

STUDI PERBANDINGAN METODE RESERVOIR *ROCK TYPING*
– APLIKASI DATA CORE

JURNAL TUGAS AKHIR

ALTANDO YUSUP PEMULO

124.17.014



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG
BEKASI
JULI 2023

**STUDI PERBANDINGAN METODE RESERVOIR *ROCK TYPING*
– APLIKASI DATA CORE**

JURNAL TUGAS AKHIR

ALTANDO YUSUP PEMULO

124.17.014

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Pada Program Studi Teknik Perminyakan



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG
BEKASI
JULI 2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI PERBANDINGAN METODE RESERVOIR *ROCK TYPING*
– APLIKASI DATA CORE**

JURNAL TUGAS AKHIR

ALTANDO YUSUP PEMULO

124.17.014

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Pada Program Studi Teknik Perminyakan

Menyetujui,

Bekasi, 18 Juli 2023

Pembimbing I



Prof. Ir. Pudji Permadi, M.Sc., Ph.D

Pembimbing II



Falza Izza Wihdany, S.T.,M.T

Mengetahui,

Kepala Program Studi Teknik Perminyakan

Institut Teknologi Sains Bandung



Ir. Aries Prasetyo, M.T

NIDN: 04140468

**STUDI PERBANDINGAN METODE RESERVOIR *ROCK TYPING*
– APLIKASI DATA CORE**

Altando Yusup Pemulo

Mahasiswa Program Sarjana Teknik Perminyakan Institut Teknologi
SainsBandung

Prof. Ir. Pudji Permadi, M.Sc., Ph.D.

Falza Izza Wihdany, S.T.,M.T.

Abstrak

Pengelompokkan batuan sangat membantu dalam membangun model reservoir statis dan dinamis untuk pekerjaan simulasi. Beberapa model metode pengelompokkan batuan telah dikembangkan oleh banyak ahli, namun kebanyakan dari mereka tidak konsisten untuk menentukan jenis batuan berdasarkan fitur geologis dan teknik pada batuan reservoir baik untuk litologi *sandstone* maupun karbonat. Jadi diperlukan suatu kajian untuk melihat tingkat konsistensi dan kesesuaian suatu metode pengelompokkan batuan yang diterapkan di suatu lapangan.

Objek penelitian ini adalah batuan reservoir ini adalah batuan *sandstone* dan karbonat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengelompokkan batuan pada data routine core dengan tiga Metode yang biasa digunakan oleh petrofisika untuk melakukan pengelompokkan batuan pada batuan reservoir. Metodenya yaitu *Hydraulic Flow Unit (HFU)*, *Pore Geometry & Structure (PGS)*, dan metode Winland R3. Kami juga melihat konsistensi dari masing-masing metode dengan membandingkan kurva Leverett J-Function yang dihasilkan dari tekanan kapiler (P_c) untuk masing-masing jenis batuan yang telah ditentukan oleh masing-masing metode. Hasilnya menunjukkan bahwa metode pengelompokkan batu terbaik adalah metode yang memiliki konsep berdasarkan integrasi deskripsi geologi dengan arsitektur pori, sehingga sangat konsisten jika dibandingkan dengan J – Function sendiri.

Kata Kunci: : *Rock Typing*, Arsitektur Pori, Karakteristik Reservoir

Abstract

Rock grouping is very helpful in building static and dynamic reservoir models for simulation work. By characterizing reservoir rocks, we can estimate reservoir reserves and predict reservoir performance more precisely and accurately. Several models of rock grouping methods have been developed by many experts, but most of them are inconsistent in determining rock types based on geological and engineering features in reservoir rock for both sandstone and carbonate lithology. So a study is needed to see the level of consistency and suitability of a rock grouping method applied in a field.

The object of this research is the reservoir rocks are sandstone and carbonate rocks. The method used in this research is to group rocks in routine core data with three methods commonly used by petrophysicists to group rocks in reservoir rocks. The methods are Hydraulic Flow Unit (HFU), Pore Geometry & Structure (PGS), and the Winland R3 method. We also look at the consistency of each method by comparing the Leverett J-Function curve resulting from the capillary pressure (P_c) for each rock type that has been determined by each method. The results show that the best rock grouping method is a method that has a concept based on the integration of geological descriptions with pore architecture, so it is very consistent when compared to the J-Function itself.

Keywords: Rock Typing, Pore Architecture, Reservoir Characteristics

1. PENDAHULUAN

Reservoir minyak dan gas bumi memiliki sifat yang heterogen dan tiap formasi pada batuan memiliki performa yang berbeda – beda dalam mengalirkan fluida. Tidak hanya sifat heterogenitas yang dimiliki oleh *reservoir* tetapi juga pada formasi batuan terkait terdapat sifat batuan yang Anisotropik. Anisotropik merupakan properti yang dimiliki oleh tiap batuan *reservoir* berupa perbedaan properti permeabilitas pada batuan disegala arah didalam *reservoir*. Di lain pihak, para *engineer* harus menentukan interval perforasi yang mengandung hidrokarbon sehingga hidrokarbon tersebut dapat bergerak melalui *reservoir* menuju lubang sumur ketika tahap produksi. Pemilihan interval perforasi tersebut akan didukung oleh parameter petrofisika yang berkaitan dengan pengelompokan batuan atau *rock typing*.

Konsep *rock typing* telah dikembangkan untuk mengintegrasikan data geologi dengan data teknik *reservoir*. *Rock typing* merupakan proses klasifikasi batuan *reservoir* menjadi unit yang berbeda – beda dan tiap kelompok

memiliki karakteristik yang sama berupa permeabilitas, porositas, *storage capacity*, *flow capacity* hingga kesamaan dalam performa batuan dalam mengalirkan fluida. Pengelompokan batuan juga dapat didefinisikan sebagai sekumpulan (unit) batuan dengan karakteristik (sifat) yang sama dalam mengalirkan fluida (Stolz et al, 2003). Akibat sifat heterogenitas yang dimiliki oleh batuan *reservoir*, maka perlu dilakukan pengelompokan batuan (*rock typing*).

Untuk mempercepat pengerjaan Tugas Akhir, hanya terdapat 4 metode *rocktyping* dan biasanya keempat metode tersebut sering kali dipakai dalam studi *rocktyping*. Keempat metode tersebut adalah metode J-Function, metode HFU, metode Winland dan metode PGS. Untuk metode HFU, pengelompokan batuan didasarkan pada metode DRT (*Discrete Rocktype*) berdasarkan paper dari Amaefule et al dan Guo et al karena lebih memudahkan dalam pekerjaan *rocktyping*.

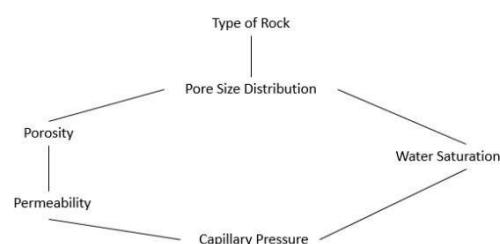
Setiap metode *rock typing* memiliki

tujuan untuk mengklasifikasi batuan *reservoir* yang memiliki sifat yang sama dan bertujuan untuk mengembangkan model statik dalam simulasi *reservoir*. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbandingan pada tiap metode *rock typing* untuk menetapkan metode yang paling bagus untuk diaplikasikan dan disebarkan kedalam model statik yang telah dibuat oleh geologi dan geofisika. Studi perbandingan metode *rock typing* ini memerlukan data analisis core berupa *Routine Core* (RCAL) dan *Special Core* (SCAL).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Rock typing merupakan proses klasifikasi batuan reservoir menjadi unit yang berbeda, dimana masing – masing diendapkan dalam kondisi geologi yang sama dan telah mengalami perubahan proses diagenesa yang sama (Gunter et al, 1997). Archie (1950) mendefinisikan *rock type* sebagai suatu formasi batuan yang telah diendapkan pada kondisi yang sama dan kemudian mengalami proses diagenesa yang sama sehingga menghasilkan hubungan porositas – permeabilitas tertentu, profil tekanan kapiler

tertentu dan pada suatu titik diatas *free water level* akan memiliki profil saturasi air tertentu. Lebih lanjut lagi, Archie membuat skema yang menghubungkan jenis batuan dengan ukuran pori, porositas, permeabilitas dan profil tekanan kapiler.

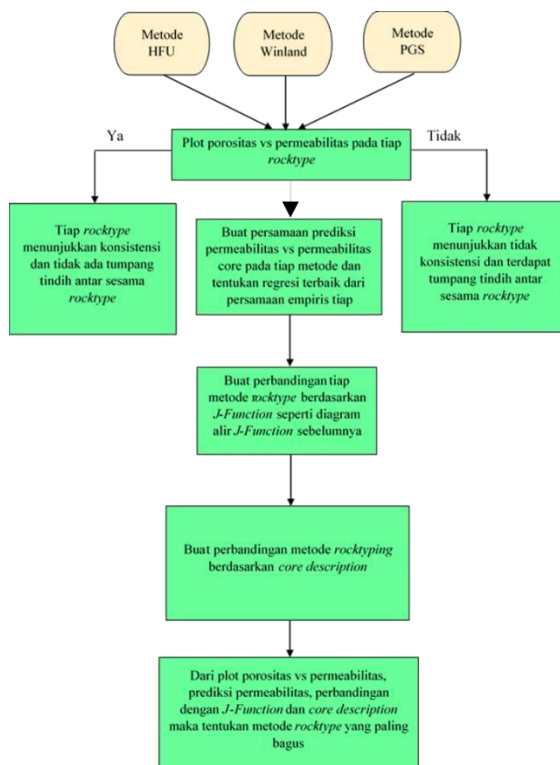


Gambar 2.1. Skema hubungan *rock type* dengan properti petrofisika terkait (Archie, 1950).

