



## PERHITUNGAN NORMALISASI DATA MENGGUNAKAN METODE LEVERETT J-FUNCTION UNTUK HASIL UJI TEKANAN KAPILER DENGAN ALAT SENTRIFUGAL PADA BATUAN

**Nona Julia Zalfa**  
**Nisrina**

Universitas Bhayangkara Jakarta  
Raya, Indonesia

**Abdullah Rizky**  
**Agusman**

Universitas Bhayangkara  
Jakarta Raya, Indonesia

**Aly Rasyid**

Universitas Bhayangkara  
Jakarta Raya, Indonesia

---

**Corresponding author:**

Abdullah Rizky Agusman, Universitas  
Bhayangkara Jakarta Raya, Indonesia.  
[abdullah.rizky@dsn.ubharajaya.ac.id](mailto:abdullah.rizky@dsn.ubharajaya.ac.id)

---

**Article Info :**

**Article history:**

Received: Mei 3, 2026

Revised: Mei 10, 2026

Accepted: Mei 30, 2026

---

**Keywords:**

Keywords 1; *Leverett J-Function*

Keywords 2; *Hydraulic Flow Unit (HFU)*

Keywords 3; *Data Normalization*

---

**Kata Kunci:**

Kata Kunci 1; *Leverett J-Function*  
Kata Kunci 2; *Hydraulic Flow Unit (HFU)*

Kata Kunci 3; *Normalisasi Data*

---

**Abstract**

*This study discusses the application of the Leverett J-Function method in the process of normalizing capillary pressure ( $P_c$ ) data from SCAL tests on centrifuges in reservoir rocks to obtain more accurate rock characteristics, and focuses on understanding the relationship between capillary pressure, water saturation, porosity, and permeability which play an important role in determining fluid distribution and flow quality in reservoir rocks. The focus of this study is directed at assessing the relationship between  $P_c$  and  $S_w$ , grouping rock characteristics using the Hydraulic Flow Unit (HFU) method, and applying Leverett J-Function to normalize data so that measurement results from various samples can be compared consistently. The results show that rocks can be grouped into three HFUs with varying flow quality, where HFU 1 shows the best quality, HFU 2 represents medium flow, and HFU 3 has low quality. Normalization using Leverett J-Function successfully unifies capillary pressure data into a more uniform curve, while the denormalization results provide a more realistic picture of reservoir conditions. The combination of HFU and Leverett J-Function methods has proven effective in improving the accuracy of petrophysical interpretations and supporting oil and gas reservoir management.*

---

**Abstrak**

Penelitian ini membahas penerapan metode *Leverett J-Function* dalam proses normalisasi data tekanan kapiler ( $P_c$ ) hasil uji SCAL pada alat sentrifugal pada batuan *reservoir* guna memperoleh karakteristik batuan yang lebih akurat, serta berfokus pada pemahaman hubungan antara tekanan kapiler, saturasi air, porositas, dan permeabilitas yang berperan penting dalam menentukan distribusi fluida serta kualitas aliran pada batuan *reservoir*. Fokus penelitian ini diarahkan pada pengkajian keterkaitan antara  $P_c$  dan  $S_w$ , pengelompokan karakteristik batuan melalui metode Hydraulic Flow Unit (HFU), serta penerapan *Leverett J-Function* untuk menormalisasi data sehingga hasil pengukuran dari berbagai sample dapat dibandingkan secara konsisten. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batuan dapat dikelompokkan menjadi tiga HFU dengan variasi kualitas aliran, di mana HFU 1 menunjukkan kualitas terbaik, HFU 2 mewakili aliran menengah, dan HFU 3 memiliki kualitas rendah. Normalisasi menggunakan *Leverett J-Function* berhasil menyatukan data tekanan kapiler menjadi kurva yang lebih seragam, sementara hasil denormalisasi memberikan gambaran kondisi *reservoir* yang lebih realistis. Kombinasi metode HFU dan *Leverett J-Function* terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi interpretasi petrofisika dan mendukung pengelolaan *reservoir* migas.

