

Perkembangan Mineral Alterasi Berdasarkan Data XRD dan Data Bor Tania 001 Prospek “X”

Tania¹, Bagus Ugra Wijaya¹, Oky Verdiansyah¹, Amara Nugraheni¹

^{1,3,4} Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

² Magister Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

Korespondensi : amara@itny.ac.id

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang terbentuk akibat tumbukan dari tiga lempeng tektonik, hal ini menyebabkan terbentuknya gunungapi, sehingga proses mineralisasi akibat alterasi hidrotermal berkembang di beberapa tempat. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui komposisi mineral serta perkembangan mineral alterasi dan petrogenesis berdasarkan sampel Bor lapangan “X” berdasarkan analisis data XRD dan data Bor. Hasil penelitian ditemui tiga intrusi yaitu, tonalit pada zona innerprophyllitic-pottasic ditunjukkan adanya mineral feldspar-Epidoteactinolite-biotit-Magnetit 78.3% , mikrodiorit berkembang pada zona innerprophyllitic dengan kandungan chlorit-Zeolit-albitbiotit-magnetit 40.6% dan zona argillic illite-kaoline sebanyak 31.9%, dan diorite berkembang pada zona innerprophyllitic-outerprophyllitic dengan komposisi Chlorit-zeoliteepidote-biotitmagnetit 72.3%.

Kata kunci: mineralisasi, alterasi hidrotermal, XRD

ABSTRACT

Indonesia is a country formed by the collision of three tectonic plates, this has led to the formation of volcanoes, so that the mineralization process due to hydrothermal alteration develops in several places. The purpose of this study was to determine the mineral composition and development of alteration and petrogenesis minerals based on field drill samples "X" based on XRD data analysis and drill data. The results of the study found three intrusions, namely, tonalite in the innerprophyllitic-pottasic zone, indicated by the presence of feldspar-Epidoteactinolite-biotite 78.3%, microdiorite developed in the innerprophyllitic zone with 40.6% chlorite-Zeolite-albitbiotite-magnetite and 31.9% argillic illite-kaoline zones, and diorite develops in the innerprophyllitic-outerprophyllitic zone with a composition of 72.3% chlorite-zeoliteepidote-biotitemagnetite.

Keywords: mineralization, hydrothermal alteration, XRD

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terbentuk akibat tumbukan dari tiga lempeng tektonik. Hal ini menyebabkan banyaknya gunung api yang tersebar di Indonesia mulai dari Sabang sampai Merauke. Adanya gunungapi inilah yang menyebabkan proses mineralisasi akibat alterasi hidrotermal dapat berjalan. Sehingga menyebabkan banyaknya potensi sumber daya alam yang melimpah, khususnya sumber daya geologi berupa mineral didalamnya. Sumber daya mineral dinegara ini menjadi pusat perhatian dunia khususnya pada mineral logam seperti Timah, Emas, Nikel, Besi, dan Tembaga. Indonesia yang saat ini menjadi salah satu pemasok emas dan nikel terbesar didunia perlu mencari lagi sumber daya mineral cadangan untuk meningkatkan sektor keuangan negara agar tetap stabil. Seiring berjalannya waktu sumber daya mineral yang ada sekarang pasti akan habis. Sehingga perlunya mendorong para ahli geologi untuk mencari sumber daya mineral yang baru untuk dapat di eksploitasi dimasa yang akan datang.

Kegiatan eksplorasi tambang merupakan kegiatan dalam mencari potensi sumberdaya tambang untuk diketahui dari persebaran tambang di suatu daerah. Kegiatan eksplorasi yang dilakukan oleh perusahaan tambang diperlukan pendekatan secara geologi untuk mengetahui jenis endapan tambang. Kegiatan eksplorasi memerlukan data-data baik berupa data sekunder (studi literatur terdahulu) dan primer (kegiatan lapangan). Kegiatan eksplorasi tambang berupa mineral dan lainnya bergantung pada komoditi pasar mineral internasional, hasil produk olahan mineral, kondisi geologi suatu silayah, dan perkembangan teknologi. Hasil dari kegiatan eksplorasi diolah untuk menentukan kuantitas dari sumberdayanya.

