

buletin

Volume 3 Nomor 3 2008

SUMBER DAYA GEOLOGI



Azurit (warna biru) dan malakit (warna hijau) merupakan mineral sekunder yang mengandung tembaga, di Lebong Tandai, Provinsi Bengkulu (Koleksi : Ridwan Arif, 2007)

- Pendayagunaan Mineral Untuk Menjadi Permata
- Kandungan Logam Dasar di Dalam Endapan Letakan Pantai dan Lepas Pantai Perairan Pameungpeuk, Garut, Jawa Barat. Indikasi Adanya Mineralisasi Hidrothermal di Darat
- Peluang Pendirian Industri Semen Sekala Kecil di Kepulauan Maluku dan Wilayah Papua



Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral

Badan Geologi

Pusat Sumber Daya Geologi

PENGANTAR REDAKSI

Memasuki penghujung 2008, Buletin Sumber Daya Geologi kembali mengajak pembaca menikmati sajian makalah tentang kajian, tinjauan maupun berbagai hasil penelitian sumber daya mineral, batubara dan panasbumi. Kami sangat bersyukur meski dengan terengah-engah, bisa memenuhi target untuk menerbitkan edisi Buletin Sumber Daya Geologi pada Volume 3 Nomor 3 tahun 2008, sebanyak 6 karya tulis.

Kembali Redaksi sampaikan bahwa kesulitan yang itu-itu saja dalam penerbitan Buletin masih saja pada minimnya jumlah makalah atau karya tulis yang masuk. Dan kalau diperhatikan, penulis yang muncul tentu masih dari nama itu-itu saja. Para pembaca yang setia, buletin kita ini, diterbitkan untuk menjadi ajang berlatih menulis bagi anda semua dengan catatan tentu saja berlatih menulis yang tidak asal-asalan, kami tantang **siapa berani menulis**.

Para editor dan dewan redaksi yang handal, baik pengalaman di bidangnya masing-masing dan tentu saja jam terbang yang sudah tak terhitung, siap membantu dengan memberikan masukan yang Insya Allah menyempurnakan tulisan yang anda buat. Tidak ada sedikitpun maksud kami untuk mempersulit pemuatan karya yang anda buat. Koreksi dan masukan dibuat semata-mata untuk membantu tulisan anda lebih memiliki arti serta layak untuk dimuat dan dibaca oleh banyak orang.

Mengakhiri tahun 2008, mari kita bersama-sama memencangkan tekad untuk terus berlatih, berani mencoba dan bersemangat untuk berkarya. Kepada para penulis yang telah menyumbangkan karyanya di Buletin ini, kami dari Redaksi mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya. Semoga penerbitan Buletin pada hari ini dan dimasa yang akan datang, terus berkibar dengan menerbitkan banyak karya bermutu yang menambah wawasan di bidang sumber daya geologi.

Salam hangat
Dewan Redaksi

Penanggungjawab

Kepala Pusat Sumber Daya Geologi

Wakil Penanggungjawab

Kepala Bidang Informasi

Dewan Redaksi

Penanggungjawab Redaksi

Calvin Karo-Karo Gurusinga

Ketua

Denni Widhiyatna

Redaktur

S.S. Rita Susilawati
Raharjo Hutamadi
Herry Rodiana Eddy
Teuku Ishlah
Bambang Pardiarto

Editor

Syafra Dwipa
Bambang Tjahjono S.
Danny Z. Herman
Herudiyanto
Fredy Nanlohi
Dedi Amarullah

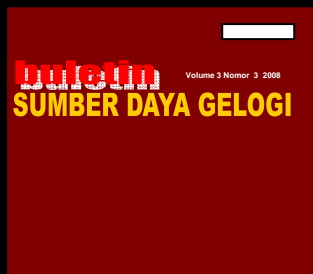
Sekretariat

Ella Dewi Laraswati
Nandang Sumarna
Wiwi Resmiasih
Sulastri
Candra
Retno Lestari Rahmawati
Dana Sudarna

Redaksi menerima makalah dari dalam maupun dari luar lingkungan Pusat Sumber Daya Geologi. Makalah hendaknya berkaitan dengan sumber daya geologi secara khusus atau geologi umum. Makalah ditulis dalam format Microsoft Word dengan single spasi, maksimum 10 halaman.

