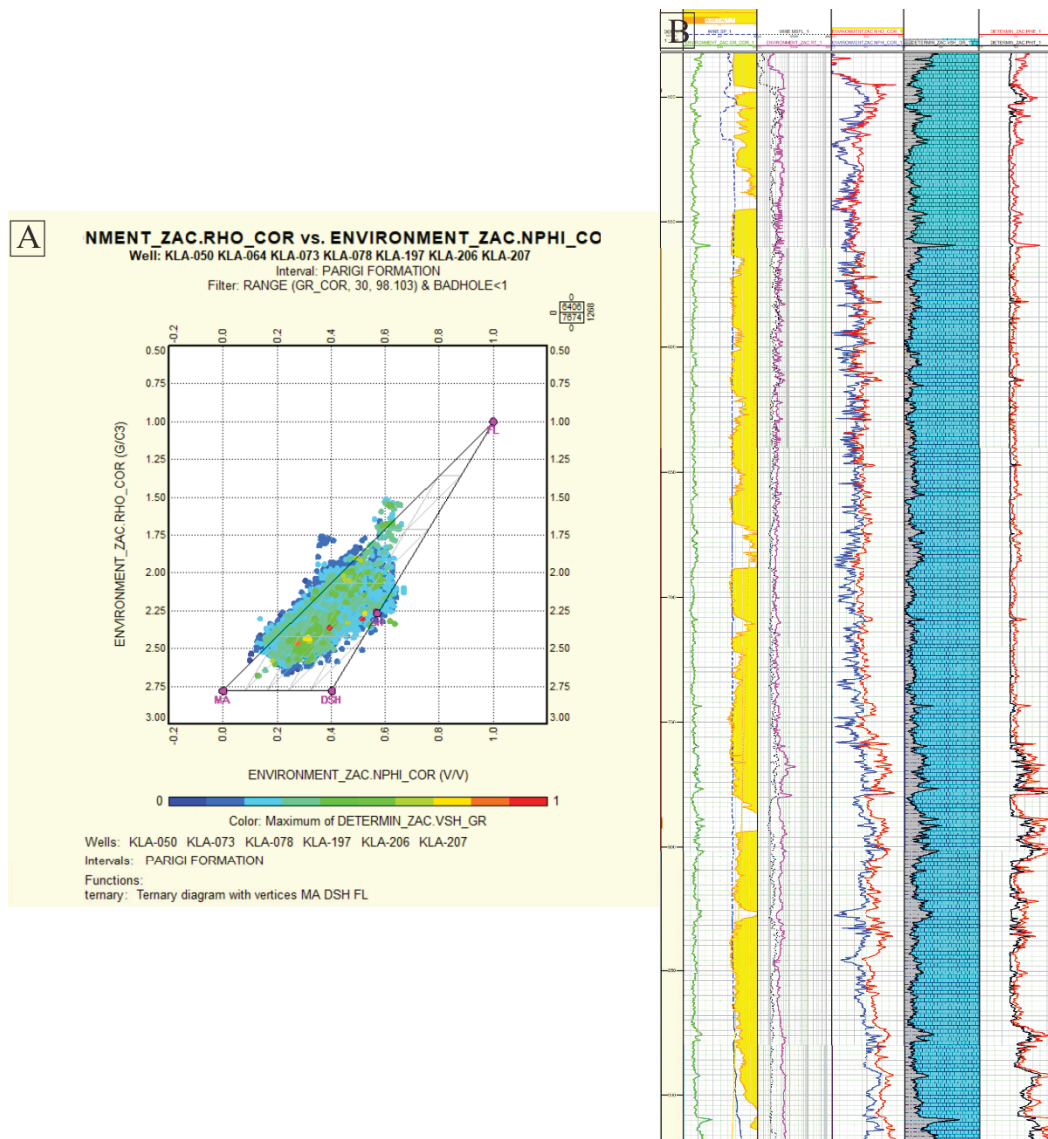


Nilai RHOB untuk kandungan matriks dan *dry shale* memiliki nilai *default* seperti yang ditunjukkan pada Tabel IV.2. Berdasarkan table tersebut, nilai NPHI dan RHOB matriks yang didapatkan pada plot silang menunjukkan nilai yang berada diantara mineral kalsit dan dolomit, sedangkan nilai *dry shale* yang besar cenderung memiliki nilai yang serupa dengan mineral lempung illit. Nilai yang didapatkan dari hasil plot silang kemudian dimasukkan ke dalam modul untuk perhitungan porositas (Gambar IV.18-b) hingga menghasilkan log talikawat berupa nilai porositas total dan efektif.



