

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Penentuan Potensi Batuan Induk pada Formasi Ngimbang Menggunakan Log Model TOC, Lapangan “ARRAZI”, Cekungan Jawa Timur Utara

Disusun Oleh:  
**Yosar Fatahillah**  
**37.12.100.027**

So what does this tell us about the future exploration trends?

- Go deeper, exploring down to the source rock

**Dr. Michael C. Daly, Executive VP Exploration BP PLC**

Pembimbing :  
**Dr. Widya Utama DEA**  
**Anik Hilyah S.Si, MT**  
**Kukuh Suprayogi, ST, MT**



# Wolfcamp Shale – a world class source rock in oil window

## Hydrocarbon Generating Potential

Richness	Good - Excellent	Fair	Poor
TOC (%)	2-10	1-2	<1

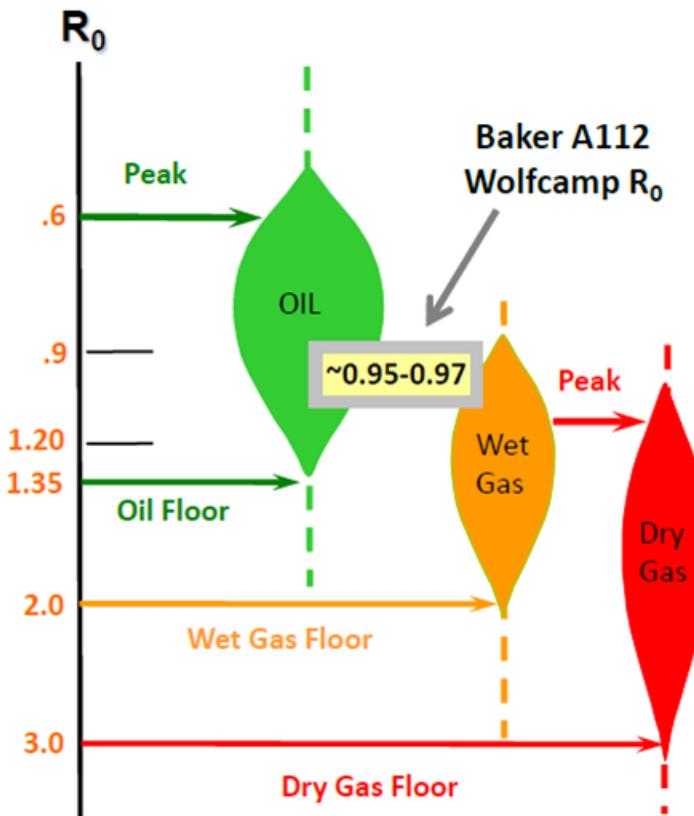
TOC for Wolfcamp Shale from whole core of Baker A112:

**2.24% – 7.24%**

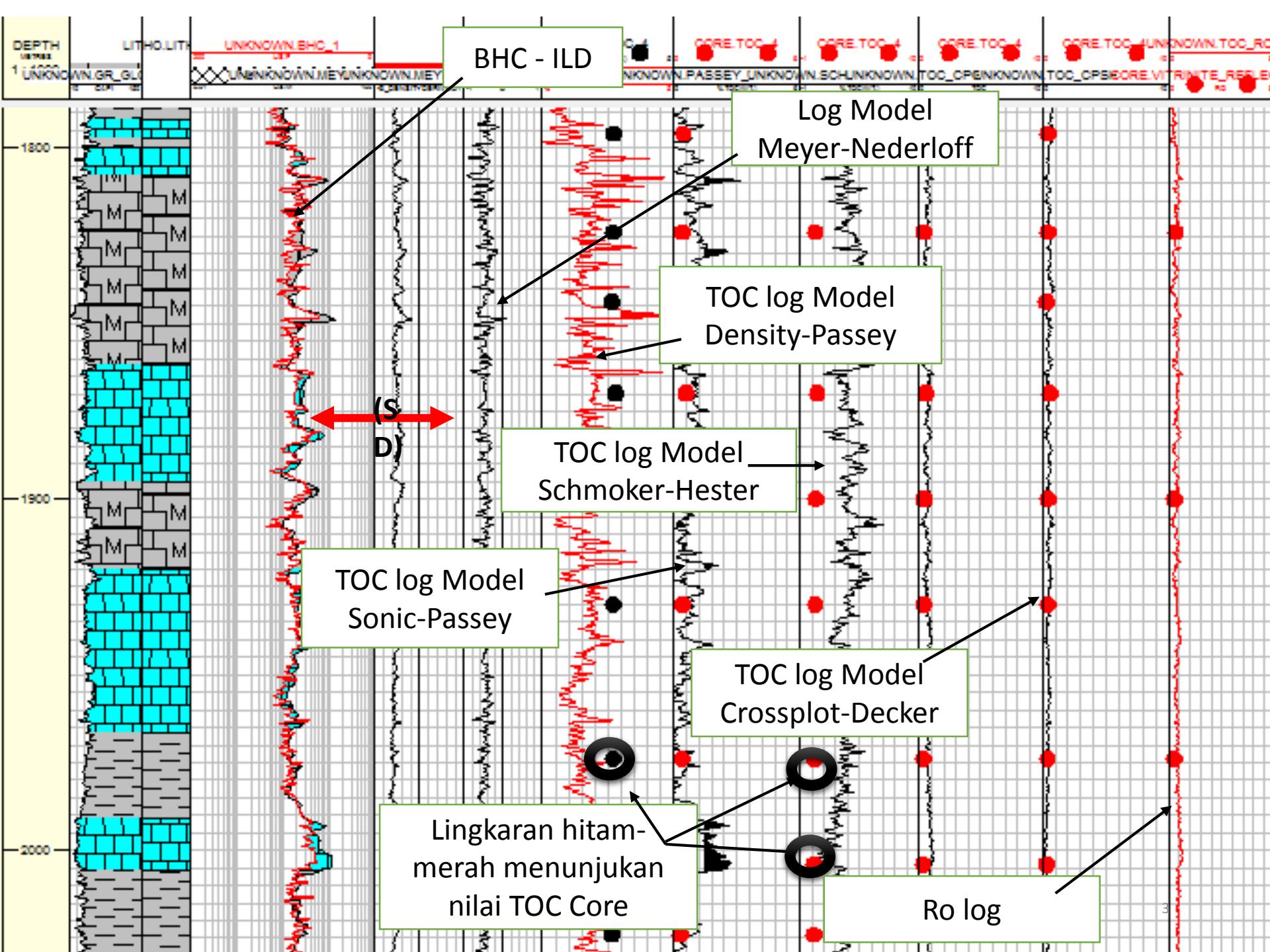
**TOC (Total Organic Carbon Content)** is the amount of material available to convert into hydrocarbons.

A high percentage of TOC implies significant material (generally) available for hydrocarbon generation.