## Pendahuluan

Tekanan kapiler merupakan parameter penting dalam karakteristik batuan reservoir karena berperan dalam mengontrol distribusi fluida dan perilaku aliran di dalam system pori. Data tekanan kapiler umumnya diperoleh melalui pengujian *Special Core Analysis* (SCAL) menggunakan metode sentrifugal, yang efisien dalam menghasilkan hubungan antara tekanan kapiler dan saturasi air. Namun, perbedaan sifat petrofisika batuan seperti porositas dan permeabilitas menyebabkan variasi data antar sampel sehingga menyulitkan proses perbandingan dan interpretasi.

Metode Leverett *J-Function* digunakan untuk menormalisasi data tekanan kapiler dengan mempertimbangkan pengaruh sifat petrofisika batuan, sehingga memungkinkan penyatuan data dari berbagai sampel ke dalam kurva yang lebih konsisten. Selain itu, pengelompokan batuan menggunakan metode *Hydraulic Flow Unit* (HFU) membantu mengklasifikasikan batuan berdasarkan kesamaan kemampuan aliran fluida.

Penelitian ini bertujuan menerapkan metode Leverett *J-Function* pada data tekanan kapiler hasil uji sentrifugal yang dikombinasikan dengan pendekatan HFU, guna meningkatkan akurasi interpretasi petrofisika dan mendukung karakterisasi reservoir yang lebih representatif.

### 1.1 Latar Belakang

Tekanan kapiler merupakan parameter penting dalam karakterisasi batuan reservoir karena mengontrol distribusi fluida dan perilaku aliran di dalam sistem pori. Data tekanan kapiler umumnya diperoleh melalui pengujian *Special Core Analysis* (SCAL) dengan metode sentrifugal, namun perbedaan porositas dan permeabilitas antar sampel menyebabkan variasi data yang menyulitkan proses perbandingan dan interpretasi.

Metode Leverett *J-Function* digunakan untuk menormalisasi data tekanan kapiler dengan mempertimbangkan sifat petrofisika batuan sehingga data dari berbagai sampel dapat disajikan secara konsisten. Selain itu, pengelompokan batuan menggunakan metode *Hydraulic Flow Unit* (HFU) membantu mengklasifikasikan batuan berdasarkan kesamaan kemampuan aliran fluida.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menerapkan metode Leverett *J-Function* pada data tekanan kapiler hasil uji sentrifugal yang dikombinasikan dengan pendekatan HFU untuk meningkatkan akurasi interpretasi petrofisika dan karakterisasi reservoir.

### 1.2 Tujuan Penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk memahami dan menganalisis berbagai aspek, terkait pengolahan data pengujian tekanan kapiler, pengelompokan batuan *reservoir*, serta normalisasi data menggunakan metode *Leverett J-Function*. Adapun tujuan spesifik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyusun proses pengolahan data tekanan kapiler (PC) terhadap saturasi air (Sw) dan menghasilkan plot kurva PC vs Sw yang dapat menggambarkan hubungan antara tekanan kapiler dan saturasi air pada batuan *reservoir*.
2. Menerapkan metode *Hydraulic Flow Unit* (HFU) untuk mengelompokkan data inti batuan berdasarkan parameter petrofisika dan menentukan tipe batuan *reservoir* yang sesuai untuk analisis lebih lanjut.
3. Menerapkan dan menganalisis penerapan metode *Leverett J-Function* dalam normalisasi data tekanan kapiler untuk mendapatkan hasil yang lebih konsisten dan dapat dibandingkan antara *sample*.