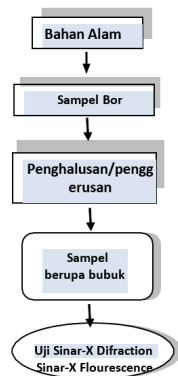
Penelitian ini dilakukan agar sebagai bahan pembelajaran analisis mineral alterasi menggunakan data bor dan data XRD. Adapun tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui komposisi mineral berdasarkan analisis megaskropis dari data Bor dan data XRD lapangan “X” serta mengetahui perkembangan mineral alterasi dan petrogenesis berdasarkan sampel Bor lapangan “X” berdasarkan analisis data XRD dan data Bor.

Penelitian ini Menggunakan metode Analisis Xrd Dan Data Bor Tania001 Prospek “X” Untuk Menentukan komposisi mineral dan Serta Tipe Alterasi Hidrotermal Bawah Permukaan berdasarkan mineral yang

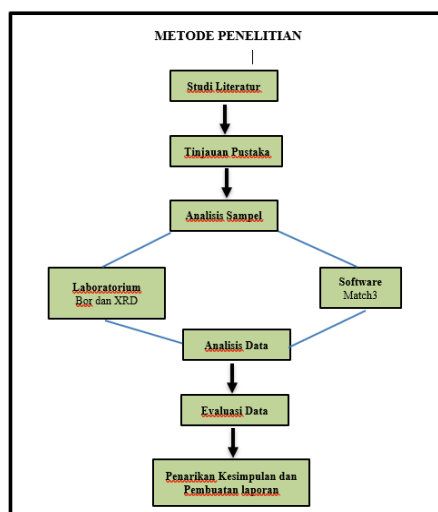
dikandungnya. Penelitian ini hanya berfokus pada perkembangan mineral setiap sampel bor pada kedalaman yang berbeda serta menjelaskan petrogenesis daerah penelitian berdasarkan data yang ada.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah observasi lapangan pada satu titik data bor, tujuannya agar peneliti dapat mengetahui secara vertical dari daerah penelitian serta semua permasalahan yang ada pada awal penulisan bisa terselesaikan dengan maksimal berdasarkan fakta lapangan. Metode penelitian yang dipakai adalah analisis megaskropis (data bor tania001) dan fragtogram (*X-Ray Diffraction/XRD*). Dalam mencapai tujuan yang diharapkan, penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu studi literatur, tahap analisis data baik secara megaskropis dan analisa laboratorium fragtogram (*X-Ray Diffraction/XRD*) (Gambar 2.1) dari data coring sumur Bor Tania001 lapangan “X” menggunakan software Match!3, tahap evaluasi data, dan yang terakhir adalah hasil akhir(Gambar 2.2).



Gambar 2.1. Langkah studi struktur bahan alam

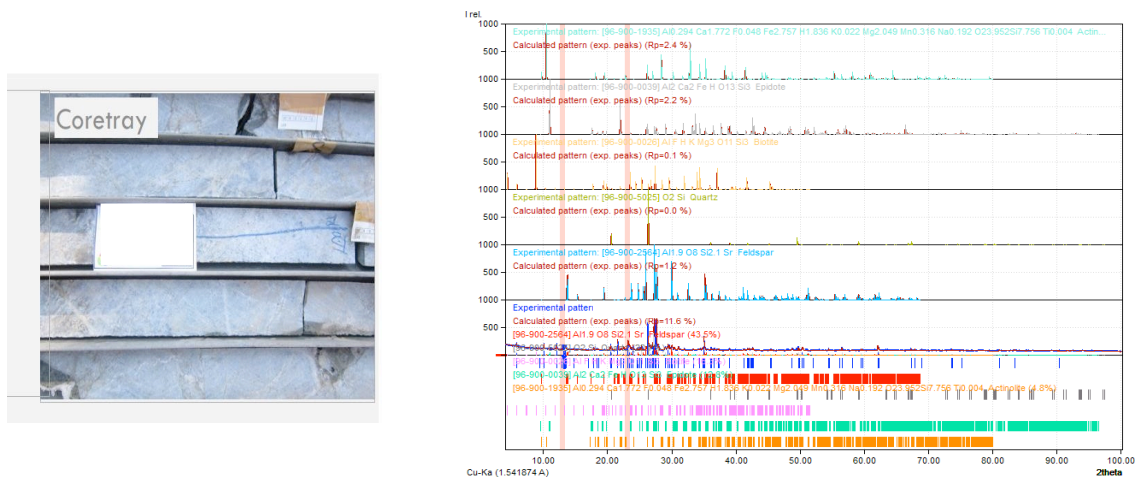


Gambar 2.2 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Perkembangan Feldspar (fd) - Quartz(Q) - Biotit (bt) - Epidot (ep) - Actionolit (Ac)