Alamatkan kepada Redaksi Buletin Pusat Sumber Daya Geologi,
Sub Bidang Penyediaan Informasi Publik, Jalan Soekarno-Hatta No. 444, Bandung, 40254
Telp. 022 – 5226270, 022 – 5202698, Fax. 022 – 5206263,
<http://www.dim.esdm.go.id>, <http://portal.dim.esdm.go.id>,
Email : sismin@dim.esdm.go.id

DAFTAR ISI



MAKALAH ILMIAH

2

Pendayagunaan Mineral Untuk Menjadi Permata
Oleh : Danny Z . Herman

16

Kandungan Logam Dasar di Dalam Endapan Letakan Pantai dan Lepas Pantai Perairan Pameungpeuk, Garut, Jawa Barat. Indikasi Adanya Mineralisasi Hidrothermal di Darat
Oleh : A. Setyanto dan D. Setiady

28

Aplikasi Metoda Geomagnetik Dalam Menentukan Potensi Sumberdaya Bijih Besi di Daerah Bukit Bakar Dan Ulu Rabau , Kec. Lembah Gumanti, Kab. Solok, Sumatra Barat
Oleh : Alanda Idral

36

Peluang Pendirian Industri Semen Sekala Kecil di Kepulauan Maluku dan Wilayah Papua
Oleh : Teuku Ishlah

44

Vulcano Tektonic Deprestion di Lapangan Panas Bumi Sembalun, Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat
Oleh : Soetoyo

56

Geokimia Regional Pulau Sumatera Conto Endapan Sungai Aktif Fraksi -80 Mesh
Oleh : Sabtanto Joko Suprpto

KAMUS GEOLOGI 68

Oleh : Penny

TOKOH 69

Oleh : Ella

GALERI FOTO 72

Oleh :

PEDOMAN PENULISAN KARYA TULIS ILMIAH 81

Oleh : Redaksi

PENDAYAGUNAAN MINERAL UNTUK MENJADI PERMATA

Oleh :

Danny Z. Herman

Penyelidik Bumi Madya

Museum Geologi, Badan Geologi, Jl. Diponegoro No. 57 Bandung

SARI

Batu mulia atau permata adalah suatu mineral menarik yang ketika disayat dan dipoles dapat digunakan untuk perhiasan. Namun terdapat juga batuan-batuan dan bahan-bahan organik tertentu yang digunakan sebagai perhiasan sering dianggap sebagai permata. Sebagian besar permata yang berasal dari mineral ikutan dan mineral pembentuk batuan dikenal karena kekerasannya tetapi beberapa mineral lunak dapat juga didayagunakan karena kilapnya atau sifat-sifat fisik lainnya yang memiliki nilai-nilai estetika. Kelangkaan ditemukannya di alam merupakan karakteristik lainnya yang membuat permata menjadi sangat bernilai/berharga.

Pemahaman tentang geologi, mula jadi dan keterdapatannya sumber-sumber mineral permata seharusnya menjadi persyaratan; sehingga eksplorasi terhadap mineral tersebut di seluruh wilayah Indonesia dapat dilakukan secara tepat sasaran.

Kata kunci : Mineral, disayat dan dipoles, permata

ABSTRACT

Precious stone or gemstone is a piece of attractive mineral, which as being cut and polished enable for jewelry. However, certain rocks and organic materials used for jewelry are often considered to be gemstones as well. Most gemstones originated from accessory and rock forming minerals were recognized due to their hardness but some soft minerals are also utilized in jewelry because of their lustre or physical properties which have aesthetic values. Their natural rarity is another characteristic which makes gemstones to be very precious.

Understanding of the geology, origin and occurrence of gem-minerals sources should be prerequisite, though mineral exploration throughout the Indonesia region could be done precisely.

Keywords : Mineral, cut and polished, gemstone

PENDAHULUAN

Mineral-mineral di dalam batuan (beku, malihan, sedimen) dan sebagai komponen rombakan dapat didayagunakan menjadi permata berdasarkan sifat-sifat fisika yang dimilikinya antara lain terutama kekerasan, kilap dan warna. Beberapa mineral yang didayagunakan sebagai permata atau perhiasan dapat bernilai ekonomi sangat tinggi karena kelangkaan penemuan di alam, bentuk kristal dan memiliki sifat lainnya yang berkaitan dengan nilai-nilai estetika.