## Metode Penelitian

Penelitian ini mengacu pada konsep *Special Core Analysis* (SCAL) yang digunakan untuk menganalisis perilaku aliran fluida dua fase dalam batuan reservoir melalui hubungan tekanan kapiler dan saturasi air. Tekanan kapiler didefinisikan sebagai perbedaan tekanan antara fluida pembasah dan tidak membasah dalam media berpori, yang dipengaruhi oleh ukuran pori, tegangan antarmuka, serta sifat petrofisika batuan (Hassler & Brunner, 1945; Leverett, 1941). Hubungan  $P_c$ - $S_w$  menjadi dasar dalam evaluasi distribusi fluida dan karakteristik reservoir.

$$P_c = P_o - P_w = (\rho_w - \rho_o) h \quad 1$$

$$P_c(S_w) = \frac{h}{144} (\rho_o - \rho_w) \quad 2$$

Dimana :

$P_c$  : Tekanan Kapiler

$\rho_w$  : Massa Jenis Air

$\rho_o$  : Massa Jenis Minyak

Pengukuran tekanan kapiler dilakukan menggunakan metode sentrifugal, yang memanfaatkan gaya sentrifugal untuk menghasilkan variasi tekanan kapiler secara bertahap pada sampel batuan. Metode ini dipilih karena

mampu menghasilkan data tekanan kapiler secara efisien dan representatif dibandingkan metode konvensional lainnya (Nordtvd & Kollvt, 1991; Purcell, 1949).



Gambar 1. Alat Sentrifugal dan software  
Sumber: Technologies Vinci (2025)

Untuk mengurangi heterogenitas data, batuan reservoir dikelompokkan menggunakan metode *Hydraulic Flow Unit* (HFU), yang didasarkan pada parameter porositas dan permeabilitas melalui konsep *Flow Zone Indicator* (FZI). Metode HFU memungkinkan pengelompokan batuan berdasarkan kesamaan kemampuan aliran fluida sehingga meningkatkan konsistensi analisis petrofisika (Amaefule et al., 1993; G. E. ARCHIE, 1950). Berikut adalah rumus HFU :

$$\phi_z = \left( \frac{\phi_e}{1 - \phi_e} \right) \quad 3$$

$$RQI = 0.0314 \sqrt{\frac{k}{\phi_e}} \quad 4$$

$$FZI = \frac{1}{\sqrt{F_s \tau S_{gv}}} = \frac{RQI}{\phi_z} \quad 5$$

Dimana :

- $\phi_z$  : Porositas Normalisasi
- $\phi_e$  : porositas efektif, tanpa satuan/fraksi
- $k$  : Permeabilitas, mD
- $RQI$  : *Reservoir Quality Index*, mikrometer ( $\mu\text{m}$ )
- $FZI$  : *Flow Zone Indicator*, mikrometer ( $\mu\text{m}$ )
- $F_s$  : faktor bentuk
- $\tau$  : kelengkungan pori-pori
- $S_{gv}$  : spesifik luas permukaan

Selanjutnya, metode Leverett *J-Function* diterapkan untuk menormalisasi data tekanan kapiler dengan mempertimbangkan pengaruh porositas dan permeabilitas batuan. Normalisasi ini memungkinkan data tekanan kapiler dari berbagai sampel dan kelompok HFU disatukan ke dalam kurva yang lebih seragam dan dapat dibandingkan secara langsung, sehingga mendukung interpretasi karakteristik reservoir yang lebih akurat (Al-Amri et al., 2017; Leverett, 1941). Berikut rumus leverett :

$$J(S_w) = 0,21645 \frac{P_c}{\sigma} \sqrt{\frac{k}{\Phi}} \quad 6$$

$$P_c = \frac{J(S_w)\sigma}{\left[ 0,21645 \sqrt{\frac{k}{\Phi}} \right]} \quad 7$$

Dimana :

- $J(S_w)$  : *Leverett J-Function*
- $\sigma$  : Tegangan Permukaan, dynes/cm  
: 72-100 (Air-Brine), 15-40 (Oil-Brine), 35-65 (Gas-Oil)
- $k$  : Permeabilitas, mD
- $\Phi$  : Porositas, fraksi

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, karena seluruh analisis dilakukan berdasarkan data numerik hasil pengujian laboratorium. Data yang digunakan berupa tekanan kapiler, saturasi air, porositas, dan permeabilitas yang diperoleh dari hasil *Special Core Analysis* (SCAL) menggunakan metode sentrifugal pada sampel batuan

