

## Plagiarism Checker X Originality Report



Plagiarism Quantity: 10% Duplicate

Date	Monday, March 16, 2020
Words	394 Plagiarized Words / Total 4007 Words
Sources	More than 26 Sources Identified.
Remarks	Low Plagiarism Detected - Your Document needs Optional Improvement.

Abstrak - Penentuan properti batuan reservoir sangat penting dilakukan agar memahami reservoir yang lebih baik. Salah satu properti batuan tersebut adalah permeabilitas. Permeabilitas merupakan kemampuan suatu batuan agar dapat melewatkan fluida. Pada penelitian ini, perhitungan permeabilitas dilakukan dengan menggunakan metode Schlumberger, Timur, Morris Biggs Oil, Morris Biggs Gas, dan PGS (Pore Geometry Structure) berdasarkan data core, log, dan CT Scan. Pada metode Schlumberger, Timur, Morris Biggs Oil, dan Morris Biggs Gas, perhitungan permeabilitas dilakukan dengan analisis petrofisika yang bertujuan untuk mengevaluasi formasi zona target penelitian seperti perhitungan sebaran kandungan serpih (volume shale), porositas efektif, saturasi air, dan permeabilitas. Determinasi nilai porositas dari CT Scan, dilakukan pada 2 data core sebanyak 20 tube, setiap tube diplot sebanyak 15 titik.

Outputnya adalah nilai Porositas CT yang akan digunakan untuk sebaran prediksi nilai permeabilitas PGS. Pada metode PGS, dilakukan rock typing berdasarkan deskripsi geologi, kemudian perhitungan prediksi permeabilitas. Menggunakan dua metode tersebut, dapat dilakukan perhitungan permeabilitas pada daerah penelitian. Hasil perhitungan permeabilitas PGS menunjukkan korelasi yang baik antara hasil perhitungan Permeabilitas PGS dengan data core. Terlihat dari data hasil perhitungan permeabilitas PGS mendekati gradien bernilai satu dengan R2 sebesar 0.906. Sedangkan metode lain memiliki R2 sebesar 0.845. Abstract - One of the rock properties that must be determined is permeability. Permeability is a rock's ability to pass fluid. The calculation of permeability was done using log and PGS (Pore Geometry Structure) methods based on core, logs, and CT-Scans data.

In log method, the permeability calculation is done by petrophysical analysis which aims to evaluate the research zone formation as calculation of the distribution of shale content, effective porosity, water saturation and permeability. The determination of porosity values ??from CT-Scan, performed on 2 data cores of 20 tubes, each tube was plotted as many as 15 points. The output is the CT-Porosity value that will be used for the distribution of predictions of PGS permeability. In the PGS method, rock typing is based on geological descriptions, then calculation of permeability predictions. Using these two methods, permeability can be calculated in the study area. The results of PGS permeability calculations show a good correlation between

### Sources found:

Click on the highlighted sentence to see sources.

### Internet Pages

- <1% <https://id.123dok.com/document/y83r5p2q->
- 3% <http://digilib.unila.ac.id/57770/3/3.%20>
- <1% <http://digilib.unila.ac.id/57770/1/1.%20>
- <1% <http://digilib.unila.ac.id/57770/>
- <1% <https://wawansetiawan497.blogspot.com/20>
- <1% <https://barkun.wordpress.com/2012/03/30/>
- 2% <https://romaliaraji.blogspot.com/2018/>
- <1% <https://www.scribd.com/document/28308535>
- 1% <https://novianto-geophysicist.blogspot.c>
- <1% <https://yanarafah.blogspot.com/2010/11/>
- <1% <https://cpengertian.blogspot.com/2013/01>
- <1% <https://www.scribd.com/document/37452486>
- <1% <https://dwiwarsasi.blogspot.com/2015/06/>
- <1% <https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/>
- <1% <https://id.scribd.com/doc/293582509/Lapo>
- <1% <https://www.scribd.com/document/25795105>
- <1% <https://wisdianto43.blogspot.com/feeds/p>
- <1% <https://id.scribd.com/doc/290712508/jbpt>
- <1% <https://www.scribd.com/document/40745764>
- 1% <http://www.jrisetgeotam.com/index.php/jr>
- <1% <https://mafiadoc.com/seminarsipilpnj2010>
- 1% <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/tekni>
- <1% <https://riakusumastuti.blogspot.com/2014>
- <1% <https://es.scribd.com/document/376449857>
- <1% <https://gede-siddiarta.blogspot.com/2011>

the results of the calculation of PGS permeability and core data. It can be seen from the results of PGS permeability that the gradient is one with R2 of 0.906.