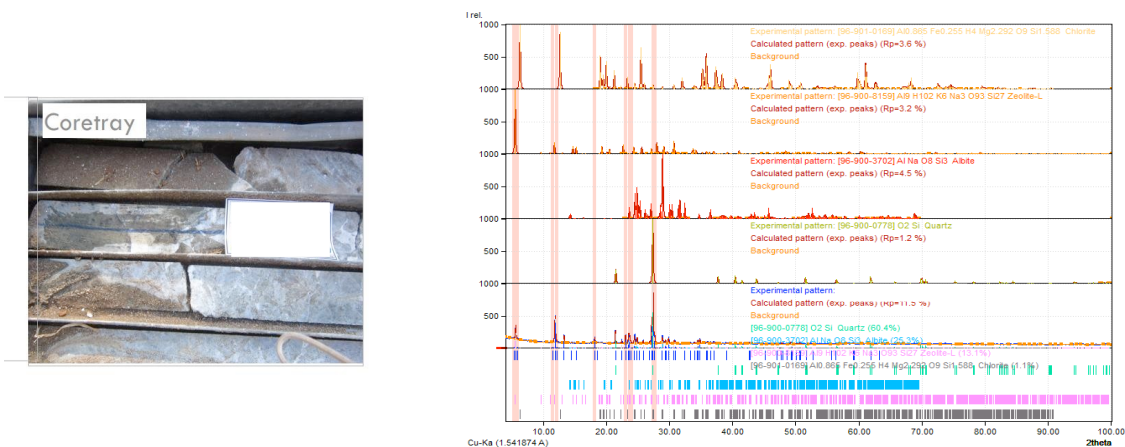
Zona ini berkembang pada interval kedalaman 1097.5-1097.65 m dari data XRD sumur bor, komposisi mineral dalam pengamatan megaskropis adalah Megakristal dengan komposisi dominan feldspar 5%, mafic alterasi berisi biotit-magnetit, plagioklas, vein A berbentuk irregular, mineral EDM adalah mineral yang terbentuk pertama kali, vein A berisi kovelite-bornit-kalkopyrite. Dalam analisis data XRD sampel tersusun atas mineral Feldspar (fd) 43.5%-Quartz(Q) 22.7 % - Biotit (bt) 16.3% - Epidot (ep) 12.8% - Actionolit (Ac) 4.8%. Pada hasil Analisa megaskropis dan analisa data XRD sampel bor pada kedalaman 1097.5-1097.65 m terbentuk pada zona transisi Potasik ke innerprophyllitic dengan hadirnya mineral Feldspar (fd) - Biotit (bt) - Actionolit (Ac) sebagai mineral penciri. Potasik dikenal juga dengan istilah alterasi biotit-ortoklas, terbentuk pada suhu 300 - 320°C, ditemukan adanya kandungan K-silikat. Terdapat pembentukan K-feldspar bersama atau tanpa kandungan biotit. Pada alterasi ini ditemukan adanya penambahan kandungan potash seperti yang terdapat pada K-feldspar. Ditemukan adanya penggantian kandungan hornblenda atau klorit oleh biotit dan plagioklas K- Fledspar Corbett dan Leach (1998).



Gambar 3.1. Data bor dan Hasil data XRD berupa grafik pada sampel bor kedalaman 1097.5 – 1097.65m

3.2. Perkembangan Albit (Ab) - Zeolite (Zeo) - Chlorite (Ch)

Zona ini berkembang pada interval kedalaman 943.2-953.35m dari data sumur bor, komposisi mineral dalam pengamatan megaskropis adalah Sedikit Mineral alterasi chlorite-pyrite, beberapa magnetit-biotit dalam butiran yang berukuran kasar, vein kuarsa, pyrite, pyrite dari hasil semen breksi. Hadirnya mineral Chlorit menunjukkan bahwa titik bor berada dalam zona innerprophyllitik, hadirnya beberapa mineral magnetit dan biotit menunjukkan bahwa masih terdapat pengaruh dari zona sebelumnya. Dalam analisis data XRD sampel tersusun atas mineral Quartz (Q) 60.4 % - Albit (Ab) 25.3% - Zeolite (Zeo) 13.1% - Chlorite (Ch) 1.1%. Hadirnya Zeolit 13.1% dimana merupakan ciri dari zona outhterprophyllitic dan hadirnya mineral albit 25.3% yang mana biasa terbentuk pada zona innerprophyllitic (Corbett dan Leach, 1998).



