

BAB V

KARAKTERISTIK RESERVOIR BATUPASIR FORMASI AIRBENAKAT

Batuan reservoir adalah wadah di bawah permukaan yang mengandung hidrokarbon. Ruang penyimpanan hidrokarbon dalam reservoir berupa pori-pori yang terdapat di antara butiran mineral (Koesoemadinata, 1980), reservoir juga dapat diartikan sebagai suatu kemampuan batuan untuk menyimpan fluida atau yang sering disebut dengan “porositas” dan meloloskan fluida atau yang disebut dengan “permeabilitas”. Ketebalan dan luas merupakan faktor penting untuk menentukan apakah reservoir tersebut komersial atau tidak, semakin luas dan tebal cekungan maka semakin besar potensi terakumulasi fluida hidrokarbon (air, minyak, dan gas). Kedalaman cekungan berpengaruh untuk mengetahui kedalaman tempat terakumulasinya fluida hidrokarbon. Porositas dibagi menjadi dua yaitu, porositas primer merupakan porositas yang terbentuk bersamaan terbentuknya batuan untuk batuan sedimen saat proses pengendapan sedangkan porositas sekunder adalah porositas yang terbentuk setelah proses pembentukan batuan misalnya proses tektonik menyebabkan rekahan pada batuan.

Untuk menentukan karakteristik reservoir dari sampel litologi batupasir formasi Airbenakat, bisa dilakukan pengamatan langsung dari tekstur batumannya secara kasat mata maupun hasil pengamatan laboratorium berdasarkan analisis petrografi dan analisis untuk sifat fisik batuan seperti uji porositas dan uji permeabilitas.

Karakteristik reservoir pada sampel yang didapatkan pada lokasi penelitian dapat dilihat berdasarkan dari tekstur batuan, komposisi mineral, dan sifat fisik batuan, seperti porositas dan permeabilitas suatu batuan untuk menentukan suatu batuan memiliki karakteristik reservoir yang baik atau tidak dan dapat bermanfaat bagi masyarakat disana atau tidak untuk kedepannya.

Batupasir merupakan reservoir yang paling penting dan merupakan yang paling banyak. Batupasir adalah batuan yang renggang (*loose*) tapi padat (*compact*), yang terdiri dari fragmen-fragmen yang menyatu dan mengeras (*cemented*) dengan diameter berkisar antara 0,05 mm – 0,2 mm. Di antara fragmen-fragmen batupasir selalu terdapat fragmen yang komposisinya adalah kuarsa, butiran mineral feldspar.

Pada pembahasan penelitian ini penulis membahas mengenai karakteristik reservoir berupa porositas dan permeabilitas dari batupasir formasi Airbenakat. Selain itu penulis juga membahas mengenai sayatan petrografi dari sampel batuan yang dianalisis di laboratorium berupa analisis petrografi batulempung, analisis petrografi batupasir sampel 2, analisis petrografi batulanau dan analisis petrografi batupasir. Pada penelitian ini penulis berfokus pada formasi Airbenakat karena pada formasi Airbenakat sudah terbukti berproduksi minyak dan adanya bekas galian sumur minyak pada jaman jepang dan sampai sekarang masih mengeluarkan minyak dan gas. Adapun sampel yang dilakukan uji laboratorium berupa 4 sampel analisis petrografi dan 2 sampel uji porositas dan permeabilitas. Akan tetapi pada penelitian ini berfokus pada batupasir formasi Airbenakat.