Whereas another method has an R2 of 0.845. Keywords: Calculation, CT Scan, Permeability, Pore Geometry Structure (PGS), Petrophysical 1. PENDAHULUAN Penentuan properti batuan reservoir sangat penting dilakukan agar dapat memahami reservoir yang lebih baik. Beberapa properti batuan tersebut adalah porositas dan permeabilitas. Permeabilitas berperan penting dalam kehidupan awal lapangan minyak dan dalam melakukan karakterisasi serta deskripsi reservoir (Reservoir Characterization and Description) untuk tujuan pengelolaan reservoir, karena produksi sangat bergantung pada permeabilitas. Penentuan nilai permeabilitas dapat dilakukan dengan menggunakan metode Schlumberger, Timur, Morris Biggs Oil, dan Morris Biggs Gas dan pore geometry structure (PGS).

Pada penentuan nilai permeabilitas dengan metode log, menggunakan beberapa data log berupa: log gamma ray, resistivitas, dan neutron porosity hydrogen index (NPHI) dan densitas batuan (RHOB). Berdasarkan data log tersebut, dapat dilakukan analisis petrofisika berupa penentuan porositas, saturasi air, permeabilitas, dan kandungan serpih. Jumlah kandungan serpih di Indonesia sangat banyak, sehingga diharapkan dalam beberapa tahun kedepan akan tersedia banyak sumber minyak dan gas. Membutuhkan waktu yang lama untuk menunggu proses perubahan material serpih menjadi minyak dan gas (Dewanto, dkk., 2017).

Penelitian sebelumnya dengan mengangkat tema tentang determinasi pengelompokan batuan dan prediksi permeabilitas yang telah dilakukan oleh Permadi dan Wibowo (2013), bahwa aspek geologi dan teknik reservoir sangat dipertimbangkan pada penelitian ini. Dimana, diketahui bahwa geometri dan struktur pori dapat diaplikasikan dalam pengelompokan batuan (rock typing) serta menjadi dasar dalam perhitungan prediksi permeabilitas. Hasil penelitian dengan metode ini menunjukkan bahwa terdapat kaitan erat antara kemiripan arsitektur pori dengan geologi (lithofacies dan diagenesa) yang serupa. Menurut Yogi (2018), metode yang digunakan dalam penentuan tipe batuan akan sangat mempengaruhi hasil perhitungan permeabilitas.

Permeabilitas merupakan hasil dari proses geologi sehingga setiap tipe batuan dalam suatu reservoir memiliki karakter permeabilitas-porositas yang unik. Oleh karena itu, penentuan tipe batuan harus dilakukan menggunakan metode yang tepat, agar nilai hasil prediksi permeabilitas akan mendekati nilai permeabilitas nyatanya. Metode yang dapat digunakan untuk memprediksi nilai permeabilitas adalah pendekatan Pore Geometry Structure (PGS). Metode Pore Geometry Structure (PGS) sangat bagus digunakan untuk pengelompokan tipe batuan. Karena pada metode ini melakukan sebaran geometri dan struktur pori, dimana geometri dan struktur pori (arsitektur pori) sangat berpengaruh dalam porositas dan akan berkaitan dengan hasil prediksi permeabilitas.

Selain itu, pada metode ini, persamaan diperoleh dari korelasi hubungan porositas, permeabilitas, dan irreducible water saturation. Adapun tujuan penelitian ini adalah Menentukan dan menganalisis nilai permeabilitas menggunakan metode Pore Geometry Structure (PGS) berdasarkan data CT-Scan dan dibandingkan dengan metode lain. 2. TINJAUAN PUSTAKA Cekungan Jawa Barat Utara terdiri dari dua area yaitu darat (onshore) dan laut (offshore) di Utara dan di Selatan pulau Jawa. Semua daerah didominasi oleh

patahan ekstensional (extensional faulting) dengan struktur kompresional yang sangat sedikit.

Cekungan didominasi oleh rift yang berkaitan dengan patahan (fault) yang membentuk beberapa struktur deposenter (half graben), deposenter utamanya yaitu Sub-Cekungan Arjuna dan Sub-Cekungan Jatibarang. Deposenter lainnya yaitu Sub-Cekungan Ciputat dan Sub-Cekungan Pasirputih. Deposenter-deposenter tersebut didominasi oleh sekuen tersier dengan ketebalan melebihi 5500 m. Struktur yang penting pada cekungan tersebut yaitu terdiri dari bermacam-macam area tinggian yang berhubungan dengan antiklin yang terpatahkan dan blok tinggian (horst block), lipatan pada bagian yang turun pada patahan utama, keystone folding dan mengenai pada tinggian batuan dasar. Struktur kompresional hanya terjadi pada awal pembentukan rift pertama yang berarah relatif barat laut-tenggara pada periode Paleogen (Darman dan Sidi, 2000).