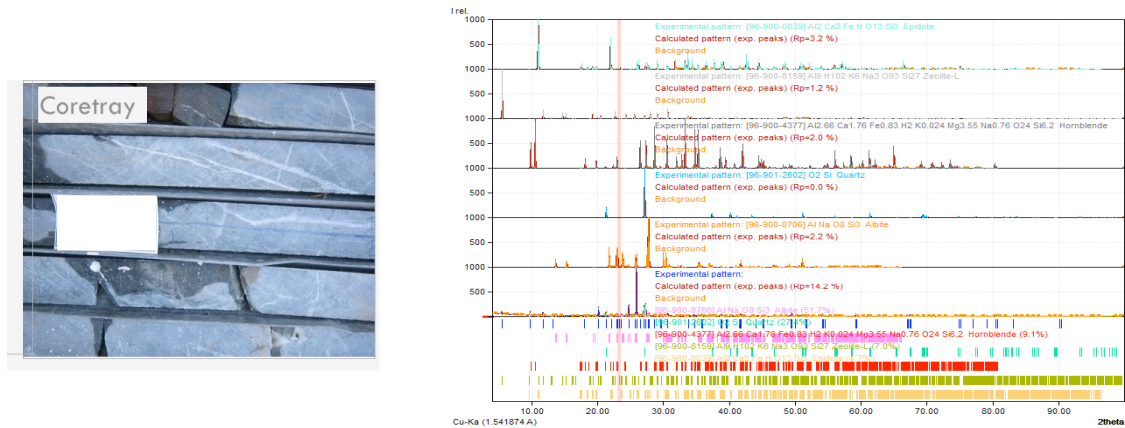
Gambar 3.2. Data Bor dan Hasil data XRD berupa grafik pada sampel bor kedalaman 943.2-943.35m

3.3. Perkembangan Albit (Ab) - Zeolit (zeo) - Epidot (ep)

Zona ini berkembang pada interval kedalaman 937-937.15 m dari data XRD sumur bor, komposisi mineral dalam pengamatan megaskropis adalah Diorite hornblende-biotit, mineral alterasi magnetit-biotit-chlorit-plagioklas, vein A kuarsa-anhidrit-feldspar-magnetit, mineral EDM berupa garis garis halus berisi biotit-magnetit-chalchopyrite-bornite. Terdapat beberapa mineral kunci dalam penggolongan grup mineralnya, yaitu adanya chlorit yang terbentuk pada zona outhterprophyllitic dan hadirnya mineral Plagioklas dan Feldspar, yang masuk kedalam zona innerprophyllitic. Mineral Magnetit dan Biotit yang merupakan himpunan dari Calk-Silikat Grup yang merupakan mineral penciri dari zona pottassic. Hasil dari Analisa secara megaskropis data bor Tania001 pada kedalaman 937-937.15 m dibawah permukaan bumi menunjukkan bahwa sampel tersebut masuk kedalam zona transisi dari zona pottasik ke outhterprophyllitic (Corbett dan Leach, 1998).

Dalam analisis data XRD sampel tersusun atas Albit (Ab) sebanyak 50.8% Quartz (Ku) sebanyak 27.7 %, Hornblende (Hb) 9.1%, Zeolit (zeo) 7.0 %, Epidot (ep) 4.7 %. Dari hasil Analisa XRD hanya ditemui grup mineral calk-silica, dari himpunan komposisi mineralnya sampel pada kedalman 937-937.15m masuk dalam zona Propilitik,

merupakan zona ubahan yang terbentuk pada pH netral hingga alkali dengan temperatur (<200°C- 300°C). Zona ini termasuk dalam zona transisi dari outer prophyllitic hal ini dibuktikan adanya mineral Albit dan Zeolit kemudian berkembang menjadi zona Inner Prophyllitic dimana ditunjukkan hadirnya mineral Epidote, jenis alterasi yang terjadi dengan menghasilkan kehadiran mineral-mineral seperti epidot, klorit, dan karbonat yang menggantikan komposisi mineral plagioklas serta hornblenda-biotit pada batuan. Terkadang dijumpai adanya kehadiran K-felspar seperti albit. Terjadi juga proses metasomatisme pada kandungan alkali- alkali tanah atau proses peluluhan (leaching) yang tidak berpengaruh (Corbett dan Leach, 1998).