Permata diidentifikasi oleh para ahli gemologi melalui pemerian karakteristiknya dengan menggunakan terminologi spesifik gemologi. Susunan kimia adalah karakteristik awal yang digunakan oleh ahli gemologi untuk mengidentifikasinya, yang kemudian dikembangkan menjadi klasifikasi berdasarkan sistem kristal.

Karya tulis dibuat sebagai tinjauan (*overview*) dalam upaya memahami arti permata atau batu mulia dan mula jadinya, sehingga dapat dijadikan acuan penyelidikan sumber asalnya dan kemungkinan pendayagunaan mineral-mineral tertentu untuk menjadi permata.

Mula jadi mineral dan permata

Penamaan permata dapat identik dengan nama asli mineral tetapi sebagian besar ternyata berbeda karena didasarkan kepada kilap dan karakteristik fisika yang memiliki nilai estetika setelah melalui pengolahan. Di bawah ini disebutkan beberapa mineral penting yang mempunyai potensi untuk dijadikan permata, kemungkinan sumber asal mineral-mineral dimaksud dan jenis-jenis permata yang dihasilkan.

• **Beryl** ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$) terbentuk sebagai kristal prismatik berukuran besar (sistem heksagonal) di dalam batuan granitik dan pegmatite (Gambar 1); juga di dalam cebakan-cebakan hidrotermal bersuhu tinggi (*greisen*); berasosiasi dengan kuarsa, spodumen, kasiterit, kolumbit, tantalit dan mineral-mineral jarang lainnya. Beryl juga ditemukan pada urat-urat kalsit hasil segregasi metamorfisme dan sekis biotit berfasies menengah-tinggi. Karena kekerasan (7,5 – 8) dan resistan terhadap proses kimiawi, maka beryl tetap tidak berubah di dalam endapan aluvial (A Macdonald Orbis Book, 1987).

Permata yang termasuk ke dalam spesies ini di antaranya adalah **zamrud** (*emerald*) merupakan salah satu permata bernilai tinggi, warna hijau disebabkan oleh adanya kandungan kromium (Cr) atau kemungkinan vanadium (V), dengan kisaran rona menengah terang atau menengah gelap dari warna hijau kebiruan hingga hijau kekuningan (Bates dr., 1980).

Aquamarin adalah permata transparan dari spesies beryl yang dibagi lagi menjadi beberapa jenis berdasarkan warna, antara lain : *aquamarin chrysolit* (biru kehijauan), *aquamarin safir* (biru pucat safir), *aquamarin topaz* (hijau topaz) dan *aquamarin turmalin* (biru pucat atau biru kehijauan pucat turmalin).

Morganit merupakan permata yang disebut juga **vorobievit**, yaitu spesies beryl berwarna merah, merah keunguan atau merah muda. Warna-warna tersebut disebabkan pengotoran unsur cesium (Cs) di dalamnya.

• **Felspar alkali** adalah kelompok felspar bersistem kristal triklin dengan susunan kimia campuran atau campuran kristal silikat mengandung aneka rasio K, Ca dan Na; mempunyai kekerasan 6 – 6,5. Terbentuk di dalam batuan-batuan granitik pegmatit dan malihan dari jenis genes (Gambar 2). Mineral-mineral dari kelompok tersebut yang dapat dijadikan permata antara lain : mikroklin dan ortoklas (terutama dari jenis adularia). Mikroklin (KAlSi_3O_8) berwarna putih, merah muda, merah, kekuningan atau biru-hijau; setelah disayat menjadi permata berbentuk kubah (*cabochon*) disebut **amazonit**. Sementara adularia (KAlSi_3O_8) yang disayat berupa permata berbentuk kubah dinamakan **batu bulan** (*moonstone*; <http://www.gemstone.org/gem-by-gem/english.html>, 2008).

• **Garnet** adalah kelompok mineral dengan susunan kimia $\text{A}_3\text{B}_2(\text{SiO}_4)_3$ dimana A = Ca, Mg, Fe^{+2} dan Mn^{+2} ; B = Al, Fe^{+3} , Mn^{+3} , V^{+3} dan Cr. Kelompok mineral ini memiliki kekerasan 7 –

7,5; transparan – semi transparan dengan warna beraneka ragam terdiri atas *almandin* (Fe-Al), *andradit* (Ca-Fe), *grosular* (Ca-Al), *pyrop* (Mg-Al), *spesartin* (Mn-Al), *uvarovit* (Ca-Cr) dan *goldmanit* (Ca-V). Mineral terbentuk sebagai mineral ikutan di dalam aneka batuan beku, sebagai mineral pengotor (*gangue*) pada jenis mineralisasi *skarn*, tetapi sangat umum ditemukan berupa kristal isometris euhedral di dalam batuan-batuan malihan (genes, sekis, eklogit) (Gambar 3).