Batuan dasar pada cekungan ini adalah batuan beku andesitik dan basaltik yang berumur Kapur Tengah sampai Kapur Atas dan batuan metamorf yang berumur Pra Tersier (Sinclair, et.al, 1995). Well Logging merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengukur parameter-parameter fisika dalam borhole yang beragam terhadap kedalaman sumur. Analisis petrofisika dapat diaplikasikan untuk mengetahui dan mengevaluasi formasi berupa porositas, saturasi air, dan permeabilitas yang akan digunakan untuk menentukan tahap eksplorasi dan produksi selanjutnya (Irawan dan Utama, 2009). Permeabilitas ditandai dengan  $k$  dinyatakan dalam mD (milidarcies), merupakan kemampuan mengalir dari cairan formasi. Permeabilitas sangat bergantung pada ukuran butir dari batuan (Harsono, 1994).

Pada data Log, besarnya permeabilitas suatu batuan tergantung pada porositas dan saturasi air dan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 berikut ini: (1) Dimana  $k$  merupakan permeabilitas (milidarcies);  $\phi$  merupakan porositas efektif (fraksi);  $S_w$  merupakan saturasi air (fraksi);  $a$  merupakan konstanta (Schlumberger = 10000, Morris Biggs Gas= 6241, Morris Biggs Oil = 62500, Timur = 8581);  $b$  merupakan konstanta (Schlumberger = 4.5, Morris Biggs Gas= 6, Morris Biggs Oil = 6, Timur = 4.4);  $c$  merupakan konstanta (Schlumberger = 2, Morris Biggs Gas = 2, Morris Biggs Oil = 2, Timur = 2). Pada metode pore geometry structure (PGS), terdapat 2 tahapan yaitu: identifikasi flow unit dan prediksi permeabilitas. Menurut Yogi (2018), Integrasi data dari routine core, special core, dan deskripsi geologi dapat digunakan untuk pengelompokkan tipe batuan (rock typing).

Pengelompokkan tipe batuan berdasarkan lithofacies dan porositas sekunder dilakukan berdasarkan korelasi hubungan antara lithofacies, geometri pori dan struktur pori (arsitektur pori). Geometri pori atau dikenal sebagai radius hidrolis rata-rata dilambangkan dengan  $r_h$ , sedangkan struktur pori yang menjelaskan semua fitur struktur internal dari pori-pori dilambangkan dengan  $\lambda$ . Hubungan antara geometri pori dan struktur pori ditampilkan pada Persamaan 2 berikut ini: (2) atau, (3) Plotting data sebagai variabel dependen terhadap sebagai variabel independen pada grafik log-log akan menghasilkan garis lurus dengan kemiringan positif 0.5 dan  $V_p/V_b = 1$ . Dengan memperlakukan media berpori sebagai tabung kapiler halus yang berliku-liku dan memiliki tebal dinding yang sangat kecil, dapat diturunkan sebagai persamaan Kozeny.

Selain itu, istilah dalam persamaan di atas menyiratkan bahwa medium diperlakukan sebagai tabung kapiler halus tunggal yang memiliki  $\lambda = 1$ . Kondisi ini akan menyebabkan fluida mengalir dengan efisiensi aliran 1, artinya tidak terjadi penundaan aliran fluida pada titik manapun di dalam medium. Oleh karena itu, Persamaan

2 dapat mewakili model ideal dari media berpori memiliki geometri dan struktur pori yang sangat sederhana. Ketika berhadapan dengan batuan berpori nyata, kehadiran pori mikro, meso, dan makro, kontraksi pori, perbedaan pori, dan kekasaran dinding pori akan membuat aliran fluida jauh dari situasi yang ideal (Gardner, 1958).

