

RINGKASAN

Pemerintah Indonesia dalam beberapa tahun terakhir sangat perhatian terhadap pengelolaan mineral-mineral kritis, termasuk di antaranya adalah timbal (Pb), seng (Zn), tembaga (Cu), perak (Ag), antimoni (Sb), bismut (Bi) dan kadmium (Cd). Pada tahun 2023, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menetapkan 47 jenis komoditas tambang yang tergolong dalam klasifikasi mineral kritis. Berdasarkan perkiraan konsumsi logam dasar (Pb, Zn), seiring dengan meningkatnya PDB (Produk Domestik Bruto dalam USD perkapita pertahun), maka konsumsi (kg/kapita/tahun) dari logam tersebut juga akan meningkat. Maka dilakukanlah analisis secara spesifik karakteristik mineralogi dan geokimia endapan skarn Pb-Zn dalam hal ini untuk melihat potensi Pb dan Zn sebagai *main-product*, serta keberadaan unsur-unsur mineral kritis sebagai *by-product*. Dalam penelitian ini digunakan metode analisis petrografi dan mineragrafi, *inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* (ICP-MS) (*bulk density*) dan *Electron Micro Probe Analyzer* (EPMA).

Karakteristik mineralisasi pada daerah skarn Pb-Zn Sukabumi, kehadiran oleh mineral kalk-silikat seperti garnet dan piroksen yang terdapat pada skarn *prograde*, sedangkan pada skarn *retrograde* direpresentasikan dengan kehadiran kalsit. Mineralisasi bijih dikarakterisasi oleh kehadiran galena (PbS), sfalerit (ZnS), kalkopirit (CuFeS₂) dan pirit (FeS₂) yang terbentuk pada batugamping yang mengalami proses skarnisasi. Karakterisasi geokimia bijih (*bulk density*) menunjukkan kadar rata-rata 5,50 wt.% Pb, 9,86 wt.% Zn, 15,68 wt.% Pb+Zn, 0,12 wt.% Cu, 4,07 ppm Ag, 13,27 ppm Sb, 242,18 ppm Bi, dan 33,98 ppm Cd. Pada analisis semi-kuantitatif mineral galena terdapat kandungan Pb rerata adalah 85,724 wt.%, S 13,040 wt.% dengan rerata mineral kritis 0,159 wt.% Ag dapat disebutkan dengan *argentiferous galena* (galena yang kaya akan perak) dan 0,129 wt.% Cd. Sfalerit kadar rerata Zn 53,574 wt.%, S 32,825 wt.% dengan kadar rerata Fe 12,395 wt.% yang tinggi dapat disebut sebagai *iron-rich sphalerite*. Kalkopirit menunjukkan kadar rerata Cu 33,716 wt.%, Fe 30,176 wt.%, S 34,048 wt.%. Pirit menunjukkan kadar rerata Fe 46,637 wt.% dan S 52,924 wt dengan Bi tidak ditemukan karena di bawah batas deteksi.

Korelasi positif galena antara Pb, Ag, dan Sb menunjukkan substitusi ekstensif Ag dan Sb dalam struktur kristal galena, dan korelasi antara Zn dan Cd dalam sfalerit menunjukkan bahwa Cd biasanya menggantikan Zn dalam struktur sfalerit, terutama dalam kondisi pembentukan yang kaya dengan Cd. Implikasi penelitian ini menunjukkan potensi tambahan nilai ekonomi dari mineral kritis dalam skarn Pb-Zn yang sebelumnya diabaikan seperti kadar 0,159 wt.% Ag dan 0,129 wt.% di dalam galena, serta kadar 0,279 wt.% Cd di dalam sfalerit Sukabumi berpotensi menjadi sumber cadangan kritis.

SUMMARY

The Indonesian government in recent years has been very concerned about the management of critical minerals, including lead (Pb), zinc (Zn), copper (Cu), silver (Ag), antimony (Sb), bismuth (Bi) and cadmium (Cd). In 2023, the Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM) determined 47 types of mining commodities classified as critical minerals. Based on the estimated consumption of base metals (Pb, Zn), as GDP (Gross Domestic Product in USD per capita per year) increases, the consumption (kg/capita/year) of these metals will also increase. So a specific analysis of the mineralogical and geochemical characteristics of Pb-Zn skarn deposits was carried out in this case to see the potential of Pb and Zn as main products, as well as the presence of critical mineral elements as by-products. In this study petrographic and mineragraphic methods analysis, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) (bulk density) and Electron Micro Probe Analyzer (EPMA) were used.

Mineralization characteristics in the Sukabumi Pb-Zn skarn area, the presence of calc-silicate minerals such as garnet and pyroxene in the prograde skarn, while in the retrograde skarn is represented by the presence of calcite. Ore mineralization is characterized by the presence of galena (PbS), sphalerite (ZnS), chalcopyrite (CuFeS₂) and pyrite (FeS₂) formed in the carnitized limestone. Geochemical characterization of the ore (bulk density) showed an average grade of 5.50 wt.% Pb, 9.86 wt.% Zn, 15.68 wt.% Pb+Zn, 0.12 wt.% Cu, 4.07 ppm Ag, 13.27 ppm Sb, 242.18 ppm Bi, and 33.98 ppm Cd. In the semi-quantitative analysis of galena minerals, the average Pb content is 85.724 wt.%, S 13.040 wt.% with a critical mineral average of 0.159 wt.% Ag can be called argentiferous galena (silver-rich galena) and 0.129 wt.% Cd. Sphalerite has an average Zn content of 53.574 wt.%, S 32.825 wt.% with a high average Fe content of 12.395 wt.% which can be called iron-rich sphalerite. Chalcopyrite shows average Cu 33.716 wt.%, Fe 30.176 wt.%, S 34.048 wt.%. Pyrite shows average Fe 46.637 wt.% and S 52.924 wt with Bi not found because it is below the detection limit.

The positive correlation of galena between Pb, Ag, and Sb indicates extensive substitution of Ag and Sb in the crystal structure of galena, and the correlation between Zn and Cd in sphalerite indicates that Cd usually replaces Zn in the structure of sphalerite, especially under Cd-rich formation conditions. The implications of this study indicate the potential additional economic value of critical minerals in previously overlooked Pb-Zn skarns such as 0.159 wt.% Ag and 0.129 wt.% in galena, and 0.279 wt.% Cd in Sukabumi sphalerite as potential sources of critical reserves.