Menurut Archie, garis penghubung pada skema diatas menggambarkan bahwa pada formasi tertentu atau jenis batuan tertentu akan memiliki distribusi ukuran pori efektif tertentu yang akan menghasilkan kelompok tertentu dari kurva tekanan kapiler. Distribusi ukuran pori mengontrol porositas dan berhubungan dengan permeabilitas dan saturasi air. Selanjutnya formasi batuan tertentu akan menghasilkan hubungan antara porositas dengan permeabilitas tertentu.

3. METODOLOGI

Dalam studi ini terdapat 6 (enam) langkah utama yang dilakukan, yaitu (1) penentuan *J-Function* dari data SCAL, (2) penentuan *rock type* dengan metode *Hydraulic Flow Unit* (HFU), (3) penentuan *rock type* menggunakan metode Winland R35, (4) penentuan *rock type* menggunakan metode *Pore Geometry and Pore Structure* (PGS), (5) perbandingan metode *rock typing* berdasarkan metode *J-Function*, dan (6) studi analisis perbandingan setiap metode *rock typing* dengan berbagai parameter.



Gambar 3.1. Diagram Alir Perbandingan Metode *Rock typing*

4. PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, terdapat 2 (dua) litologi berbeda yang akan dilakukan *rock typing* diantaranya litologi batu pasir (*Sandstone*) dan karbonat. Kedua litologi tersebut masing – masing mempunyai data RCAL dan SCAL serta akan dilakukan studi perbandingan untuk menentapkan metode *rock typing* yang paling bagus. Terdapat 4 (empat) metode *rock typing* untuk masing – masing litologi yaitu metode *J-Function*, metode HFU, metode Winland R35 dan metode PGS dimana metode *J-Function* juga akan digunakan untuk studi perbandingan metode HFU, Winland dan PGS.

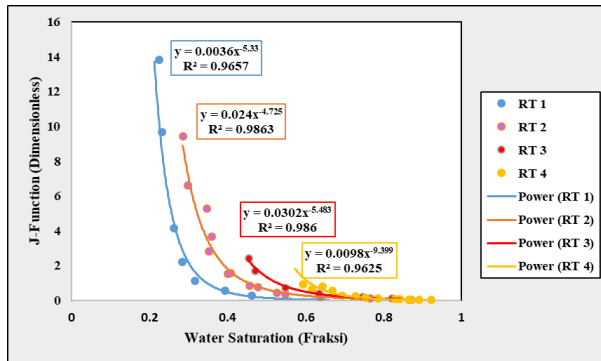
4.1 Batu Pasir (*Sandstone*)

Sampel batu pasir memiliki jumlah sampel sebanyak 132 sampel yang telah dilakukan analisis core berupa *Routine core* (RCAL) dan dari 132 sampel tersebut, sebanyak 6 sampel digunakan untuk pengukuran SCAL.

4.1.1 Metode *J-Function*

Metode *J-Function* diperoleh dari data SCAL (*Special Core Analysis*) untuk membuat kurva $J(S_w)$ sehingga akan menghasilkan

rocktype dari setiap sampel SCAL. Metode ini juga memerlukan data tekanan kapiler untuk menghasilkan kurva $J(S_w)$. Persamaan untuk $J(S_w)$ dapat ditampilkan dibawah ini.



Gambar 4.1. Penentuan *Rocktype* dengan Metode $J(S_w)$

Dapat diamati bahwa setiap *rocktype* memiliki S_{wi} yang berbeda beda. Hal ini disebabkan karena tiap *rocktype* memiliki ukuran pori efektif yang berbeda beda. Perbedaan nilai S_{wi} ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1. Nilai S_{wi} untuk Setiap *Rocktype*

RT	Average Permeability (md)	Average Porosity (fraksi)	S_{wi}
RT 1	689	0.24	0.243
RT 2	175.6	0.236	0.302
RT 3	16.7	0.189	0.437
RT 4	1.65	0.15	0.631

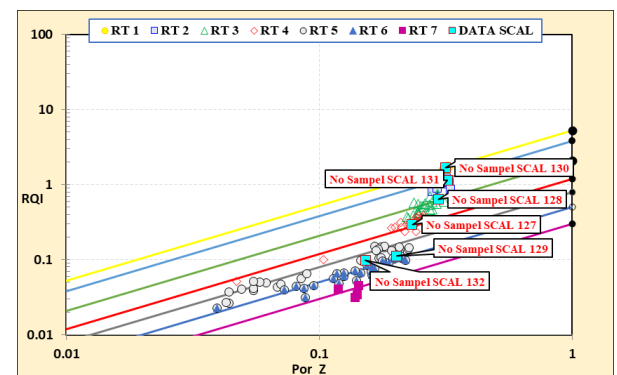
4.1.2 Metode HFU

Metode pengelompokan batuan dengan menggunakan HFU dilakukan berdasarkan konsep *Flow Zone Indicator* (FZI) yang merupakan suatu parameter untuk

menggabungkan atribut geologi berupa tekstur dan sebagai dasar dalam penentuan *hydraulic unit* (Amaefule et al, 1993).

4.1.2.1 Penentuan *Rocktype* dengan Metode DRT

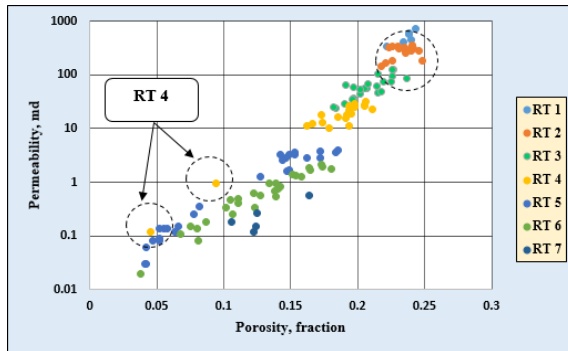
Pada litologi *sandstone* ini, dihasilkan 7 *rocktype* berdasarkan metode DRT. Ketujuh *rocktype* ini kemudian diplot pada kurva RQI terhadap porositas indeks. Sampel yang terletak pada HU yang sama akan memiliki kemiripan pada *pore throat* dan menunjukkan satu *hydraulic unit*.



Gambar 4.2. Cross-Plot Antara RQI vs $Phiz$

Kurva RQI dengan $Phiz$ akan memberikan kemiringan garis lurus yang konsisten sebesar 45° dan setiap kemiringan garis lurus tersebut dapat mencerminkan HU tiap sampel.

4.1.2.2 Hubungan Porositas Dengan Permeabilitas untuk Setiap *Rocktype*



Gambar 4.3. Plot Porositas vs Permeabilitas

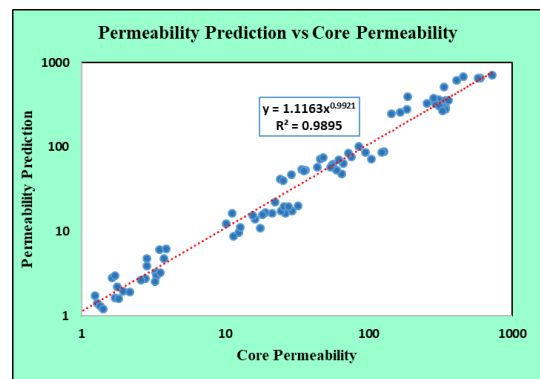
Dari kurva porositas terhadap permeabilitas, dapat dilihat bahwa tiap *rocktype* mengalami tumpang tindih dan jatuh pada *rocktype* berikutnya seperti *rocktype* 1 jatuh pada *rocktype* 2, *rocktype* 3 jatuh pada *rocktype* 4. Tidak hanya itu, beberapa titik data juga jatuh pada wilayah *rocktype* lain seperti titik data *rocktype* 4 jatuh ke wilayah *rocktype* 5. Menurut penulis, metode HFU masih belum cukup baik dalam melakukan pengelompokan batuan untuk litologi *sandstone* tersebut.

4.1.2.3 Prediksi Permeabilitas Menggunakan Metode HFU

Penentuan prediksi permeabilitas dengan menggunakan metode HFU diperoleh dari nilai FZI rata – rata untuk setiap *rocktype*.

Tabel 4.2. FZI Rata – Rata Setiap *Rocktype*

RT	RQI	Φ_z	Mean FZI
RT-1	5.3	1	5.3
RT-2	3.8	1	3.8
RT-3	2.1	1	2.1
RT-4	1.2	1	1.2
RT-5	0.8	1	0.8
RT-6	0.5	1	0.5
RT-7	0.3	1	0.3



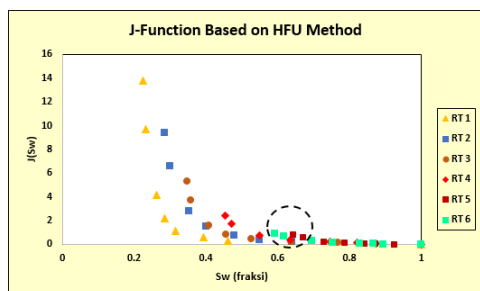
Gambar 4.4. Permeabilitas Prediksi vs Permeabilitas Core

Nilai regresi pada plot tersebut memiliki nilai yang sudah cukup tinggi dengan setiap titik data sampel hampir mengikuti garis *trendline* yang telah dibentuk. Artinya, nilai prediksi permeabilitas untuk setiap sampel sudah hampir sama dengan nilai permeabilitas sebenarnya dari core.

4.1.2.4 Aplikasi Metode *J-Function* Kedalam Metode HFU

Sampel SCAL dari litologi *sandstone* tersebut akan digunakan oleh metode HFU. *Rocktype* yang dihasilkan oleh HFU dari sampel

SCAL akan diplot berdasarkan metode *J-Function*.