Kecepatan fluida yang mengalir dapat beragam secara signifikan dari satu lokasi pori ke stagnasi aliran lain dan bahkan terjadi di dead end apabila memungkinkan pada kondisi nyata dan kompleks. Dengan kata lain, volume fluida yang mengalir per satuan waktu dari satu posisi ke posisi lainnya akan berbeda. Oleh karena itu, diharapkan efisiensi aliran akan lebih kecil dari 1. Berikut ini merupakan persamaan tipe batuan untuk batuan berpori nyata ditunjukkan pada Persamaan 4: (4) dimana konstanta  $a$  merupakan efisiensi aliran dan eksponen  $b$  merupakan dapat mewakili kompleksitas pori (Permadi dan Wibowo, 2013). Selain porositas, irreducible water saturation ( $S_{wirr}$ ) juga akan mempengaruhi hasil perhitungan permeabilitas. Dimana permeabilitas akan berbanding terbalik dengan irreducible water saturation ( $S_{wirr}$ ) dan berbanding lurus dengan porositas.

Berdasarkan hubungan ketiga parameter tersebut, dapat dilakukan penentuan permeabilitas dengan mendapatkan persamaan antara permeabilitas dan saturasi air kemudian disubstitusikan pada setiap persamaan tipe batuan. Berikut ini merupakan bentuk umum persamaan antara permeabilitas, porositas, dan irreducible water saturation (Yogi, 2018): (5) Substitusikan Persamaan 5 ke menghasilkan: (6) Substitusikan Persamaan 4 ke Persamaan 6 akan menjadi: (7) (8) Persamaan akhir hubungan antara porositas, permeabilitas, dan irreducible water saturation yang akan digunakan dalam perhitungan permeabilitas sebagai permeabilitas PGS ditunjukkan pada Persamaan 9 berikut ini: (9) dengan, (10) (11) (12) 3. METODE PENELITIAN Adapun tahap pengolahan data pada penelitian ini secara garis besar adalah sebagai berikut: 1) perhitungan nilai permeabilitas dari data log; 2) penentuan tipe batuan berdasarkan deskripsi geologi; 3) penentuan final persamaan permeabilitas dengan pendekatan Pore Geometry Structure (PGS); 4) melakukan sebaran PGS dari data Porositas CT; dan 5) menganalisis hasil perhitungan permeabilitas dari data log, core, dan metode PGS.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah: sampel batuan inti sumur AY-7 sebanyak 2 core memiliki 54 total plugs. Core 1 memiliki 25 plugs pada kedalaman 1776.00 m  $\blacklozenge$  1785.80 m dan Core 2 memiliki 29 plugs pada kedalaman 1929.18 m  $\blacklozenge$  1939.08 m; Data routine core yang digunakan adalah Porositas ( $\blacklozenge$  dalam %), dan permeabilitas ( $k$  dalam mD). Sedangkan data SCAL (Special Core Analysis) yang digunakan adalah  $S_{wirr}$  (irreducible water saturation); Data CT Scan yang diperoleh dari plotting CT Number sebanyak 15 titik, memiliki total titik plot sebanyak 286 titik; Data log dalam format .LAS yang terdiri dari log gamma ray, caliper, spontaneous potential, resistivitas (LLD, LLS dan MSFL), neutron porosity hydrogen index (NPHI), dan densitas batuan (RHOB). 4.

HASIL DAN PEMBAHASAN Dalam menentukan dan memprediksi nilai permeabilitas pada sumur AY-7, perlu dilakukan beberapa proses pengolahan dan perhitungan data. 4.1 Pengolahan Data Log dan Analisis Petrofisika Interpretasi sumur dilakukan pada sumur AY-7 dengan kedalaman 1776.00 - 1785.50 m memiliki ketebalan sebesar 9,5 m (Zona 1) dan 1929.18  $\blacklozenge$  1939.18 m memiliki ketebalan sebesar 10 m (Zona 2). A. Volume Shale Parameter volume shale ( $V_{sh}$ ) yang digunakan untuk perhitungan pada Sumur AY-7 adalah dengan log gamma ray, dimana nilai sand base line terletak pada nilai GRmin dan nilai shale base line

terletak pada GRmaks berturut-turut adalah 149.940 gAPI dan 11.189 gAPI. Berdasarkan perhitungan volume shale (Vsh) yang telah dilakukan, diperoleh hasil perhitungan Vsh pada Zona 1 adalah 5.43  $\diamond$  63.55 % sedangkan pada Zona 2 adalah 1.60  $\diamond$  14.51 %. B.

Porositas Porositas dihitung dengan melibatkan parameter Vsh yang telah dihitung sebelumnya dan log NPHI. Hasil Perhitungan porositas total (PHIT) dan efektif (PHIE) pada Zona 1 dan 2 sumur AY-7: untuk Zona 1, PHIT dan PHIE berturut-turut adalah 11.318% dan 4.995%. Sedangkan untuk Zona 2, PHIT dan PHIE berturut-turut adalah 5.08% dan 3.88%. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa nilai PHIT lebih besar dibandingkan dengan nilai PHIE, hal ini mengindikasikan bahwa porositas pada reservoir tidak saling berhubungan. C. Resistivitas Air Resistivitas air merupakan nilai ketahanan jenis air terhadap arus listrik.

