

## Analisis Porositas dan Permeabilitas Batupasir Sebagai Potensi Reservoir Airtanah Daerah Tudi dan Sekitarnya

Irmawati<sup>1</sup>, Aang Panji Permana<sup>1</sup>, Ahmad Zainuri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Negeri Gorontalo

\*e-mail: Irmawatiakbar403@gmail.com

### Abstract

*Sandstone is a mixture or collection of rock fragments and mineral grains resulting from the natural erosion of various rock types. Changes and the presence of mineral grains in sandstone are strongly controlled by sedimentation processes during deposition, such as weathering in the source area, increasing distance and transport from the source area to the sedimentation environment, and diagenesis. This study aims to analyze the potential of sandstone in the Tudi area and its surroundings as a groundwater reservoir based on porosity and permeability analysis. This study used field geological mapping, porosity analysis, and permeability analysis. The sandstone units in the study area have varying porosities and permeabilities. Sample 15 BP has poor porosity, while sample 2 BP has good porosity. However, both samples have high permeability, indicating rapid water flow through them. The potential of sandstone in the study area as a reservoir rock in both samples is very good, as rapid fluid flow can accelerate the extraction or utilization process.*

**Keywords:** Porosity, Permeability, Sandstone, Reservoir, Tudi

### Abstrak

*Batupasir merupakan campuran atau kumpulan fragmen batuan dan butiran mineral dari hasil erosi berbagai jenis batuan secara alami. Perubahan dan kehadiran butiran mineral pada batupasir sangat dikontrol oleh adanya proses sedimentasi selama pengendapannya, contohnya proses pelapukan di area sumber, penambahan jarak dan transportasi dari area sumber ke lingkungan sedimentasi, dan proses diagenesis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi batupasir di daerah Tudi dan sekitarnya sebagai reservoir air tanah berdasarkan analisis porositas dan permeabilitas. Penelitian ini menggunakan metode pemetaan geologi lapangan, analisis porositas dan analisis permeabilitas. Satuan batupasir daerah penelitian memiliki porositas dan permeabilitas yang bervariasi. Pada sampel 15 BP, porositas termasuk dalam kategori buruk, sedangkan pada sampel 2 BP porositasnya tergolong baik. Namun kedua sampel ini memiliki permeabilitas tinggi, yang menunjukkan bahwa air cepat mengalir melaluinya. Potensi batupasir di daerah penelitian sebagai batuan reservoir pada kedua sampel memiliki potensi yang sangat baik sebagai reservoir, karena aliran fluida yang cepat dapat mempercepat proses ekstraksi atau pemanfaatannya.*

**Kata kunci:** Porositas, Permeabilitas, Batupasir, Reservoir, Tudi

## 1. PENDAHULUAN

Air tanah merupakan kumpulan air yang tersimpan di bawah permukaan yang berada pada rongga-rongga lapisan tanah atau batuan yang bersifat permeabel (Soekamto, 1995). Keterdapatannya air tanah di bawah permukaan biasanya terdapat di dalam batuan yang disebut batuan reservoir. Batuan reservoir adalah wadah yang berada di bawah permukaan bumi yang mengandung cairan (air, minyak dan gas bumi). Sedangkan reservoir berupa bagian kerak bumi yang dapat mengandung air, minyak dan gas bumi (Koesoemadinata, 1980). Reservoir yang baik adalah reservoir yang memiliki porositas baik yang mampu menyimpan fluida dan mempunyai permeabilitas baik untuk meloloskan fluida.

Batupasir merupakan campuran atau kumpulan fragmen batuan dan butiran mineral dari hasil erosi berbagai jenis batuan secara alami. Perubahan dan kehadiran butiran mineral pada batupasir sangat dikontrol oleh adanya proses sedimentasi selama pengendapannya, contohnya proses pelapukan di area sumber, penambahan jarak dan transportasi dari area sumber ke lingkungan sedimentasi, dan proses diagenesis (Pettijohn, 1975).