Gambar 4.5. Penerapan *J-Function* dengan Metode HFU

Dari kurva tersebut dapat dilihat bahwa terdapat ketidakselarasan antara RT 5 dan RT 6. Seharusnya RT 5 berada disebelah kiri RT 6 akan tetapi RT 5 justru berada disebelah kanan dan RT 6 berada disebelah kiri. Hal ini menunjukkan tidak adanya konsistensi dalam metode HFU untuk distribusi *rocktype* dengan *J-Function*. Seperti dijelaskan sebelumnya, metode *J-Function* merepresentasikan ukuran pori- pori efektif yang saling terhubung karena metode *J-Function* diperoleh dari data tekanan kapiler, sehingga dapat dikatakan bahwa aplikasi metode HFU terhadap *J-Function* masih belum bisa menggambarkan pori – pori yang saling terkoneksi didalam media berpori.

4.1.2.5. Core Description Metode HFU

Beberapa sampel mempunyai

cerminan karakter mikroskopik batuan seperti litologi, ukuran butir, komposisi mineral, identitas hidrokarbon dan lain sebagainya. Setiap sampel pada masing – masing *rocktype* akan dilakukan identifikasi pada kesamaan karakter mikroskopik pori, apakah dalam satu *rocktype* memiliki kesamaan dalam karakter mikroskopik. Jika hampir semua sampel dalam satu *rocktype* memiliki kesamaan maka dapat dikatakan bahwa metode *rocktyping* tersebut mampu mengidentifikasi kesamaan karakter mikroskopik dengan baik.

Tabel 4.3. Mikroskopik Geologi pada Metode HFU

HFU	
RT	Core Description
2	Sst dkgv f-m hd modsrz qz frag brecc carb mic uni whyl fast dkyvl cut
2	Sst dkgv m-crs mhhd poorsrt qz frag brecc carb mic uni dkyvl fast dkyvl cut
2	Sst dkgv f-m hd modsrz qz frag clv mtrix carb mic no fast dkyvl cut
3	Siltstn blkz qz frag carb mic no dkyvl cut
3	Sst blkz f-m hd poorsrt qz frag brecc carb mic pp dkyvl slw dkyvl cut
4	Sst dkgv vf-f hd wellart qz carb mic no flu fast dkyvl cut no fast dkyvl cut
4	Sst dkgv vf-f hd wellart qz carb mic no flu fast dkyvl cut no fast dkyvl cut
5	Sst dkgv f-m hd modsrz qz frag clv mtrix carb mic uni dkyvl fast dkyvl cut
5	Sst vlgv m-crs mhhd poorsrt brecc qz carb lam grn contc uni whyl fast whyl cut
5	Sst vlgv m-crs mhhd poorsrt brecc qz carb lam grn contc uni whyl fast whyl cut
6	Sst vlgv m-crs mhhd poorsrt brecc qz carb lam grn contc uni whyl fast whyl cut
6	Sst vlgv m-crs mhhd poorsrt brecc qz carb lam grn contc uni whyl fast whyl cut

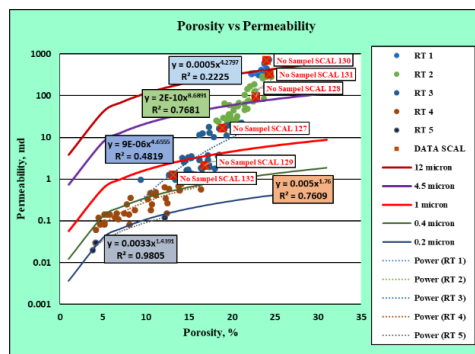
Dari tabel 4.4. diatas, beberapa *rocktype* mampu mendeskripsikan mikroskopik geologi dengan sangat baik seperti *rocktype* 2, *rocktype* 4, *rocktype* 5 dan *rocktype* 6. Hal ini dapat dilihat dari kemiripan dalam mikroskopik geologi batuan. Menurut penulis, dalam hal ini metode HFU

sudah konsisten dalam mengelompokkan batuan berdasarkan mikroskopik geologi.

5.1.1 Metode Winland R35

5.1.1.1 Penentuan *Rocktype* dengan Metode Winland

Berbeda dengan metode HFU, Winland mengklasifikasi jenis batuan kedalam 5 kelompok yang terdiri dari Megaporous (RT 1), Macroporous (RT 2), Mesoporous (RT 3), Microporous (RT 4) dan Nanoporous (RT 5). Kelima *rocktype* tersebut memiliki penyebaran porositas dan permeabilitas serta radius pori efektif tertentu.

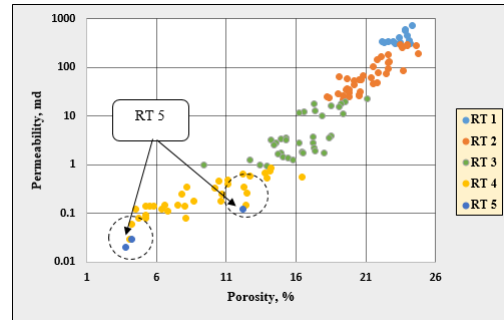


Gambar 4.6. Distribusi *Rocktype* dengan Metode Winland

Tabel 4.4. Radius Pori Efektif

Winland R35 (Effective Pore Radius)	Rock Type
12 micron	RT 1
4.5 micron	RT 2
1 micron	RT 3
0.4 micron	RT 4
0.2 micron	RT 5

5.1.1.2 Hubungan Porositas dengan Permeabilitas Setiap *Rocktype*



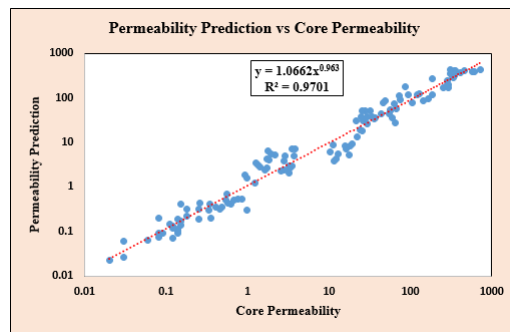
Gambar 4.7. Kurva Porositas Terhadap Permeabilitas

Mirip seperti HFU sebelumnya, dari gambar 4.7 dapat dilihat bahwa masih terdapat tumpang tindih antar sesama *rocktype* seperti RT 1 masih tumpang tindih atau tidak beraturan terhadap RT 2 dan dari gambar dapat pula dilihat beberapa sampel RT 5 jatuh kewilayah RT 4. Hal ini mengindikasikan juga bahwa metode Winland untuk sepenuhnya masih belum bisa mendefinisikan *rocktype* dari persamaan R35.

5.1.1.3 Prediksi Permeabilitas Menggunakan Metode Winland

Prediksi permeabilitas didapat dari persamaan empiris antara *cross plot* porositas dengan permeabilitas. Selanjutnya jika prediksi permeabilitas pada masing – masing sampel core telah dinyatakan, maka dilakukan plot antara prediksi

permeabilitas terhadap permeabilitas dari core.

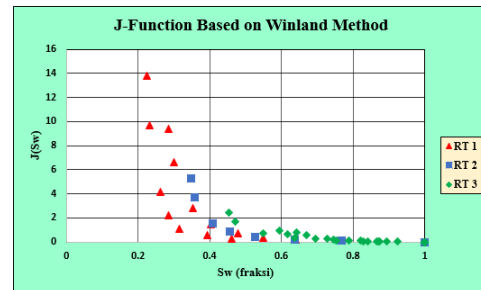


Gambar 4.8. Kurva Prediksi Permeabilitas vs Permeabilitas Core

Dari gambar dapat dilihat, nilai regresi yang diperoleh oleh metode Winland lebih kecil dari pada metode HFU (sebesar 0.9895), tetapi nilai regresi yang diperoleh dengan metode Winland sudah cukup bagus. Hal ini ditandai bahwa setiap titik data hampir mengikuti *trendline* kemiringan garis lurus 45°.

5.1.1.4 Aplikasi Metode *J-Function* Kedalam Metode Winland

Terdapat 3 *rocktype* yang telah diperoleh dari data SCAL. Ketiga *rocktype* tersebut akan dibuat kurva *J-Function* untuk mengetahui distribusi tiap *rocktype*.



Gambar 4.9. Kurva J-Function untuk Tiap *Rocktype*

Dari hasil yang diperoleh, didapatkan bahwa tiap *rocktype* yang dibuat berdasarkan metode Winland memiliki urutan yang baik, RT 1 terletak disebelah kiri sedangkan RT 3 terletak disebelah kanan. Berbeda dengan HFU, metode Winland sudah cukup baik dalam distribusi *rocktype* berdasarkan metode *J-Function*.

5.1.1.5 *Core Description* Metode Winland

Penerapan deskripsi core (mikroskopik geologi) jugadigunakan pada metode Winland sebagai pembandingan dengan metode lain.