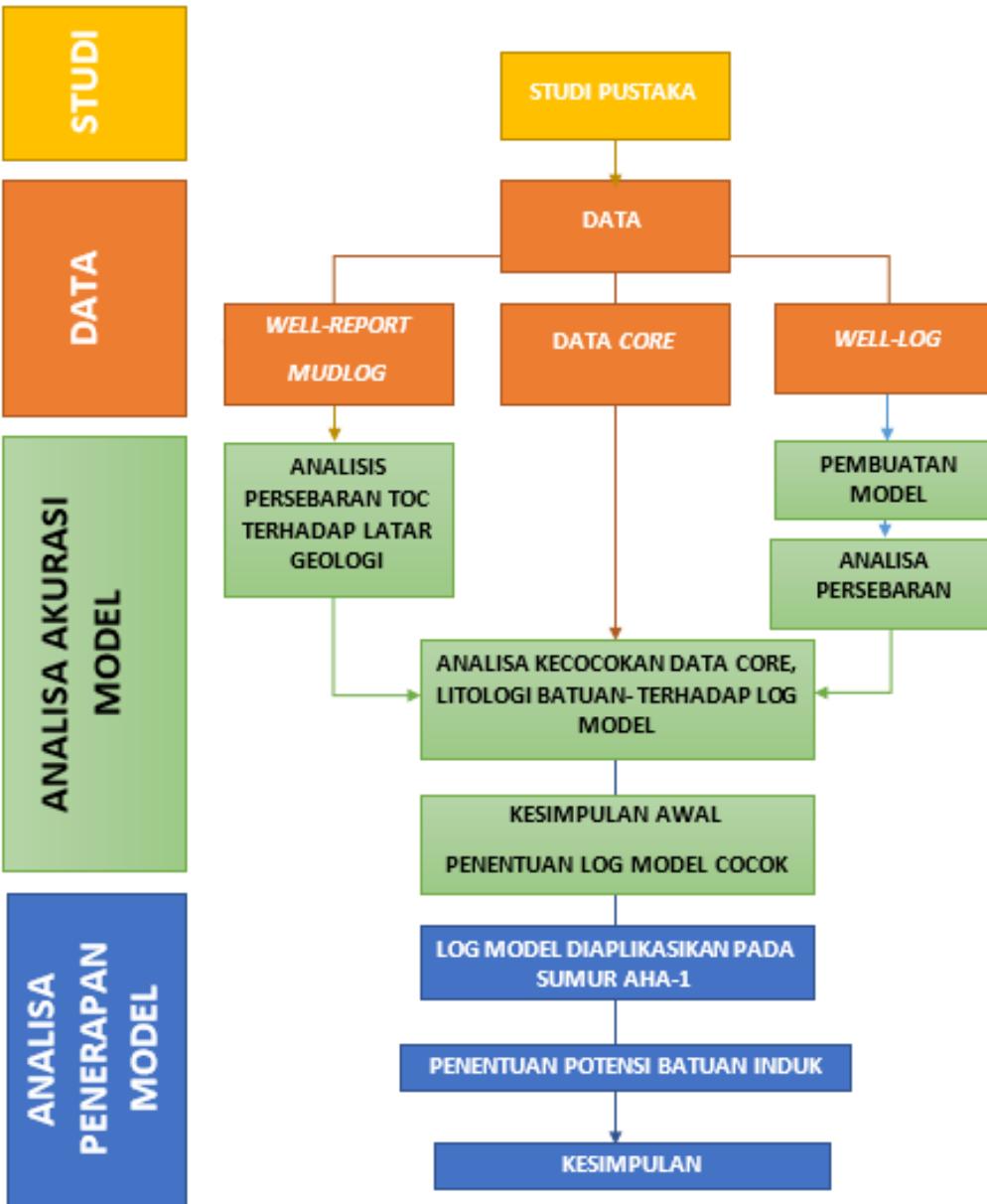
## Thermal Maturity

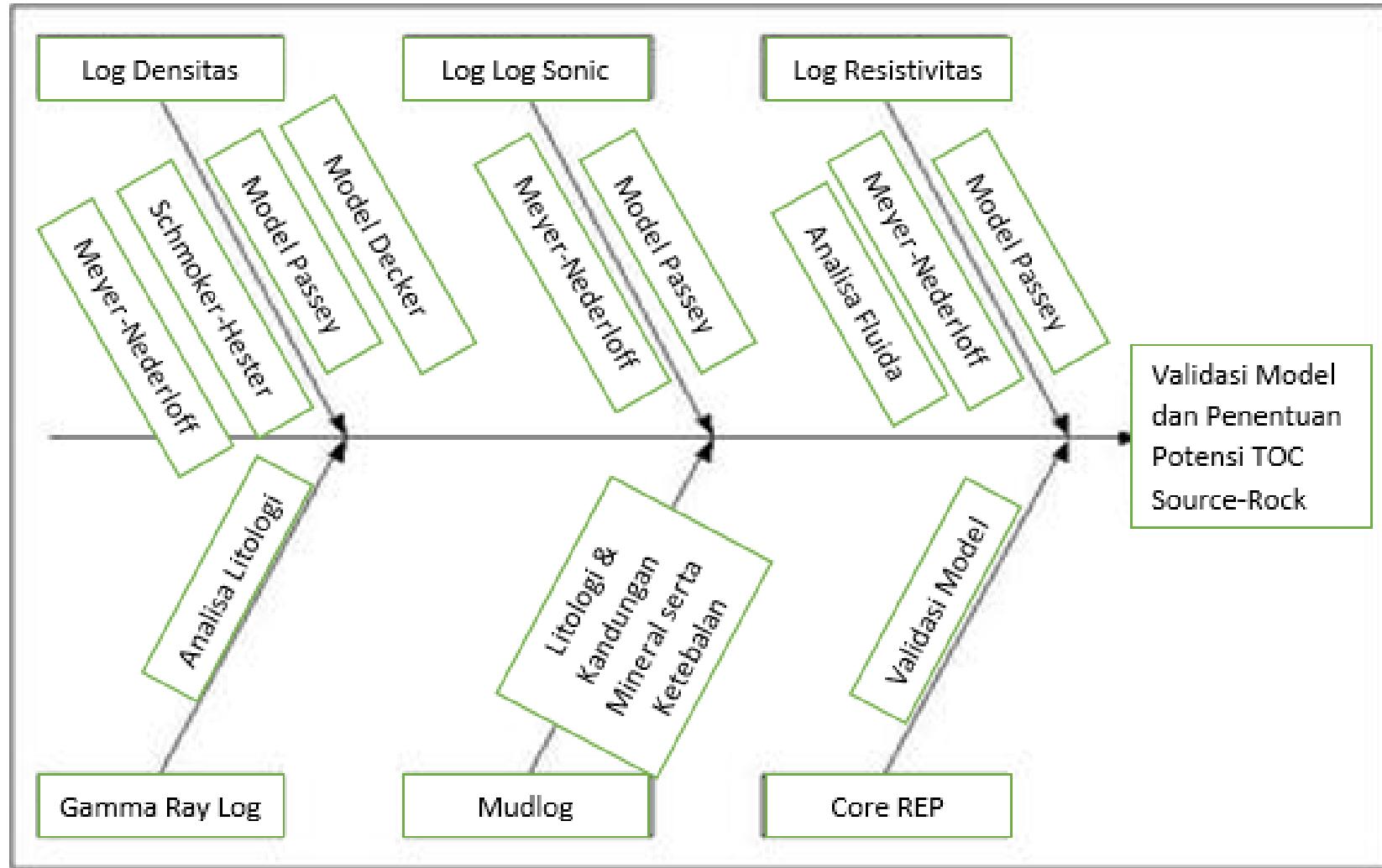


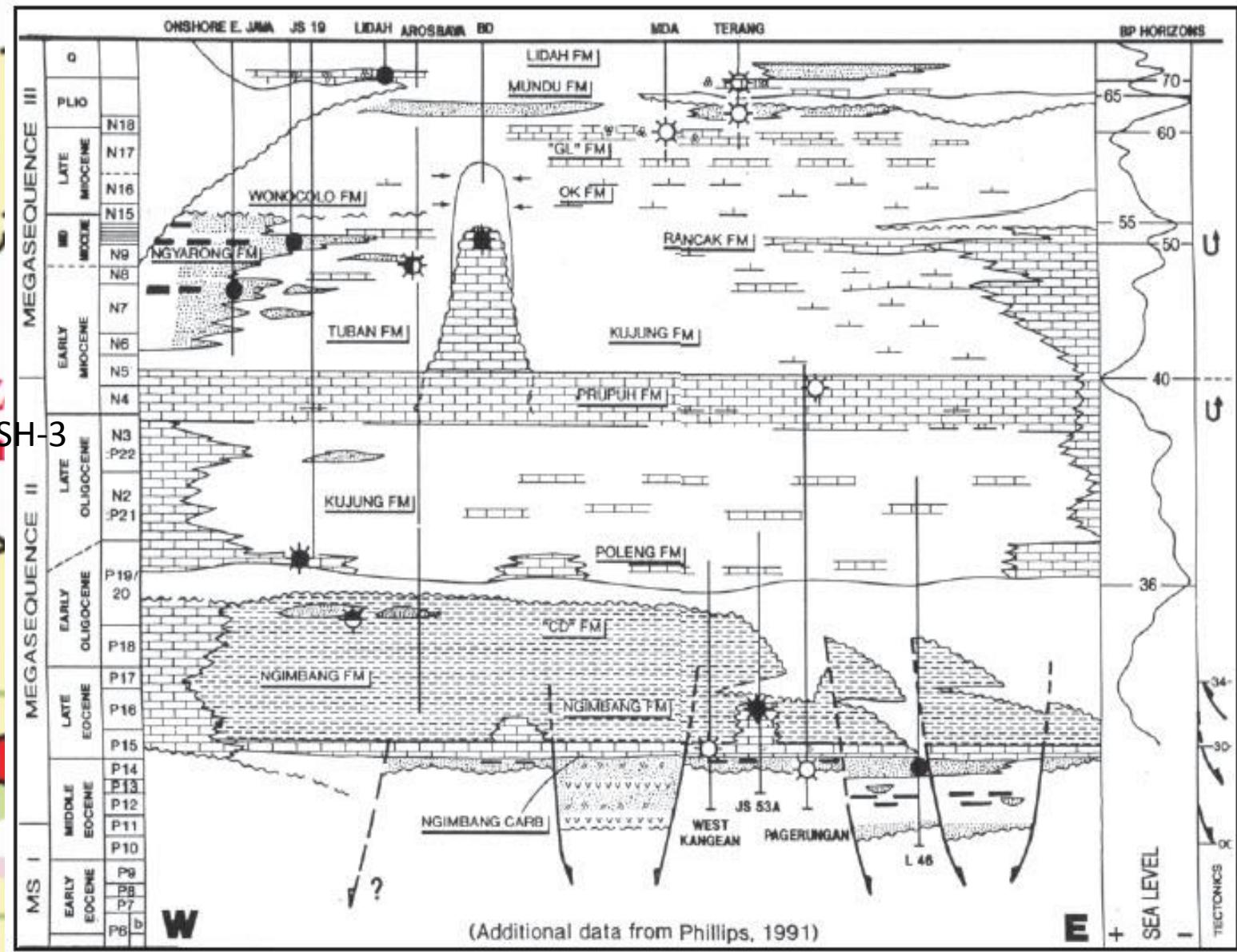
**$R_o$ :** measures intensity of reflected light from polished vitrinite particles and reported as mean percent reflectance - the most commonly used technique for source rock thermal maturity determination.



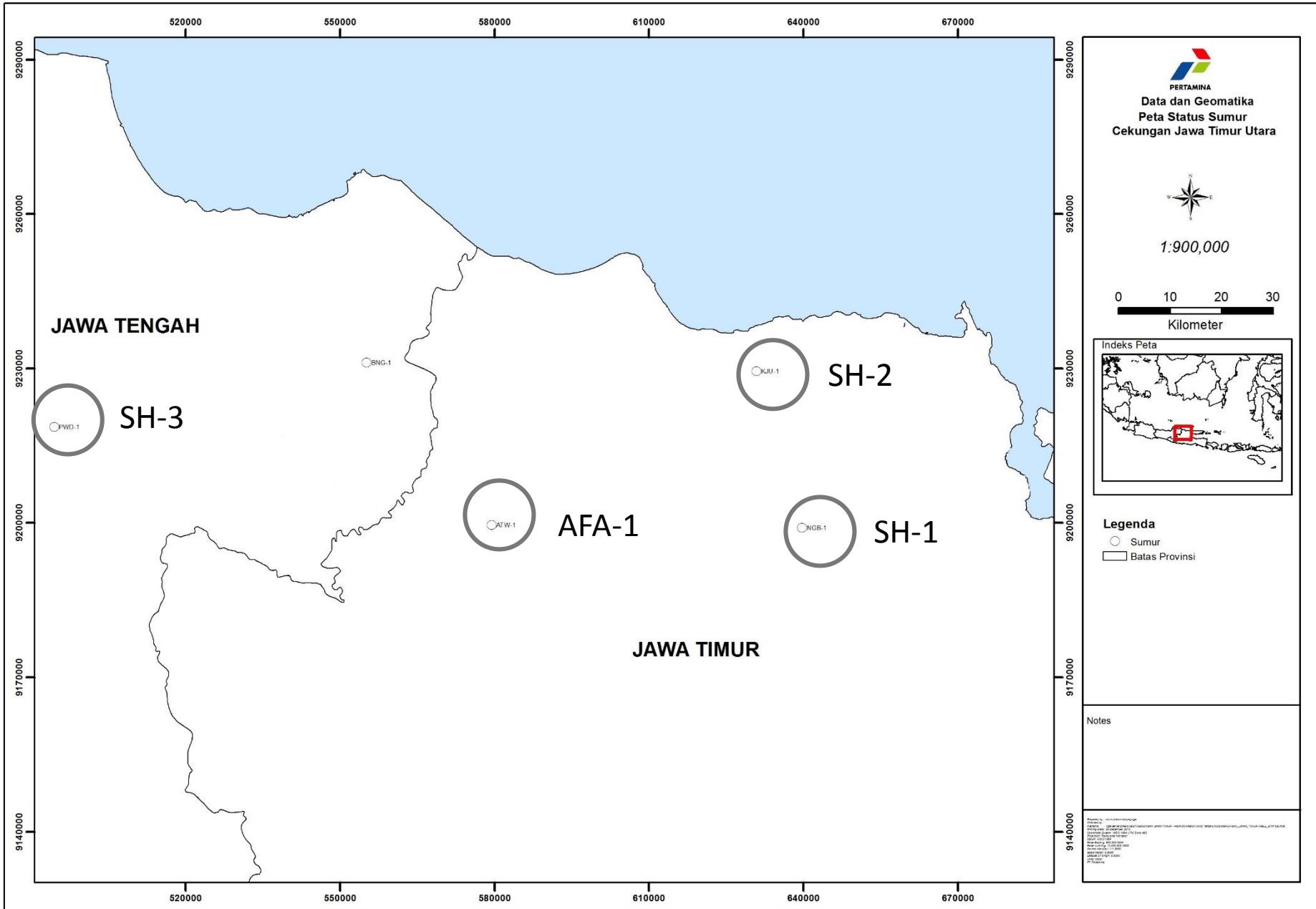
# METODOLOGI







# Kolom Stratigrafi Regional di Cekungan Jawa Timur Utara(Phillips, 1991)

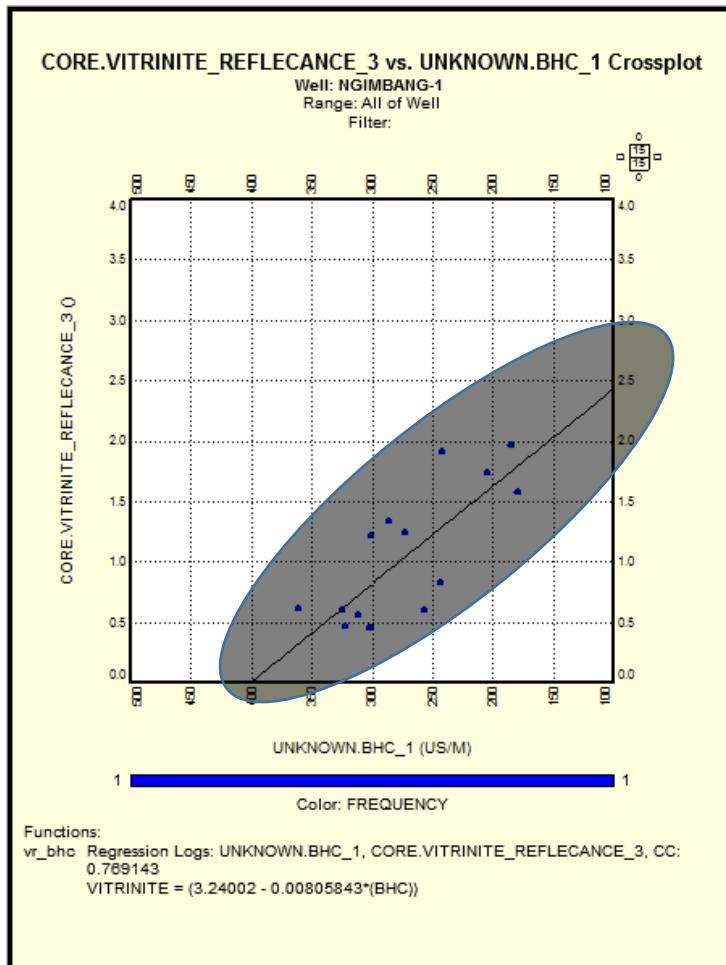


# MODEL LOG TOC & Ro

Model log yang digunakan pada penelitian ini:

- Schmoker & Hester (1983)
- Passey Sonic (1990)
- Passey Density (1990)
- Crossplot Density/ Decker Model (1993)
- Improved CrossplotDensity (2016)
- Sonic-Compaction Gradient/Ro (1995)

# Analisa Kematangan – Vitrinite Reflectance



Kematangan kerogen dapat dinilai dari ukuran vitrinite reflectance, yaitu ukuran kemampuan kerogen memantulkan cahaya.

Keterkaitan hubungan antara nilai temperatur dan tekanan terhadap kedalaman sumur berisfat linier. Sehingga, persamaan yang digunakan dalam relasi antara log sonik dengan kematangan batuan induk yang diindikasikan berdasarkan nilai pantulan vitrinit juga bersifat linier

$$Ro = A - BHC/B$$

Dimana,

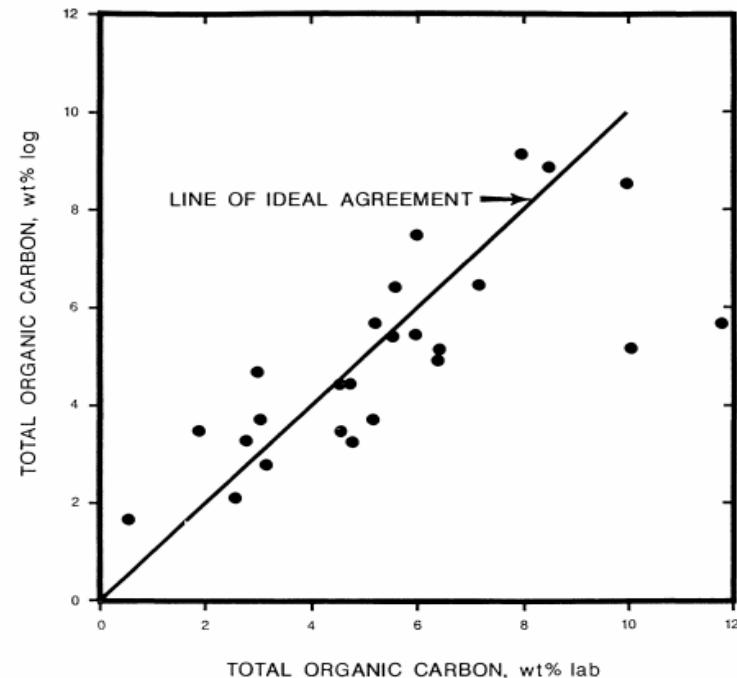
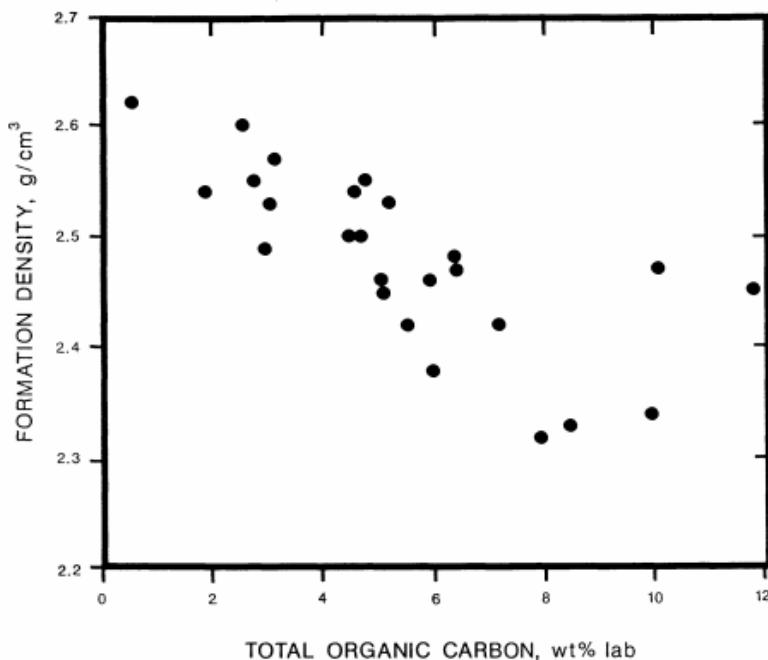
- Ro = Pantulan Vitrinite (%)  
BHC = Borehole Compensated Sonic Log (us/ft)  
A dan B = Konstanta Empiris

# Schmoker-Hester (1983)

- Model dibuat berdasarkan analisa Schmoker dan Hester pada batuserpih hitam Devonian-Mississippian formasi Bakken di cekungan Williston.