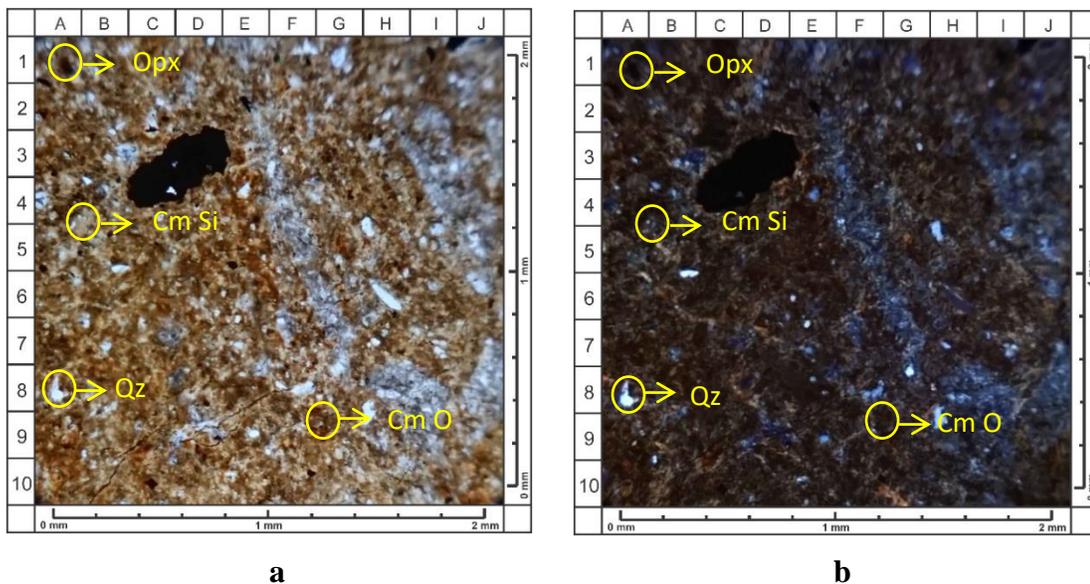
Sampel FR 8.2

Singkapan sampel FR 8.2 terletak dibagian barat Bingin Teluk, berada pada daerah dataran perkebunan masyarakat sekitar. Berdasarkan hasil analisis studio maupun analisis sayatan tipis (petrografi) Batulempung Formasi Airbenakat ini memiliki warna segar coklat terang dan warna lapuk coklat keputihan, struktur dibeberapa tempat perlapisan dengan sisipan berupa batubara, ukuran butir lempung. Penentuan umur satuan batulempung Airbenakat (Tma) ini mengacu pada geologi regional menurut Suwarna dkk, (1992) yaitu berumur miosen akhir. Adapun Singkapan Sampel FR 8.2 dapat dilihat pada **Gambar 39**.



Gambar 39. Singkapan Sampel FR 8.2 (Riyadi, 2023 koordinat x: 290947 dan y: 9710254)

Untuk mengetahui deskripsi mikroskopis batulempung daerah penelitian dilakukan analisis petrografi batuan. Pada pengamatan tersebut dilakukan pada perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 5x dan pada pengamatan diketahui struktur masif, tekstur meliputi ukuran butir $<1/256 - 1/2$ mm, sortasi sedang, kemas terbuka, butiran terdiri dari Kuarsa (A8) – 2 %, Lempung Oksida (A10) – 83 %, Lempung Silika (J8) – 12 %, dan Mineral Opak (D3) – 3 %. Sehingga jenis batumannya adalah batulempung Mudrock yang mengacu pada Pettijohn (1975). Adapun hasil analisis petrografi Sampel FR 8.2 dapat dilihat pada **Gambar 40**.



Gambar 40. Hasil Analisis Petrografi Sampel FR 8.2 Tma (a) PPL (*Plane Polarized Light*)/Nikol Sejajar dan (b) XPL (*Cross Polarized Light*)/Nikol Sejajar

Dengan deskripsi mikroskopis butiran terdiri dari Kuarsa (A8) – 2%. Pada PPL warna absorpsi tidak berwarna, relief rendah, pleokroisme tidak ada, bentuk kristal anedral, belahan tidak ada. Pada XPL warna interferensi abu-abu – putih orde 1, sudut gelap bergelombang, kembaran tidak ada. Lempung Oksida (A10) – 83%. Pada PPL warna absorpsi coklat. Pada XPL warna interferensi coklat. Terdiri dari campuran material silikat dan oksida besi berukuran micron. Lempung Silika (J8) – 12%. Pada PPL warna absorpsi tidak berwarna – coklat. Pada XPL warna interferensi abu-abu gelap – hitam. Terdiri dari material silikat berukuran mikron. Mineral Opak (D3) – 3%. Pada PPL warna absorpsi hitam, relief rendah, pleokroisme tidak ada,

bentuk kristal euhedral – anhedral. Pada XPL warna interferensi hitam orde 1, kembaran tidak ada.