Tabel 4.6. Deskripsi Core Berdasarkan Metode Winland

Winland R35	
RT	Core Description
2	Sst dkgy m-crs hd poorstr qz frag brecc carb mic uni dkyl fast dkyl cut
2	Sst dkgy f-m hd modstr qz frag brecc carb mic uni whyl fast whyl cut
2	Sst dkgy f-m hd modstr qz frag clv mtrx carb mic no fast dkyl cut
2	Siltstr blk qz frag carb mic no dkyl cut
2	Sst blk f-m hd poorstr qz frag brecc carb mic pp dkyl shv dkyl cut
3	Sst dkgy vf-f hd wellstr qz carb mic no flu fast dkyl cut no fast dkyl cut
3	Sst dkgy vf-f hd wellstr qz carb mic no flu fast dkyl cut no fast dkyl cut
3	Sst ylay m-crs mhld poorstr brecc qz carb lam grn contc uni whyl fast whyl cut
4	Sst ylay m-crs mhld poorstr brecc qz carb lam grn contc uni whyl fast whyl cut
4	Sst dkgy f-m hd modstr qz frag clv mtrx carb mic uni dkyl fast dkyl cut
4	Sst ylay m-crs mhld poorstr brecc qz carb lam grn contc uni whyl fast whyl cut
5	Sst ylay m-crs mhld poorstr brecc qz carb lam grn contc uni whyl fast whyl cut

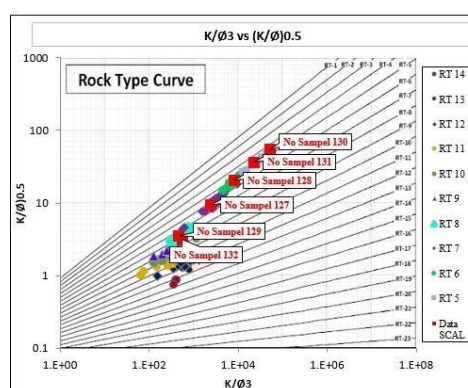
Berdasarkan pengamatan desripsicore pada metode Winland, metode tersebut mampu mengelompokkan batuan berdasarkan geologi mikroskopis. Kemiripan geologi mikroskopis terletak pada *rocktype* 2, *rocktype* 3 dan *rocktype* 4. Sedangkan *rocktype* 5 tidak dapat dilakukan analisis karena metode Winland hanya menghasilkan satu sampel *rocktype* saja berdasarkan geologi mikroskopis.

5.1.2 Metode PGS

Geometri pori $(k/\phi)^{0.5}$ dan struktur pori (k/ϕ^3) merupakan parameter dalam penentuan klasifikasi *rocktype*. Konsep dari metode PGS yaitu mempertimbangkan karakteristik susunan butir/partikel padat dan ruang pori efektif yang dianggap sebagai elemen yang membentuk geometri pori dan struktur pori.

4.1.4.1 Penentuan *Rocktype* dengan Metode PGS

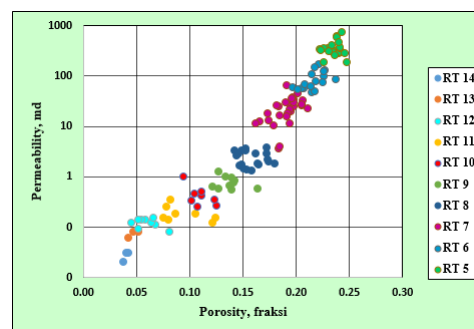
Metode PGS mengklasifikasi *rocktype* sebanyak 10 *rocktype* berdasarkan pada persamaan geometri pori dan struktur pori. Setiap *rocktype* dapat diplot pada kurva *rocktype* antara geometri pori terhadap struktur pori.



Gambar 4.10. *Rocktype* Curve untuk setiap *rocktype*

4.1.4.2 Hubungan Porositas dengan Permeabilitas Setiap *Rocktype*

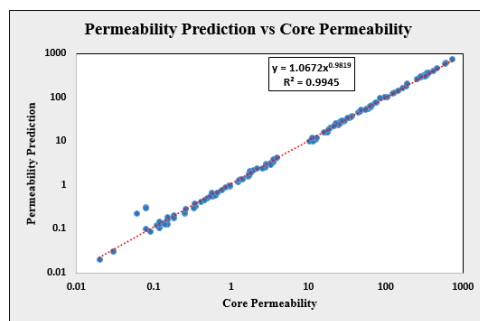
Setiap *rocktype* yang telah diidentifikasi kemudian diplot antara porositas dengan permeabilitas.



Gambar 4.11. Hubungan Antara Porositas dengan Permeabilitas

Tidak seperti metode HFU dan Winland, dari kurva tersebut menunjukkan bahwa metode PGS mampu untuk menafsirkan porositas dan permeabilitas, tidak ada yang tumpang tindih atau tidak adanya titik data yang jatuh kewilayah *rocktype* lain, semua memiliki posisi yang seragam. Kemampuan metode PGS tersebut didasarkan pada persamaan geometri pori dan struktur pori. Geometri pori dan struktur pori mencerminkan karakteristik *pore throat* (*Mean Hydraulic Radius*) dan *pore body* serta mencerminkan *specific surface area*, *turtuosity* dan *shape factor* untuk pori.

4.1.4.3 Prediksi Permeabilitas Menggunakan Metode PGS

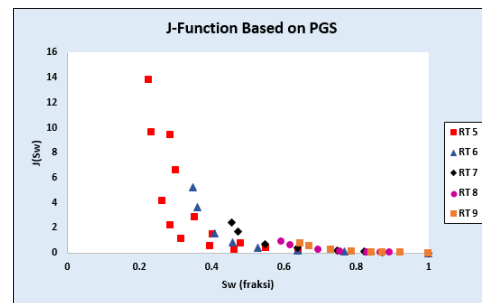


Gambar 4.12. Kurva Prediksi Permeabilitas vs Permeabilitas Dari Core

Dari kurva metode PGS tersebut, dapat dilihat bahwa metode PGS memiliki nilai regresi yang sangat

besar (hampir mendekati 1) jika dibanding dengan metode HFU atau Winland, serta dapat dilihat bahwa sebagian besar titik data sudah mengikuti garis *trendline* yang telah dibuat.

4.1.4.4 Aplikasi Metode *J-Function* Kedalam Metode PGS



Gambar 4.13. Rocktyping Berdasarkan *J-Function*

Mirip seperti Winland, metode PGS mampu membedakan masing – masing *rocktype* berdasarkan *J-Function*. Setiap *rocktype* yang dibuat dengan metode PGS menghasilkan urutan yang sesuai mulai dari RT 7 sampai RT 9. Setiap titik data menghasilkan *tren* yang berbeda dari yang lain, hal ini menyatakan bahwa setiap *rocktype* memiliki atribut pori yang berbeda beda.

4.1.4.6. *Core Description* Metode PGS

Hasil dari *core description* (geologi mikroskopis) dengan

menggunakan metode PGS dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.7. Core Description pada Metode PGS

PGS	
RT	Core Description
5	Sst dkgy F-m hd modart qz frag brecc carb mic uni whyl fast whyl cut
5	Sst dkgy m-crs hd poorart qz frag brecc carb mic uni dkyl fast dkyl cut
5	Sst dkgy F-m hd modart qz frag chy mtrx carb mic no fast dkyl cut
6	Siltstn blkz qz frag carb mic no dkyl cut
6	Sst blkz F-m hd poorart qz frag brecc carb mic pp dkyl slw dkyl cut
7	Sst dkgy vf-f hd wellart qz carb mic no flu fast dkyl cut no fast dkyl cut
7	Sst dkgy vf-f hd wellart qz carb mic no flu fast dkyl cut no fast dkyl cut
9	Sst ylyg m-crs mhld poorart brecc qz carb lam gm conte uni whyl fast whyl cut
11	Sst ylyg m-crs mhld poorart brecc qz carb lam gm conte uni whyl fast whyl cut
11	Sst ylyg m-crs mhld poorart brecc qz carb lam gm conte uni whyl fast whyl cut
12	Sst dkgy F-m hd modart qz frag chy mtrx carb mic uni dkyl fast dkyl cut
14	Sst ylyg m-crs mhld poorart brecc qz carb lam gm conte uni whyl fast whyl cut

Dari hasil analisis, didapatkan kesimpulan bahwa metode PGS juga mampu mendefinisikan mikroskopis geologi dengan hampir baik. *Rocktype* yang memiliki kesamaan dalam geologi mikroskopis yaitu *rocktype 5*, *rocktype 7* dan *rocktype 11*. Dari segi *core description*, ketiga metode (HFU, Winland dan PGS) mampu mengelompokkan batuan dengan konsisten berdasarkan geologi mikroskopis walaupun ada beberapa *rocktype* yang tidak memiliki kemiripan tetapi secara keseluruhan ketiga metode tersebut sudah cukup baik dalam mengelompokkan berdasarkan *core description*.

5.1.3 Perbandingan Metode *Rocktyping*

Perbandingan ini didasarkan pada pengamatan hubungan porositas terhadap permeabilitas, prediksi

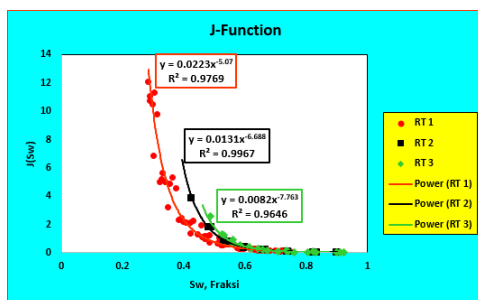
permeabilitas, kurva *J-Function* dan geologi mikroskopik setiap metode. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, metode HFU merupakan metode yang tidak bagus karena terdapat tumpang tindih antar sesama *rocktype* tetapi memiliki regresi permeabilitas prediksi yang tinggi jika dibandingkan dengan metode Winland. Metode Winland juga terdapat tumpang tindih didalam plot porositas terhadap permeabilitas dan memiliki nilai regresi prediksi permeabilitas yang jauh lebih kecil jika dibanding metode HFU dan PGS tetapi hasil terbaik diperoleh dari kurva *J-Function* dimana setiap *rocktype* berdasarkan kurva *J-Function* memperlihatkan kesesuaian urutan *rocktype*. Metode yang paling bagus jatuh ke metode PGS karena pada plot porositas vs permeabilitas, kurva prediksi permeabilitas dan kurva *J-Function* memiliki kualitas paling terbaik jika dibandingkan dengan metode HFU dan Winland. Akan tetapi jika dilihat dari geologi mikroskopis, ketiga metode tersebut sudah cukup baik dalam mengelompokkan sampel batuan berdasarkan geologi mikroskopik.