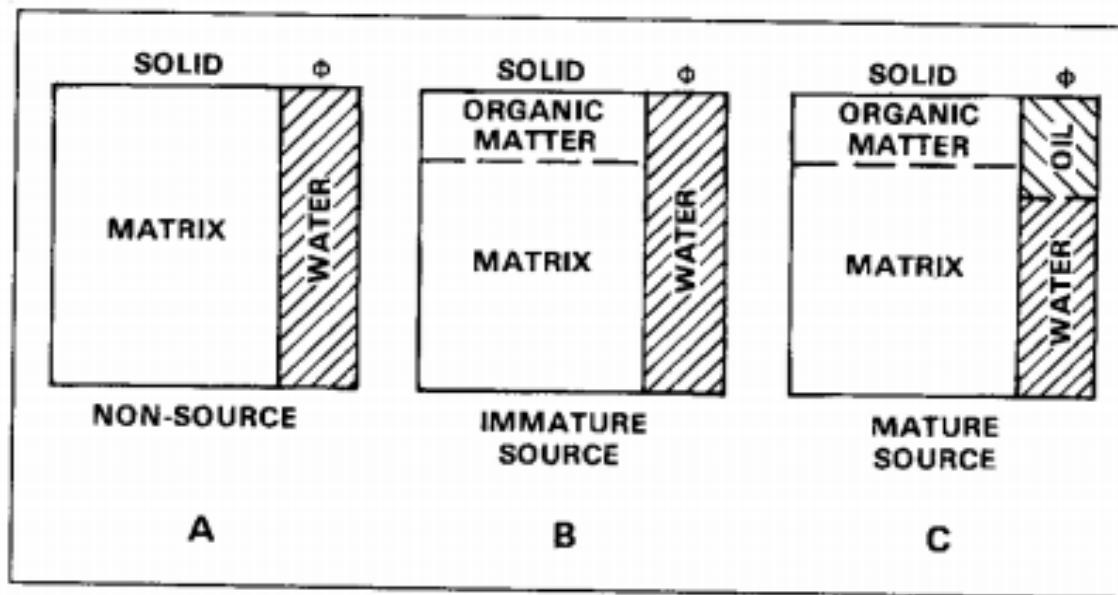
The density-log method subdivides shale composition into four components: rock matrix, interstitial pore fluids, pyrite, and organic matter. The bulk density of the formation ( $\rho$ ) is related to the densities and fractional volumes ( $\phi$ ) of these components as shown in equation 1 (Schmoker and Hester, 1983):

$$\text{TOC(wt.\%)} = (154.497/\rho) - 57.261. \quad (1)$$



# Model Passey (1990)

- Teknik ini pertama kali dikembangkan pada tahun 1979 oleh Exxon/Ess, dan telah terbukti memiliki akurasi yang baik pada batuan induk karbonat dan klastik

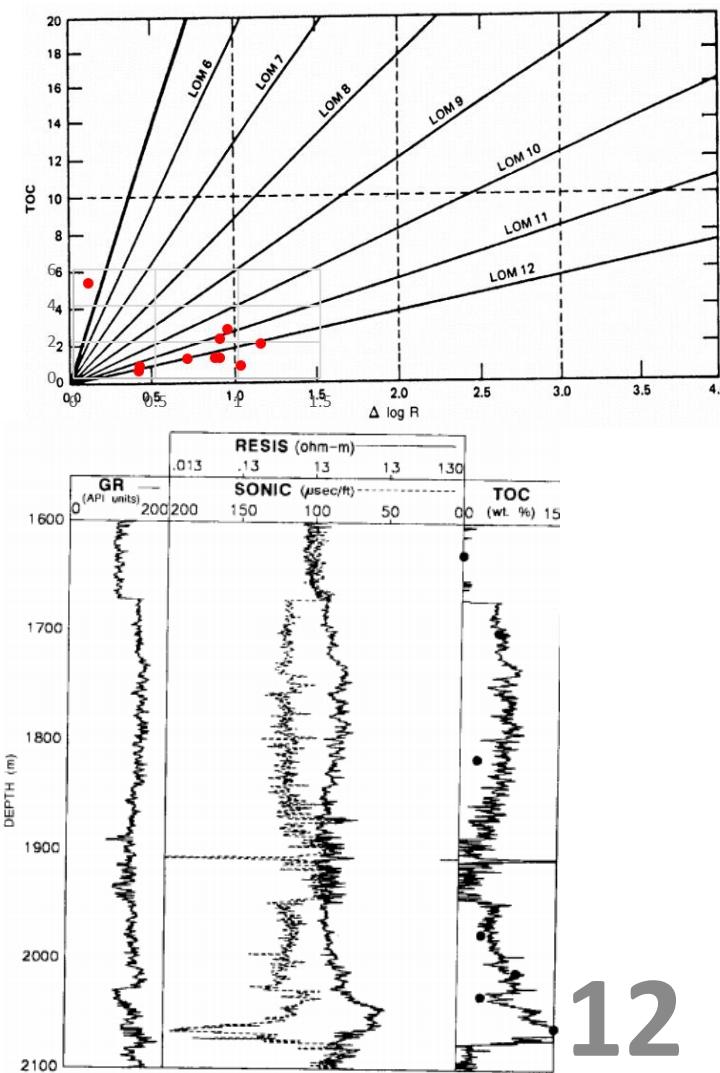
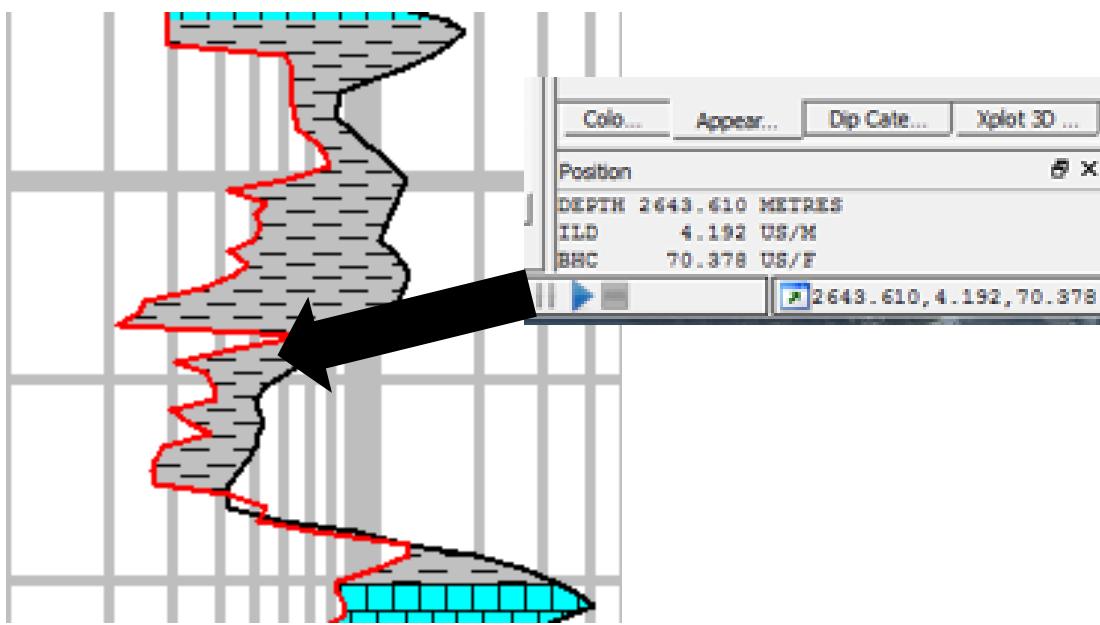


# Model Passey (1990)

$$\Delta \log R = \log_{10}(R/R_{\text{baseline}}) + 0.02^*(\Delta t - \Delta t_{\text{baseline}}).$$

$$\Delta \log R_{\text{Den}} = \log_{10}(R/R_{\text{baseline}}) - 2.50^*(\rho_b - \rho_{\text{baseline}})$$

$$\text{TOC} = \Delta \log R * 10^{(2.297 - 0.1688 \text{LOM})}$$



# Model Crossplot Density (1993)

- Decker A.D (1993) menemukan hubungan secara linear antara data log densitas dan hasil TOC core dengan nilai korelasi hingga 91%.

Decker et al. [9] proved that there was a linear relationship between *TOC* and bulk density, then established the relationship between *TOC* and bulk density for the Antrim shale, and reached the conclusion that shale rock density decreases with the decrease of *TOC*, and their correlation coefficient was 91% (Fig. 1a).

(Sumber: Decker A.D dalam Wang Yan dkk, 2015)

$$Y = A + BX$$

Dimana Y dan, X adalah konstanta empiris pada formasi Ngimbang

# TEORI DASAR

## Model Crossplot Density (1993)

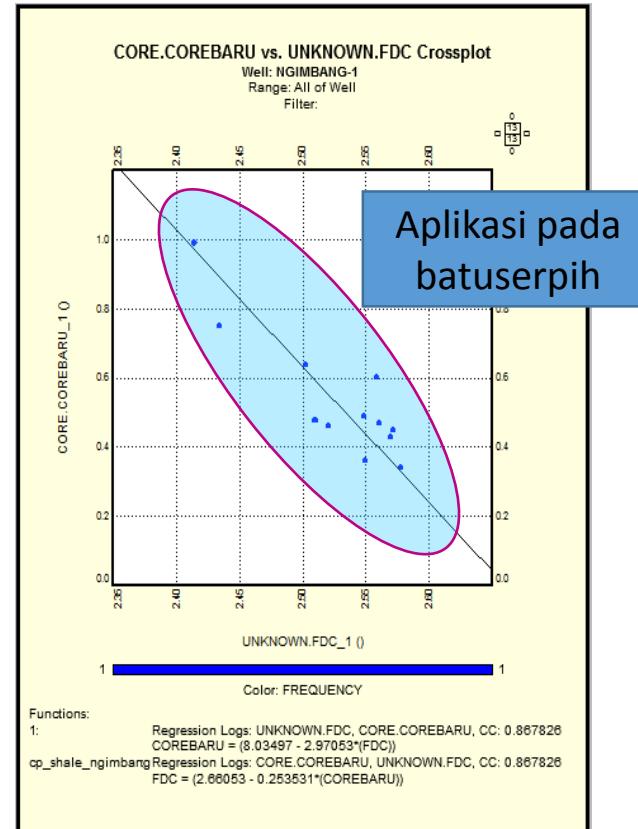
- Dari hasil crossplot log densitas terhadap TOC core, didapatkan persamaan linear formasi Ngimbang (hipotesa) berikut:

$$\text{TOC} = 8.03497 - 2.97053 * (\text{FDC})$$

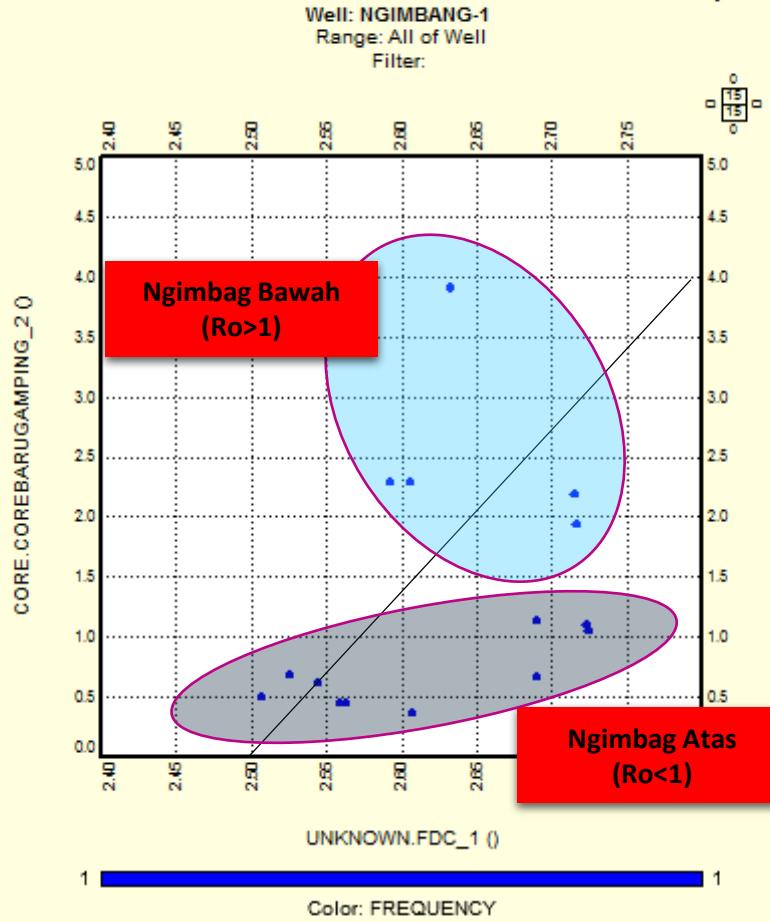
CC: 0.8678

X: 2.9705

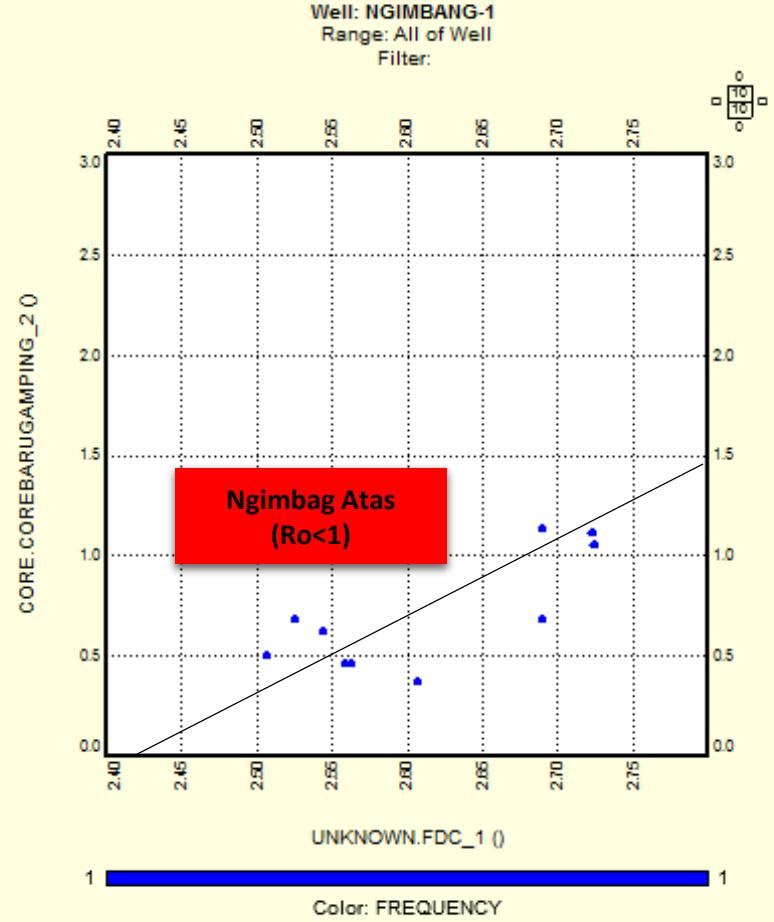
Y: 8.0349



### CORE.COREBARUGAMPING vs. UNKNOWN.FDC Crossplot



### CORE.COREBARUGAMPING vs. UNKNOWN.FDC Crossplot



# ANALISA HASIL & PEMBAHASAN

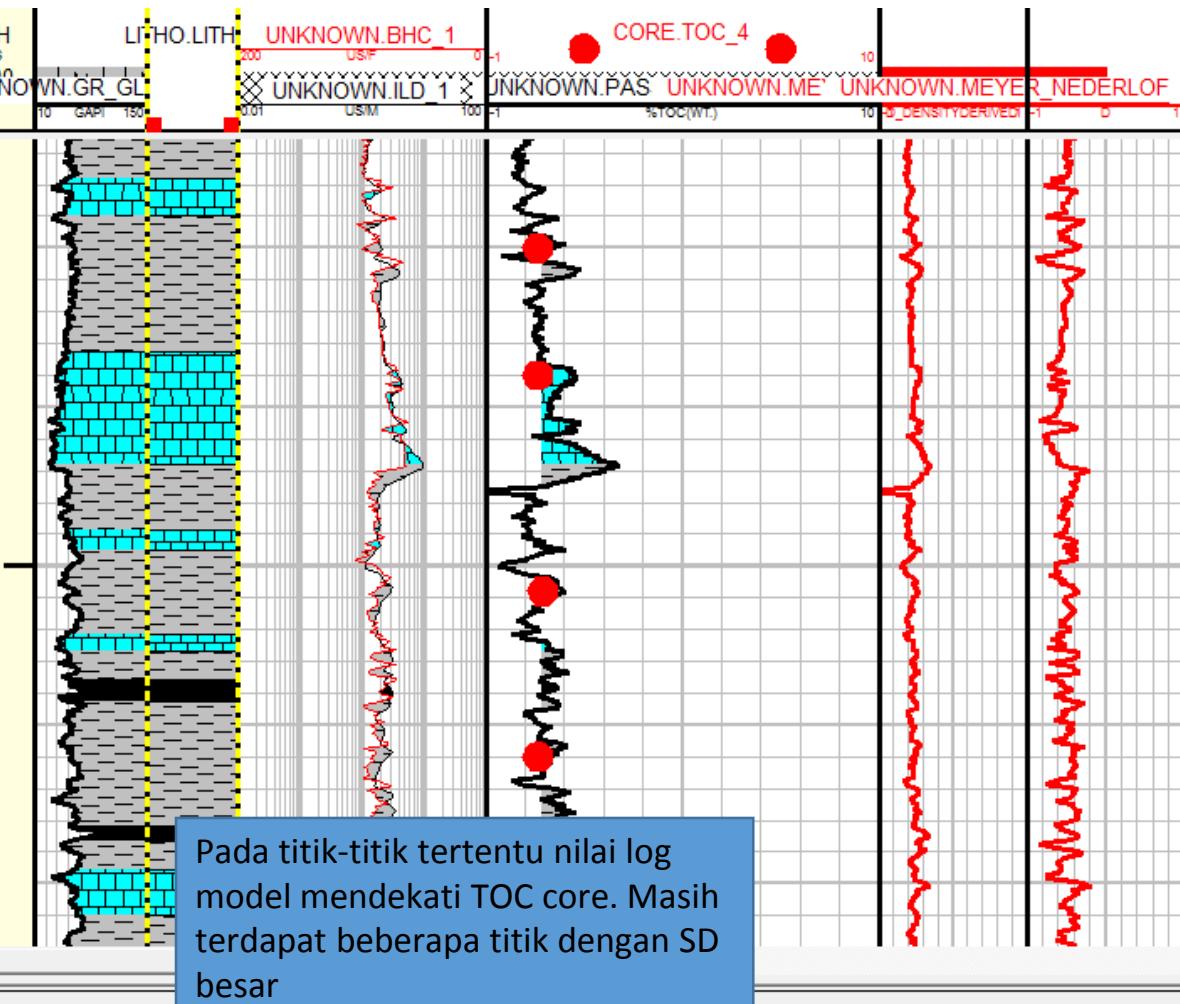
## PASSEY-DENSITY

### (Sumur SH-1 Ngimbang Atas)

Rerata SD = 0.166

1 Data SD>1.1

2254: Batugamping

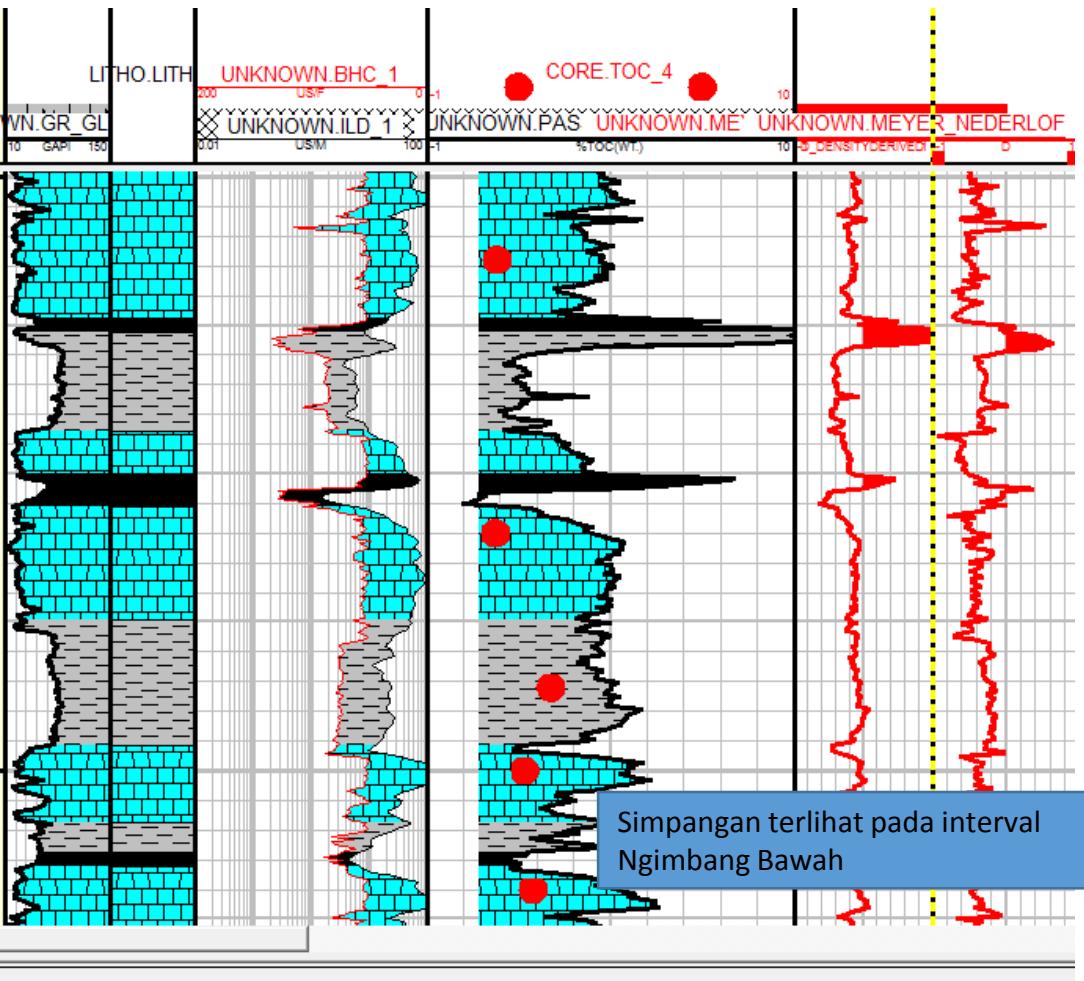


Depth	%TOC (Core)	Passey_Density	SD
1734	0.64	0.686	0.046
1770	0.75	0.717	0.033
1796	0.48	0.4508	0.0292
1824	0.45	0.519	0.069
1844	0.36	0.388	0.028
1870	0.63	0.862	0.232
1900	0.49	0.482	0.008
1930	0.46	0.607	0.147
1974	0.43	0.563	0.133
2004	0.37	0.38	0.01
2024	0.34	0.472	0.132
2064	0.48	0.5	0.02
2110	0.51	0.64	0.13
2150	0.46	0.417	0.043
2170	0.46	1.309	0.849
2204	0.6	0.672	0.072
2230	0.47	0.391	0.079
2254	2.29	0.9	1.39
2316	0.64	0.654	0.014
2424	0.69	0.693	0.003
2450	0.57	0.67	0.1
2480	0.9	1.003	0.103

# INTERPRETASI KUANTITATIF

## PASSEY-DENSITY

### (Sumur SH-1 Ngimbang Bawah)



Rerata SD = 1.834

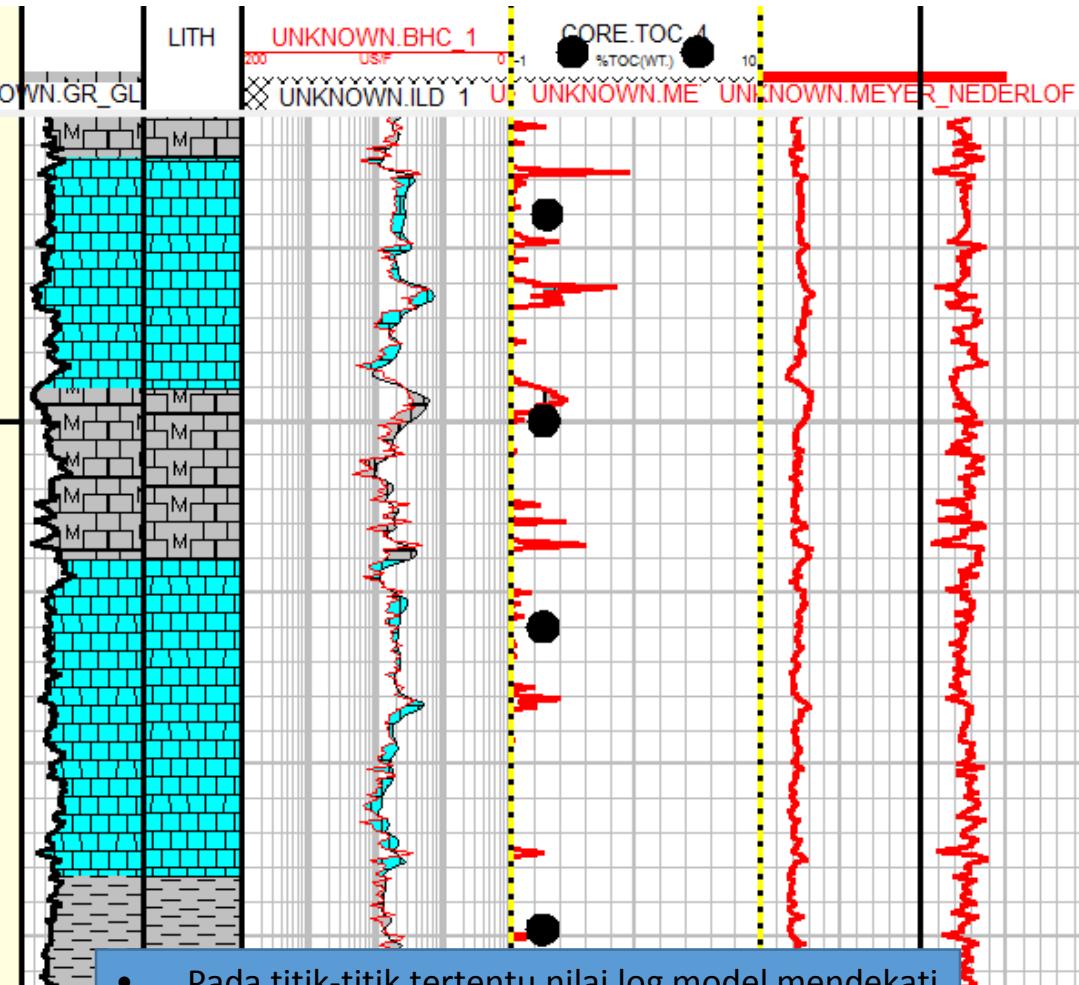
- 2530: Batuserpih
- 2540: Batuserpih
- 2700: Batugamping
- 2914: Batugamping
- 2960: Batugamping
- 2986: Batuserpih
- 3000: Batugamping
- 3020: Batugamping
- 3045: Batugamping
- 3070: Batugamping

Depth	%TOC (Core)	Passey_Density	SD
2530	3.91	1.14	2.77
2540	2.29	0.422	1.868
2554	0.48	0.043	0.437
2616	1.6	1.2406	0.3594
2700	0.68	2.316	1.636
2914	1.11	3.814	2.704
2960	1.06	3.195	2.135
2986	2.73	4.42	1.69
3000	1.94	4.822	2.882
3020	2.19	2.817	0.627
3045	1.14	2.888	1.748
3070	0.69	3.847	3.157