Penentuan nilai resistivitas air dapat menggunakan metode pickett plot dengan melakukan kurva silang antara PHIE (porositas efektif) dengan Rt (resistivitas formasi; pembacaan dari kurva Log LLD), kemudian menarik garis pada kumpulan titik-titik terbanyak sehingga diperoleh nilai Rw nya. Gambar 1 berikut ini merupakan hasil crossplot LLD/PHIE sumur AY-7. Diperoleh nilai Rw hasil dari crossplot LLD/PHIE sebesar 0.373 ohm.m, dengan nilai a, m, dan n berturut-turut adalah 1, 1.24, dan 1.9. D. Saturasi Air Berdasarkan tinjauan geologi regional daerah penelitian, litologi penyusun pada formasi target penelitian adalah perselingan antara batugamping dan serpih serta perselingan batupasir dan serpih. Hal ini menunjukkan bahwa pada formasi target penelitian tidak dapat dikatakan sebagai zona bersih, karena adanya perselingan serpih.

Serta hasil perhitungan volume pengotor (volume shale) yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan hasil yang cukup besar yaitu 1  $\diamond$  28 %. Oleh karena itu, perhitungan saturasi air dilakukan menggunakan Persamaan Simandoux. Dimana parameter-parameter yang digunakan adalah porositas efektif ( $\diamond$ eff), resistivitas air formasi (Rw), resistivitas formasi (Rt) pembacaan dari kurva log LLD, resistivitas shale (Rsh), dan volume shale (Vsh). Nilai saturasi air yang besar tidak bagus dalam suatu reservoir, karena jika saturasi air bernilai besar akan menunjukkan bahwa zona tersebut memiliki kandungan air yang banyak. Hal ini akan mempengaruhi keekonomisan suatu reservoir tersebut. Pada penelitian ini, diperoleh nilai saturasi air Zona 1 lebih kecil dibandingkan Zona 2 yang dominan bernilai 100%. E.

Permeabilitas Permeabilitas yang dihitung tidak hanya menggunakan metode PGS, tetapi menggunakan 4 permeabilitas lainnya (permeabilitas log) yaitu Schlumberger, Timur, Morris Biggs Oil, dan Morris Biggs Gas. Dari keempat permeabilitas tersebut dan divalidasi dengan data core, diperoleh hasil yang akurat untuk Zona 1 adalah permeabilitas Morris Biggs Gas dan Zona 2 adalah permeabilitas Timur. Menurut Koesoemadinata (1980), kualitas permeabilitas dalam suatu reservoir terbagi menjadi 4 kategori yaitu: kurang dari 5 mD dikatakan ketat (tight); 5  $\diamond$  10 mD dikatakan cukup (fair); 10  $\diamond$  100 mD dikatakan baik (good), 100  $\diamond$  1000 mD dikatakan sangat baik (very good). Berdasarkan kategori tersebut, hasil perhitungan permeabilitas pada Zona 1 dan 2 Sumur AY-7 dapat dikategorikan ke dalam permeabilitas tight (ketat) dimana nilainya kurang dari 5 mD.

Tampilan hasil akhir perhitungan permeabilitas log dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. 4.2 Determinasi nilai Porositas dari CT Scan Menurut Listiyowati (2018), nilai CT merepresentasikan kesamaan dengan tingkat keabuan. Citra hasil rekonstruksi dengan kode warna dimana warna yang lebih gelap dapat diindikasikan sebagai area dengan densitas yang rendah, dan mengindikasikan pori-pori yang terisi oleh udara. Tingkat

keabuan dapat menunjukkan nilai CT, untuk tingkat keabuan yang gelap diidentifikasi sebagai pori dan mempunyai nilai CT yang rendah. Citra gambar berwarna hitam menunjukkan pori (udara), warna abu-abu menunjukkan kepadatan matriks padat yang rendah, dan warna putih terang menunjukkan kepadatan matriks padat yang lebih tinggi (Demir and Demiral, 2001).