4.2 Karbonat

Batuan karbonat terdiri atas mineral kalsit (CaCO_3) atau *dolomite* yang memiliki karakteristik tidak tahan terhadap proses pelarutan. Hal ini menyebabkan terjadinya reaksi kimia pada batuan karbonat sehingga terbentuk pori – pori yang besar (*vugs*) dari hasil pelarutan tersebut. Proses diagenesa juga membuat batuan karbonat memiliki sistem pori yang kompleks sehingga menjadikan batuan karbonat memiliki sifat batuan yang heterogen. Penelitian ini juga menggunakan sampel yang berasal dari batuan karbonat untuk selanjutnya dilakukan studi perbandingan metode *rock typing* yang berasal dari sampel core.

4.2.1 Metode J-Function

Data SCAL yang diperoleh dari litologi batuan karbonat digunakan untuk membuat kurva *J-Function*.



Gambar 4.14. Kurva *J-Function* untuk setiap *rocktype*

Setiap *rocktype* memiliki nilai S_{wi} yang berbeda beda.

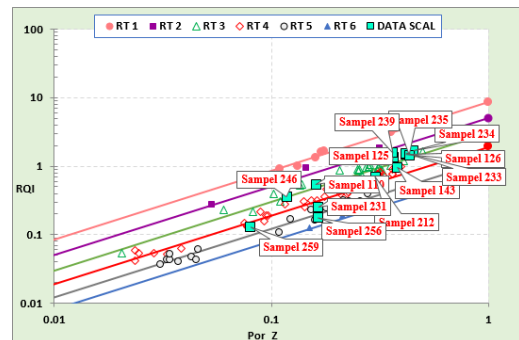
Tabel 4.8. Nilai S_{wi} Tiap *Rocktype*

RT	Avg. Porosity	Avg. Permeability	S_{wi}
RT-1	0.28	476.8	0.71
RT-2	0.14	19.2	0.77
RT-3	0.11	4.3	0.79

4.2.2 Metode HFU

4.2.2.1 Penentuan *Rocktype* dengan Metode DRT

Pada litologi karbonat, metode DRT memperoleh *rocktype* sebanyak 6 *rocktype*. Setiap *rocktype* tersebut diplot dalam kurva RQI vs Φ_{iz} untuk mendapatkan FZI rata – rata dari ekstrapolasi $\Phi_{iz} = 1$ dan *intercept* pada garis kemiringan 45° .

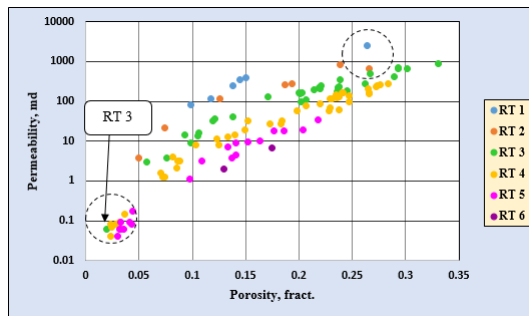


Gambar 4.15. Plot RQI vs Φ_{iz}

Tabel 4.9. Nilai FZI Rata - Rata

RT	RQI	Φ_z	Mean FZI
RT-1	8.5	1	8.5
RT-2	5	1	5
RT-3	3	1	3
RT-4	1.9	1	1.9
RT-5	1.2	1	1.2
RT-6	0.8	1	0.8

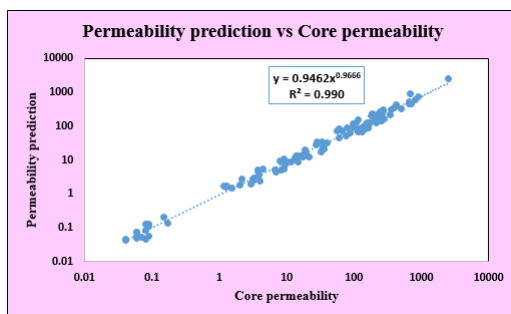
4.2.2.2 Hubungan Porositas dengan Permeabilitas untuk Setiap *Rocktype*



Gambar 4.16. Kurva Porositas dengan Permeabilitas

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa distribusi porositas terhadap permeabilitas masih belum cukup baik. Dari gambar tersebut, RT 3 jatuh kewilayah RT 4 dan RT 5 serta posisi data RT 1 masih belum tersusun dengan cukup baik. Dalam kasus ini, metode HFU merupakan metode yang tidak bagus untuk diterapkan didalam plot porositas vs permeabilitas.

4.2.2.3 Prediksi Permeabilitas

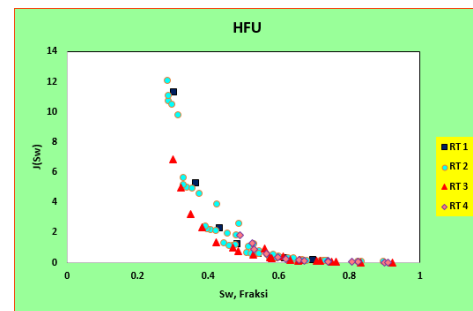


Gambar 4.17. Kurva Prediksi Permeabilitas

Dari gambar diatas dapat dilihat

penyebaran titik data sudah merata dengan cukup sempurna mengikuti garis *trendline* yang telah dibuat. Nilai regresi yang diperoleh juga sudah cukup besar (mendekati 1) sehingga dapat dikatakan bahwa prediksi permeabilitas sudah cukup merepresentasikan nilai dari permeabilitas core.

4.2.2.4 Aplikasi Metode *J-Function* Kedalam Metode HFU



Gambar 4.18. Kurva *J-Function* untuk Setiap *Rocktype*

Dari gambar 4.18 diperoleh hasil kurva *J-Function* untuk setiap *rocktype*. Dapat dilihat setiap *rocktype* tidak tersusun dengan baik seperti RT 1 yang seharusnya berada disebelah kiri tetapi berada disebelah kanan RT 2 dan terdapat tumpang tindih antara RT 1 dengan RT 2 dan 3. Hal ini menyiratkan bahwa metode *J-Function* masih belum bisa merepresentasikan penyebaran *rocktype* yang telah dibuat oleh HFU.

4.2.2.5. Core Description

Berdasarkan Metode HFU

HFU	
RT	Core Description
1	Ls ylgv vf-f xln hd foss abd vug biomold
1	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd vug
1	Ls ylgv mic-vf xln hd foss styl frac clay
1	Ls ylgv vf-f xln hd styl abd foss biomold frac
1	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl abd biomold
1	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss abd biomold styl
2	Ls whyl f-m xln mod hd abd biomold chky
2	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl abd biomold frac
2	Ls ylgv mic-vf xln hd foss styl frac sdy
2	Ls ylgv mic-vf xln vhd styl sli pyr frac rexln frag frac
2	Ls ylgv vf-f xln hd abd styl abd foss frac
2	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl sli biomold
2	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug chky
3	Ls whyl f-m xln mod hd foss bio vug chky
3	Ls whyl mic-vf xln hd foss rexln frac
3	Ls whyl vf-f xln hd foss biomold
3	Ls ylgv mic-vf xln hd foss styl frag rexln
3	Ls ylgv mic-vf xln vhd abd styl rexln
3	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold chky
3	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold chky
3	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold chky
3	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss frac
3	Ls ylgv vf-f xln hd abd styl abd foss
3	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky
3	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky
3	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky
3	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl pyr
3	Ls ylgv f-m xln hd foss chky sli styl
3	Ls ylgv f-m xln hd styl sli biomold foss sli chky
3	Ls ylgv vf-f xln hd styl sli biomold
3	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl biomold
3	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl sli biomold
3	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug chky
3	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug abd chky
3	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug abd chky
3	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug chky
3	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss styl biomold
3	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss styl biomold
3	Ls gy vf-f xln hd foss styl rexln frag frac
3	Ls gy vf-f xln hd foss styl rexln frag frac
3	Ls gy vf-f xln hd foss styl
3	Ls gy vf-f xln hd foss styl
3	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss styl carb frag chky
3	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss frag vug
3	Ls gy vf-f xln hd foss styl

HFU	
RT	Core Description
4	Ls whyl mic-vf xln hd foss rexln frac
4	Ls whyl vf-f xln hd foss biomold frag vug
4	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss styl rexln frag frac
4	Ls ylgv mic-vf xln hd foss styl frac sdy
4	Ls ylgv vf-f xln hd styl sli sdy
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold chky
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold chky
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss styl carb
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss abd biomold chky
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold styl chky
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold styl chky
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold styl chky
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold styl chky
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold styl chky
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky
4	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl pyr
4	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl pyr
4	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl pyr
4	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl biomold sdy sli chky
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold
4	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
4	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
4	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
4	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
4	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
4	Ls gy vf-f xln hd foss styl rexln frag frac
4	Ls gy vf-f xln hd foss styl rexln frag frac
4	Ls gy vf-f xln hd foss styl
4	Ls ylgv vf-f xln mod hd foss styl frag
4	Ls ylgv vf-f xln mod hd foss styl frag
4	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky frag
4	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss frag styl vug
4	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
4	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
4	Ls gy vf-f xln hd foss styl

HFU	
RT	Core Description
5	Ls whyl f-m xln mod hd foss biomold sli chky
5	Ls whyl vf-f xln hd foss biomold
5	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss biomold rexln frag
5	Ls ylgv mic-vf xln vhd styl pyr rexln frag
5	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky
5	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
5	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
5	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl
5	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl
5	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
5	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
5	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
5	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
5	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl
5	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl
5	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
5	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
5	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl sli biomold
5	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
5	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
6	Ls whyl vf-f xln hd foss styl frac clay
6	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl

Gambar 4.19. Hasil Core Description pada Metode HFU

Ketika dianalisis lebih lanjut, tidak ada satu pun *rocktype* pada setiap sampel yang memiliki kemiripan dalam *lithology description* berdasarkan metode HFU. Kemiripan seperti sortasi, *grain size* dan sebagainya tidak dapat terlihat pada setiap sampel didalam *rocktype*. Hal ini menjelaskan bahwa, pada litologi karbonat metode HFU masih kurang konsisten dalam mengelompokkan batuan.