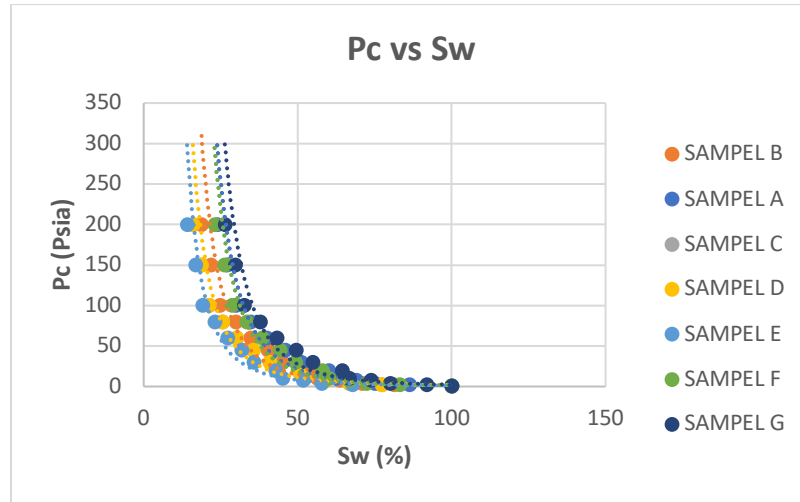
reservoir.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini penulis menggunakan 7 *sample* batuan untuk penelitiannya. Dimana masing-masing *sample* memiliki nilai porositas dan permeabilitas yang berbeda. Adapun nilai saturasi *water* yang mewakili dari setiap *test* tekanan kapiler pada laboratorium:

Tabel 1. Data Tujuh *Sample* Batuan Dari Hasil Uji Laboratorium Terhadap PC

SAMPLE							
	A	B	C	D	E	F	G
Perm (mD)	37 0	84 0	11 60	15 00	22 85	24 0	20 1
Poro (fraksi)	0, 20 2	0, 21 4	0, 22 4	0, 21 7	0, 22 2	0, 20 0	0, 19 6
PC (Psia)	Sw (%)						
0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0
1	86 ,2 80	81 ,3 74	77 ,4 69	77 ,4 69	67 ,8 30	83 ,2 26	91 ,8 91
2	75 ,1 28	70 ,9 11	66 ,8 07	66 ,8 07	57 ,8 31	72 ,4 69	80 ,1 79
4	69 ,1 23	63 ,6 67	59 ,1 91	59 ,1 91	51 ,8 31	66 ,6 77	73 ,8 72
8	62 ,4 18	56 ,3 16	52 ,2 19	52 ,2 19	45 ,0 65	60 ,2 08	66 ,8 30
10	60 ,1 16	54 ,0 09	50 ,0 53	50 ,0 53	42 ,8 32	57 ,9 88	64 ,4 12
20	51 ,1 08	45 ,1 55	40 ,9 14	40 ,9 14	35 ,8 33	49 ,3 00	54 ,9 53
30	45 ,9 61	40 ,3 26	35 ,5 83	35 ,5 83	31 ,8 33	44 ,3 35	49 ,5 47
45	39 ,9 57	34 ,6 92	30 ,2 53	30 ,2 53	27 ,1 67	38 ,5 42	43 ,2 40
60	34 ,8 10	29 ,8 63	25 ,6 83	25 ,6 83	23 ,1 67	33 ,5 78	37 ,8 34
80	29 ,8 67	24 ,7 96	21 ,2 96	21 ,2 96	19 ,1 81	28 ,8 10	32 ,6 44
100	27 ,0 89	21 ,8 14	18 ,8 29	18 ,8 29	16 ,8 34	26 ,1 30	29 ,7 26
150	23 ,8 72	18 ,7 96	15 ,9 74	15 ,9 74	14 ,0 84	23 ,0 27	26 ,3 47
200	22 ,8 00	17 ,7 90	15 ,0 22	15 ,0 22	13 ,1 68	21 ,9 93	25 ,2 21