# ANALISA HASIL & PEMBAHASAN

## PASSEY-SONIC

### (Sumur SH-1 Ngimbang Atas)



Rerata SD = 0.319  
1 dari 22 Data SD>1.1  
2254: Batugamping

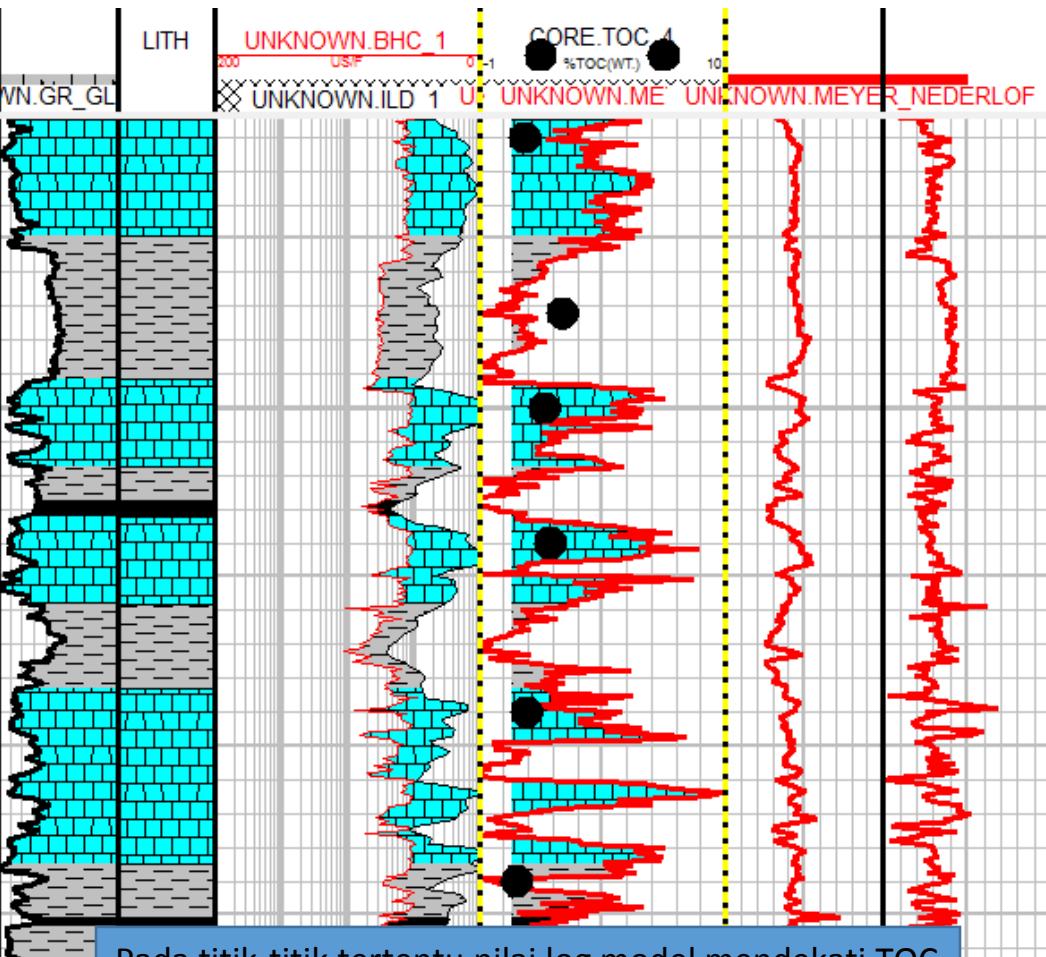
Depth	%TOC (Core)	Passey_Sonic	SD
1734	0.64	-0.04	0.68
1770	0.75	0.71735	0.03265
1796	0.48	0.4508	0.0292
1824	0.45	0.5194	0.0694
1844	0.36	0.388	0.028
1870	0.63	0.898	0.268
1900	0.49	0.429	0.061
1930	0.46	0.607	0.147
1974	0.43	0.56	0.13
2004	0.37	2.54	2.17
2024	0.34	0.433	0.093
2064	0.48	-0.272	0.0618
2110	0.51	0.644	0.134
2150	0.46	0.417	0.043
2170	0.46	0.46	0
2204	0.6	0.57	0.03
2230	0.47	0.3913	0.0787
2254	2.29	1.104	1.186
2316	0.64	0.65	0.01
2424	0.69	0.69	0
2450	0.57	0.96	0.39
2480	0.9	1.003	0.103

- Pada titik-titik tertentu nilai log model mendekati TOC core. Namun, masih banyak terdapat nilai negatif yang mendeskripsikan banyaknya data model yang harus diabaikan.

# ANALISA HASIL & PEMBAHASAN

## PASSEY-SONIC

### (Sumur SH-1 Ngimbang Bawah)



Rerata SD = 2.16

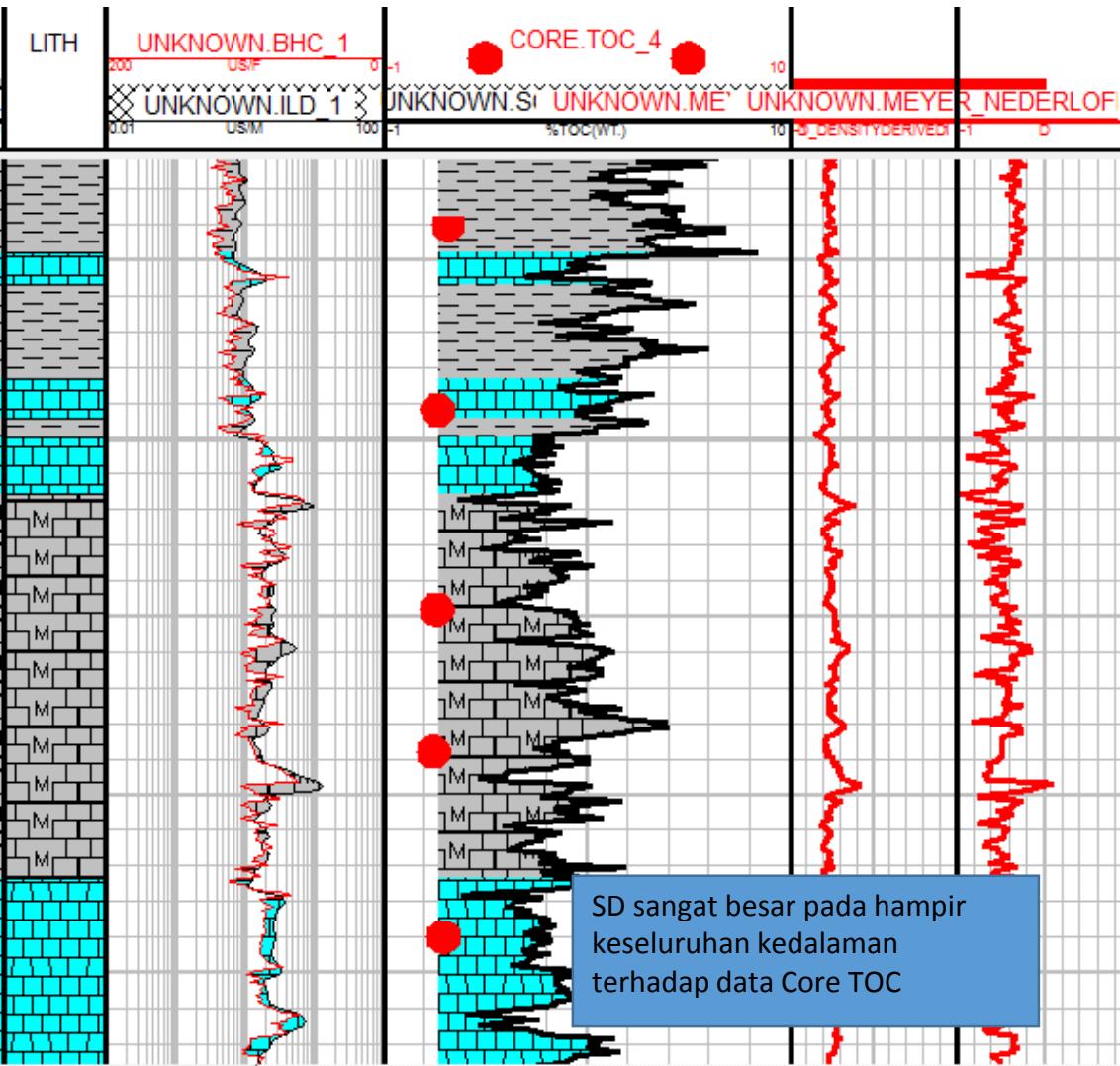
- 2530: Batuserpih
- 2540: Batuserpih
- 2700: Batugamping
- 2914: Batugamping
- 2960: Batugamping
- 2986: Batuserpih
- 3000: Batugamping
- 3020: Batugamping
- 3045: Batugamping
- 3070: Batugamping

Depth	%TOC (Core)	Passey_Sonic	SD
2530	3.91	1.14	2.77
2540	2.29	0.422	1.868
2554	0.48	0.208	0.272
2616	1.6	1.24	0.36
2700	0.68	2.31	1.63
2914	1.11	4.21	3.1
2960	1.06	3.703	2.643
2986	2.73	4.42	1.69
3000	1.94	5.04	3.1
3020	2.19	4.95	2.76
3045	1.14	2.88	1.74
3070	0.69	3.708	3.018

Pada titik-titik tertentu nilai log model mendekati TOC core. Namun, terdapat banyak data dengan simpangan yang besar

# ANALISA HASIL & PEMBAHASAN

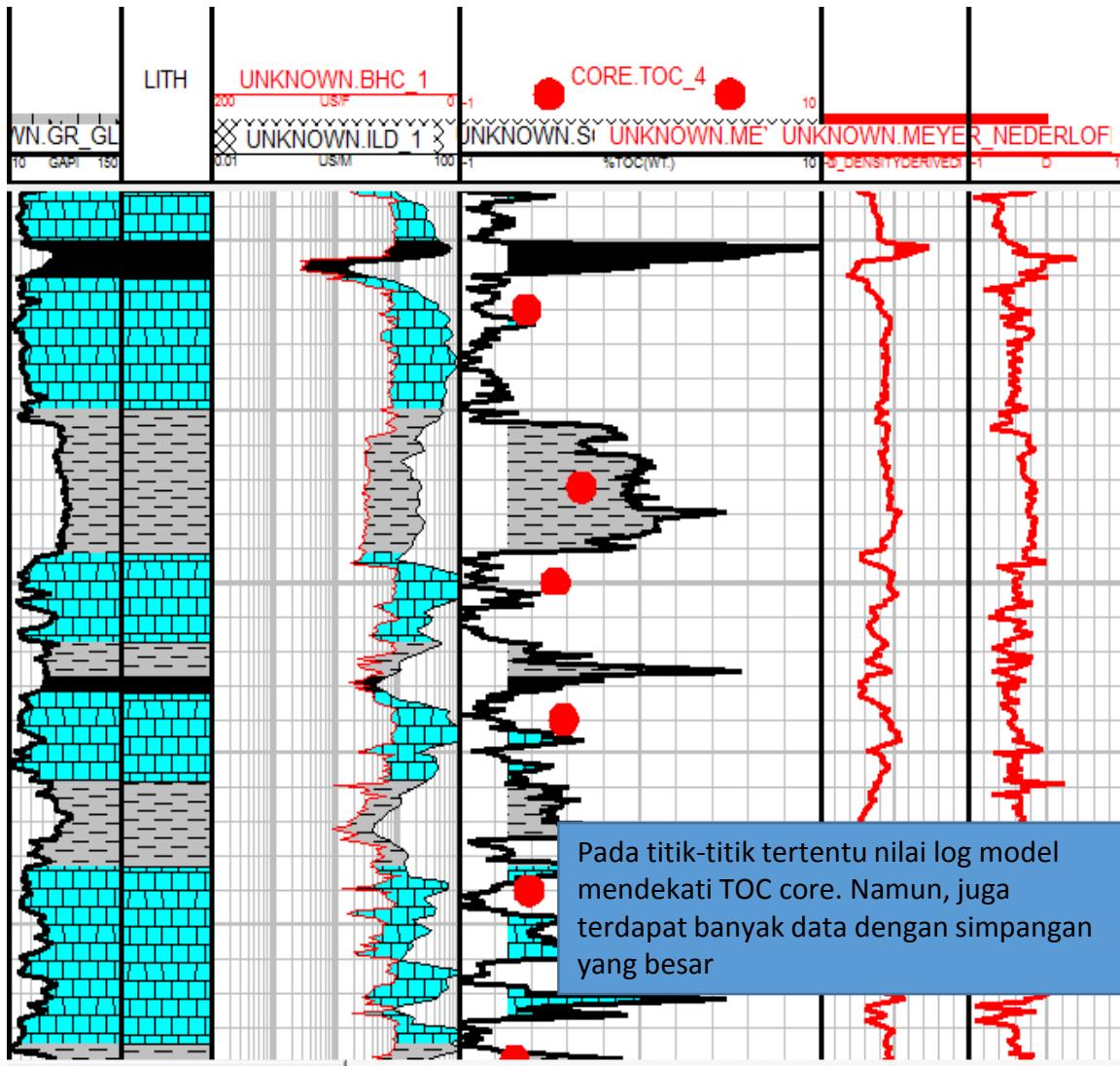
## Schmoker-Hester (Sumur SH-1 Ngimbang Atas)



Depth	%TOC (Core)	Schmoker_Hester	Margin_Deviasi
1734	0.64	6.044	5.404
1770	0.75	5.796	5.046
1796	0.48	4.895	4.415
1824	0.45	2.147	1.697
1844	0.36	3.084	2.724
1870	0.63	2.791	2.161
1900	0.49	2.863	2.373
1930	0.46	3.089	2.629
1974	0.43	2.582	2.152
2004	0.37	1.795	1.425
2024	0.34	2.887	2.547
2064	0.48	3.571	3.091
2110	0.51	4.372	3.862
2150	0.46	2.896	2.436
2170	0.46	2.602	2.142
2204	0.6	3.0587	2.4587
2230	0.47	2.761	2.291
2254	2.29	3.397	1.107
2316	0.64	3.361	2.721
2424	0.69	0.59	0.1
2450	0.57	0.929	0.359
2480	0.9	2.2616	1.3616