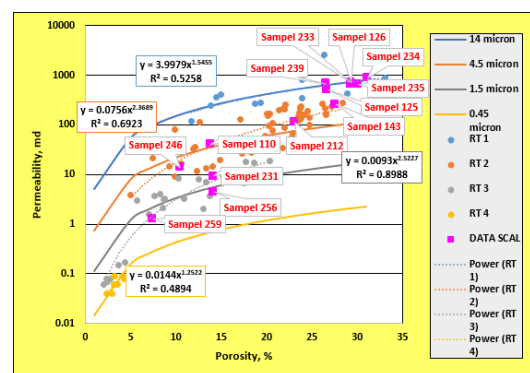
4.2.3 Metode Winland

Data RCAL digunakan untuk identifikasi *rocktype* dengan metode Winland dan menggunakan

persamaan *pore throat radius* (R35).

4.2.3.1 Penentuan Rocktype dengan Metode Winland

Dengan menggunakan metode Winland, didapatkan 4 *rocktype* dari persamaan R35. Berikut merupakan hasil *rocktype* dengan metode Winland.



Gambar 4.20. Identifikasi Rocktype dengan Metode Winland

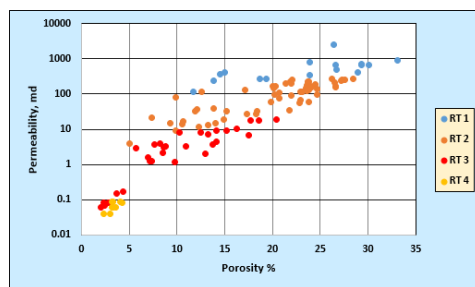
Tabel 4.10. Radius Pore Throat

Winland R35 (Effective Pore Radius)	Rock Type
14 micron	RT-1
4.5 micron	RT-2
1.5 micron	RT-3
0.45 micron	RT-4

Keempat *rocktype* tersebut merupakan ukuran *pore throat* yang terdiri dari Megaporous (RT 1) , Macroporous (RT 2), Mesaporous (RT 3) dan Microporous (RT 4).

4.2.3.2 Hubungan Porositas dengan Permeabilitas Setiap *Rocktype*

Setelah identifikasi *rocktype*, maka selanjutnya plot porositas terhadap permeabilitas untuk mengetahui kualitas dari metode Winland tersebut. Hasil plot porositas terhadap permeabilitas dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



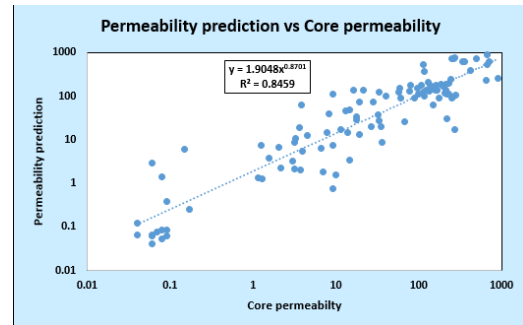
Gambar 4.21. Hubungan Porositas dan Permeabilitas

Secara keseluruhan hasil antara porositas dan permeabilitas menunjukkan hasil yang cukup baik, walaupun setidaknya RT 3 masih jatuh ke wilayah RT 4. Tetapi jika dibandingkan dengan metode HFU yang sebelumnya, metode Winland mampu untuk mengidentifikasi *rocktype* dengan cukup baik.

4.2.3.3 Prediksi Permeabilitas

Hasil dari prediksi permeabilitas dengan metode Winland menunjukkan hasil yang tidak cukup baik (gambar 4.22).

Penyebaran titik data tidak tersusun dengan baik dan sebagian besar tidak mengikuti garis *trendline*.

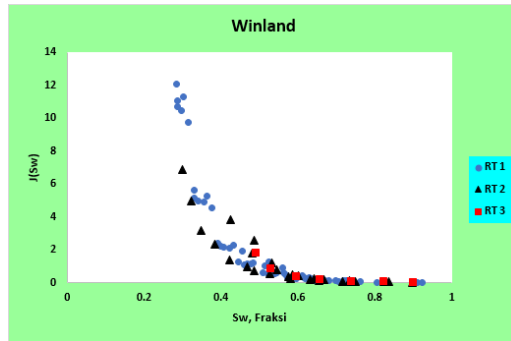


Gambar 4.22. Kurva Prediksi Permeabilitas Terhadap Permeabilitas Core

Berbeda dengan metode HFU yang mampu menghasilkan regresi yang bagus, metode Winland justru menghasilkan nilai regresi yang lebih rendah dari pada metode HFU.

4.2.3.4 Aplikasi Metode *J-Function* Kedalam Metode Winland

Hasil perolehan *rocktype* yang berasal dari data SCAL dengan metode Winland kemudian diplot antara $J(S_w)$ terhadap S_w . Hasil plot tiap *rocktype* berdasarkan kurva *J-Function* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.23. Kurva J-Function untuk Setiap Rocktype

Dari kurva $J(Sw)$ tersebut didapatkan bahwa setiap *rocktype* tidak tersusun dengan baik. Mirip seperti metode HFU, terdapat tumpang tindih antar sesama *rocktype* dari kurva $J(Sw)$. RT 1 yang seharusnya berada disebelah kiri justru beberapa titik data berada disebelah kanan. RT 1 dengan RT 2 juga masih terdapat tumpang tindih.

4.2.3.5. Core Description

Berdasarkan Metode Winland

Hasil dari *core description* dengan menggunakan metode Winland dapat dilihat pada gambar berikut.

Winland	
RT	Core Description
1	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss abd biomold styl
1	Ls whyl f-m xln mod hd abd biomold chky
1	Ls ylgf vf-f xln hd abd foss styl abd biomold
1	Ls ylgf vf-f xln hd foss abd vug biomold
1	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug chky
1	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug abd chky
1	Ls ylgf vf-f xln hd styl abd foss biomold frac
1	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug chky
1	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold chky
1	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug abd chky
1	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold chky
1	Ls ylgf vf-f xln hd foss styl sli biomold
1	Ls ylgf vf-f xln hd abd styl abd foss frac
1	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss styl biomold
1	Ls ylgf mic-vf xln hd foss styl frac clay
1	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug chky
2	Ls ylgf vf-f xln hd foss styl abd biomold frac
2	Ls ylgf mic-vf xln vhd foss abd vug
2	Ls whyl f-m xln mod hd foss bio vug chky
2	Ls ylgf vf-f xln hd abd styl abd foss
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss chky
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold chky
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss styl carb frag chky
2	Ls ylgf f-m xln hd styl sli biomold foss sli chky
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss styl biomold
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss styl biomold
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss abd biomold chky
2	Ls ylgf vf-f xln hd styl sli biomold
2	Ls ylgf f-m xln hd foss chky sli styl
2	Ls whyl vf-f xln hd foss biomold
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss chky
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold styl chky
2	Ls ylgf vf-f xln hd abd foss frac
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss chky
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold chky
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss chky
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss chky
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss styl carb
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold styl chky
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss chky frag
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss chky
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold styl chky
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold styl chky
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold
2	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold
2	Ls ylgf vf-f xln hd abd foss frag vug
2	Ls ylgf mic-vf xln hd foss styl frac sdy

Winland	
RT	Core Description
2	Ls ylgY f-m xln mod hd abd foss biomold
2	Ls ylgY f-m xln mod hd abd foss biomold
2	Ls gy vf-f xln hd foss styl
2	Ls whyl vf-f xln hd foss biomold frag vug
2	Ls ylgY f-m xln mod hd abd foss chky
2	Ls whyl mic-vf xln hd foss rexln frac
2	Ls ylgY mic-vf xln hd foss styl frag rexln
2	Ls ylgY vf-f xln hd abd foss frag styl vug
2	Ls ylgY f-m xln mod hd abd foss chky
2	Ls ylgY vf-f xln hd abd foss styl
2	Ls ylgY f-m xln mod hd abd foss chky
2	Ls ylgY f-m xln mod hd abd foss chky
2	Ls gy vf-f xln hd foss styl
2	Ls ylgY vf-f xln hd foss styl sli biomold
2	Ls ylgY vf-f xln hd foss styl biomold sdy sli chky
2	Ls gy vf-f xln hd foss styl
2	Ls ylgY vf-f xln mod hd foss styl frag
2	Ls ylgY vf-f xln hd abd foss styl
2	Ls ylgY f-m xln mod hd abd foss chky
2	Ls ylgY mic-vf xln vhd styl sli pyr frac rexln frag frac
2	Ls ylgY vf-f xln hd abd foss styl
2	Ls gy vf-f xln hd foss styl rexln frag frac
2	Ls ylgY vf-f xln mod hd foss styl frag
2	Ls ylgY vf-f xln hd styl sli sdy
2	Ls ylgY vf-f xln hd abd foss styl
3	Ls gy vf-f xln hd foss styl rexln frag frac
3	Ls whyl vf-f xln hd foss biomold
3	Ls ylgY vf-f xln hd abd foss styl
3	Ls ylgY mic-vf xln vhd abd styl rexln
3	Ls whyl f-m xln mod hd foss biomold sli chky
3	Ls whyl mic-vf xln hd foss rexln frac
3	Ls ylgY vf-f xln hd foss styl sli biomold
3	Ls gy vf-f xln hd foss styl rexln frag frac
3	Ls gy vf-f xln hd foss styl
3	Ls ylgY vf-f xln hd abd foss styl
3	Ls ylgY vf-f xln hd abd foss styl
3	Ls ylgY vf-f xln hd abd foss styl
3	Ls gy vf-f xln hd foss styl rexln frag frac
3	Ls ylgY mic-vf xln vhd foss styl rexln
3	Ls whyl vf-f xln hd foss styl frac clay
3	Ls ylgY mic-vf xln vhd foss biomold rexln frag
3	Ls ylgY mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
3	Ls ylgY vf-f xln hd abd foss styl
3	Ls ylgY mic-vf xln vhd foss styl rexln frag frac
3	Ls ylgY vf-f xln hd foss styl
3	Ls ylgY mic-vf xln hd foss styl frac sdy
3	Ls gy vf-f xln hd foss styl
3	Ls ylgY vf-f xln hd foss styl
3	Ls ylgY vf-f xln hd foss styl

