

Penggunaan Metoda Difraksi Sinar X dalam Menganalisa Kandungan Mineral Pada Batuan Ultra Basa Kalimantan Selatan

Sudarningsih dan Fahrudin

Abstrak: Kalimantan Selatan mempunyai potensi batuan ultrabasa yang cukup besar, sekitar 11 milyar ton yang tersebar pada lokasi Batulicin, Kelumpang Tengah, Pulau Sewangi dan Pulau Sebuku. Sebaran batuan ultra basa di Indonesia cukup luas, mulai dari Aceh, Sumatra Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah, NTT, Maluku, Irian Jaya Barat dan Papua. Luas sebaran seluruhnya mencapai 3 juta hektar. Dari sekian banyak sebaran batuan ultrabasa, diantaranya yang dekat aksesibilitasnya dengan aktifitas manusia (kota) adalah sebaran batuan ultrabasa di daerah Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah dan Papua. Pada umumnya batuan ultrabasa di tiap daerah terbentuknya memiliki komposisi mineral/kimianya yang tidak sama. Pengujian mineralogi dengan metoda difraksi sinar X (X-ray diffraction, XRD), di mana sebagian bahan batuan dianalisa untuk melihat komposisi unsurnya. Hasil analisa dengan menggunakan difraksi sinar X diketahui bahwa kandungan yang terdapat pada batuan ultrabasa (peridotit) ini adalah Ca (Mg, Fe) Si₂O₆; Na, Fe (Si₂O₆) ; Mg₃ Si₂ O₅ (OH)₄ (serpentine). Jika ditinjau dari faktor skala, maka urutan senyawa yang terkandung pada batuan ini adalah sebagai berikut: Na, Fe (Si₂O₆) dengan 0,997 faktor skala; Mg₃ Si₂ O₅ (OH)₄ dengan faktor skala 0,878 dan Ca (Mg, Fe) Si₂O₆ dengan faktor skala 0,813.

Kata Kunci: batuan, ultrabasa, difraksi sinar X

PENDAHULUAN

Sebaran batuan ultra basa di Indonesia cukup luas, mulai dari Aceh, Sumatra Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah, NTT, Maluku, Irian Jaya Barat dan Papua. Luas sebaran seluruhnya mencapai 3 juta hektar. Dari sekian banyak sebaran batuan ultrabasa, diantaranya yang dekat aksesibilitasnya dengan aktifitas manusia (kota) adalah sebaran batuan ultrabasa di daerah

Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah dan Papua (Hamano, 1990).

Selama ini batuan ultrabasa digolongkan (digunakan) sebagai bahan galian bangunan, untuk dapat digunakan sebagai bahan galian bangunan batuan ultrabasa harus memenuhi spesifikasi batuan untuk bangunan diantaranya harus memiliki kuat tekan tertentu. Kontroversinya batuan ultrabasa mengandung mineral-mineral yang

mudah lapuk hal tersebut mempengaruhi terhadap sifat fisik batuan terutama kuat tekannya menjadi rendah dan rapuh sehingga tidak dapat digunakan sebagai bahan galian bangunan untuk konstruksi, paling digunakan sebagai tanah urug. Sebagian besar batuan ultrabasa di Indonesia adalah batuan peridotit yang sebagian telah mengalami serpentinisasi

Peridotit adalah batuan beku berukuran butir menengah, berwarna gelap, mengandung sedikitnya 10 persen olivine, besi dan mineral yang kaya akan magnesium (biasanya pyroxenes), dan tidak lebih dari 10 persen feldspar. Secara umum peridotit memiliki rumus kimia $(Mg,Fe)_2SiO_4$.