Porositas CT diperoleh dari plotting nilai CTnumber menggunakan software VoxcelCalc. Plus v8.23a sebanyak 15 titik tiap satu data hasil scanning (sepanjang 1 m). Tujuan dari plotting ini adalah untuk mendapatkan nilai porositas hasil dari CT, kemudian dikorelasikan dengan nilai porositas core lalu analisis keakuratan nilainya. Data porositas CT ini akan digunakan untuk menentukan sebaran PGS pada tiap titik plotting dalam prediksi permeabilitas dengan pendekatan Pore Geometry Structure (PGS). Hasil perhitungan porositas CT tidak berbeda jauh atau mendekati nilai porositas core, dapat dikatakan selisihnya masih dalam batas wajar. Namun, masih ada beberapa titik yang sedikit jauh dari nilai porositas core.

Selisih ini disebabkan karena pada saat plotting zona tiap titik tidak sama ukurannya, sehingga jika melingkari zona terlalu besar porositas akan terhitung besar juga. Selain itu, pada saat melingkari zona mengenai tutup tube bagian top depth. Tutup depth ini berbahan logam, apabila pada saat plot zona mengenai maka nilai CTnumber-nya besar sehingga porositas yang terhitung juga akan besar. 4.3 Prediksi Permeabilitas dengan Pendekatan Metode Pore Geometry Structure (PGS) Dalam penentuan permeabilitas, korelasi empiris yang diperoleh sama dengan persamaan yang diturunkan secara teoritis untuk model tabung kapiler kecuali kekuatan diameter hidrolik pori yang bernilai kurang dari 2.

Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa model kapiler dapat digunakan sebagai pendekatan untuk mengkarakterisasi geometri pori dan struktur pori karena diameter hidraulik efektif (geometri pori) yang diturunkan dapat mencerminkan struktur sistem pori-pori. Model ini juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi tipe batuan (Permadi dan Susilo, 2009). Dalam penelitian ini, pengelompokan batuan dilakukan dengan menggunakan metode PGS dan didasarkan atas penggunaan PGS rock type curve. Rock type curve diperoleh dari korelasi antara deskripsi geologi, geometri pori dan struktur pori dalam grafik log-log. Hal ini akan menunjukkan karakter batuan disetiap rock type, dimana semakin besar nilai geometri dan struktur pori maka kualitas suatu batuan tersebut akan semakin baik. Gambar 4 merupakan kurva hasil plot antara geometri dan struktur pori.

Gambar tersebut menunjukkan hasil klasifikasi berdasarkan tekstur batuan atau ukuran butir. Dapat dilihat pada gambar tersebut, klasifikasi ukuran butir menunjukkan persebaran yang kompleks. Terdapat 2 pembagian utama pengelompokan batuan, yaitu: kelompok pertama yang berada didalam lingkaran berwarna hijau, menunjukkan batuan tersebut memiliki kesamaan karakteristik yaitu batugamping berserpih (Limestone Shally). Kelompok 2 yang berada didalam lingkaran berwarna biru, menunjukkan kesamaan karakteristik yaitu batugamping berserpih dengan stilolit (Limestone Shally with Stylolite). Terlihat pada setiap lingkaran terdapat beberapa titik yang berada diluar daerahnya atau bukan daerahnya (menyimpang dari kelompoknya), untuk data yang berada dilingkaran hijau disebabkan karena titik tersebut tidak terdapat stylolite.

Sedangkan data yang berada dilingkaran biru disebabkan karena pada titik tersebut terdapat stylolite dan berfracture. Selanjutnya, penentuan final tipe batuan dalam kurva PGS. Dari 2 kelompok tipe batuan tersebut,

dikelompokkan lagi dengan karakteristik deskripsi geologinya seperti nama batuan, ukuran butir, dan jenis mineral. Hasil penentuan rock type pada kurva PGS ditampilkan pada Gambar 5. Berdasarkan hasil plot dari geometri dan struktur pori pada Gambar 5, diperoleh final tipe batuan pada kurva PGS dengan 4 kelompok. Tipe Batuan (RT) 1, didominasi oleh Batuan Gamping Serpilh dengan stylolite, berwarna dari abu-abu gelap-terang dan ukuran butir dari sangat halus sampai halus.

Tipe Batuan (RT) 2, didominasi oleh Batuan Gamping Serpilh dengan stylolite, berwarna abu-abu gelap-terang, ukuran butir halus-sangat halus, dan mengandung karbonatan. Tipe Batuan (RT) 3, didominasi oleh Batuan Gamping Serpilh dengan stylolite, berwarna abu-abu gelap-terang, ukuran butir halus-sangat halus, dan mengandung mineral kuarsa. Tipe Batuan (RT) 4, didominasi oleh Batuan Gamping Serpilh, berwarna abu-abu gelap-terang, dan ukuran butir halus-sangat halus. Tipe batuan 1 memiliki nilai eksponen yang tertinggi yaitu 0.4917 dan menurun sampai nilai terendah yaitu 0.2256 untuk Tipe batuan 4. Nilai eksponen ini merepresentasikan faktor bentuk dan distribusi ukuran pori, sedangkan konstanta tidak merepresentasikan apapun. Tabel 1 merupakan hasil klasifikasi rock type PGS dan deskripsi geologinya.