Winland	
RT	Core Description
3	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl pyr
3	Ls ylgY mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
3	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl pyr
3	Ls ylgY mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
3	Ls ylgY mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
3	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl pyr
4	Ls ylgY mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
4	Ls ylgY mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
4	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl pyr
4	Ls ylgY mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
4	Ls ylgY mic-vf xln vhd styl pyr rexln frag
4	Ls ylgY mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
4	Ls ylgY mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
4	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl
4	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl

Gambar 4.24. Lithology Description Metode Winland

Mirip seperti HFU, hasil dari deskripsi litologi batuan karbonat dengan menggunakan metode Winland tidak memiliki kemiripan pada setiap sampel didalam satu *rocktype* yang sama. Hal ini mencerminkan bahwa metode Winland juga masih kurang konsisten dalam mengelompokkan batuan pada litologi batuan karbonat.

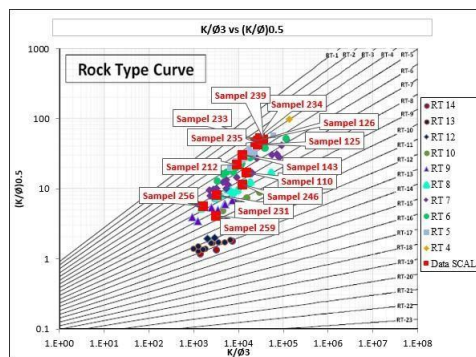
4.2.4 Metode PGS

Selain dengan metode HFU dan Winland, dalam studi perbandingan metode *rock typing* juga menggunakan perbandingan dengan metode PGS. Metode PGS juga

dipakai dalam batuan karbonat.

4.2.4.1 Penentuan *Rocktype* dengan Metode PGS

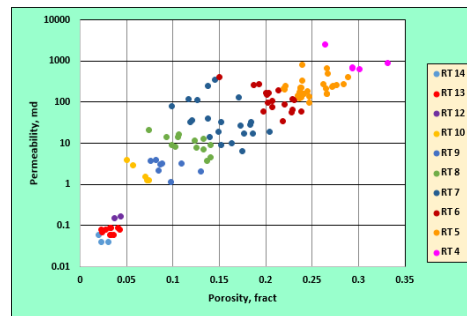
Metode PGS mengklasifikasi *rocktype* sebanyak 10 *rocktype* berdasarkan pada persamaangeometri pori dan struktur pori. Plot setiap *rocktype* dalam *rocktype curve* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.25. *Rocktype Curve* pada Masing – Masing *Rocktype*

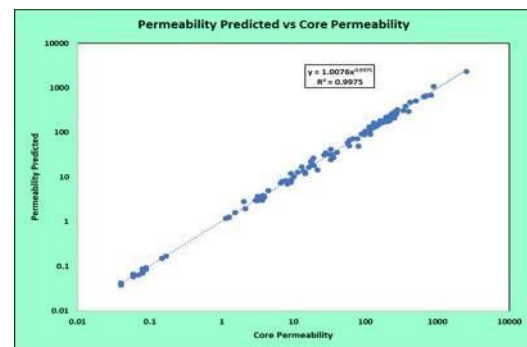
4.2.4.2 Hubungan Porositas dengan Permeabilitas Setiap *Rocktype*

Hubungan porositas dengan permeabilitas untuk masing – masing *rocktype* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.26. Hubungan Porositas dengan Permeabilitas Tiap *Rocktype* Berbeda dengan metode HFU atau Winland sebelumnya, pada metode PGS menghasilkan kurva porositas dengan permeabilitas yang cukup baik, tidak adanya tumpang tindih atau tidak adanya titik data *rocktype* yang jatuh ke wilayah *rocktype* lain.

4.2.4.3 Prediksi Permeabilitas



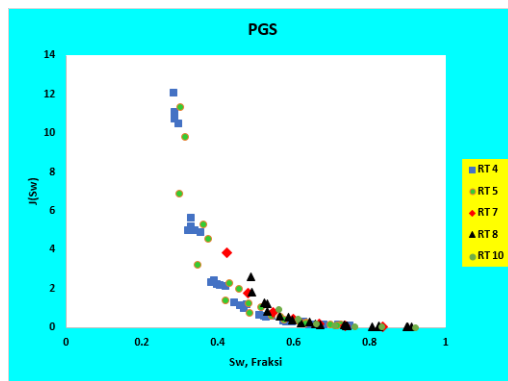
Gambar 4.27. Kurva Prediksi Permeabilitas

Dari gambar 4.34 dapat dilihat bahwa titik data antara prediksi permeabilitas dengan permeabilitas core sudah menunjukkan *trendline* yang bagus. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa prediksi permeabilitas dengan metode PGS

jauh lebih baik dari pada dengan metode lainnya.

4.2.4.5 Aplikasi Metode *J-Function* Kedalam Metode PGS

Setelah *rocktype* telah dibuat, maka setiap *rocktype* yang memiliki data SCAL dilakukan plot dalam kurva *J-Function* untuk melihat konsistensi dalam penyebaran *rocktype* pada kurva *J-Function*. Dari hasil yang diperoleh, didapatkan 6 *rocktype* yang berasal dari data SCAL dengan metode PGS. Kemudian masing – masing *rocktype* diplot antara $J(S_w)$ vs S_w kedalam kurva *J-Function*.



Gambar 4.28. Kurva *J-Function*

Dari gambar, diperoleh bahwa hasil *J-Function* memiliki persebaran *rocktype* yang sudah sangat bagus jika dibandingkan dengan metode HFU atau Winland. Masing – masing *rocktype* memiliki karakteristik yang berbeda beda, artinya tidak ada

timpang tindih antar sesama *rocktype*. Walaupun pada kurva terlihat ada beberapa sampel pada *rocktype* 5 yang jatuh ke *rocktype* 4. Tetapi secara kualitas, metode PGS mampu mengelompokkan batuan berdasarkan metode *J-Function* dengan cukup baik.

4.2.4.6. *Core Description* Berdasarkan Metode PGS

Hasil dari *lithology description* dengan menggunakan metode PGS dapat dilihat pada gambar berikut.

PGS	
RT	Core Description
4	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold chky
4	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss abd biomold styl
4	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug chky
4	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug abd chky
4	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug abd chky
5	Ls whyl f-m xln mod hd abd foss bio vug chky
5	Ls whyl f-m xln mod hd abd foss bio vug chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd styl abd foss
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss styl carb
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss abd biomold chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold styl chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold styl chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold styl chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold styl chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss biomold
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss styl biomold
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss styl biomold
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss styl biomold
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss styl biomold
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss styl carb chky
5	Ls ylgf f-m xln mod hd abd foss chky frag

PGS	
RT	Core Description
6	Ls whyl vf-f xln hd foss biomold frag vug
6	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss frac
6	Ls ylgv vf-f xln hd abd styl abd foss frac
6	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl abd biomold
6	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky
6	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky
6	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky
6	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky
6	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss chky sli styl
6	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl sli biomold
6	Ls ylgv f-m xln hd styl sli biomold foss sli chky
6	Ls ylgv vf-f xln hd styl sli biomold
6	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl biomold
6	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold
6	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold
6	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss biomold
6	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss frag vug
6	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss frag styl vug
7	Ls whyl f-m xln mod hd foss biomold sli chky
7	Ls whyl vf-f xln hd foss biomold
7	Ls whyl mic-vf xln hd foss rexln frac
7	Ls whyl vf-f xln hd foss biomold
7	Ls whyl vf-f xln hd foss styl frac clay
7	Ls ylgv mic-vf xln hd foss styl frag rexln
7	Ls ylgv vf-f xln hd foss abd vug biomold
7	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl abd biomold frac
7	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd vug
7	Ls ylgv mic-vf xln hd foss styl frac clay
7	Ls ylgv vf-f xln hd styl abd foss biomold frac
7	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
7	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
7	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
7	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl biomold sdy sli chky
7	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
7	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
7	Ls ylgv vf-f xln mod hd foss styl frag
7	Ls ylgv vf-f xln mod hd foss styl frag
7	Ls ylgv vf-f xln mod hd abd foss styl