Gambar IV.18 Penghitungan nilai porositas. (A) Penentuan nilai NPHI dan RHOB pada matriks, fluida, serpih, dan *dry shale* melalui plot silang dengan menggunakan diagram terner; (B) Contoh hasil log porositas total (hitam) dan porositas efektif (merah) pada sumur KLA-207.

IV.4.4 Penghitungan Saturasi Air

Reservoir pada interval penelitian termasuk dalam kategori *clean sand formation* (karbonat). *Clean Sand Formation* adalah suatu istilah yang digunakan untuk menunjukkan bahwa suatu formasi hanya mengandung pasir dan atau batugamping tanpa ada kandungan serpih (Crain, 2012).

$$S_w = \left(\frac{1}{RI} \right)^{\frac{1}{n}} = \left(\frac{F * R_w}{R_t} \right)^{\frac{1}{n}} \rightarrow S_w^n = \frac{a \cdot R_w}{\Phi^m \cdot R_t} \dots\dots\dots \text{(Persamaan IV.5)}$$

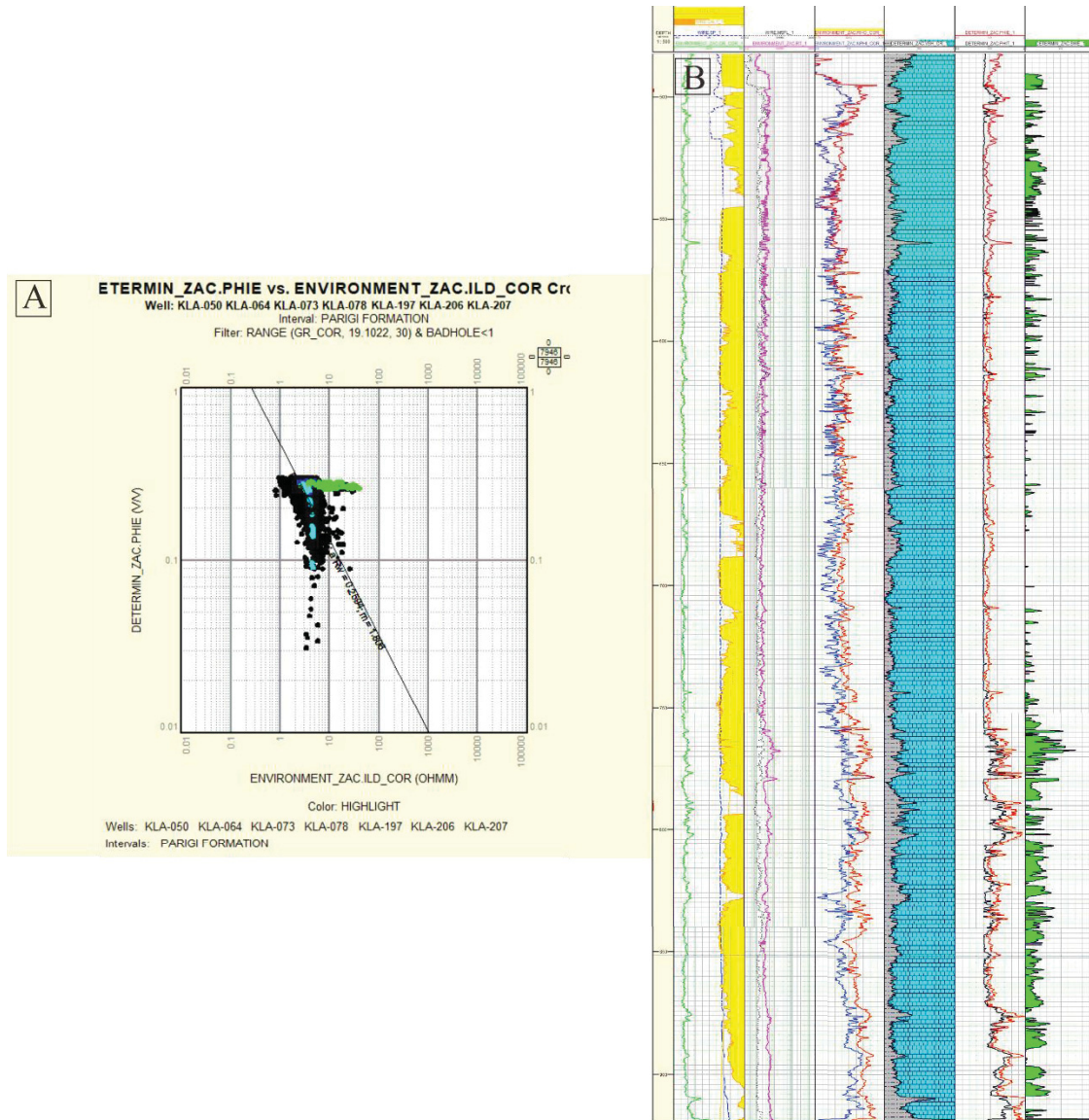
Persamaan IV.5 Rumus penghitungan saturasi air (S_w).