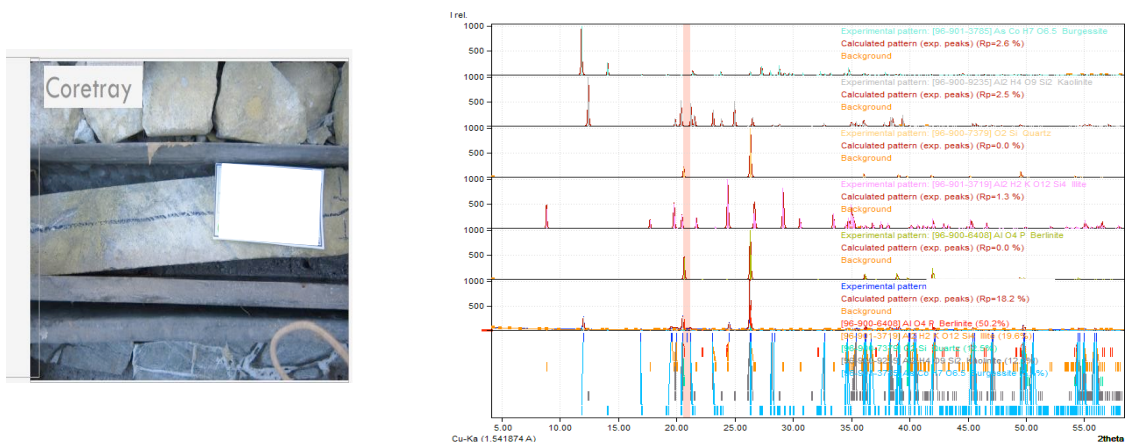


Gambar 3.3. Data Bor dan Hasil data XRD berupa grafik pada sampel bor kedalaman 943.2-943.35m

3.4. Perkembangan Illite (I) – Dickite (Dc)- Kaolinit (K)

Zona ini berkembang pada interval kedalaman 353.1-353.4 m dari data XRD sumur bor, komposisi mineral dalam pengamatan megaskropis adalah alterasi berupa silika-kaolinit-illite-dickite-pyrite dan urat malachite yang berbentuk irregular. Adanya kandungan mineral illite-Kuarsa-Kaolin-Dickite secara megaskropis pada sampel masuk dalam kategori grup I-K (illite-Kaolin), dimana masuk kedalam zona Argilik (Corbett dan Leach, 1998).

Dalam analisis data XRD sampel tersusun atas mineral Berlinite sebanyak 50.2 % kemudian kunci yaitu Illite (I) 19.6 % - Quartz (Q) 12.5 % - Kaolinit (K) 12.3 % serta mineral asesoris Burgessite sebanyak 5.4 %. Banyaknya kandungan mineral Berlinite sebanyak 50.2% dimana memiliki formula kimia AlO_4P hal ini mengindikasikan bahwa lokasi pemboran berdekatan dengan daerah gua, dimana biasanya lokasi-lokasi seperti gua ini banyak ditemukan kandungan Pospat. Kehadiran mineral Illite-Kaolin-Kuarsa dalam Analisa data XRD menunjukkan bahwa sampel bor pada kedalaman 353.1-353.4m dibawah permukaan bumi merupakan grup I-K yang merupakan intrusi mikrodiorit termasuk kedalam zona Argilik. Zona argilik merupakan suatu zona yang ditandai dengan pembentukan mineral lempung yang bertemperatur rendah seperti kalolinit dan illit. Temperatur pembentukan relatif rendah (<200°C-250°C) dengan pH 4-5 (Corbett dan Leach, 1998).