PGS	
RT	Core Description
8	Ls whyl mic-vf xln hd foss rexln frac
8	Ls ylgv mic-vf xln hd foss styl frac sdy
8	Ls ylgv vf-f xln hd styl sli sdy
8	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl
8	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl sli biomold
8	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl sli biomold
8	Ls gy vf-f xln hd foss styl rexln frag frac
8	Ls gy vf-f xln hd foss styl rexln frag frac
8	Ls gy vf-f xln hd foss styl
8	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
8	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
8	Ls ylgv vf-f xln hd abd foss styl
8	Ls gy vf-f xln hd foss styl
9	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss biomold rexln frag
9	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
9	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl
9	Ls ylgv vf-f xln hd foss styl
9	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss styl rexln
9	Ls ylgv f-m xln mod hd abd foss abd biomold vug chky
9	Ls gy vf-f xln hd foss styl rexln frag frac
9	Ls gy vf-f xln hd foss styl
10	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss styl rexln frag frac
10	Ls ylgv mic-vf xln hd foss styl frac sdy
10	Ls ylgv mic-vf xln vhd styl sli pyr frac rexln frag frac
10	Ls ylgv mic-vf xln vhd abd styl rexln
10	Ls gy vf-f xln hd foss styl
12	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
12	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
13	Ls ylgv mic-vf xln vhd styl pyr rexln frag
13	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl
13	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl pyr
13	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl pyr
13	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
13	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
13	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
13	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
13	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
13	Ls ylgv mic-vf xln vhd foss abd styl rexln
14	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl
14	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl pyr
14	Ls gy crs xln vhd rexln frag styl pyr

Gambar 4.29. Core Description dengan Metode PGS

Dari hasil yang diperoleh, secara kesimpulan metode PGS mampu mengelompokkan batuan berdasarkan geologi mikroskopis dengan konsisten. Berbeda dengan metode HFU dan Winland, dengan aplikasi geometri pori dan struktur pori metode PGS sudah cukup baik dalam mengelompokkan batuan berdasarkan deskripsi core. Beberapa sampel dalam rocktype memiliki kesamaan

antara lain seperti *rocktype* 4, *rocktype* 5, *rocktype* 12, *rocktype* 13 dan *rocktype* 14 memiliki kesamaan dalam hal distribusi ukuran butir, sortasi, karakter mikroskopik pori dan lain sebagainya.

4.2.5 Perbandingan Metode *Rocktyping* untuk Batuan Karbonat

Setelah dilakukan analisis terhadap persebaran porositas dengan permeabilitas, prediksi permeabilitas, konsistensi *rocktype* dan analisis berdasarkan *core description* pada setiap sampel *rocktype*, maka dapat diketahui metode *rocktyping* yang paling bagus. Secara keseluruhan metode yang paling bagus untuk batuan karbonat terletak pada metode PGS. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, metode PGS mampu memberikan hasil yang terbaik terhadap penentuan *rocktype*. Artinya, *rocktype* hasil metode PGS memberikan pengaruh porositas dan permeabilitas yang baik (tidak ada tumpang tindih antar sesama *rocktype*), memberikan hasil prediksi permeabilitas yang sangat bagus, menghasilkan kualitas yang bagus dalam kurva *J-Fucntion* (setiap

rocktype memiliki karakteristik kurva masing – masing) dan mampu mengidentifikasi sampel batuan secara *lithology description*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- 1) Dalam penelitian ini terdapat dua studi kasus yang harus ditentukan metode *rocktyping* yang paling bagus. Kedua studi kasus tersebut meliputi kasus untuk litologi *Sandstone* dan litologi karbonat. Masing – masing studi kasus tersebut memiliki data RCAL dan SCAL.
- 2) Penelitian ini menggunakan 4 (empat) penilaian untuk membandingkan tiga metode *rocktyping*. Penilaian pertama adalah membandingkan secara kualitas kurva porositas terhadap permeabilitas setiap *rocktype*. Penelitian kedua adalah membandingkan antara permeabilitas dari core dengan permeabilitas prediksi hasil perhitungan. Penelitian ketiga yaitu membandingkan setiap metode berdasarkan *J-*

- Function*. Penelitian keempat adalah membandingkan secara konsisten setiap sampel dalam *rocktype* berdasarkan kemiripan geologi mikroskopis.
- 3) Pada kasus litologi *Sandstone*, metode yang terbaik terletak pada metode PGS. Berdasarkan kurva porositas dengan permeabilitas, metode PGS mampu memberikan hasil yang berkualitas karena tidak ada tumpang tindih antara sesama *rocktype* sehingga *rocktype* yang dihasilkan begitu konsisten. Kemudian berdasarkan hasil pengamatan kurva permeabilitas dari core terhadap permeabilitas prediksi, metode PGS mampu memberikan nilai regresi paling tinggi sebesar 0.9945. Metode PGS juga memberikan hasil yang konsisten berdasarkan kurva *J-Function*, tidak adanya tumpang tindih antara sesama *rocktype* sehingga setiap *rocktype* memiliki karakteristik kurva *J-function* tertentu. Metode PGS juga mampu mendeskripsikan sampel batuan pada setiap *rocktype* berdasarkan geologi mikroskopis secara konsisten.
- 4) Pada kasus litologi karbonat, metode yang terbaik juga terletak pada metode PGS. Berdasarkan analisa secara kualitatif, metode PGS memberikan hasil yang berkualitas pada plot antara porositas terhadap permeabilitas, tidak ada *rocktype* yang tumpang tindih atau tidak ada *rocktype* yang jatuh ke wilayah *rocktype* lain. Secara kurva prediksi permeabilitas terhadap permeabilitas core, metode PGS memberikan nilai regresi yang cukup tinggi sebesar 0.9975. Metode PGS juga mampu memberikan hasil yang bagus dalam hal konsistensi berdasarkan kurva *J-Function*, tidak ada tumpang tindih antara sesama *rocktype* atau tidak ada *rocktype* yang jatuh ke wilayah *rocktype* lain. Metode PGS juga mampu

mengelompokkan samel batuan dalam satu *rocktype* berdasarkan geologi mikroskopis sehingga terdapat kemiripan pada setiap sampel dalam satu *rocktype*.

5.2. Saran

- 1) Perlu dilakukan studi lanjutan dengan metode *rocktyping* lain untuk dapat menjelaskan karakteristik reservoir pada litologi *Sandstone* dan karbonat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbaszadeh. M., Fujii. H., Fujimoto. F. 1996. *Permeability Prediction by Hydraulic Flow Unit - Theory and Applications*. SPE 30158.
- Amaefule, J.O., M. Altunbay, D. Tiab, D.G. Kersey, and D.K. Keelan, 1993. *Enhanced Reservoir Description: Using Core and Log Data to Identify Hydraulic (Flow) Units and Predict Permeability in Uncored Intervals/Wells: 68th Annual Technical Conference and Exhibit, Houston, TX, SPE 26435*.
- Amyx. J.W., Bass. Jr. Whiting. R.L. 1960. *Petroleum Reservoir Engineering*. New York : McGraw - Hill.
- Archie. G. E. 1950. *Introduction To Petrophysics Of Reservoir Rocks*. Houston, Texas.
- Dake, L. P. 1991. *Fundamental of Reservoir Engineering*. Amsterdam : Elsevier.
- El-Khatib. N. 1995. *Development Of a Modified Capillary Pressure J-Function*. King Saud University. SPE 29890.
- Gunter. G. W., Finneran. M. J. Hartmann. J., Miller. D. 1997. *Early Determination of Reservoir Flow Units Using an Integrated Petrophysical Method*. SPE 38679.
- Guo. G., Diaz. A., Paz. F., Smalley. J., Waninger. A. E. 2007. *Rock Typing As An Effective Tool For Permeability and Water Saturation Modelling : A Case Study In a Clastic Reservoir In The Oriente Basin*. SPE 97033.
- Haikel. S., Rosid. M. S., Haidar. W. N. *Study Comparative Rock Typing Methods To Classify Rock Type Carbonate Reservoir Field "S" East Java*. Journal of Physics: Conf. Series 1120 (2018) 012047.
- Leverett. M. C. 1940. *Capillary Behavior In Porous Solids*. Tulsa.
- Ma. S., Jiang. X. M., Morrow. N. R. 1991. *Correlation of Capillary Pressure Relationships and Calculations of Permeability*. SPE 22685.

- Martin, A.J., Solomon, S.T., Hartmann, D. 1997. *Characterization of Petrophysical Flow Units in Carbonate Reservoirs*. AAPG Bull. 81 (5), 734 – 759.
- Palabiran. M., Akbar. A. N., Nandya. S. 2016. *An Analysis of Rock Typing Methods in Carbonate Rocks For Better Carbonate Reservoir Characterization : A Case Study of Minahaki Carbonate Formation, Banggai Sula Basin, Central Sulawesi*. Institut Teknologi Sains Bandung.
- Porras. C. J. and Campos. O. 2001. *Rock Typing: A Key Approach for Petrophysical Characterization and Definition of Flow Units, Santa Barbara Field, Eastern Venezuela Basin*. SPE 69458.
- Stolz. K. And Graves. M. 2003. *Sensitivity Study of Flow Unit Definition by Use of Reservoir Simulation*. SPE 84277.
- Tiab. D and Donaldson. C. E. 1996. *Petrophysic, Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and Fluid Transport Properties*. Texas, Houston : Gulf Publishing.
- Trivianty. J., Permadi. P., Widarsono. B. 2017. *Connecting Microscopic Geological Features to Pore Geometry and Pore Structure: Case Study - Sandstone Reservoir of Balikpapan Formation, Kutai Basin*. Vol. 12, No. 1.
- Wibowo. A. S. and Permadi. P. 2013. *A Type Curve for Carbonates Rock Typing*. IPTC-16663-MS.