Keterangan:	S_w = Saturasi air	F = Faktor formasi
	RI = Indeks resistivitas	R_w = Resistivitas air formasi
	a = Faktor turtoisitas	R_t = <i>True resistivity</i>
	m = Faktor sementasi	Φ = Porositas
	n = Eksponen saturasi	

Metode Archie ini memiliki kelebihan diantaranya dapat dengan baik menentukan nilai saturasi air pada reservoir yang tidak memiliki kandungan serpih atau *clean sand formation*. Pada beberapa kondisi, Metode Archie juga dapat dengan baik menentukan nilai saturasi air pada reservoir yang memiliki kandungan batuan karbonat. Metode Archie juga memiliki beberapa kekurangan diantaranya adalah bahwa metode ini tidak dapat menentukan nilai saturasi air dengan baik pada reservoir yang memiliki kandungan serpih. Selain itu, persamaan ini juga tidak menganggap bahwa kandungan serpih yang berada pada suatu formasi dapat meningkatkan pengukuran konduktivitas sehingga akan membuat nilai perhitungan menjadi kurang tepat (Fajri, 2014).

Nilai a , m , n , R_w , R_t , dan SWE_{IRR} didapatkan dari *Special Core Analysis Laboratory* (SCAL) dan data sekunder yang telah dilakukan oleh peneliti di PT. Pertamina EP. Asset 3 sebelumnya. Dari data tersebut, didapat nilai $a = 1,027$, $m = 1,806$, $n = 2$, $R_w = 0,17471$ berdasarkan suhu permukaan, $R_t = 165,029^\circ\text{C}$ diperoleh dari rata-rata suhu hasil prekalkulasi pada lapangan penelitian, dan $SWE_{IRR} = 0,58$. *Irreducible water* adalah saturasi air ketika air

sudah tidak dapat dikeluarkan lagi apabila suatu batuan diberikan tekanan kapiler. Hasil penghitungan saturasi air efektif bernilai 1 menandakan keterdapatan air 100%, sedangkan apabila nilainya kurang dari 1 memungkinkan adanya kandungan hidrokarbon (Gambar IV.19)



Gambar IV.19 Penghitungan nilai saturasi air. (A) Penentuan nilai resistivitas air melalui plot silang antara log resistivitas hasil koreksi dan log porositas efektif dengan metode *pickett plot*; (B) Contoh hasil log saturasi air efektif pada sumur KLA-207.

IV.4.5 Penghitungan Permeabilitas

Menurut Tiab dan Donaldson (2004), permeabilitas pada batuan bergantung pada ukuran butir, bentuk butir, sortasi, kemas, serta derajat konsolidasi dan sementasi. Tipe mineral

lempung yang terdapat di dalam suatu batuan juga dapat memengaruhi koneksi antar pori, seperti halnya pada smektit (bentonit) dan monmorilonit yang dapat mengembang pada air. Derajat Pengukuran pada daerah yang *porous* bergantung gradien tekanan.