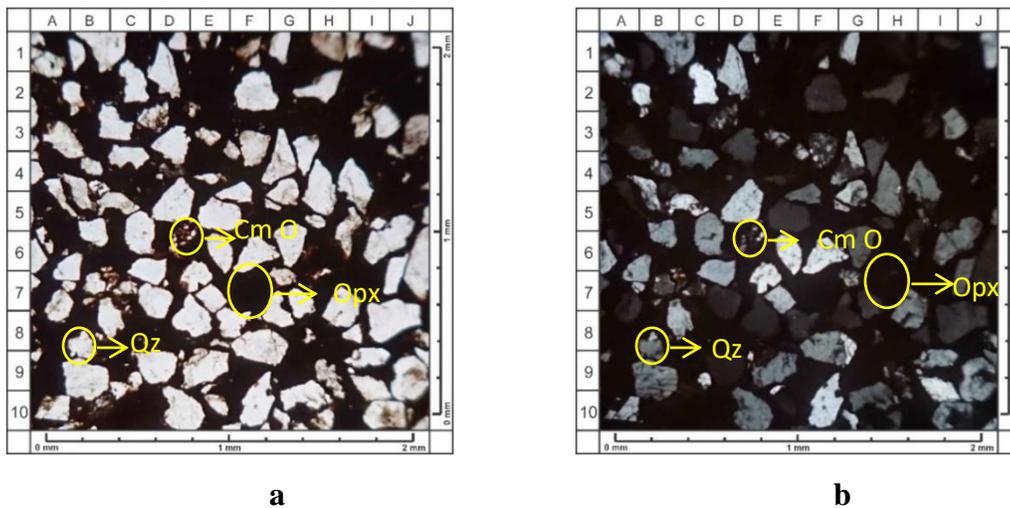
Sampel FR 1.1

Singkapan sampel FR 1.1 terletak dibagian barat laut Bingin Teluk, berada pada daerah dataran perkebunan masyarakat sekitar. Berdasarkan hasil analisis studio maupun analisis sayatan tipis (petrografi) Batupasir Formasi Airbenakat ini memiliki warna segar abu-abu kehitaman dan warna lapuk abu-abu kecoklatan, struktur singkapan masif dan ukuran pasir sangat kasar. Sedangkan untuk penentuan umur satuan batupasir Airbenakat (Tma) ini penulis mengacu pada geologi regional menurut Suwarna dkk, (1992) yaitu berumur miosen Akhir. Adapun singkapan sampel FR 1.1 dapat dilihat pada **Gambar 41**.



Gambar 41. Singkapan Sampel FR 1.1 (Riyadi, 2023 koordinat x: 290993 dan y: 9713250)

Untuk mengetahui deskripsi mikroskopis batupasir daerah penelitian dilakukan analisis petrografi batuan. Pada pengamatan tersebut dilakukan pada perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 5x dan pada pengamatan diketahui stuktur masif, tekstur meliputi ukuran butir $<1/256 - 1/4$ mm, sortasi baik, kemas tertutup, butiran terdiri dari Kuarsa (G1) – 55 %, Lempung Oksida (H1) – 5 %, dan Mineral Opak (J2) – 40 %. Sehingga jenis batumannya batupasir *Quartz Arenit* yang mengacu pada Pettijohn (1975). Hasil analisis petrografi batupasir sampel FR 1.1 formasi Tma dilihat **Gambar 42**.



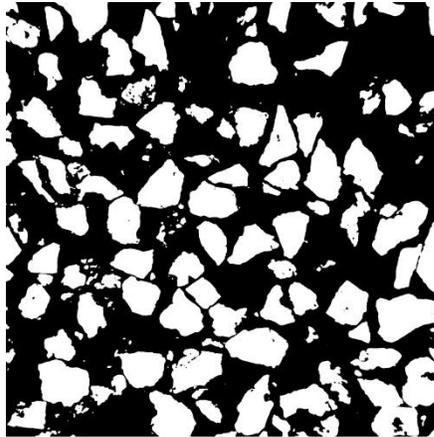
Gambar 42. Hasil Analisis Petrografi Sampel FR 1.1 (a) PPL (*Plane Polarized Light*)/Nikel Sejajar dan (b) XPL (*Cross Polarized Light*)/Nikel Sejajar

Dengan deskripsi mikroskopis butiran terdiri dari Kuarsa (G1) – 55%. Pada PPL warna absorpsi tidak berwarna, relief rendah, pleokroisme tidak ada, bentuk kristal anhedral, belahan tidak ada. Pada XPL warna interferensi abu abu – putih orde 1, sudut gelap bergelombang, kembaran tidak ada. Lempung Oksida (H1) – 5%. Pada PPL warna absorpsi coklat. Pada XPL warna interferensi coklat. Terdiri dari campuran material silikat dan oksida besi berukuran micron. Mineral Opak (J2) – 40%. Pada PPL warna absorpsi hitam, relief rendah, pleokroisme tidak ada, bentuk kristal euhedral – anhedral. Pada XPL warna interferensi hitam orde 1, kembaran tidak ada.

Pada analisis porositas dan permeabilitas sampel FR 1.1 ini didapatkan nilai porositas 2,2 %, permeabilitas klinkenberg (reservoir isi minyak) sebesar 0,002 md (mildarcy), permeabilitas darcy/air (reservoir isi gas) sebesar 0,004 md, dan kepadatan batuan 2,84 g/cm³. Jadi dapat disimpulkan bahwa pada sampel ini memiliki porositas yang dapat diabaikan untuk menyimpan fluida karena nilai porositasnya sebesar 2,2 % atau 0-5 % dan pada sampel ini juga memiliki permeabilitas reservoir ketat karena nilai permeabilitas sampel ini sebesar 0,002 md atau <5 md yang mengacu pada klasifikasi menurut Koesoemadinata (1980).