# ANALISA HASIL & PEMBAHASAN

## Schmoker-Hester (Sumur SH-1 Ngimbang Bawah)



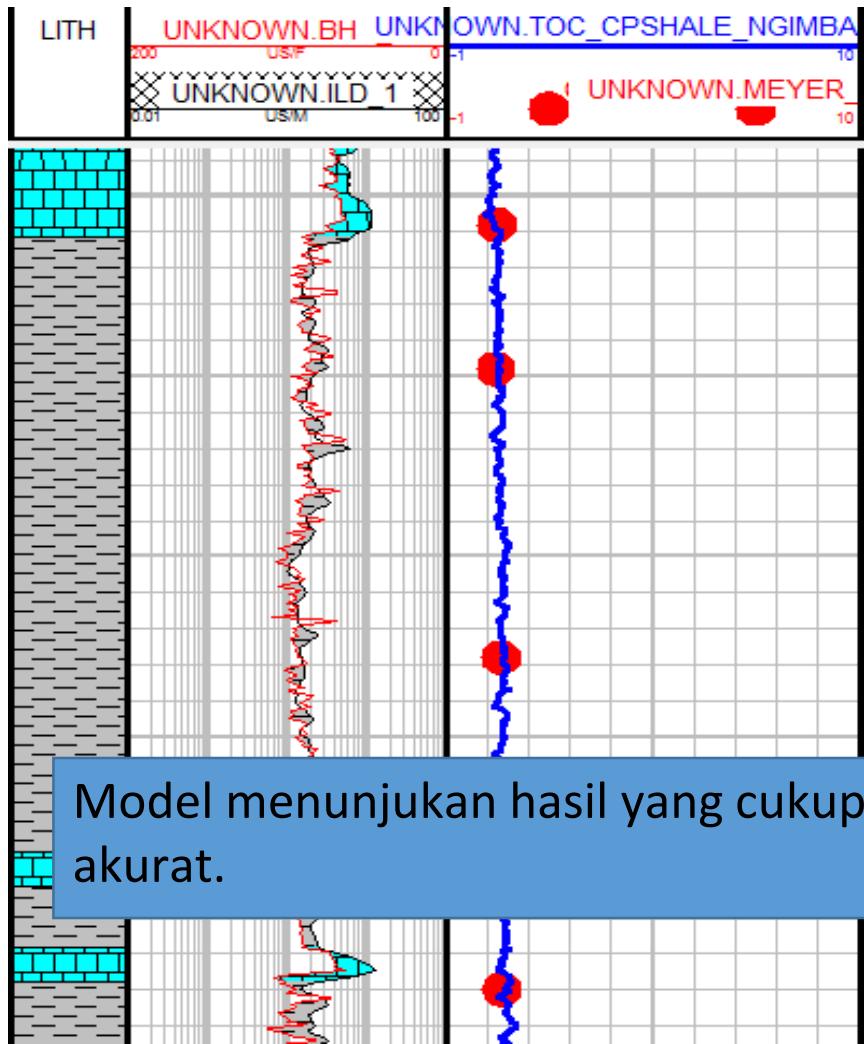
Rerata SD = 0.48867

- 2554: Batuserpih
- 2664: Batugamping

Depth	%TOC (Core)	Schmoker_Hester	Margin_Deviasi
2530	3.91	3.014	0.896
2540	2.29	2.8031	0.5131
2554	0.48	1.919	1.439
2616	1.6	1.612	0.012
2700	0.68	0.763	0.083
2914	1.11	1.25	0.14
2960	1.06	0.925	0.135
2986	2.73	3.947	1.217
3000	1.94	1.413	0.527
3020	2.19	1.815	0.375
3045	1.14	1.298	0.158
3070	0.69	1.059	0.369

# ANALISA HASIL & PEMBAHASAN

## Crossplot Densitas (Sumur SH-1)



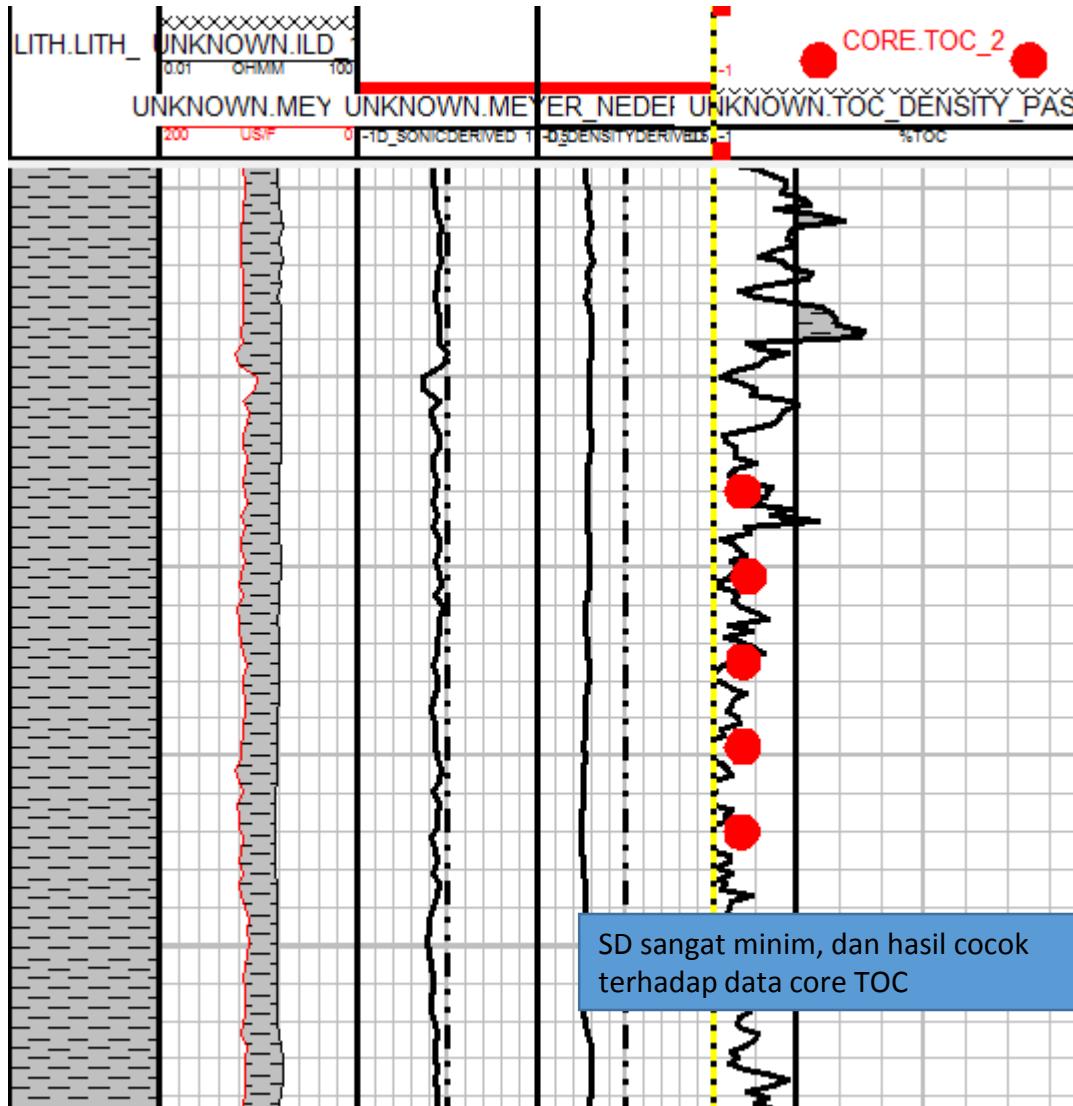
Rerata SD = 0.3531

Depth	%TOC (Core)	Density_Crossplot	SD
1734	0.64	0.657	0.017
1770	0.75	0.527	0.223
1796	0.48	0.493	0.013
1824	0.45	0.714	0.264
1844	0.36	0.736	0.376
1870	0.63	0.79	0.16
1900	0.49	0.77	0.28
1930	0.46	0.744	0.284
1974	0.43	0.8046	0.3746
2004	0.37	0.973	0.603
2024	0.34	0.84	0.5
2064	0.48	0.64	0.16
2110	0.51	0.5699	0.0599
2150	0.46	0.62	0.16
2170	0.46	0.734	0.274
2204	0.6	0.777	0.177
2230	0.47	0.7874	0.3174
2254	2.29	2.12	0.17

# ANALISA HASIL & PEMBAHASAN

## PASSEY-DENSITY

### (Sumur SH-2)



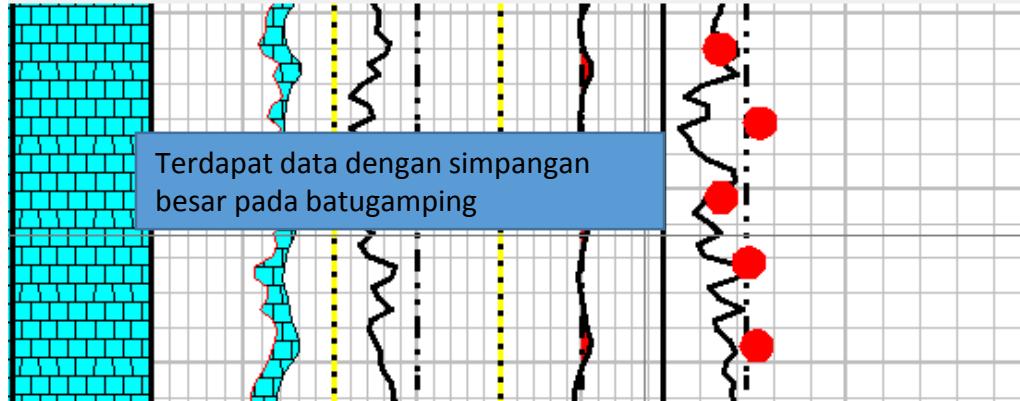
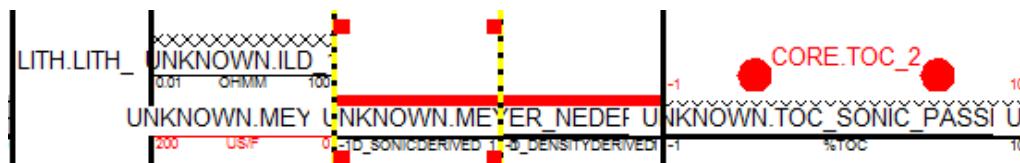
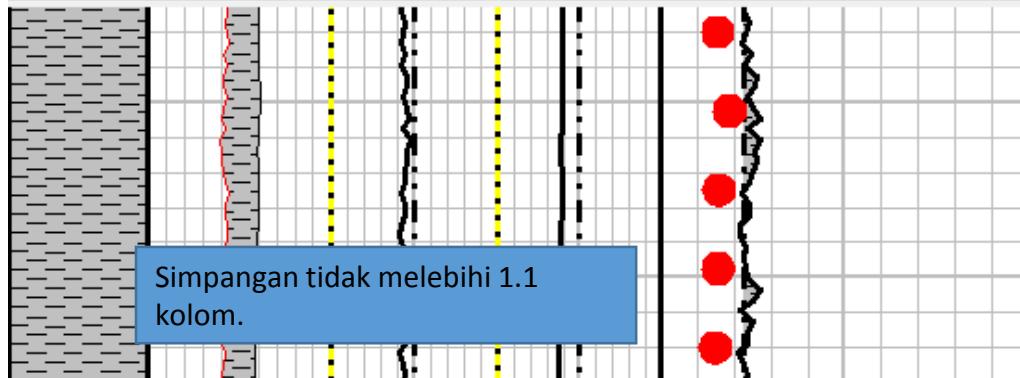
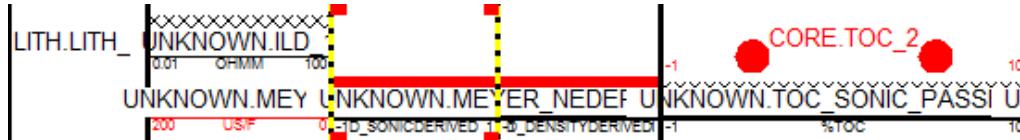
Rerata SD = 0.55

- 315.25: Batuserpih
- 700: Batubara
- 890: Batuserpih

Depth	%TOC	Density_Passey	Margin
208.2	0.49	0.459	0.031
268	0.86	0.757	0.103
315.25	1.07	2.949	1.879
319.75	0.72	1.14	0.42
322	0.63	0.69	0.06
410	0.31	1.04	0.73
415	0.44	1.008	0.568
417.25	0.51	1.57	1.06
419.5	0.90	1.03	0.13
421.74	1.09	1.115	0.025
424	0.96	1.031	0.071
490	1.91	1.57	0.34
548	0.74	1.52	0.78
586	1.57	1.62	0.05
588.12	1.81	1.74	0.07
590.25	1.54	1.528	0.012
592.12	0.94	1.094	0.154
594.5	1.56	1.495	0.065
700	6.94	5.591	1.349
740	4.56	3.966	0.594
780	2.45	2.56	0.11
890	0.62	4.23	3.61

# ANALISA HASIL & PEMBAHASAN

## PASSEY-SONIC (Sumur SH-2)



Rerata SD = 0.4678

- 700: Batubara

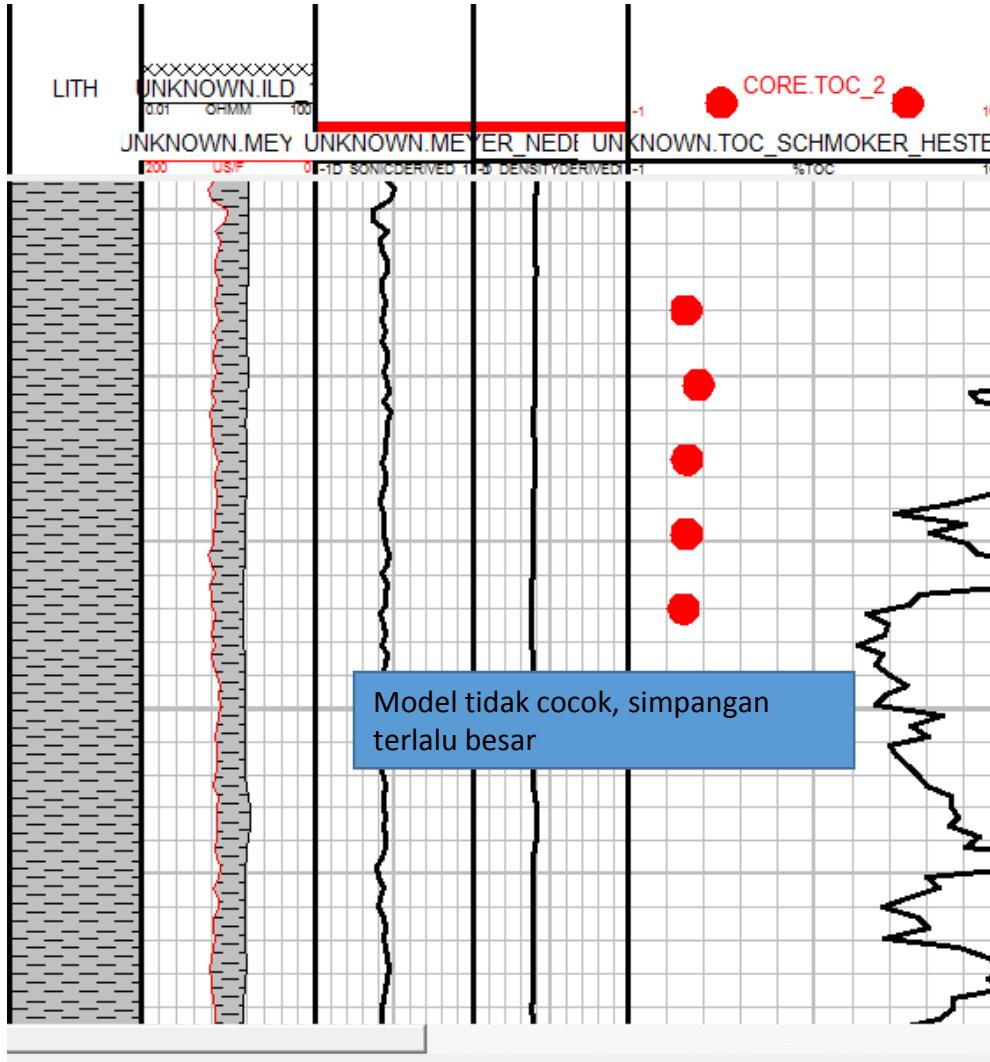
Depth	%TOC	Sonic_Passey	SD
208.2	0.49	0.419	0.071
268	0.86	0.643	0.217
315.25	1.07	1.57	0.5
319.75	0.72	1.48	0.76
322	0.63	1.296	0.666
410	0.31	0.3	0.01
415	0.44	1.63	1.19
417.25	0.51	1.09	0.58
419.5	0.90	1.24	0.34
421.74	1.09	0.98	0.11
424	0.96	0.811	0.149
490	1.91	1.04	0.87
548	0.74	0.67	0.07
586	1.57	1.22	0.35
588.12	1.81	1.12	0.69
590.25	1.54	1.37	0.17
592.12	0.94	1.18	0.24
594.5	1.56	1.38	0.18
700	6.94	4.69	2.25
740	4.56	4	0.56
780	2.45	2.47	0.02
890	0.62	0.32	0.3