Timur (1968) mengajukan persamaan dalam penghitungan permeabilitas yang dikembangkan dari persamaan Wyllie-Rose (1950) dan pengukuran terhadap 155 sampel batupasir dan batugamping. Persamaan tersebut yaitu:

$$K = (250 \times \frac{\phi^3}{S_{wirr}})^2 \dots\dots\dots(\text{Persamaan IV.6})$$

Persamaan IV.6 Rumus penghitungan permeabilitas (K) {Wyllie-Rose}.

$$K = (\frac{93 \times \phi^{2.2}}{S_{wirr}})^2 \dots\dots\dots(\text{Persamaan IV.7})$$

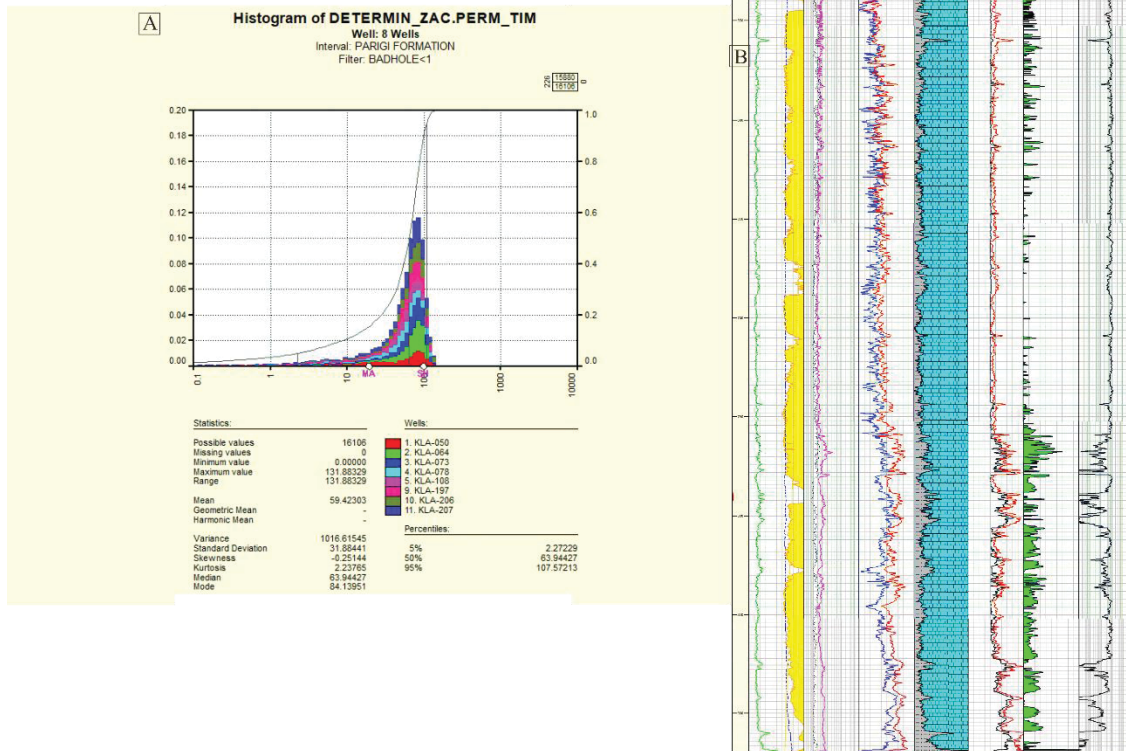
Persamaan IV.7 Rumus penghitungan permeabilitas (K) {Timur}.

Keterangan: S_{wirr} = Saturasi air *irreducible* Φ = Porositas

K = Permeabilitas (milidarcy)

Pada penggunaannya, Persamaan Wyllie-Rose tersebut memberikan hubungan yang kurang baik dengan nilai *tuning parameter* sebesar 250, 3, dan 1. Nilai-nilai tersebut dapat disesuaikan sehingga diperoleh suatu hubungan yang lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan yang dikemukakan oleh Timur pada dasarnya merupakan aplikasi dari persamaan Wyllie-Rose, sehingga persamaan ini dapat diaplikasikan pada batuan karbonat dengan mengubah nilai *tuning parameter* yaitu 100, 2,2, dan 1 (Lucia, 2000).

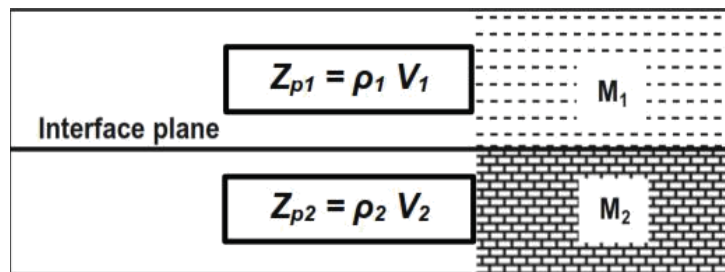
Pada modul Paradigm 2014: Geolog digunakan metode Timur untuk analisis permeabilitas pada sumur penelitian. Salah satu parameter yang dibutuhkan untuk input data pada modul permeabilitas adalah nilai SWE_{IRR} yang sudah didapatkan sebelumnya yang dipengaruhi oleh porositas, permeabilitas dan tekanan (Gambar IV.20)



Gambar IV.20 Penghitungan nilai permeabilitas. (A) Histogram persebaran nilai permeabilitas di setiap sumur pada lapangan penelitian; (B) Contoh hasil log permeabilitas pada sumur KLA-207.