Sedangkan untuk perhitungan menggunakan pendekatan data kualitatif dengan menggunakan aplikasi atau software ImageJ yang menghitung nilai porositas

berdasarkan matriks yang ditandai dengan berwarna hitam. Adapun sayatan petrografi nikol sejajar (PPL) untuk menghitung porositas at dilihat pada **Gambar 43**.



Gambar 43. Analisis Petrografi Sayatan PPL Sampel FR 1.1

Pada gambar diatas dilakukan analisis kualitatif menggunakan software ImageJ untuk menghitung nilai porositas berdasarkan matriks yang ditandai dengan berwarna hitam sehingga didapatkan sebanyak 288 pori dengan persentase porositas sebesar 39,340%. Pada analisis kualitatif ini sangat berbeda dengan hasil laboratorim dikarenakan pada analisis kualitatif ini untuk mendapatkan nilai porositasnya hanya dengan mendeteksi persentase fragmen yang ditandai dengan warna hitam.

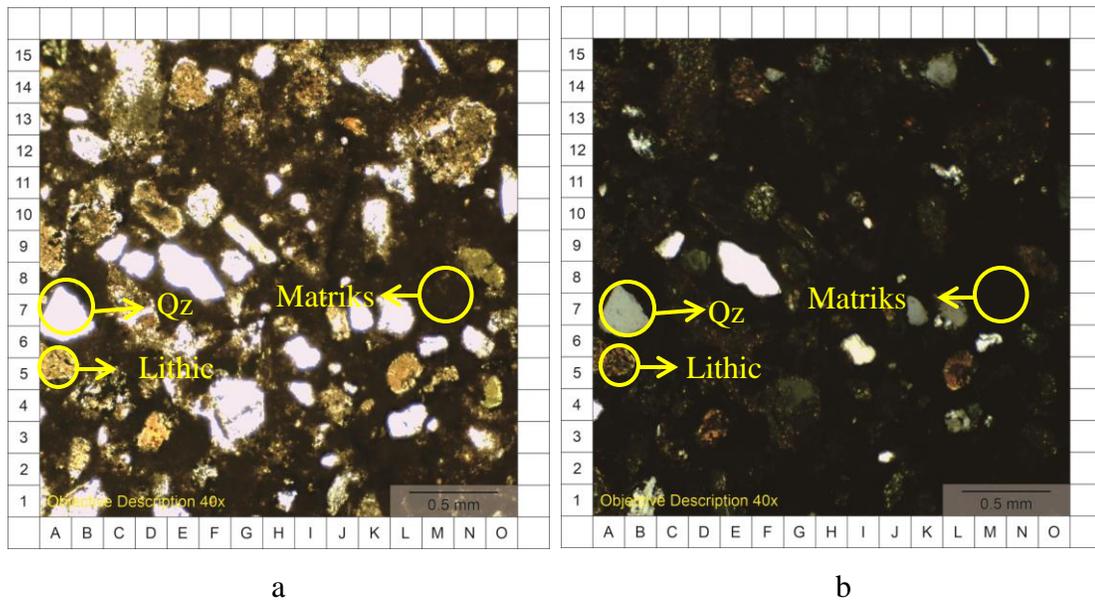
Sampel FR 5.1

Singkapan sampel FR 5.1 terletak dibagian Tenggara- Timur Laut Bingin Teluk, berada pada piggiran sungai utama dan juga tersingkap pada daerah dataran dari lokasi penelitian. Berdasarkan hasil analisis studio maupun analisis sayatan tipis (petrografi) Batulempung Formasi Muaraenim. Memiliki warna segar coklat terang dan warna lapuk coklat gelap, struktur masif dan ukuran butir lempung. Sedangkan penentuan umur satuan batulempung Muaraenim (Tmpm) ini mengacu pada geologi regional menurut Suwarna dkk, (1992) yaitu berumur miosen akhir–pliosen awal. Adapun singkapan sampel FR 5.1 **Gambar 44**.



Gambar 44. Singkapan Sampel FR 5.1 (Riyadi, 2023 koordinat x: 293404 dan y: 9712474)

Untuk mengetahui deskripsi mikroskopis batulempung dilakukan analisis petrografi dengan perbesaran okuler 4x dan objektif 10x. Memiliki tekstur ukuran Pasir lempung (0,001-0,004 mm) sampai pasir sedang (0,1250-0,250 mm), derajat kebundaran runcing – agak bundar, kemas tertutup, hubungan antar butir floating, tersortasi baik. Adapun sayatan petrografi Sampel FR 5.1 dilihat pada **Gambar 45**.