Gambar 2. Plot Kurva Pc vs Sw

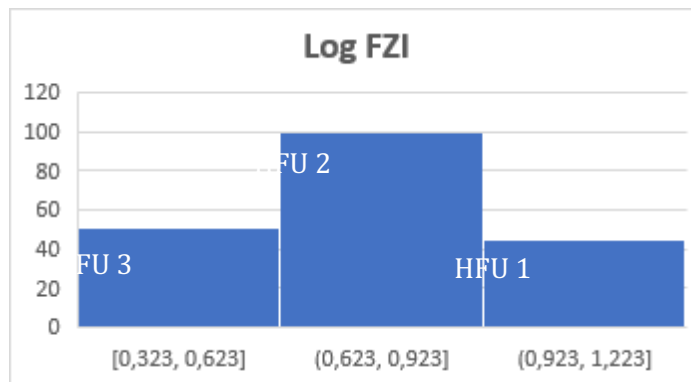
Hasil analisis tekanan kapiler menunjukkan adanya hubungan yang jelas antara tekanan kapiler ( $P_c$ ), saturasi air ( $S_w$ ), serta sifat petrofisika batuan berupa porositas dan permeabilitas. Berdasarkan kurva  $P_c$ - $S_w$  hasil uji *Special Core Analysis* (SCAL) menggunakan metode sentrifugal, terlihat bahwa sampel dengan permeabilitas tinggi memiliki tekanan kapiler yang lebih rendah dan penurunan saturasi air yang lebih cepat, sedangkan sampel dengan permeabilitas rendah menunjukkan tekanan kapiler yang lebih tinggi serta zona transisi air-minyak yang lebih tebal. Hal ini menegaskan bahwa ukuran dan konektivitas pori sangat memengaruhi distribusi fluida dalam batuan reservoir.

Tabel 2. Data dari Sekumpulan Nilai Permeabilitas dan Porositas

	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Average</b>
<b>Porositas</b>	0,277	0,18	0,211163
<b>Permeabilitas</b>	3330	46,5	777,5617

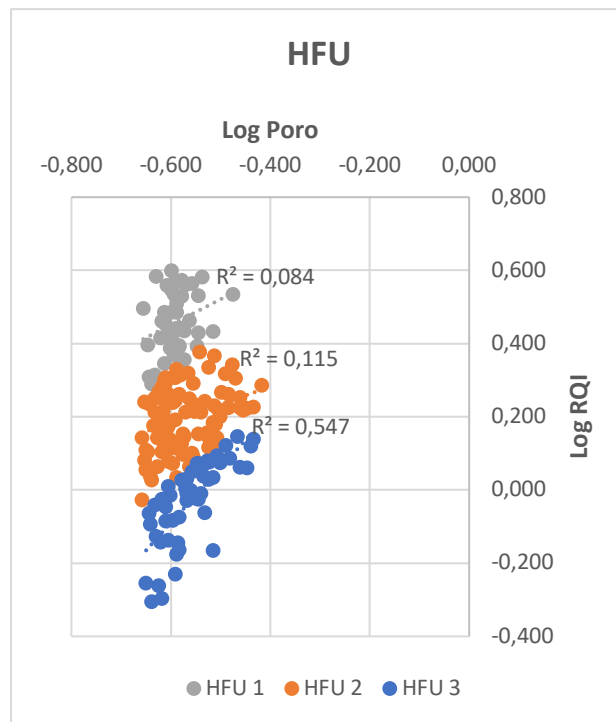
Data yang digunakan penulis pada tabel ini merupakan rangkuman statistik dari hasil pengukuran porositas dan permeabilitas sumur, yang ditunjukkan dengan nilai maksimum, minimum, dan rata-rata untuk masing-masing parameter. Data ini memberikan gambaran tentang variasi dan distribusi sifat fisik batuan *reservoir* pada interval sumur yang diteliti.

Nilai FZI yang diperoleh kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk logaritmik ( $\log FZI$ ) untuk memudahkan proses pengelompokan. Setiap data yang memiliki rentang nilai  $\log FZI$  yang serupa akan dikelompokkan ke dalam satu HFU. Dengan demikian, pembagian HFU didasarkan pada keseragaman karakteristik pori yang tercermin dari hubungan RQI dan porositas normalisasi.