Gambar 3.4. Data Bor dan Hasil data XRD berupa grafik pada sampel bor kedalaman 353.1-353.4m

3.5. Petrogenesis Alterasi Hidrotermal Pada Data Bor tania001

Berdasarkan hasil dari interpretasi data bor tania001 secara megaskropis dan dari hasil Analisa data XRD didapatkan data bahwa pada kedalaman 1097.5-1097.65m terbentuk intrusi tonalit. Tonalit merupakan batuan beku

asam dengan tipe plutonik dan tergolong batuan beku asam, batuan ini juga terbentuk pada instruksi batholit bersamaan dengan pembentukan granit dan granodiorit sehingga tekstur dari Tonalit hampir mirip dengan tekstur granit sehingga disebut dengan tekstur granitic. Tonalit terdiri dari mineral utama yang mendominasi (essential mineral) adalah mineral kuarsa (> 20%) dan mineral feldspar (terdiri dari plagioklas dan K-feldspar (orthoklas dan mikroklin). Jadi proses pembentukan pada awalnya adalah mineral utama terbentuk terlebih dahulu beserta mineral aksesori khas di dalam kerak bumi. Dalam tabel klasifikasi batuan beku menurut Russel B. Travis tonalit bisa disebut dengan diorite kuarsa. Mineral Aksesori khas dari batu ini adalah terdiri dari Hornblend, Biotit dan sedikit Pyroxene (berjenis Augit) jumlah kedapatan mereka tidak lebih dari 10% pada batu ini. Setelah itu terbentuk mineral aksesori minor yang kedapatannya kurang dari 10 % yaitu Allanit, Apatit, Zirkon, Magnetit dan Titanite. Pada batuan ini kedapatan mineral plagioklas lebih dominan dari seluruh jumlah feldspar yaitu >2/3 dari total feldspar dan jumlah K-Feldspar < 10% Total Feldspar dan kedapatan kuarsanya tinggi yaitu lebih dari 20 % (> 20%). Sehingga warna dari batuan ini tergolong lebih dominan cerah, sedangkan warna sedikit gelap adalah merupakan hasil dari kenampakan mineral aksesori penyerta Hornblend, Biotit dan sedikit Pyroxene (berjenis Augit). Penambahan kandungan Pottash atau bertambahnya komposisi mineral K-feldspar menunjukkan bahwa pada system subduksi daerah penelitian mengalami perubahan dimana kedalamannya semakin bertambah seiring bertomposisi K-feldspar.

Dari hasil Analisa megaskropis data bor ditemui mineral Feldspar, Biotit, Magnetit, Plagioklas, dan kalkopyrite. Sedangkan pada hasil analisis data XRD ditemui mineral Feldspar (Fd) 43.50%, Quartz (Q) 22.70%, Biotit (Bio) 16.30%, Epidote (Ep) 12.80%, Actionolite (Act) 4.80%. Dari hasil kedua analisis tersebut didapatkan perkembangan mineralnya actionolit-biotit-Magnetit-feldspar- Epidote, perkembangan mineral ini juga menunjukkan bahwa titik bor ini berada dalam zona transisi dari zona pottasik ke zona propilitik dalam. Adanya kandungan actionolit 4.8%, biotit 16.30%, dan magnetit merupakan mineral penciri dari zona pottasik. Dan adanya Feldspar (Fd) sebanyak 43.50% menunjukkan bahwa zona ini berkembang menjadi zona propilitik dalam, sehingga data bor pada kedalaman 1097.5-1097.65m merupakan zona transisi pottasik ke zona propilitik dalam (Corbett dan Leach, 1998).

Pada kedalaman 943.2-953.35m ditemukannya intrusi mikrodiorit, mikrodiorit ini sendiri secara petrologi memiliki kandungan mineral yang sama dengan diorite, dimana perbedaan antara kedua intrusi ini terletak pada struktur mineral yang terbentuk. Proses pembentukan diorit adalah batuan beku berbutir kasar, sedang mikrodiorit ukuran mineralnya kecil-kecil. Dari hasil analisis data XRD ditemui mineral Kuarsa 60.4% albit 25.30%, Zeolit 13.1% dan chlorit 1.1%, serta pada megaskropis ditemui magnetit dan biotit. Dengan komposisi mineral magnetit dan biotit yang merupakan penciri dari zona pottasik, dan mineral albit, zeolite, dan chlorit yang menunjukkan zona innerprophyllitic. Berdasarkan besar kandungan mineralnya bahwa mineral dalam zona innerprophyllitic memiliki presentase yang besar sehingga kemungkinan terbesar adalah sampel bor pada kedalaman ini berada dalam zona innerprophyllitic (Corbett dan Leach, 1998).