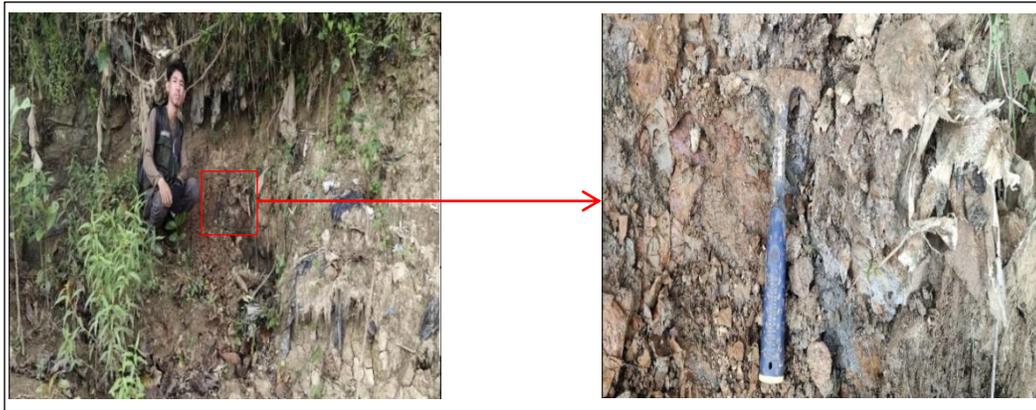
Gambar 45. Sayatan Petrografi Sampel FR 5.1 (a) PPL (*Plane Polarized Light*)/Nikol Sejajar dan (b) XPL (*Cross Polarized Light*)/Nikol Sejajar

Dengan deskripsi mikroskopis butiran terdiri Quartz (16%), pada PPL putih-tidak berwarna, berukuran halus (<1mm), bentuk kristal euhedral, tidak memiliki belahan, relief rendah, pleokroisme monokroik. Pada XPL warna interferensi kuning-

biru, orde 1, gelapan parallel, dan tidak memiliki kembaran. (A-B,6-7). Lithic (52%), batu lempung pada PPL coklat kemerahan kecoklatan, berukuran lanau ((0,0039-0,0625 mm) sampai (lempung (<0,0039 mm), bentuk butir agak runcing-bundar. Pada XPL warna interferensi coklat kemerahan, orde 3. (D-3, A-B,5-6). Matrix (33%) didominasi material klastik berukuran mud (//) hitam kecoklatan, berukuran lanau ((0,0039-0,0625 mm) sampai (lempung (<0,0039 mm). (X) Warna interferensi hitam kecoklatan, orde 1. (L-N,6-8).

Sampel FR 3.2

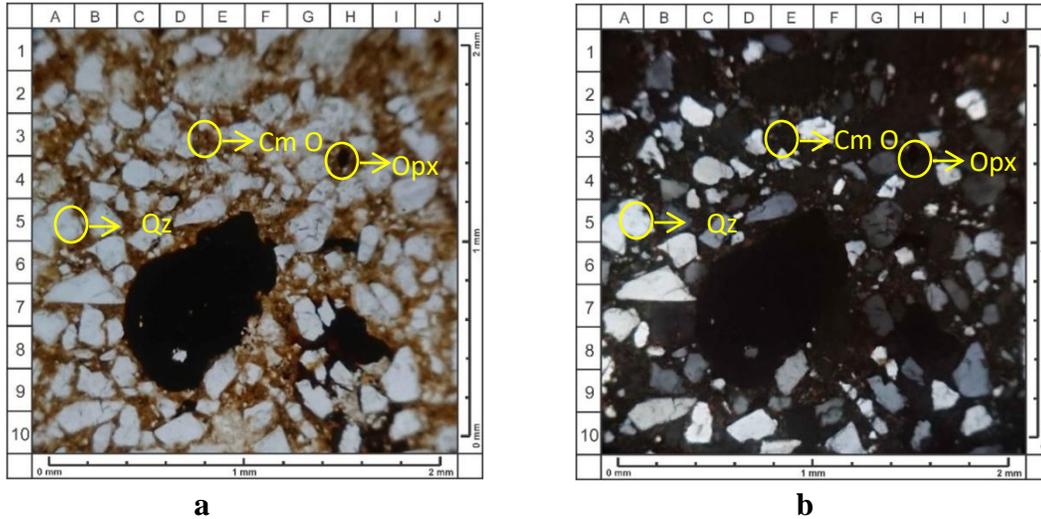
Singkapan sampel FR 3.2 ini merupakan singkapan yang paling difokuskan pada analisis porositas dan permeabilitasnya, terletak dibagian Selatan Bingin Teluk, berada di pinggir sungai utama. Berdasarkan hasil analisis studio maupun analisis sayatan tipis (petrografi) Batupasir Formasi Airbenakat. Memiliki warna segar coklat terang dan warna lapuk coklat keputihan, struktur dibeberapa tempat pelapisan dengan sisipan berupa batupasir ukuran butir pasir halus hingga kasar memiliki derajat pembundaran membundar. Sedangkan untuk penentuan umur satuan batupasir Airbenakat (Tma) ini penulis mengacu pada geologi regional menurut Suwarna dkk, (1992) berumur miosen akhir. Adapun singkapan sampel FR 3.2 pada **Gambar 46**.