Batuan reservoir adalah wadah yang ada di bawah permukaan bumi yang mampu menahan atau menampung cairan (Afif & Firsandi, 2018). Batuan yang sering menjadi batuan reservoir adalah batupasir. Batupasir adalah batuan sedimen klastik yang memiliki porositas dan permeabilitas yang baik

dan dapat berpotensi menjadi reservoir air tanah. Porositas merupakan rongga atau volume yang terbentuk dan dapat menampung fluida dan gas dalam batuan. Sehingga jumlah kandungan fluida dan gas bergantung terhadap porositas yang dimiliki batuan reservoir (Permana & Eraku, 2020). Porositas adalah variabel terpenting untuk menentukan besar kecilnya cadangan fluida pada suatu batuan. Permeabilitas juga merupakan variabel terpenting untuk menentukan besar kecilnya cadangan fluida yang dapat diproduksi (Irhama Nurwidyanto et al., 2006). Permeabilitas dan porositas saling berhubungan, tetapi nilai porositas yang tinggi bukan berarti nilai permeabilitasnya juga ikut tinggi. (Yuwanto & Rosadi 2022).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022, Kecamatan Monano merupakan daerah pesisir pantai dengan pertumbuhan penduduk yang cukup pesat sehingga membuat sumur bor atau sumur galian guna untuk mengambil air tanah sebagai kebutuhan sehari-hari. Untuk memperoleh informasi mengenai potensi batuan reservoir air tanah maka perlu dilakukan penelitian di daerah Tudi dan Sekitarnya.

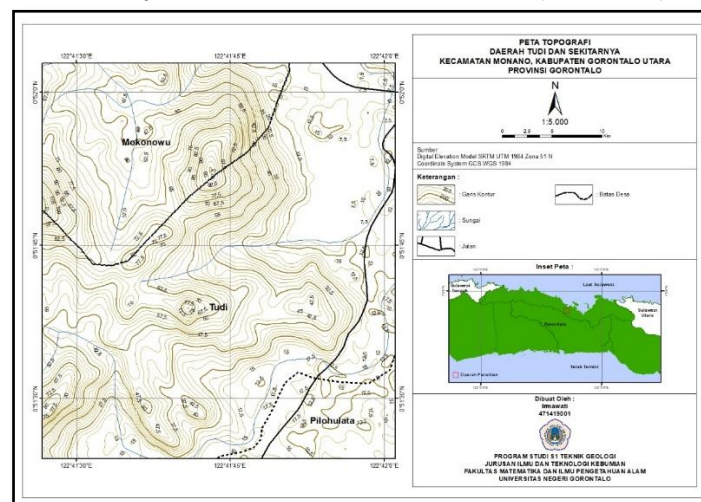
## 2. METODE

Metode penelitian yang dilakukan berupa observasi lapangan dan perbandingan teori-teori yang telah ada sampai memperoleh data berupa data geologi serta tipe porositas dan permeabilitas. Metode observasi lapangan berupa pengambilan dan pengumpulan data kondisi geologi daerah penelitian dengan menggunakan alat-alat geologi. Data yang dikumpulkan dari lapangan kemudian diolah dan dianalisis dilaboratorium berupa melakukan analisis geomorfologi, analisis stratigrafi, analisis petrografi, analisis porositas dan permeabilitas.

Analisis porositas batupasir dilakukan dengan metode berat jenis dan analisis permeabilitas dilakukan dengan metode constant head di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tadulako, yang kemudian memperoleh hasil potensi batupasir sebagai reservoir airtanah.

### Lokasi Penelitian

Secara administratif, lokasi penelitian berada di Desa Tudi dan Sekitarnya Kecamatan Monano, Kabupaten Gorontalo Utara. Posisi Geografis terletak pada koordinat  $0^{\circ}51'25''$  -  $0^{\circ}52'03''$  Lintang Utara dan  $122^{\circ}41'27''$  -  $122^{\circ}42'01''$  Bujur Timur. Luas daerah  $1,27 \text{ km}^2$  (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisis Porositas Batupasir

Analisis porositas batupasir pada daerah penelitian dilakukan untuk mengetahui kemampuan batuan dalam menyimpan fluida, khususnya air tanah. Porositas merupakan parameter utama dalam evaluasi batuan reservoir karena secara langsung merepresentasikan volume ruang pori yang tersedia di dalam batuan. Pengujian porositas dilakukan terhadap dua sampel, yaitu sampel 15 BP dan 2 BP.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel 15 BP memiliki nilai porositas rata-rata sebesar 8,99%, sedangkan sampel 2 BP memiliki nilai porositas rata-rata sebesar 16,66%. Berdasarkan

klasifikasi porositas batuan menurut Koesoemadinata (1980), nilai porositas sampel 15 BP termasuk dalam kategori buruk (poor), sementara sampel 2 BP tergolong dalam kategori baik (good).