Pada kedalaman 937-937.15 ditemukannya intrusi diorite, diorit merupakan batuan beku berbutir kasar, dengan komposisi menengah antara granit dan gabbro. Mereka terutama terdiri dari plagioklas, amfibol dan piroksen dengan jumlah biotit dan kuarsa yang berkurang. Varietas miskin dalam amphibole (hornblende) dan piroksen didefinisikan sebagai leucodiorites. Pada hasil Analisa data XRD ditemui mineral albit 50.8%, kuarsa 27.7%, hornblende 9.1%, epidote 5.3%, serta pada Analisa megaskropisnya ditemui chlorit, kuarsa, feldspar, anhidrit, biotit, plagioklas. Hadirnya mineral-mineral seperti epidot, klorit, dan karbonat yang menggantikan komposisi mineral plagioklas serta hornblende-biotit pada batuan

Pada kedalaman 353.1-353.4 m ditemukannya intrusi mikrodiorit, yang mana masih merupakan satu intrusi dari intrusi sebelumnya, dimana pada sampel ini suhu dan tekanan lebih rendah dari pada intrusi yang terjadi dalam kedalaman 943.2-953.35m. Pada Analisa data XRD ditemui illite 19.6%, kuarsa 12.5%, kaolin 12.3% dan mineral berlinite sebanyak 50.2%. Serta pada Analisa megaskropisnya mengandung feldspar, biotit, magnetit, plagioklas, kalkopyrite. Adanya feldspar-Epidote-actionolit-biotit-Magnetit dimana mineral ini merupakan mineral penciri bahwa sampel bor berada dalam zona alterasi argillic. Adanya mineral berlinite sebanyak 50.2% dimana mineral ini mencirikan bahwa lokasi bor dulunya dekat dengan daerah gua. Hal ini didukung dari data bor sebelumnya bahwa dengan hadirnya mineral dari zona outerprophyllitic berupa chlorit dan epidote menunjukkan bahwa lokasi bor dekat dengan daerah yang kandungan karbonatnya meningkat.

Tabel 3.5 Hasil Analisa Data Bor Tania001 Pada Kedalaman Tertentu Berdasarkan Analisa Komposisi Mineral Baik Secara Megaskropis Dan Analisa Data XRD

Kedalaman	Litologi	Kandungan Mineral (megaskropis)	Komposisi Mineral (XRD)	Presentase (XRD)	Perkembangan Mineral Alterasi	Zona Alterasi	Suhu (0C)
353.1-353.4	Mikrodiorit	Kaolin	Illite (I)	19.60%	dickite- kaolin-	Argillic	200-
		Illite	Quartz (Q)	12.50%	illite		250

937-937.15	Diorit	Dickite	Kaolin (kao)	12.30%	Chlorit-zeolite-epidote-biotit-magnetit	outerprophyllitic - innerprophyllitic	200-300
		Biotit	Albit (Ab)	50.80%			
		Magnetit	Kuarsa (Q)	27.70%			
		Chlorit	Hornblende (Hb)	9.10%			
		Plagioklas	Zeolit (zeo)	7%			
		Kuarsa	Epidote (Ep)	5.30%			
		Anhidrit	-	-			
		feldspar	-	-			
943.2-953.35	Mikrodiorit	Chlorit	Quartz (Q)	60.40%	chlorit-Zeolit-albit-biotit-magnetit	innerprophyllitic	200-300
		Pyrite	Albit (Ab)	25.30%			
		Magnetit	Zeolite (Zeo)	13.10%			
		Biotit	Chlorite (Ch)	1.10%			
		kuarsa	-	-			
		pyrite	-	-			
		Feldspar	Feldspar (Fd)	43.50%			
		Biotit	Quartz (Q)	22.70%			
1097.5-1097.65	Tonalit	Magnetit	Biotit (Bio)	16.30%	feldspar-Epidote-actinolit-biotit-Magnetit	innerprophyllitic - pottassic	300-350
		Plagioklas	Epidote (Ep)	12.80%			
		kalkopyrite	Actionoliy (Act)	4.80%			