Gambar 46. Singkapan Sampel FR 3.2 (Riyadi, 2023 koordinat x: 290713 dan y: 9710588)

Untuk mengetahui deskripsi mikroskopis batupasir daerah penelitian dilakukan analisis petrografi batuan. Pada pengamatan tersebut dilakukan pada perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 5x dan pada pengamatan diketahui stuktur masif, tekstur meliputi ukuran butir <math><1/256 - 1\text{ mm}</math>, sortasi sedang, kemas tertutup, butiran

terdiri dari Kuarsa (A5) – 50%, Lempung Oksida (J1) – 36%, dan Mineral Opak (D7) – 14%. Jenis batumannya yaitu batupasir *Quartz Wacke mengacu pada* Pettijohn (1975). Adapun hasil analisis petrografi Sampel FR 3.2 pada **Gambar 47**.



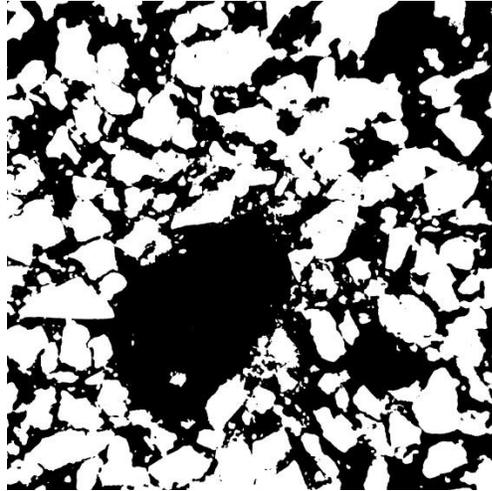
Gambar 47. Hasil Analisis Petrografi Sampel FR 3.2 (a) PPL (*Plane Polarized Light*)/Nikol Sejajar dan (b) XPL (*Cross Polarized Light*)/Nikol Sejajar

Dengan deskripsi mikroskopis butiran terdiri dari Kuarsa (G1) – 55%. Pada PPL warna absorpsi tidak berwarna, relief rendah, pleokroisme tidak ada, bentuk kristal anhedral, belahan tidak ada. Pada XPL warna interferensi abu abu – putih orde 1, sudut gelap bergelombang, kembaran tidak ada. Lempung Oksida (H1) – 5%. Pada PPL warna absorpsi coklat. Pada XPL warna interferensi coklat. Terdiri dari campuran material silikat dan oksida besi berukuran micron. Mineral Opak (J2) – 40%. Pada PPL warna absorpsi hitam, relief rendah, pleokroisme tidak ada, bentuk kristal euhedral – anhedral. Pada XPL warna interferensi hitam orde 1, kembaran tidak ada.

Pada analisis porositas dan permeabilitas sampel FR 3.2 ini didapatkan nilai porositas 38,9 %, permeabilitas klinkenberg (reservoir isi minyak) sebesar 342 md (mildarcy), permeabilitas darcy/air (reservoir isi gas) sebesar 347 md, dan kepadatan batuan 2,68 g/cm³. Jadi dapat disimpulkan bahwa pada sampel ini memiliki porositas yang istimewa untuk menyimpan fluida karena nilai porositasnya sebesar 38,9 % atau >25% dan sampel ini juga memiliki permeabilitas reservoir baik sekali karena nilai