DAFTAR PUSTAKA

Batuan Ultra Basa

Kajian ini dilatarbelakangi bahwa daerah Kalimantan Selatan mempunyai potensi batuan ultrabasa yang cukup besar, sekitar 11 milyar ton yang tersebar pada lokasi Batulicin, Kelumpang Tengah, Pulau Sewangi dan Pulau Sebuku (www.kalselprov.go.id). Sebaran batuan ultra basa di Indonesia cukup luas, mulai dari Aceh, Sumatra Barat, Kalimantan Selatan,

Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah, NTT, Maluku, Irian Jaya Barat dan Papua. Luas sebaran seluruhnya mencapai 3 juta hektar. Dari sekian banyak sebaran batuan ultrabasa, diantaranya yang dekat aksesibilitasnya dengan aktifitas manusia (kota) adalah sebaran batuan ultrabasa di daerah Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah dan Papua (Tim Kajian Ultrabasa Kelompok Program Penelitian Mineral Sari, 2006).

Batuan ultrabasa adalah batuan beku yang kandungan silikanya rendah (< 45%), kandungan MgO > 18 %, tinggi akan kandungan FeO, rendah akan kandungan kalium dan umumnya kandungan mineral mafiknya lebih dari 90%. Batuan ultrabasa umumnya terdapat sebagai opiolit. Kelompok batuan peridotite terdiri dari:

- Dunite – terdiri dari olivine, dengan sedikit kandungan enstatite pyroxene dan chromite.
- Harzburgite – terdiri dari olivine, enstatite, dan sedikit chromite.
- Lherzolite – terdiri dari olivine, enstatite, diopside, serta sedikit chromite dan atau pyrope garnet.

- Pyroxenite – terdiri dari orthopyroxene dan atau clinopyroxene, dengan sejumlah kecil kandungan olivine, garnet, dan spinel.

Pada umumnya batuan ultra basa ditiap daerah terbentuknya memiliki komposisi mineral/kimianya yang tidak sama. Untuk daerah Sumatera Barat batuan ultrabasanya mengandung MgO = 30–37% (Kompas, 23 Februari 2003) dan Sulawesi mengandung MgO 37,90–40,77% disamping mineral-mineral yang lain seperti SiO₂; Al₂O₃; Fe₂O₃; CaO; MgO; Na₂O dan lainnya. (Tim Kajian Ultrabasa Kelompok Program Penelitian Mineral Sari, 2006).

Mineral

Mineral adalah senyawa alami yang terbentuk melalui proses geologis. Istilah mineral termasuk tidak hanya bahan komposisi kimia tetapi juga struktur mineral. Mineral termasuk dalam komposisi unsur murni dan garam sederhana sampai silikat yang sangat kompleks dengan ribuan bentuk yang diketahui (senyawaan organik biasanya tidak termasuk). Ilmu yang mempelajari mineral disebut mineralogi.

Agar dapat diklasifikasikan sebagai mineral sejati, senyawa

tersebut haruslah berupa padatan dan memiliki struktur kristal. Senyawa ini juga harus terbentuk secara alami dan memiliki komposisi kimia yang tertentu. Definisi sebelumnya tidak memasukkan senyawa seperti mineral yang berasal dari turunan senyawa organik. Bagaimanapun juga, pada tahun 1995 the International Mineralogical Association telah mengajukan definisi baru tentang definisi material: “Mineral adalah suatu unsur atau senyawa yang dalam keadaan normalnya memiliki unsur kristal dan terbentuk dari hasil proses geologi.”

Klasifikasi modern telah mengikutsertakan kelas organik kedalam daftar mineral, seperti skema klasifikasi yang diajukan oleh Dana dan Strunz. Metoda difraksi sinar x merupakan metoda non magnetik yang dapat memberi informasi tentang jenis mineral yang terdapat dalam suatu bahan.

Difraksi Sinar X

Mata manusia peka terhadap cahaya, yang panjang gelombang rata-rata $\lambda = 600$ nm. Panjang gelombang ini jauh lebih besar daripada jarak tetangga terdekat atau jarak pisah rata-rata j dua atom

kristal yang ordenya (1-10) Å atau (0,1-1) nm, oleh sebab itu mata kita tidak bisa melihat secara terpisah kedua atom tersebut. Agar dua atom bertetangga dapat diresolusikan haruslah $\lambda \sim j$, berarti panjang gelombang yang digunakan harus berorde Å.