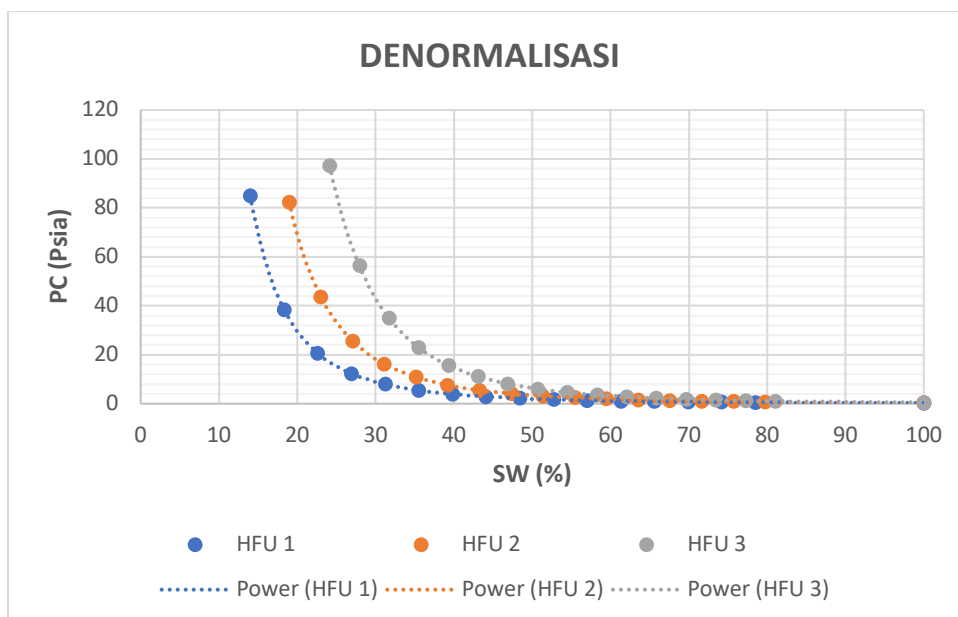
Gambar 3. Pembagian HFU Menggunakan Histogram

Berdasarkan banyaknya data permeabilitas dan porositas terlihat bahwa banyaknya data *sample* dapat dikelompokkan ke dalam tiga interval utama yang mempresentasikan pembagian *Hydraulic Flow Unit* (HFU). Pada interval pertama (HFU 3), yaitu (0,323-0,623) jumlah *sample* yang terdistribusi sekitar 50 data. Interval ini menggambarkan unit aliran dengan kualitas *reservoir* yang relatif rendah hingga sedang. Selanjutnya, pada interval kedua (HFU 2), (0,623-0,923) jumlah *sample* sekitar 100 data, atau merupakan kelompok dengan frekuensi terbanyak dibandingkan interval lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa Sebagian besar batuan *reservoir* berada pada kategori HFU dengan kualitas menengah. Sementara itu pada interval ketiga (HFU 1), (0,923-1,223) jumlah *sample* kembali menurun menjadi sekitar 50 data. Interval ini mewakili unit aliran dengan kualitas *reservoir* yang lebih tinggi, ditandai dengan ukuran pori yang relatif besar serta jaringan pori yang lebih terkoneksi.



Gambar 4. Plot kurva Log Poro vs Log RQI

Pengelompokan batuan menggunakan metode *Hydraulic Flow Unit* (HFU) menghasilkan tiga kelompok utama dengan karakteristik aliran yang berbeda. HFU dengan nilai permeabilitas dan porositas lebih tinggi menunjukkan kualitas aliran fluida yang lebih baik, sedangkan HFU dengan nilai lebih rendah merepresentasikan batuan dengan kualitas aliran yang terbatas. Hasil ini menunjukkan bahwa metode HFU efektif dalam mengurangi heterogenitas data dan mengelompokkan batuan berdasarkan kesamaan kemampuannya.