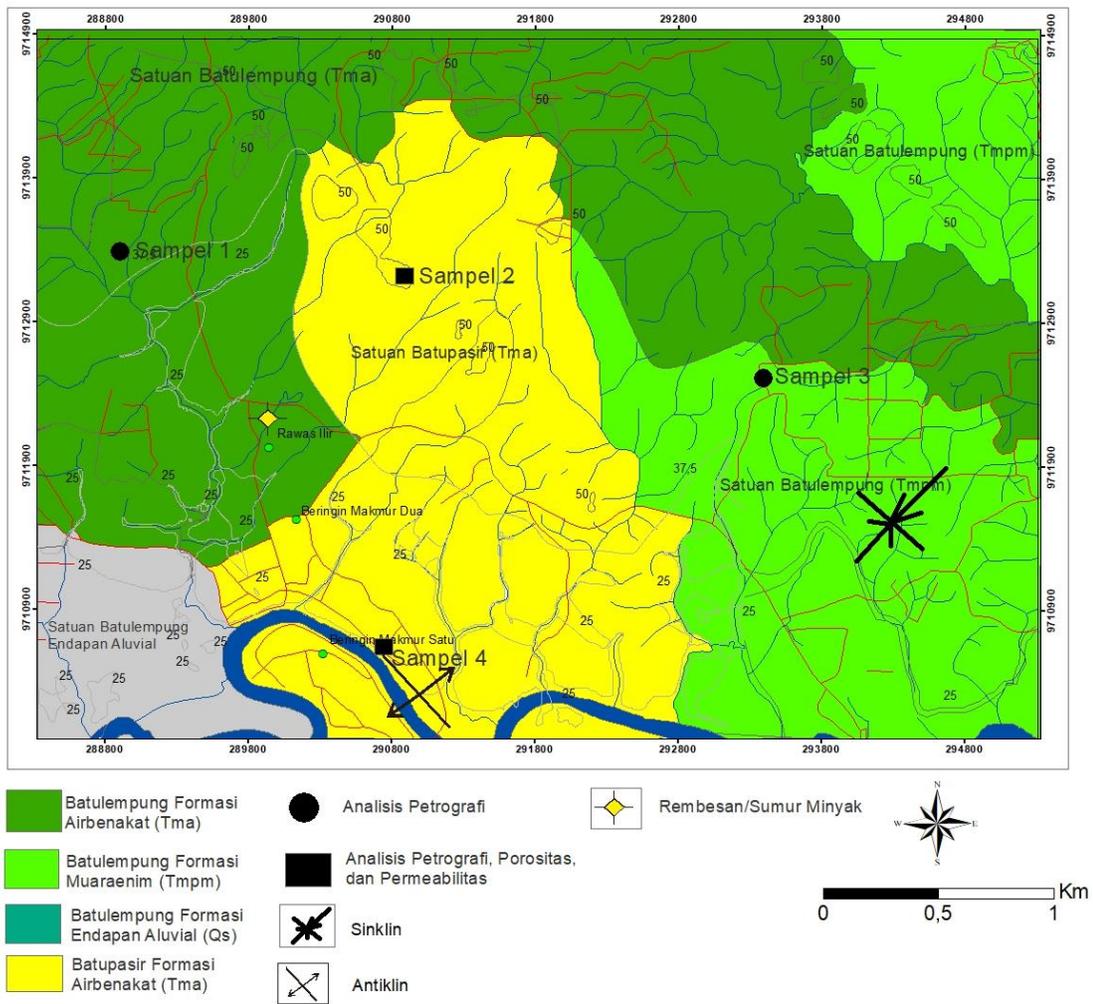
permeabilitas sampel ini sebesar 342 md atau 100-1000 md yang mengacu pada klasifikasi Koesoemadinata (1980).

Sedangkan untuk perhitungan menggunakan pendekatan data kualitatif dengan menggunakan aplikasi atau software ImageJ yang menghitung nilai porositas berdasarkan matriks yang ditandai dengan berwarna hitam. Adapun sayatan petrografi nikol sejajar (PPL) untuk menghitung porositas at dilihat pada **Gambar 48**.



Gambar 48. Analisis Petrografi Sayatan PPL Sampel FR 3.2

Pada gambar diatas dilakukan analisis kualitatif menggunakan software ImageJ untuk menghitung nilai porositas berdasarkan matriks yang ditandai dengan berwarna hitam sehingga didapatkan sebanyak 498 pori dengan persentase porositas sebesar 50,772%. Pada analisis kualitatif ini didapatkan nilai porositasnya hanya dengan mendeteksi persentase fragmen yang ditandai dengan warna hitam. Adapun Sebaran batuan dilihat **Gambar 49**.