Untuk dapat melihat susunan atom di dalam kristal, haruslah kita menggunakan partikel yang panjang gelombang de Broglie-nya $\sim 1\text{Å}$. Partikel itu dapat kita bayangkan diantaranya:

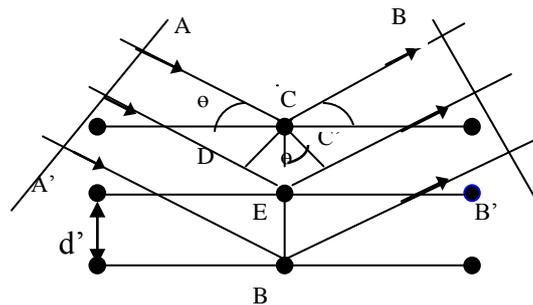
- a. Neutron yang dibangkitkan reaktor dengan energi $\cong 0,86$ eV yang disebut neutron termal.
- b. Elektron dengan energi $\cong 144$ eV seperti yang digunakan dalam mikroskop elektron.
- c. Gelombang elektromagnetik (foton) dengan energi penyinaran sebesar 12,3 keV, untuk ini harus dipakai sinar-X yang berenergi puluhan keV.

Sinar-X dibangkitkan dalam tabung sinar-X. Elektron keluar dari katoda lalu dipercepat oleh sumber tegangan tinggi di dalam vakum anoda berupa logam, setelah ditumbuk elektron mengeluarkan sinar-X. Dua hal yang terjadi di dalam atom logam anoda (Cu, Fe atau Ni) itu:

- a. Terjadi radiasi Bremsstrahlung, dimana elektron yang mendekati anoda, berinteraksi dengan atom-atom bahan anoda, tepatnya dengan elektron luar atom itu. Ia mengalami perlambatan, karena mengeluarkan radiasi. Menurut teori Erlensmeyer I (10 menit) = m : setiap muatan yang mengalami percepatan atau perlambatan mengeluarkan radiasi. Radiasi ini beraneka ragam panjang gelombangnya, karena proses bremsstrahlung dapat dialami elektron berulang-kali. Maka spektrum radiasi ini bersifat kontinu.
- b. Elektron yang mendekati atom di dalam anoda berinteraksi dengan elektron dalam (misalnya elektron kulit K) atom tersebut, berupa tumbukan tak kenyal sempurna, dengan akibat elektron K terlepas dari kulitnya. Atom tertinggal dalam keadaan bereksitasi, yang tidak merupakan keadaan yang stabil. Maka terjadilah (dalam waktu sekitar 10^{-8} detik) pengisian kekosongan itu oleh elektron dari kulit-kulit yang lebih luar. Perpindahan elektron dari kulit luar ke kulit yang lebih dalam disertai pancaran radiasi dengan

panjang gelombang tertentu: radiasi diskret. Intensitas radiasi ini tergantung pada kemungkinan transisi yang bersangkutan dapat terjadi makin besar kemungkinannya, makin besar intensitasnya.

Metoda difraksi sinar x merupakan metoda non magnetik yang dapat memberi informasi tentang jenis mineral yang terdapat dalam suatu bahan. Proses difraksi sinar x dapat dijelaskan melalui gambar berikut ini:



Gambar 1. Difraksi Sinar-X dari Kristal

Interaksi antara gelombang datar dengan struktur yang periodik menghasilkan pelengkungan (difraksi) dari lintasan gelombang. Dalam arah-arrah tertentu terjadi interferensi konstruktif dan dalam arah lain terjadi interferensi destruktif. Dengan mempelajari pola difraksi ini dapat diketahui struktur periodik dari kristal yang disinari dengan suatu berkas gelombang datar.

Parameter n dinyatakan sebagai orde refleksi dan parameter untuk beda lintasan, yang dikenal dengan bilangan gelombang diantara hamburan gelombang oleh bidang yang berdekatan pada atom.