# ANALISA HASIL & PEMBAHASAN

## SCHMOKER-HESTER

### (Sumur SH-2)

Rerata SD = 3.3882



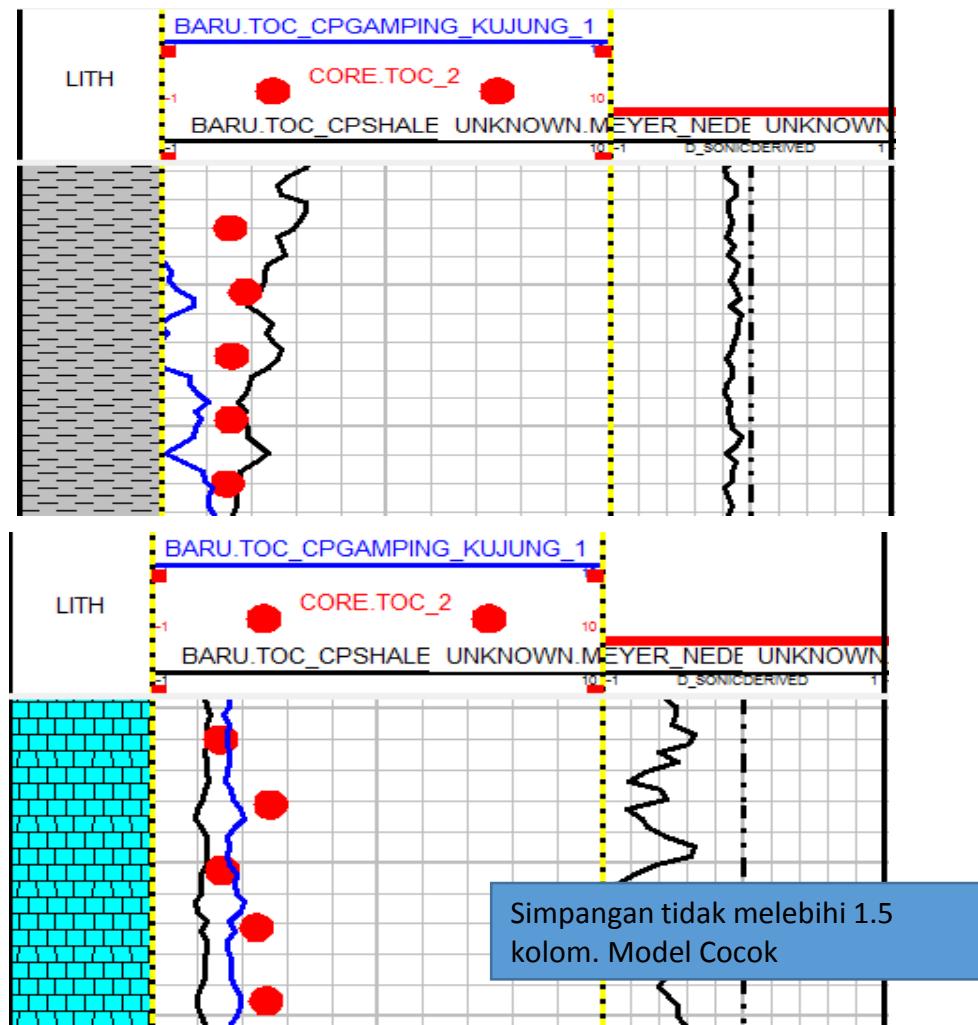
13 Data SD>1.1

Interval 586-594 merupakan batugamping

Depth	%TOC	Schmoker-Hester	Margin
208.2	0.49	9.39	8.9
268	0.86	2.142	1.282
315.25	1.07	9.12	8.05
319.75	0.72	6.412	5.692
322	0.63	5.779	5.149
410	0.31	5.871	5.561
415	0.44	8.805	8.365
417.25	0.51	9.266	8.756
419.5	0.90	4.728	3.828
421.74	1.09	6.179	5.089
424	0.96	6.27	5.31
490	1.91	2.33	0.42
548	0.74	3.286	2.546
586	1.57	1.65	0.08
588.12	1.81	1.38	0.43
590.25	1.54	1.53	0.01
592.12	0.94	0.88	0.06
594.5	1.56	1.43	0.13
700	6.94	7.12	0.18
740	4.56	4.651	0.091
780	2.45	2.6	0.15
890	0.62	5.095	4.475

# ANALISA HASIL & PEMBAHASAN

## Crossplot Density (Sumur SH-2)



Depth	%TOC	%TOC_CP	MARGIN
208.2	0.49	0.487	0.003
268	0.86	0.8475	0.0125
315.25	1.07	-0.1246	1.1946
319.75	0.72	0.442	0.278
322	0.63	0.529	0.101
410	0.31	0.486	0.176
415	0.44	0.209	0.231
417.25	0.51	0.163	0.347
419.5	0.90	0.753	0.147
421.74	1.09	0.7583	0.317
424	0.96	0.599	0.361
490	1.91	0.919	0.991
548	0.74	0.706	0.034
586	1.57	1.2	0.37
588.12	1.81	0.6329	1.271
590.25	1.54	1.15	0.39
592.12	0.94	0.933	0.007
594.5	1.56	1.13	0.43
700	6.94	0.37	6.57
740	4.56	0.382	4.178
780	2.45	0.515	1.935
890	0.62	0.6	0.02

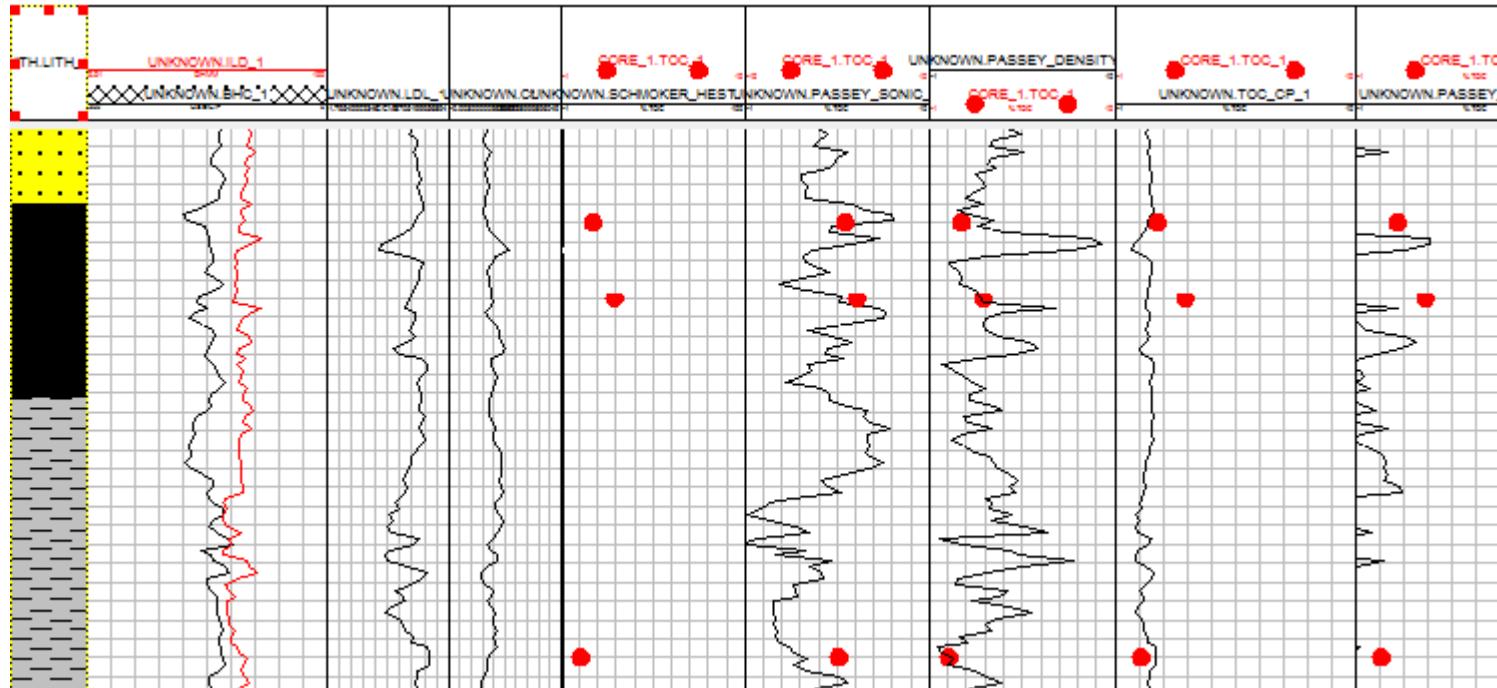
- Rerata SD = 0.8765

# ANALISA HASIL & PEMBAHASAN

## APLIKASI SELURUH MODEL LOG TOC

### (Sumur SH-3)

Depth	%TOC	SONIC_PASSEY	SD	DENSITY_PASSEY	SD	TOC_CP	SD	SCMK-HSTR	SD
581.5	0.04	2.58	2.54	0.504	0.464	0.571	0.531	4.913	4.873
603	0.89	1.422	0.532	0.786	0.104	0.704	0.186	4.53	3.64
630	0.9	1.203	0.303	0.843	0.057	0.798	0.102	3.426	2.526
676.5	0.3	0.3	0	0.276	0.024	0.7103	0.4103	3.1791	2.8791
706	0.98	0.972	0.008	0.904	0.076	0.6935	0.2865	4.323	3.343
710	2.25	2.683	0.433	2.352	0.102	0.553	1.697	5.935	3.685
729	0.22	0.25	0.03	0.6187	0.3987	0.2894	0.0694	3.006	2.786

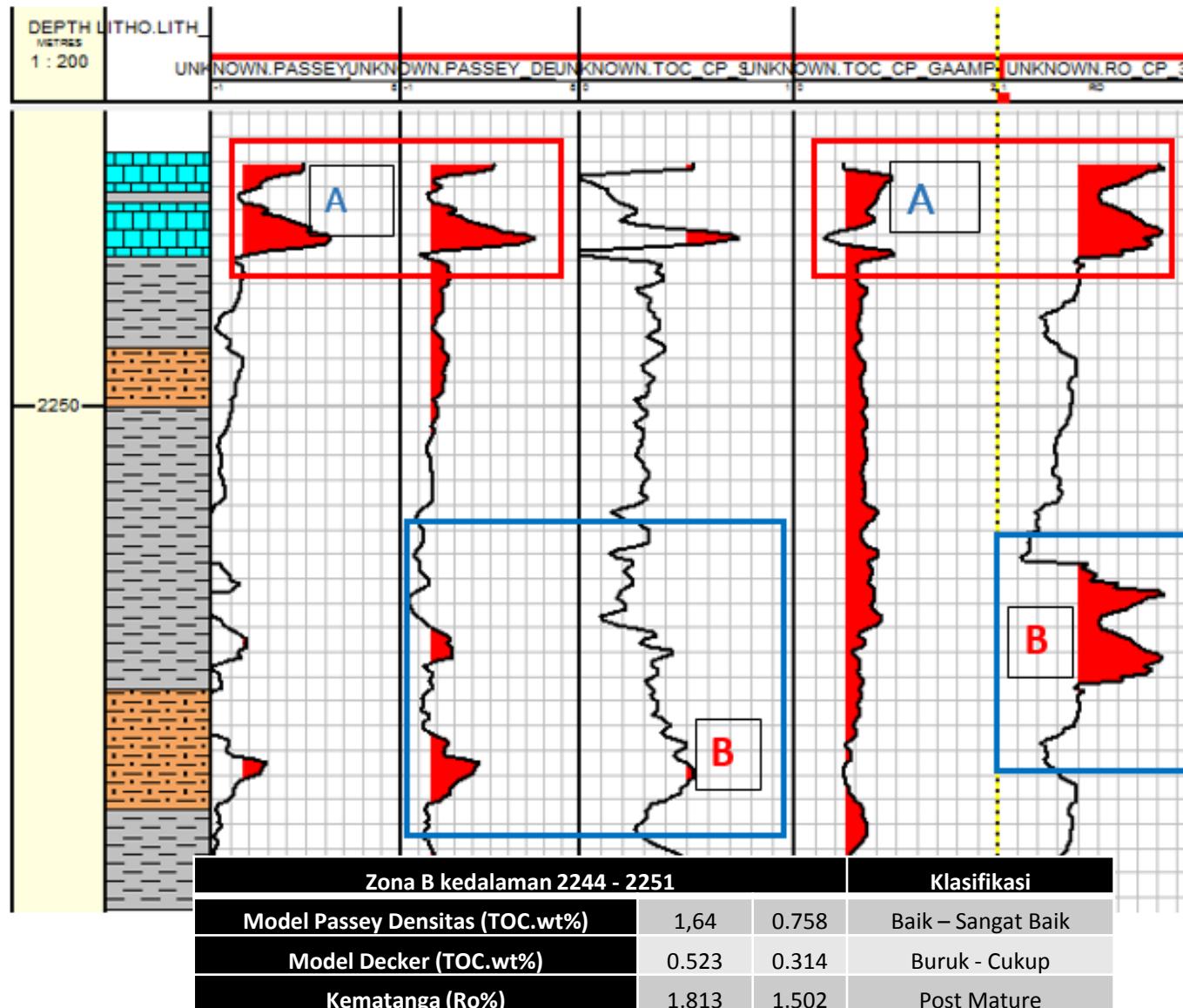


# Kesimpulan Awal

- Model yang akan diaplikasikan pada sumur AFA-1 adalah
  - Model Decker-Crossplot
  - Model Passey Densitas pada lapisan berlitologi batugamping, sebagai model pembanding dan koreksi hasil dari model log Decker

