengan TOC metode *neural network* didapatkan nilai regresi linier sebesar $R^2 = 0,5891$ atau *probability* sebesar 58,91%. Pemodelan log TOC berdasarkan metode *neural network* menggunakan empat parameter inputan; (1) Data log resistivitas induksi dalam (ILD/LLD) karena mengindikasikan adanya kerogen dalam batuan (Passey et al., 1990), (2) Log sonik (Δt), yang menurun dengan meningkatnya TOC dalam batuan (Liu et al., 2013), (3) Densitas formasi (ρ_b), umumnya menurun dengan meningkatnya kandungan kerogen, dan bahan organik dalam formasi meningkat (Schmoker, 1979), (4) Gamma-ray (GR), meskipun hubungan antara GR dan TOC kontroversial (Gonzalez et al., 2013), beberapa penulis menegaskan bahwa memasukkan data GR ke dalam Model TOC dapat meningkatkan kinerja model ini (Wang et al., 2016; Zhao et al., 2016) (Gambar 5).



Gambar 5. Korelasi TOC berdasarkan pemodelan TOC core dan TOC Prediksi menggunakan metode neural network.



Gambar 6. Model log TOC yang terbentuk pada sumur GEO-1

Gambar 6 menunjukkan pemodelan log TOC menggunakan metode Passey, regresi multilinear dan *neural network*. Pada gambar tersebut bisa dilihat bahwa hasil pemodelan log TOC pada daerah Formasi Talang Akar lebih bagus menggunakan metode regresi multilinear.

KESIMPULAN

Pemodelan log TOC pada Formasi Talang Akar dilakukan dengan menggunakan metode Passey, regresi multilinear dan *neural network*. Pemodelan log total organik karbon (%TOC) dilakukan dengan pendekatan secara matematis menggunakan data well log. Berdasarkan hasil pemodelan log TOC dan plot silang dengan nilai TOC core maka didapatkan nilai regresi linear pada metode Passey $R^2 = 0,4323$; metode regresi multilinear $R^2 = 0,8193$; dan metode Neural Network $R^2 = 0,5891$. Berdasarkan nilai tersebut disimpulkan bahwa metode yang cocok untuk pemodelan nilai TOC pada sumur GEO-1 Formasi Talang Akar adalah metode regresi Multilinear.

DAFTAR PUSTAKA

- Gonzalez, J. et al. (2013) Determination of formation organic carbon content using a new neutron-induced gamma ray spectroscopy service that directly measures carbon. Unconventional Resources Technology Conference, URTC 2013, pp. 1100–1109.
- Jamaluddin, J., Nugraha, S. T., Maria, M., & Umar, E. P. (2018) Prediksi Total Oranic Carbon (TOC) Menggunakan regresi multilinear dengan pendekatan data well. Jurnal Gecelebes, 2(1): 1-5.
- Liu, Y. et al. (2013). Quantifying Total Organic Carbon (TOC) from Well Logs Using Support Vector Regression. GeoConvention (6).
- Meyer, B.L., Nederlof, M.H. (1984) Identification of source rocks on wireline logs by density/resistivity and sonic transit time/resistivity cross plots. AAPG Bulletin (68): 121–129.
- Passey, Q.R., Moretti, F.U., Stroud, J.D. (1990) A practical modal for organic richness from porosity and resistivity logs. AAPG Bulletin (74): 1777– 1794.
- Peters, K.E., dan Cassa, M.R. (1994) Applied source rock geochemistry. In: The Petroleum system-from source to trap (L.B. Magoon and W.G Dow, eds.) American Association of Petroleum Geologist Memoir, submitted.
- Schmoker, J. W. (1979) Determination of Organic Content of Appalachian Devonian Shales from Formation-Density Logs: GEOLOGIC NOTES', AAPG Bulletin, 63(9):1504–1509.

- Wang, P. et al. (2016) Revised models for determining TOC in shale play: Example from Devonian Duvernay Shale, Western Canada Sedimentary Basin. *Marine and Petroleum Geology*. Elsevier (70) : 304–319.
- Wibowo, Rahmat C., Dewanto, O., Sarkowi, M. (2021) Prediksi Total Organic Content (TOC) Dengan Teknik Machine Learning Pada Batu Serpih Kaya Material Organik. Laporan: Universitas Lampung.
- Zhao, P. et al. (2016) A new method for estimating total organic carbon content from well logs, *AAPG Bulletin*, 100(8) :1311–1327.