Gambar 49. Sebaran Batuan Pada Daerah Penelitian (Riyadi, 2023)

Sifat Fisik Batuan

Karakteristik reservoir pada daerah penelitian hanya berfokus pada litologi batupasir formasi Airbenakat yang tersebar di daerah penelitian. Untuk menentukan karakteristik suatu batuan, salah satunya adalah harus mengetahui sifat fisik batuan. Pada penelitian ini, sifat fisik batuan yang diamati adalah sifat porositas dan permeabilitas. Untuk mengetahui nilai dari sifat porositas dan sifat permeabilitas pada batupasir formasi Airbenakat tersebut dapat menggunakan analisis uji laboratorium, seperti uji porositas dan uji permeabilitas. Adapun nilai porositas dan permeabilitas batuan daerah penelitian dapat dilihat **Tabel 9**.

Tabel 9. Nilai Porositas Dan Permeabilitas Batuan

No	Keterangan	Kode Sampel	
		Sampel FR 1.1	Sampel FR 3.2
1	Porositas	2,2 %	38,9 %
2	Permeabilitas (<i>Klinkenberg Permeability</i>)	0,002 md	342 md
3	Permeabilitas (<i>Permeability to air</i>)	0,004 md	347 md

Sumber: Riyadi (2023) pada laboratorim geoservis

Berdasarkan hasil **Tabel 9** diatas, urutan nilai porositas batupasir dari yang terbesar yaitu sampel FR 3.2 (38,9 %) dan sampel FR 1.1 (2,2 %). Pada sampel FR 3.2 yang memiliki nilai 38,9 % yang berarti memiliki porositas yang istimewa untuk menyimpan fluida. Sedangkan pada sampel FR 1.1 memiliki nilai 2,2 % yang berarti memiliki porositas yang dapat diabaikan untuk menyimpan fluida.

Pada urutan nilai permeabilitas klinkenberg batupasir dari yang terbesar berdasarkan hasil **Tabel 9** diatas adalah sampel FR 3.2 (342 md) dan sampel FR 1.1 (0,002 md). Pada sampel FR 3.2 memiliki nilai *Klinkenber permeability* (reservoir isi minyak) sebesar 342 md yang berarti memiliki permeabilitas reservoir baik sekali. Sedangkan pada sampel FR 1.1 memiliki nilai *Klinkenber permeability* (reservoir isi minyak) sebesar 0,002 md yang berarti memiliki permeabilitas reservoir ketat.

Sedangkan urutan nilai permeabilitas darcy / air batupasir dari yang terbesar berdasarkan hasil **Tabel 9** diatas adalah sampel FR 3.2 (342 md) dan sampel FR 1.1 (0,002 md). Pada sampel FR 3.2 memiliki nilai *permeability to air* (reservoir isi gas) sebesar 347 md yang berarti memiliki permeabilitas reservoir baik sekali. Sedangkan pada sampel FR 1.1 memiliki nilai *permeability to air* (reservoir isi gas) sebesar 0,004 md yang berarti memiliki permeabilitas reservoir ketat.

Persebaran batupasir Airbenakat pada daerah penelitian ini cukup luas. Jenis batupasir Airbenakat yang berpotensi memiliki karakteristik reservoir di daerah penelitian yaitu pada sampel FR 3.2 dengan jenis *Quartz Wacke*. Hal ini disebabkan karakteristik reservoirnya, seperti tekstur batumannya baik dan analisis laboratorium,

yaitu analisis petrografi, uji porositas, dan uji permeabilitas sesuai kriteria untuk karakteristik reservoirnya.

Jadi pada daerah penelitian ini memiliki batupasir Airbenakat dengan reservoir istimewa. Penelitian karakteristik reservoir dapat dilihat dari beberapa aspek seperti tekstur batuan, kualitas reservoir, dan hasil analisis laboratorium. Berdasarkan aspek penelitian dari karakteristik reservoir tersebut, batupasir Airbenakat yang memiliki potensi karakteristik reservoir yang istimewa adalah sampel FR 3.2 dibanding sampel FR 1.1. Hal ini karena sampel FR 1.1 memiliki ukuran butir lebih halus dari pada sampel FR 3.2, batupasir sampel FR 1.1 dengan ukuran butir $1/256 - 1/4$ mm sedangkan batupasir sampel FR 3.2 dengan ukuran butir $1/256 - 1$ mm. Semakin besar ukuran butir dan semakin baik pemilahan butir akan meningkatkan nilai porositas. Hasil laboratorium juga membuktikan bahwa batupasir Airbenakat yang sampel FR 3.2 (38,9 %) memiliki potensi karakteristik reservoir istimewa dibanding sampel FR 1.1 (2,2 %). Sedangkan jika dilihat dari nilai permeabilitas, batupasir Airbenakat yang memiliki nilai permeabilitas baik sekali dilihat pada sampel FR 3.2 (342 md) dibandingkan sampel FR 1.1 (0,002 md).