**Tabel 1. Klasifikasi Porositas (Koesoemadinata, 1980)**

Nilai Persentase %	Istilah
0-5 %	Dapat Diabaikan
5-10 %	Buruk
10-15 %	Cukup
15-20 %	Baik
20-25 %	Sangat Baik
>25 %	Istimewa

Perbedaan nilai porositas antara kedua sampel tersebut dipengaruhi oleh karakteristik tekstur dan komposisi penyusun batupasir. Sampel 15 BP memiliki kemas relatif tertutup dengan dominasi fragmen litik yang cukup tinggi, sehingga ruang antarbutir menjadi terbatas. Selain itu, ukuran butir yang lebih halus serta kehadiran matriks menyebabkan sebagian pori antarbutir tertutup, yang berakibat pada rendahnya nilai porositas. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun batupasir tersebut masih memiliki ruang pori, kapasitasnya dalam menyimpan fluida relatif terbatas.

Sebaliknya, sampel 2 BP menunjukkan nilai porositas yang lebih tinggi akibat karakteristik kemas butir yang lebih terbuka serta ukuran butir yang relatif lebih kasar. Sortasi yang cukup baik pada sampel ini memungkinkan terbentuknya ruang antarbutir yang lebih berkembang. Selain itu, kandungan matriks yang lebih rendah dibandingkan sampel 15 BP turut berperan dalam meningkatkan volume pori efektif. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sampel 2 BP memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menyimpan fluida dibandingkan sampel 15 BP.

Dengan demikian, hasil analisis porositas menunjukkan bahwa variasi tekstur, ukuran butir, kemas, serta kandungan matriks dan fragmen litik sangat mempengaruhi besar kecilnya porositas batupasir. Sampel 2 BP memiliki kualitas porositas yang lebih baik sebagai batuan reservoir air tanah dibandingkan sampel 15 BP, namun secara keseluruhan satuan batupasir di daerah penelitian masih menunjukkan potensi sebagai batuan reservoir berdasarkan parameter porositas.

**Tabel 2. Perhitungan Nilai Porositas 15 BP Pemeriksaan Berat Volume**

No.	URAIAN	Satuan	Sampel	
			1	2
A	Tinggi contoh	cm	1,50	
B	Diameter contoh	cm	5,00	
C	Volume contoh	cm <sup>3</sup>	29,45	
D	Berat cetakan	gr	47,78	
E	Berat cetakan + contoh basah = D +	gr	91,33	92,36
F	Berat contoh basah = E - D	gr	43,55	44,58
	Berat volume basah = F : C	gr/cm <sup>3</sup>	1,48	1,51
	Berat volume kering	gr/cm <sup>3</sup>	1,36	1,39
	Berat volume basah rata-rata	gr/cm <sup>3</sup>	1,50	
	Berat volume kering rata-rata	gr/cm <sup>3</sup>	1,37	
Pemeriksaan Kadar Air				
No.	URAIAN	Satuan	Sampel	
			1	2
G	Cawan + contoh basah	gr	57,04	51,85

H	Cawan + contoh kering	gr	53,01	49,18
I	Berat cawan	gr	14,20	14,07
J	Berat air = G - H	gr	4,03	2,67
K	Berat contoh kering = H - I	gr	38,81	35,11
L	Kadar air = J : K	%	10,38	7,60
Kadar Air rata-rata (Porositas)		%	8,99	

**Tabel 3. perhitungan nilai porositas 2 BP  
Pemeriksaan Berat Volume**

No.	URAIAN	Satuan	Sampel	
			1	2
A	Tinggi contoh	cm	1,50	
B	Diameter contoh	cm	5,00	
C	Volume contoh	cm <sup>3</sup>	29,45	
D	Berat cetakan	gr	47,78	
E	Berat cetakan + contoh basah = D +	gr	94,11	94,13
F	Berat contoh basah = E - D	gr	46,33	46,35
Berat volume basah = F : C		gr/cm <sup>3</sup>	1,57	1,57
Berat volume kering		gr/cm <sup>3</sup>	1,35	1,35
Berat volume basah rata-rata		gr/cm <sup>3</sup>	1,57	
Berat volume kering rata-rata		gr/cm <sup>3</sup>	1,35	