Gambar 5. Hasil Plot Kurva Pc Vs Sw dari Hasil Denormalisasi

Normalisasi data tekanan kapiler menggunakan metode Leverett *J-Function* menghasilkan kurva tekanan kapiler yang lebih seragam pada setiap kelompok HFU. Normalisasi ini berhasil menyatukan data Pc-Sw dari berbagai sampel sehingga dapat dibandingkan secara konsisten. Selanjutnya, proses denormalisasi memberikan gambaran kondisi reservoir yang lebih realistis sesuai dengan sifat petrofisika batuan reservoir. Kombinasi metode HFU dan Leverett *J-Function* terbukti meningkatkan kualitas interpretasi petrofisika serta mendukung karakterisasi reservoir yang lebih akurat.

### KESIMPULAN

Kajian ini menyoroti penerapan metode *Leverett J-Function* dalam menormalisasi data tekanan kapiler hasil uji sentrifugal pada *sample* batuan *reservoir*. Berdasarkan hasil dari Bab 1 hingga Bab IV, diperoleh Kesimpulan bahwa :

1. **Hubungan Tekanan Kapiler dan Sifat Batuan:**

Tekanan kapiler berbanding terbalik dengan permeabilitas, semakin besar permeabilitas, semakin rendah tekanan kapiler. Hal ini menunjukkan bahwa batuan berpori besar memiliki kemampuan alir fluida yang lebih baik dibandingkan batuan dengan pori kecil.

2. **Pengelompokan Batuan dengan HFU:**

Metode *Hydraulic Flow Unit (HFU)* berhasil mengelompokkan batuan menjadi tiga unit aliran dengan kualitas berbeda. HFU 1 memiliki kualitas *reservoir* terbaik, HFU 2 menengah, dan HFU 3 rendah, sesuai dengan variasi nilai *FZI*, *RQI*, porositas, serta permeabilitas.

3. **Normalisasi Data dengan Leverett J-Function:**

Penerapan metode *Leverett J-Function* mampu menormalkan data tekanan kapiler dari berbagai *sample* menjadi kurva yang seragam, memudahkan perbandingan antar *rock type*. Hasil denormalisasi menunjukkan kondisi *reservoir* yang lebih realistis.

4. **Integrasi Metode HFU dan J-Function:**

Kombinasi kedua metode tersebut efektif dalam meningkatkan akurasi karakterisasi petrofisika dan memberikan dasar kuat bagi evaluasi serta pengelolaan *reservoir* migas secara efisien.

### DAFTAR PUSTAKA

- Al-Amri, M., Mahmoud, M., Elkatatny, S., Al-Yousef, H., & Al-Ghamdi, T. (2017). Integrated petrophysical and reservoir characterization workflow to enhance permeability and water saturation prediction. *Journal of African Earth Sciences*, 131, 105–116. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.04.014>
- Amaefule, J. O., Altunbay, M., Kersey, D. G., & Keelan, D. K. (1993). *SPE 26436 Enhanced Reservoir Description: Using Core and Log Data to Identify Hydraulic (Flow) Units and Predict Permeability in Uncored Intervals/Wells*.
- G. E. ARCHIE. (1950). *Introduction To Petrophysics Of Reservoir Rocks*.
- Hassler, G. L., & Brunner, E. (1945). Measurement of capillary pressures in small core samples. *Transactions of the AIME*, 160(01), 114–123.

- Leverett, M. C. (1941). Capillary Behavior in Porous Solids. *Transactions of the AIME*, 142(01), 152-169.  
<https://doi.org/10.2118/941152-G>
- Nordtvd, E., & Kollvt, K. (1991). *Capillary Pressure Curves From Centrifuge Data by Use of Spline Functions*.
- Purcell, W. R. (1949). Capillary pressures-their measurement using mercury and the calculation of permeability therefrom. *Journal of Petroleum Technology*, 1(02), 39-48.
- Technologies Vinci. (2025). *Refrigerated Centrifuge-RC4500*. <http://www.vinci-technologies.com>