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil interpretasi dari dua metode yaitu Analisa Data Bor Tania001 secara megaskropis dan Analisa Data Bor Tania001 berdasarkan Data XRD. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Intrusi pertama kali yang terbentuk adalah tonalit pada kedalaman 1097.5-1097.65m yang mana merupakan zona transisi antara innerprophyllitic-pottassic tersusun atas mineral feldspar- botit-epidote-actionolit.
2. Pada kedalaman 943.2-953.35m terbentuk intrusi mikrodiorit yang berada pada zona innerprophyllitic dimana dibuktikan dengan hadirnya mineral penciri kuarsa-albit-zeolite-chlorit.
3. Pada kedalaman 943.2-953.35m tersusun atas Diorit, berada dalam zona transisi dari innerprophyllitic sampai outhterprophyllitic, hal ini ditunjukkan adanya mineral penciri kuarsa-albit-zeolite-chlorit pada hasil analisis.
4. Pada kedalaman terdangkal dari data bor Tania001 353.1-353.4m merupakan bagian dari intrusi sebelumnya pada kedalaman 943.2-953.35m berupa mikrodiorit. Hal ini terjadi adanya perbedaan suhu dan tekanan yang semakin kepermukaan suhu dan tekanan berkurang. Pada sampel bor ini tersusun atas mineral penciri illite-dickite -kaolin, hal ini menunjukkan pada kedalaman tersebut termasuk kedalam zona argillic. (Corbett dan Leach (1998).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Program Studi Teknik Geologi yang telah memfasilitasi dalam melakukan penelitian ini, dan terimakasih kepada Bapak Oky Verdiansyah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang memberikan masukan serta saran dalam penulisan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alimin, A., Maryono, M., & Putri, S. E. (2016). Analisis kandungan mineral pasir pantai Losari kota Makassar menggunakan XRF dan XRD. *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia dan Pendidikan Kimia*, 17(2), 19-23.

- [2] Browne, P.R.L. 1991. Hydrothermal Alteration And Geothermal Systems. The University Of Auckland. Auckland
- [3] Concepts For The Exploration Geologist, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 709 Hal.
- [4] Corbett, G.J Dan Leach T.M. 1998. Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, And Mineralization. Sydney – New Zealand.
- [5] Giggenbach, W. F. (1997). The Origin And Evolution Of Fluids In Magmatic- Hydrothermal System (3rd Ed.). John Wiley & Sons, Inc. New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto.
- [6] Hedenquist, J. W., Arribas, A. R., Dan Urien E. G. (2000). Exploration For Epithermal Gold Deposits. Economic Geology. Vol. 13 P. 245-277.
- [7] Hedervari, P., 1963. On The Energy And Magnitude Of Volcanic Eruptions. Bull. Volcanol. Tome XXI, H. 373-384.
- [8] Krisnawan, A. (2009). Karakterisasi sampel paduan magnesium jenis AZ91D dengan berbagai variasi waktu milling menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) dan X-RAY Difraction (XRD).
- [9] Lowell, J.D. Dan Guilbert, J.M. 1970. Lateral And Vertical Alteration Mineralization
- [10] Mamudi, Wahyuningsih, Muh Altin Massinai, And Dahlang Tahir. (2012). "Analisis Pola Penyebaran Unsur Logam Batuan Di Aliran Sungai Jeneberang Hilir Menggunakan Metode Xrf (X-Ray Fluorescence)–Xrd (X-Ray Difraction)."
- [11] Munasir, M., Triwikantoro, T., Zainuri, M., & Darminto, D. (2012). Uji XRD dan XRF pada bahan mineral (batuan dan pasir) sebagai sumber material cerdas (CaCO₃ dan SiO₂). Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA), 2(1), 20-29.
- [12] Pirajno, F., 1992, Hydrothermal Mineral Deposits, Principles And Fundamental
- [13] Robb. L. 2005. Introduction To Ore-Forming Process. UK. Blackwell Publishing Company
- [14] Sillitoe, R.H. 2010. Porphyry Copper Systems. London, England. SEG
- [15] Sudrajat A., S.Andi Mangga., Dan N. Suwarna, 1998, Peta Geologi Lembar Sumbawa, Nusa Tenggara Barat Sekala 1 : 250.000, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [16] White, N.C., Leake, M.J., Mccaughy, S.N. And Parris, B.W., 1995, Epithermal Deposits Of The Southwest Pacific: Journal Of Geochemical Exploration, V. 54, P. 87-136
- [17] Zoning In Porphyry Ore Deposits: Economic Geology. Volume Ke-65. Mackenzie W.S., Dan Guilford, C. (1980). Atlas Of Rock-Forming Minerals In Thin Section, Longman. London P98. Casadei D, Serra G, Tani K. Implementation of a Direct Control Algorithm for Induction Motors Based on Discrete Space Vector Modulation. *IEEE Transactions on Power Electronics*. 2007; 15(4): 769-777. (in this case Vol.15, Issues 4, and page 769-777)