Refleksi orde pertama terjadi jika $n = 1$ dan gelombang terhambur gelombang datang mempunyai beda lintasan satu panjang gelombang. Untuk $n > 1$ disebut refleksi orde tinggi. Sehingga dapat ditulis :

$$\lambda = 2 \frac{d'}{n} \sin \theta$$

d' berhubungan dengan jarak antara bidang (hkl) dan d'/n berhubungan dengan jarak antara bidang (nhknl). Orde refleksi tertinggi dianggap sebagai orde refleksi pertama dari ruang bidang pada jarak $1/n$ dari jarak awal. Dengan mengganti $d = d'/n$ kita dapat menuliskan hukum Bragg menjadi : $\lambda = 2d \sin \theta$

METODOLOGI

Sampel dianalisa dengan menggunakan metoda difraksi Sinar X. Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang mineral-mineral penyusun batuan. Tiap-tiap sampel kemudian diambil 10 gram, dihaluskan dengan ulekan porselin. Kemudian tiap-tiap sampel tersebut dimasukkan dan dipadatkan dalam holder yang telah disediakan, sehingga siap untuk dianalisis X-RD.

Dalam penelitian ini dipakai sinar-X monokromatik dengan target Cu yang panjang gelombang karakteristiknya: $\text{Cu } K\alpha_1 = 1.54433 \text{ \AA}$ dan $\text{Cu } K\alpha_2 = 1.54051 \text{ \AA}$ (Bardsley, 1979). Filter Nikel (Ni) digunakan untuk menyeleksi panjang gelombang tersebut. Tegangan yang digunakan dalam penelitian 30KV dan arus sebesar 30 mA.

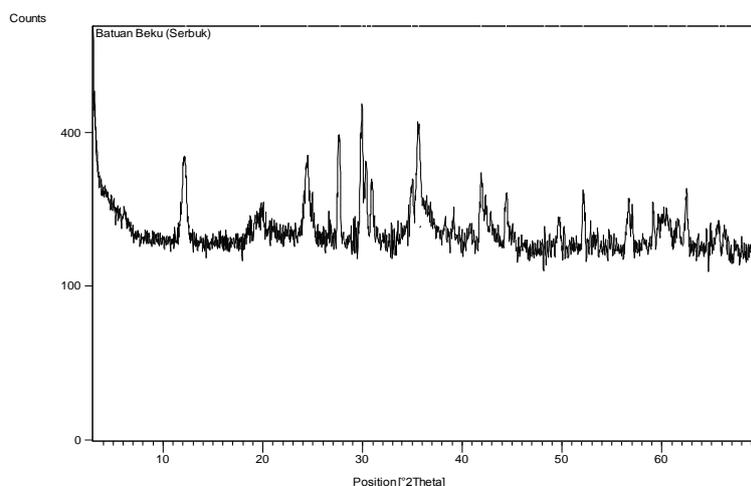
Untuk menghasilkan data X-RD dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Meletakkan holder yang berisi material penelitian pada pusat goniometer dan diradiasi dengan sinar-X yang dipancarkan dari tabung sinar-X. Spektrum difraksi sinar-X dideteksi oleh detektor dan data difraksi dicatat oleh komputer.

- b. Mentera sudut difraksi (2θ) mulai dari 6.000 sampai dengan 59.900 dengan step 0.10 dan waktu pencacahan setiap langkah selama 4 detik yang menghasilkan intensitas sinar-X dari material penelitian yang direkam oleh komputer.
- c. Menggambar pola difraksi berdasarkan data yang diperoleh dari file data dengan program Ms excel sehingga jelas terlihat puncak-puncak hasil difraksi dari sampel.
- d. Jarak antar bidang dapat ditentukan dari sudut difraksi intensitas tertinggi dan panjang gelombang sinar-X dengan menggunakan Hukum Bragg dalam software komputer sehingga langsung didapatkan jenis unsur yang terdapat dalam sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel batuan ultrabasa (peridotit) dianalisa dengan menggunakan metoda difraksi sinar X mendapatkan hasil seperti pada grafik hasil analisa X-RD menunjukkan adanya mineral-mineral pada Gambar 2. Puncak-puncak pada grafik di atas jika diterjemahkan berdasarkan skala pada Tabel 1.