IV.4.6 Analisis Kekerasan Batuan (Impedansi Akustik)

Impedansi akustik merupakan nilai impedansi suatu medium yang bergantung pada nilai kecepatan gelombang P yang melewati suatu medium dan densitasnya (Gambar IV.21)



Gambar IV.21 Ilustrasi perbedaan nilai impedansi akustik pada dua litologi yang berbeda (Simm dan Bacon, 2014).

Impedansi akustik dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu batuan melewatkan gelombang primer yang secara langsung berkaitan dengan tingkat kekerasan batuan. Semakin keras suatu batuan, maka nilai impedansi akustik akan semakin besar. Perumusan impedansi akustik dapat ditulis sebagai berikut :

$$Z = \rho V_p \dots\dots\dots \text{(Persamaan IV.8)}$$

Persamaan IV.8 Rumus penghitungan impedansi akustik (IA).

Keterangan: Z = Impedansi akustik ($\text{kg/m}^2\text{s}$) V_p = Kecepatan gelombang primer (m/s)
 ρ = Densitas (kg/m^3)

Impedansi akustik merupakan nilai yang relevan pada saat gelombang tegak lurus terhadap bidang pantul, yaitu dengan sudut datang sama dengan 0° (Simm dan Bacon, 2014). Unsur kecepatan adalah salah satu unsur yang paling mengontrol nilai impedansi akustik karena kecepatan sangat dipengaruhi oleh isi dan struktur medium seperti porositas, kompresibilitas matriks, kompresibilitas fluida, densitas dan lain – lain (Chopra dan Castagna, 2014). Oleh sebab itu, impedansi akustik sering digunakan untuk karakterisasi reservoir karena sensitif terhadap perubahan litologi dan fluida serta berkaitan langsung dengan porositas dan densitas.

Tahapan ini juga disebut dengan tahapan analisis sensitivitas batuan (Gambar IV.22). Analisis sensitivitas digunakan untuk mengetahui properti fisis yang dapat memisahkan baik litologi atau jenis fluida atau parameter bersifat sensitif. Analisis sensitivitas dilakukan dengan plot silang beberapa properti fisis hingga ditemukan properti fisis yang dapat memisahkan antara batuan karbonat *porous* dan *tight*, karena batuan penyusun daerah penelitian secara umum adalah karbonat sehingga pada saat dilakukan analisis sensitivitas menggunakan data log sinar gamma batuan tidak dapat dipisahkan karena data log sinar gamma hanya dapat memisahkan litologi berdasarkan jenisnya sehingga digunakan data log densitas (RHOB) untuk melihat batuan berdasarkan sifat *porous* dan *tight*.

Kemudian dapat dilakukan analisis litologi yang dilakukan pada Gambar IV.22-c menggunakan tiga parameter yaitu: densitas (RHOB); porositas efektif (PHIE); serta impedansi akustik (IA) sebagai parameter yang sensitif terhadap litologi. Berdasarkan ketiga data tersebut didapatkan nilai ambang batas litologi yang ditunjukkan pada Tabel IV.3. Hasil yang didapatkan berupa nilai densitas rendah dan impedansi akustik rendah untuk litologi batuan karbonat bersifat *porous* dan nilai densitas tinggi dan impedansi akustik tinggi untuk litologi batuan karbonat bersifat *tight*.

Tabel IV.4 Hasil nilai batas ambang dari parameter densitas (RHOB), porositas efektif (PHIE), dan impedansi akustik (IA) dalam analisis litologi

No	PHIE (%)	RHOB (G/C3)	IA (MG/SC3)	Klasifikasi
1	>18.5	1.5 - 2.24	2100 - 5000	<i>Porous</i>
2	8.5 - 18.5	2.15 - 2.24	4150 - 5000	<i>Moderate</i>
3	<8.5	2.24 - 2.69	5000 - 13500	<i>Tight</i>