Untuk menentukan persamaan antara permeabilitas, porositas, dan irreducible water saturation perlu dilakukan substitusi persamaan antara permeabilitas dan irreducible water saturation (Swirr) pada setiap persamaan tipe batuan. Dengan melakukan Plot nilai Swirr terhadap k pada kurva semilog, akan diperoleh nilai M dan n (konstanta dan eksponen). Berdasarkan regresi semilog pada kurva tersebut diperoleh nilai M (konstanta) sebesar 0.594 dan n (eksponen) sebesar 0.145. Sebelumnya, dari hasil plot ukuran butiran pada kurva PGS menghasilkan konstanta dan eksponen (a dan b) untuk tiap tipe batuan. Nilai M, n, a, dan b ini akan digunakan untuk menghitung nilai A, B, dan c menggunakan Persamaan 10, 11, dan 12. Nilai A, B, dan c ini akan digunakan sebagai konstanta dan eksponen pada persamaan permeabilitas PGS. Tabel 2 merupakan hasil perhitungan nilai A, B, dan c untuk setiap tipe batuan.

Selanjutnya, untuk mendapatkan persamaan final prediksi permeabilitas dapat menggunakan Persamaan 9. Persamaan permeabilitas yang merupakan fungsi dari porositas dan saturasi air ditunjukkan pada Tabel 3. Untuk mendapatkan persamaan prediksi permeabilitas yang dapat diaplikasikan pada sumuran, maka dapat dilakukan sebaran PGS menggunakan software Interactive Petrophysic berdasarkan data Porositas CT yang telah ditentukan sebelumnya. Menggunakan prinsip fuzzy logic, dengan data inputan berupa data porositas CT dan 4 kelompok Rock Type, yaitu PGS-1 (RT-1) sampai PGS-4 (RT-4). Dalam prinsip fuzzy logic, ada bagian yang perlu diperhatikan yaitu number of bin. Pada penelitian ini, penulis mencoba number of bin 5, 10, dan 15. Hasil yang mendekati sebenarnya adalah pada bin 5. Hasil sebaran PGS ini kemudian disimpan dalam format ASCII, untuk digunakan dalam perhitungan permeabilitas PGS tiap data depth CT.

Hasil sebaran PGS untuk Zona 1 dan 2 sumur AY-7 ditampilkan pada Gambar 5. Sebaran PGS yang telah dilakukan, disesuaikan dengan persamaan permeabilitas PGS tiap rock type. Perhitungan permeabilitas PGS dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan final prediksi permeabilitas PGS. Hasil perhitungan permeabilitas PGS data Zona 1 dan 2 sumur AY-7 ditampilkan pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4, hasil perhitungan permeabilitas PGS tidak berbeda jauh atau mendekati nilai permeabilitas core. Selisihnya masih dalam batas wajar. Namun, masih ada beberapa titik yang sedikit jauh dari nilai permeabilitas core. Setelah diperoleh hasil perhitungan permeabilitas Core, Log, dan PGS, selanjutnya adalah membandingkan hasil perhitungan tersebut. Parameter yang digunakan adalah porositas dan saturasi air.

Untuk perbandingan porositas hasil perhitungan CT dengan data batuan inti (core) ditampilkan pada Gambar 6a, dapat dilihat bahwa pada gambar tersebut memiliki korelasi yang cukup baik. Dengan melakukan regresi plot data porositas CT dan Core, kemudian diperoleh persamaan dengan nilai R2 sebesar 0.903. Sedangkan untuk korelasi antara porositas log dengan porositas batuan inti (core) ditampilkan pada Gambar 6b. Terlihat bahwa pada kurva tersebut masih banyak data log yang menjauhi nilai batuan inti, dimana nilai porositas batuan inti sebagai acuan dalam validasi keakuratan hasil perhitungan. Dengan melakukan regresi plot data porositas Log dan Core, diperoleh persamaan dengan nilai R2 sebesar 0.627. Selanjutnya untuk korelasi antara porositas log dengan porositas CT ditampilkan pada Gambar 6c.