Gambar 2. Grafik puncak-puncak difraksi pada keadaan 2 Theta

Tabel 1. Puncak-puncak pada grafik yang diterjemahkan berdasarkan skala

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	Tip width [°2Th.]	Matched by
12.2548	143.08	0.2448	7.21661	46.05	0.2938	00-052-1572
19.7080	30.51	0.9792	4.50103	9.82	1.1750	00-024-0203
24.4166	153.22	0.4080	3.64265	49.31	0.4896	01-071-1066; 00-052-1572
27.6840	210.29	0.1224	3.21970	67.68	0.1469	00-024-0203
29.9201	310.73	0.1224	2.98397	100.00	0.1469	00-024-0203; 01-071-1066
30.3362	157.85	0.1632	2.94399	50.80	0.1958	00-024-0203
30.8686	118.11	0.2448	2.89441	38.01	0.2938	00-024-0203; 01-071-1066
34.9781	87.22	0.2448	2.56319	28.07	0.2938	00-024-0203; 01-071-1066; 00-052-1572
35.6331	222.17	0.4080	2.51756	71.50	0.4896	00-024-0203; 01-071-1066; 00-052-1572
41.9268	129.91	0.2040	2.15305	41.81	0.2448	00-024-0203; 00-052-1572
44.4017	90.43	0.3264	2.03861	29.10	0.3917	00-024-0203; 01-071-1066
48.2781	33.79	0.1224	1.88359	10.88	0.1469	01-071-1066
49.7920	43.49	0.3672	1.82981	14.00	0.4406	00-024-0203; 01-071-1066; 00-052-1572
52.0766	83.58	0.2040	1.75478	26.90	0.2448	00-024-0203; 00-052-1572
56.6659	86.37	0.2448	1.62307	27.80	0.2938	00-024-0203
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	Tip width [°2Th.]	Matched by
59.1331	78.56	0.1632	1.56110	25.28	0.1958	00-024-0203; 01-071-1066; 00-052-1572
60.6459	46.63	0.8160	1.52573	15.01	0.9792	00-024-0203; 01-071-1066; 00-052-1572
62.4522	102.71	0.1632	1.48587	33.06	0.1958	00-024-0203; 01-071-1066
65.6828	42.47	0.4080	1.42039	13.67	0.4896	00-024-0203; 01-071-1066
66.3753	28.59	0.3264	1.40724	9.20	0.3917	00-024-0203; 01-071-1066

Tabel 2. Hasil identifikasi puncak-puncak pada grafik

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	00-024-0203	53	Augite	0.000	0.813	Ca (Mg , Fe) Si ₂ O ₆
*	01-071-1066	16	sodium iron(III) catena-silicate	0.000	0.997	Na Fe (Si ₂ O ₆)
*	00-052-1572	33	Antigorite	0.000	0.878	Mg ₃ Si ₂ O ₅ (O H) ₄

Pengujian mineralogi dengan metoda difraksi sinar X (X-ray diffraction, XRD), dimana sebagian bahan batuan dianalisa untuk melihat komposisi unsumnya.

Hasil analisa dengan menggunakan difraksi sinar X diketahui bahwa kandungan yang terdapat pada batuan ultrabasa (peridotit) ini adalah Ca (Mg, Fe) Si₂O₆; Na, Fe (Si₂O₆) ; Mg₃ Si₂ O₅ (OH)₄ (serpentine). Jika ditinjau dari faktor skala, maka urutan senyawa yang terkandung pada batuan ini adalah sebagai berikut: Na, Fe (Si₂O₆) dengan 0,997 faktor skala; Mg₃ Si₂ O₅ (OH)₄ dengan faktor skala 0,878 dan Ca (Mg, Fe) Si₂O₆ dengan faktor skala 0,813.