# ANALISA HASIL & PEMBAHASAN

## Aplikasi Log Model TOC pada AFA-1



# Kesimpulan

- Model Decker/ Crossplot Density merupakan model dengan tingat kecocokan dan akurasi tertinggi, terutama pada perhitungan pada batuserpih.
- Model Passey secara umum menghasilkan nilai simpangan yang sangat rendah.
- Formasi Ngimbang pada sumur AFA-1 memiliki kandungan TOC yang cukup baik. Namun, perlapisan yang tipis membuat potensinya sebagai batu induk menurun. Perlu ada kajian secara lateral perlapisan
- Penggunaan model Decker ini pada batugamping harus dibarengi dengan diskretisasi berdasarkan latar geologi berupa sejarah dan lingkungan pengendapan dan kematangan. Sehingga, diperlukan analisa yang lebih rumit/ lanjut
- Untuk mengaplikasikan model Schmoker-Hester perlu dilakukan kalibrasi ulang terutama untuk parameter R dan po

# Kesimpulan

- Dengan menggunakan model Decker TOC pada sumur AFA-1 didapatkan zona dengan TOC di atas 0.5 ( $\text{TOC}>1$ ) pada interval zona A. Yaitu, pada kedalaman 2240 meter hingga 2243 pada batugamping dengan nilai TOC maksimum 0.715 dan minimum 0.546, dengan tingkat kematangan sangat matang (*Post Mature*).
- Dengan menggunakan model Decker didapatkan zona potensi baik batuan induk pada zona B dengan TOC di atas 0.5 ( $\text{TOC}>0.5$ ) pada interval kedalaman 2245 m hingga 2251 m berlitologi batuserpih dengan nilai TOC maksimum 0.523 dan minimum 0.314, dengan tingkat kematangan sangat matang (*Post Mature*) atau nilai Ro minimum 1.502 hingga 1.813.

# Manfaat Penelitian

Terimakasih

# Potensi Pengembangan

- Studi relasi porositas formasi terhadap kandungan TOC
- Penentuan karakteristik tekanan pori oleh fluida pada kandungan TOC
- Inversi AI untuk mendapatkan persebaran TOC secara lateral menggunakan penampang seismik

# TEORI DASAR

## Schmoker-Hester (1983)

- Model dibuat berdasarkan analisa Schmoker dan Hester pada batu serpih hitam Devonian-Mississippian formasi Bakken di cekungan Williston.

$$\text{TOC(wt.\%)} = (154.497/\rho) - 57.261. \quad (1)$$

$$\rho = \phi_o \rho_o + \phi_p \rho_p + \phi_i \rho_i + (1 - \phi_o - \phi_p - \phi_i) \rho_m \quad (2)$$

$$\text{TOC} = [(100\rho_o)(\rho - 0.9922\rho_m - 0.039)] / [(R_\rho)(\rho_o - 1.135\rho_m + .675)] \quad (3)$$

# Meyer-Nederlof

values. The resistivity values used in these plots must be standardized to 75°F using Arps formula (Dresser Atlas [38]).

$$R_{75} = R_t * (T - 7) / 82 \quad (5)$$

Two linear equations, postulated by Meyer and Nederlof [34] for the discriminant score (D), are used on the basis of log combination  $R_{75} - \rho_b$  and  $R_{75} - \text{fit}$  ( $\rho_b$  is the bulk density in g/cm<sup>3</sup> and fit is the interval transit time in  $\mu$  sec/ft)in the form:

$$D = -6.906 + 3.186 \log_{10} \text{fit} + 0.487 \log_{10} R_{75} \quad (6)$$

$$D = 2.278 - 7.324 \log_{10} \rho_b + 0.387 \log_{10} R_{75} \quad (7)$$

# Passey - TOC

source, clay-rich rocks, and 0.02 is based on the ratio of  $-50\mu\text{sec}/\text{ft}$  per one resistivity cycle mentioned above.

Generally, the  $\Delta t_{\text{baseline}}$  value is constant for an entire well and only the  $R_{\text{baseline}}$  value is varied in order to overlay or "baseline" the curves. For the interval shown in Figure 2, the curves are plotted using a  $\Delta t_{\text{baseline}} = 100 \mu\text{sec}/\text{ft}$  and a corresponding  $R_{\text{baseline}} = 1.0 \text{ ohm-m}$ .

The empirical equation for calculating TOC in clay-rich rocks from  $\Delta \log R$  (Figure 3A) is

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

where TOC is the total organic carbon content measured in wt. %, and LOM is the maturity.

An LOM of 7 corresponds to the onset of maturity for oil-prone kerogen, and an LOM of 12 corresponds to the onset of overmaturity for oil-prone kerogen.

Essentially all shales contain some measurable organic carbon. The average TOC in shales worldwide is between

# DASAR TEORI

## (Sumur SH-1)

- Ngimbang atas, didominasi batuan serpih (*shale*) dengan sisipan batugamping, batulanau serta batubara. Ciri utama pada batuserpih zona ini yaitu berwarna abu dan sebagian berwarna cokelat. Terkadang bersifat tufaan, lanuan, lempungan dan karbonan. Sebagian kecil bermineral penyusun pirit.
- Adapun pada bagian Ngimbang bawah didominasi oleh batugamping, dan batuserpih dengan sisipan batubara, batulanau dan konglomerat. Batugamping berwarna abu-abu tua kecoklatan hingga kekuningan.

# DASAR TEORI

## (Sumur SH-2)

- Didominasi oleh batuserpih (*shale*) dengan selingan batugamping. Ciri utama batuserpih pada zona ini adalah berwarna abu hitam, kalkarius, dan sebagian berpasir, serta tidak ditemukan mineral pirit. Adapun batugamping berciri abu kecokelatan, dan berkapur (*chalky*).
- Ngimbang bagian bawah didominasi batu serpih, dan batugamping, beserta sisipan batupasir batubara dan batu lanau. Batu serpih dengan warna bervariasi dari cokelat muda, cokelat kemerahan hingga berwarna hitam, berkarbon, dan sebagian kalkarius. Adapun batugamping berwarna abu, dengan kristalin halus, dan chalky .

# DASAR TEORI

## (Sumur SH-3)

- Formasi Ngimbang pada sumur ini didominasi oleh batuan serpih (*shale*), batulanau, batugamping, dan batubara. Batuserpih pada formasi ini bercirikan warna abu-abu muda hingga abu tua. Kalkarius, keras.
- Batugamping berwarna abu-abu ke abu gelap, porositas bukuk-sedang, berpasir, sub anguler – sub rounded, dan karbonatan. Batulanau memiliki porositas buruk, dan terkadang terdapat selingan dolomit.

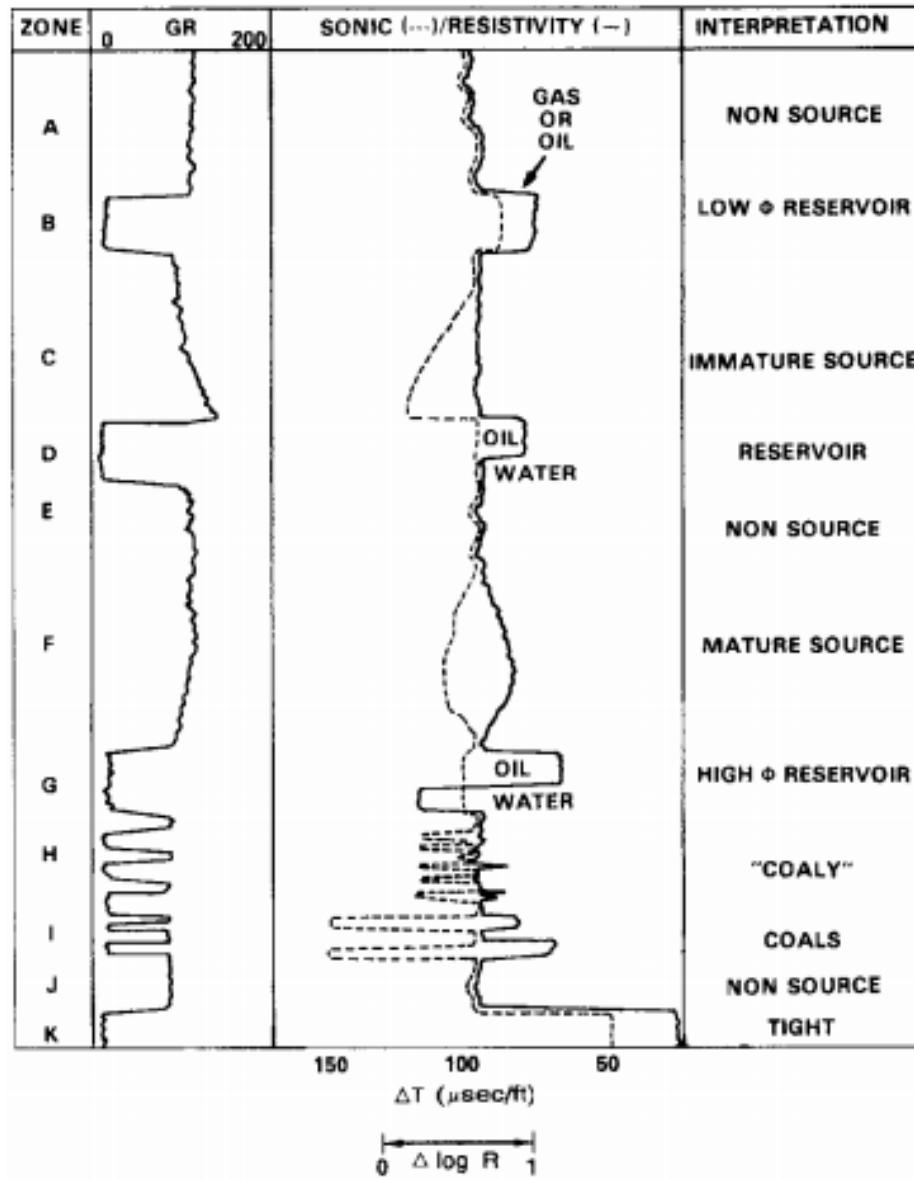
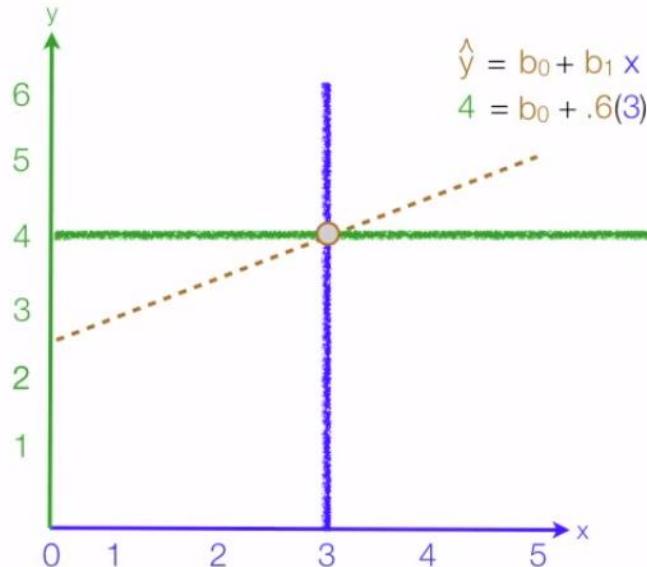


Figure 12—Schematic guide for the interpretation of a wide variety of features observed on  $\Delta \log R$  overlays.



$$b_0 = 2.2$$

$$b_1 = .6$$

$$\hat{y} = 2.2 + .6x$$

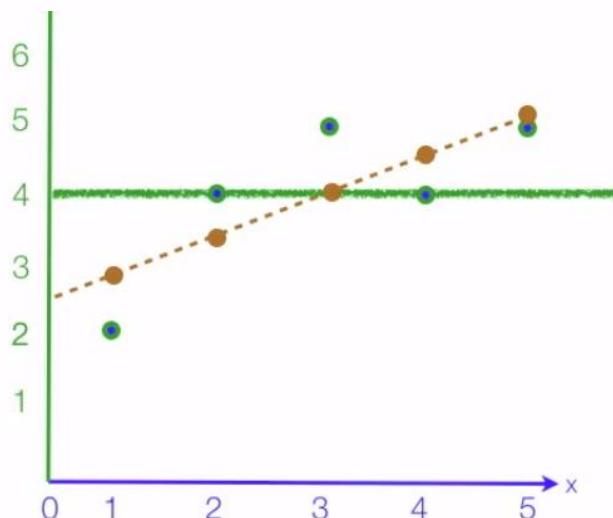
x	y	$x - \bar{x}$	$y - \bar{y}$	$(x - \bar{x})^2$	$(x - \bar{x})(y - \bar{y})$
1	2	-2	-2	4	4
2	4	-1	0	1	0
3	5	0	1	0	0
4	4	1	0	1	0
5	5	2	1	4	2

mean      3      4      10      6

$$4 = b_0 + .6(3)$$

$$\begin{array}{r} 4 = b_0 + 1.8 \\ -1.8 \\ \hline 2.2 = b_0 \end{array}$$

$$b_1 = \frac{6}{10} = .6 = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum(x - \bar{x})^2}$$



x	y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$\hat{y}$	$\hat{y} - \bar{y}$	$(\hat{y} - \bar{y})^2$
1	2	-2	4	2.8	-1.2	1.44
2	4	0	0	3.4	-0.6	0.36
3	5	1	1	4	0	0
4	4	0	0	4.6	0.6	0.36
5	5	1	1	5.2	1.2	1.44

mean      4      6      3.6

$$R^2 = \frac{3.6}{6} = .6 = \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^2}$$

In matrix form,

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{bmatrix},$$

so

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{bmatrix}.$$

The  $2 \times 2$  matrix inverse is

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \frac{1}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \end{bmatrix},$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \\ &= \frac{\bar{y} (\sum_{i=1}^n x_i^2) - \bar{x} \sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2} \\ b &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \\ &= \frac{(\sum_{i=1}^n x_i y_i) - n \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2} \end{aligned}$$