Terlihat bahwa pada kurva tersebut masih banyak data porositas log dan porositas CT yang berjauhan. Dengan melakukan regresi plot data porositas Log dan Core, diperoleh persamaan dengan nilai R2 yang lebih kecil dibandingkan dengan 2 kurva sebelumnya yaitu 0.682. Berdasarkan 3 kurva perbandingan porositas tersebut (Gambar 6), nilai porositas yang mendekati hasil perhitungan dari laboratorium (data core) adalah porositas CT yang menunjukkan korelasi yang baik dan memiliki nilai R2 yang lebih besar dibandingkan persamaan kurva dari porositas core terhadap log dan porositas log terhadap CT. Perbedaan nilai yang jauh ini dapat disebabkan karena pada perhitungan hasil log, nilai yang diambil adalah secara rata-rata hasil perhitungan software.

Sedangkan pada batuan inti (core), data diperoleh dari perhitungan setiap sampel batuan. Pada hasil perhitungan CT lebih khusus diperoleh berdasarkan plotting pada zona disetiap 15 titik pada core dengan panjang 1 m. Nilai porositas ini akan mempengaruhi hasil perhitungan permeabilitas, dimana porositas berbanding lurus terhadap permeabilitas. Perbandingan permeabilitas prediksi PGS terhadap permeabilitas core ditampilkan pada Gambar 7a. Dapat dilihat pada gambar tersebut, perbandingan antara permeabilitas prediksi dengan permeabilitas core memiliki korelasi yang baik. Semakin dekat data terhadap gradien bernilai satu, maka semakin dekat nilai permeabilitas prediksi terhadap permeabilitas batuan inti. Namun, ada beberapa titik yang menjauhi garis gradien bernilai satu atau menyimpang.

Diperoleh nilai R2 pada kurva plot regresi log-log data permeabilitas core dengan permeabilitas PGS adalah sebesar 0.906. Gambar 7b merupakan kurva perbandingan permeabilitas log terhadap permeabilitas PGS. Dapat dilihat, perbandingan antara permeabilitas log terhadap permeabilitas PGS memiliki korelasi yang cukup baik. Namun, masih banyak data yang menjauhi garis gradien bernilai satu atau menyimpang. Nilai R2 yang diperoleh adalah sebesar 0.641. Selanjutnya, Gambar 7c merupakan kurva perbandingan permeabilitas log terhadap permeabilitas batuan inti (core). Dapat dilihat pada gambar dibawah ini, perbandingan antara permeabilitas log terhadap permeabilitas core memiliki korelasi yang tidak cukup baik. Dimana masih banyak data yang tersebar menjauhi garis gradien bernilai satu.

Nilai R2 yang diperoleh kecil yaitu sebesar 0.845. Berdasarkan 3 kurva perbandingan permeabilitas tersebut (Gambar 7), nilai permeabilitas yang mendekati hasil perhitungan batuan inti adalah permeabilitas PGS ditunjukkan dengan hasil korelasi yang baik yaitu nilai R2 yang cukup besar dibandingkan dengan persamaan kurva dari permeabilitas core terhadap log dan permeabilitas log terhadap PGS. Gambar 8 dan 9 menunjukkan tampilan akhir hasil perhitungan permeabilitas log dan PGS. 4 KESIMPULAN DAN SARAN Adapun kesimpulan pada penelitian ini, adalah : 1. Nilai permeabilitas Core Sumur AY-7 pada penelitian ini

rata-rata yaitu bernilai 0.864 mD, dengan nilai minimum sebesar 0.024 mD dan nilai maksimum sebesar 24.161 mD. Nilai permeabilitas PGS Sumur AY-7 rata-rata yaitu sebesar 0.897 mD, dengan nilai minimum sebesar 0.015 mD dan nilai maksimum sebesar 24.148 mD. Nilai permeabilitas log Sumur AY-7 pada penelitian ini rata-rata yaitu bernilai 0.594 mD, dengan nilai minimum sebesar 0.002 mD dan nilai maksimum sebesar 5.569 mD.

Hasil perhitungan permeabilitas menunjukkan bahwa permeabilitas tergolong tight (ketat). 2. Berdasarkan hasil perhitungan permeabilitas log dan PGS, nilai permeabilitas yang mendekati hasil perhitungan dari laboratorium adalah permeabilitas PGS. Adapun saran dari penelitian ini adalah: Data yang digunakan sebaiknya lebih banyak dan tidak kurang dari 300 data; Diperlukan data SCAL berupa tekanan kapiler yang dapat mewakili semua rock type yang ditentukan untuk validasi rock type yang lebih akurat; Untuk mendapatkan pemodelan reservoir, dibutuhkan data seismik.