Pada umumnya batuan ultrabasa ditiap daerah terbentuknya memiliki komposisi mineral/kimianya yang tidak sama. Untuk daerah Sumatera Barat batuan ultrabasanya mengandung MgO = 30 – 37% (Kompas, 23 Februari 2003) dan

Sulawesi mengandung MgO 37,90 – 40,77% disamping mineral-mineral yang lain seperti SiO₂; Al₂O₃; Fe₂O₃; CaO; MgO; Na₂O dan lainnya. (Tim Kajian Ultrabasa Kelompok Program Penelitian Mineral Sari, 2006). Sementara hasil penelitian di daerah Sulawesi (Barru dan Pangkep), kandungan yang dimiliki batuan ultrabasanya adalah Mg₃ Si₂ O₅ (OH)₄ (serpentine) dan Mg₂SiO₄ (olivine) (Abd. Fatah Y dkk, 2007).

Penggunaan batuan ultrabasa untuk saat ini dapat dijadikan sebagai perangkap gas CO₂. Perangkap gas CO₂ adalah suatu proses mencegah gas CO₂ terlepas ke atmosfer dengan menggunakan teknik penyimpanan tertentu sehingga gas CO₂ aman terperangkap dalam bentuk dan lokasi tertentu dalam waktu lama sesuai umur geologi. Fungsi dari perangkap gas CO₂ adalah mencegah terlepasnya gas CO₂ hasil pembakaran bahan bakar fosil

ke udara (atmosfir) (Abd. Fatah Y dkk, 2007).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Hasil analisa dengan menggunakan difraksi sinar X diketahui bahwa kandungan yang terdapat pada batuan ultrabasa (peridotit) ini adalah $\text{Ca (Mg, Fe) Si}_2\text{O}_6$; Na, Fe (Si_2O_6) ; $\text{Mg}_3 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$ (serpentine).
2. Dari faktor skala, maka urutan senyawa yang terkandung pada batuan ini adalah sebagai berikut: Na, Fe (Si_2O_6) dengan 0,997 faktor skala; $\text{Mg}_3 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$ dengan faktor skala 0,878 dan $\text{Ca (Mg, Fe) Si}_2\text{O}_6$ dengan faktor skala 0,813.
3. Penggunaan batuan ultrabasa untuk saat ini dapat dijadikan sebagai perangkap gas CO_2 .

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Fatah Yusuf, dkk, 2007, Penelitian Batuan Ultrabasa di Kabupatenarru dan Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan, Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan, Pusat Sumber Daya Geologi

Hamano, Y., M.M. Bina, and K. Krammer, 1990, Paleomagnetism of the serpentinized peridotite from Ocean Drill. Program Hole 670A, Proc. ODP. Sci. Results, 106/109, 257-262,.

Kikawa, E., P. R. Kelso, J. E. Pariso, and C. Richter, 1996, Paleomagnetism of gabbroic rocks and peridotites from sites 894 and 895, Leg 147, Hess Deep: Results of half-core measurements, Proc. Ocean Drill. Program Sci. Results, 147, 383-391,

Krisnogroho, P.A, 2006, Laporan Praktikum Petrologi, Teknik Pertambangan UNLAM, Banjarbaru

Magetsari Noor A. dkk, 2003, Catatan Kuliah Geologi Fisik, Departemen Teknik Geologi ITB, Bandung.

Tim Kajian Ultrabasa Kelompok Program Penelitian Mineral Sari, 2006, Kajian Potensi Batuan Ultrabasa Di Daerah Provinsi Sulawesi Selatan Untuk Menanggulangi Emisi Karbon Dioksida. Proceeding Pemaparan Hasil-Hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan, Pusat Sumber Daya Geologi

www.lfremer.fr / Serpentine 2007 / Mathilde Cannat

www.kalselprov.go.id