Pemeriksaan Kadar Air

No	URAIAN	Satuan	Sampel	
			1	2
G	Cawan + contoh basah	gr	48,74	45,59
H	Cawan + contoh kering	gr	44,07	40,64
I	Berat cawan	gr	12,17	14,14
J	Berat air = G - H	gr	4,67	4,95
K	Berat contoh kering = H - I	gr	31,90	26,50
L	Kadar air = J : K	%	14,64	18,68
Kadar Air rata-rata (Porositas)		%	16,66	

### 3.2 Analisis Permeabilitas Batupasir

Analisis permeabilitas batupasir dilakukan untuk mengetahui kemampuan batuan dalam meloloskan fluida melalui sistem pori yang saling terhubung. Parameter permeabilitas sangat penting dalam evaluasi batuan reservoir karena meskipun suatu batuan memiliki porositas yang cukup, fluida tidak akan dapat mengalir dengan baik apabila permeabilitasnya rendah.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel 15 BP memiliki nilai permeabilitas sebesar 3,216124 cm/detik, sedangkan sampel 2 BP memiliki nilai permeabilitas yang lebih tinggi, yaitu 8,329881 cm/detik. Berdasarkan klasifikasi permeabilitas menurut Nurwidyanto dkk. (2006), kedua sampel tersebut termasuk ke dalam kategori permeabilitas tinggi (high permeability). Nilai ini mengindikasikan bahwa air dapat mengalir dengan relatif cepat melalui batupasir pada daerah penelitian.

**Tabel 4. Klasifikasi nilai permeabilitas (Nurwidyanto dkk., 2006)**

Nilai Permeabilitas (mD)	Istilah
0-5 %	Ketat
10-15 %	Cukup
15-20 %	Baik
20-25 %	Sangat Baik

Tingginya nilai permeabilitas pada sampel 15 BP menarik untuk diperhatikan, mengingat sampel ini memiliki nilai porositas yang tergolong buruk. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa permeabilitas tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya porositas, tetapi juga oleh tingkat keterhubungan antar pori. Pada sampel 15 BP, meskipun volume pori relatif kecil, pori-pori yang ada saling terhubung dengan baik sehingga masih memungkinkan aliran fluida berlangsung secara efektif. Faktor lain yang mempengaruhi kondisi ini antara lain keberadaan rekahan mikro, bentuk butir yang menyudut, serta jalur aliran yang terbentuk di antara fragmen litik.

Pada sampel 2 BP, nilai permeabilitas yang tinggi sejalan dengan nilai porositas yang baik. Ukuran butir yang relatif lebih kasar, kemas terbuka, serta sortasi yang cukup baik menyebabkan terbentuknya sistem pori yang lebih berkembang dan saling terhubung. Kondisi ini memungkinkan fluida mengalir dengan lebih mudah dan cepat melalui batuan. Dengan demikian, sampel 2 BP menunjukkan karakteristik batuan reservoir yang lebih ideal dibandingkan sampel 15 BP apabila ditinjau dari hubungan porositas dan permeabilitas.

Secara umum, hasil analisis permeabilitas menunjukkan bahwa satuan batupasir Formasi Lokodidi di daerah penelitian memiliki kemampuan yang sangat baik dalam meloloskan fluida. Nilai permeabilitas yang tinggi pada kedua sampel mengindikasikan bahwa batupasir di daerah ini berpotensi menjadi media aliran air tanah yang efektif. Variasi nilai permeabilitas yang terjadi dipengaruhi oleh perbedaan tekstur, ukuran butir, kemas, serta tingkat keterhubungan pori antar sampel.

Dengan demikian, meskipun nilai porositas batupasir pada daerah penelitian bervariasi, tingginya nilai permeabilitas menunjukkan bahwa satuan batupasir Formasi Lokodidi tetap memiliki peranan penting sebagai batuan reservoir air tanah, khususnya dalam mendukung kelancaran aliran fluida di bawah permukaan.

**Tabel 1. Perhitungan nilai permeabilitas pada kode sampel 15 BP**

URAIAN	SATUAN	TEST		
		1	2	3
Diameter Contoh, D	cm	5,00	5,00	5,00
Panjang Contoh, L	cm	10,00	10,00	10,00
Luas Contoh, A	cm <sup>2</sup>	19,63	19,63	19,63
Volume Air, Q	cm <sup>3</sup>	32323000	32336000	32337000
Beda tinggi, h	cm	160	160	160
Lama pengujian, t	detik	32000	32000	32000
Suhu	°C	28	28	28
$k_{T^{\circ}C} = \frac{Q \cdot L}{A \cdot h \cdot t}$	cm/det	3,215228	3,216521	3,216621
Rata – Rata $k_{T^{\circ}C}$	cm/det	3,216124		
$k_{20^{\circ}C} = k_{T^{\circ}C} \frac{\Pi_{T^{\circ}C}}{\Pi_{20^{\circ}C}}$	cm/det	2,68E+00		
High Permeability				

**Tabel 2. Perhitungan nilai permeabilitas pada kode sampel 2 BP**

URAIAN	SATUAN	TEST		
		1	2	3
Diameter Contoh, D	cm	5,00	5,00	5,00
Panjang Contoh, L	cm	10,00	10,00	10,00
Luas Contoh, A	cm <sup>2</sup>	19,63	19,63	19,63
Volume Air, Q	cm <sup>3</sup>	83746900	83743200	83733200
Beda tinggi, h	cm	160	160	160
Lama pengujian, t	detik	32000	32000	32000
Suhu	°C	28	28	28
$k_{T^{\circ}C} = \frac{Q \cdot L}{A \cdot h \cdot t}$	cm/det	8,330458	8,330090	8,329095
Rata – Rata $k_{T^{\circ}C}$	cm/det	8,329881		
$k_{20^{\circ}C} = k_{T^{\circ}C} \frac{\Pi_{T^{\circ}C}}{\Pi_{20^{\circ}C}}$	cm/det	6,93E+00		
High Permeability				

#### 4. KESIMPULAN

Daerah penelitian memiliki porositas dan permeabilitas yang bervariasi. Pada sampel 15BP, porositas termasuk dalam kategori buruk, sedangkan pada sampel 2BP porositasnya tergolong baik. Namun kedua sampel ini memiliki permeabilitas tinggi (*high Permeability*), yang menunjukkan bahwa air cepat mengalir melaluinya. Potensi batupasir di daerah penelitian sebagai batuan reservoir pada kedua sampel memiliki potensi yang sangat baik sebagai reservoir, karena aliran fluida yang cepat dapat mempercepat proses ekstraksi atau pemanfaatannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M.A. & Firsandi, M. 2018. *Studi Kualitas Batuan Reservoir Formasi Ngrayong Menggunakan Metode Petrofisik*. Prosiding Semnas SINTA FT UNILA Vol. 1 Tahun 2018. Bandar Lampung.
- Irham Nurwidyanto, M., Yustiana, M., & Widada, S. 2006. *Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Porositas Dan Permeabilitas Pada Batupasir* (Studi Kasus: Formasi Ngrayong, Kerek, Ledok dan Selorejo) (Vol. 9, Issue 4).
- Koesoemadinata, 1980 *Geologi Minyak dan Gas Bumi*. ITB: Bandung
- Nurwidyanto, M.I., Yustiana, M., Widada, S., 2006. *Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Porositas Dan Permeabilitas Pada Batupasir* (Studi Kasus: Formasi Ngrayong, Kerek, Ledok Dan Selorejo). *Berkala Fisika*, 9(4), 191–95
- Permana, A.P., & Eraku, S.S. 2020. *Kualitas Batugamping Gorontalo sebagai Reservoir Air Tanah Berdasarkan Analisis Jenis Porositas*. *EnviroScientiae*. Vol. 16, No. 1, Hal 1-6
- Pettijohn, F.J., 1975. *Sedimentary Rocks*, 3rd ed., Harper & Publishing Co., New York.
- Soekamto, Hadi. 1995. *Geosfer dan Lingkungan Kehidupan*. Malang: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan IKIP Malang, Proyek Operasional dan Perawatan Fasilitas IKIP Malang.
- Yuwanto, S.H., dan Rosadi, M.Z. 2022. *Analisis Porositas dan Permeabilitas Satuan Batupasir Formasi Ledok sebagai Potensi Batuan Reservoir Daerah Kedewan dan Sekitarnya Bojonegoro, Jawa Timur*. *Jurnal Geosains dan Teknologi*. Vol. 5, No. 3