Dari jenis grosular sangat terkenal permata bernama **tsavorit**, berwarna hijau transparan; dan dari jenis andradit dikenal dengan nama **demantoid**, berwarna hijau terang transparan; sementara **garnet mandarin** merupakan permata berwarna jingga transparan berasal dari jenis spesartin.

• **Intan** merupakan mineral yang disusun oleh hanya unsur karbon (C) dengan sistem kristal isometrik, memiliki kekerasan 10 pada skala Mohs; terdiri atas beraneka jenis dari tidak berwarna hingga berwarna kuning, bayang-bayang merah (*shades of red*), jingga, hijau, biru dan coklat – hitam. Intan terbentuk berupa karbon kristalin alamiah di dalam batuan-batuan ultrabasa terutama breksi kimberlit (salah satu jenis peridotit, Gambar 4) dan sebagai bahan rombakan di dalam endapan placer sungai dan pantai di sekitar sumbernya. Inklusi kristal di dalam intan yang biasa ditemukan adalah peridot, garnet (jenis pyrop), diopsid krom dan juga karbon hitam.

• **Korundum** merupakan mineral ikutan bersistem kristal heksagonal-rombohedral di dalam batuan sienit/sienit nefelin dan batuan malihan tingkat tinggi yang miskin kandungan silika tetapi kaya aluminium (marmer, sekis mika dan granulit; Gambar 5). Ditemukan juga di dalam eklogit dan kadang-kadang rodingit, serta sebagai rombakan pada endapan aluvial dan pasir laut (A Macdonald Orbis Book, 1987).

Permata yang termasuk ke dalam spesies korundum di antaranya yaitu **ruby** berasal dari jenis korundum berwarna merah, transparan-semi *opaque*, warnanya berkaitan erat dengan kandungan kromium (Cr). Sedangkan **safir** adalah jenis korundum berwarna biru, transparan-semi *opaque*; warna biru terkait erat dengan adanya sedikit kandungan oksida kobalt (Co), kromium (Cr) dan titanium (Ti).

• **Krisoberyl** (BeAl_2O_4) umumnya berupa kristal transparan berwarna kuning kehijauan, bersistem ortorombik, biasanya berbentuk tabular dan juga kembar melingkar (*cyclic twins*), memiliki kekerasan 8,5; terbentuk sebagai mineral ikutan di dalam batuan granitik,

pegmatit dan sekis mika (Gambar 6) tetapi dapat ditemukan bersama mineral-mineral permata lainnya di dalam endapan aluvial. **Aleksandrit** adalah nama permata berasal dari jenis krisoberyl dengan pleokroisme kuat berwarna merah, jingga dan hijau disebabkan mengandung sedikit kromium (Cr). Penamaan permata ini diambil berdasarkan nama Czar Alexander II dari Rusia (Hurlbut et al, 1979).

- **Kuarsa** (SiO_2) bersistem kristal heksagonal-rombohedral, merupakan mineral pembentuk batuan yang melimpah dan terbentuk sebagai mineral primer dan sekunder di dalam batuan beku, sedimen dan malihan (Gambar 7). Karena kekerasannya (7 pada skala Mohs), sedikit belahan dan mempunyai stabilitas kimiawi maka kuarsa memiliki ketahanan terhadap pelapukan serta ditransport jarak jauh sebagai komponen lepas di dalam placer sungai dan pantai.

Kuarsa sebagai mineral permata (*gem mineral*) dibagi menjadi dua kelompok, yaitu : bentuk kristalin berbutir kasar dan berbutir halus/mikro kristalin. Meskipun demikian semuanya mempunyai kesamaan susunan kimia dan struktur kristal; perbedaannya terletak pada metode pembentukan, ukuran butir dan pengotoran yang membuat kuarsa menjadi beraneka warna (Hurlbut et al, 1979).

Kelompok kristalin butir kasar antara lain yaitu : kristal batuan (*rock crystal*), *amethyst*, *citrine*, kuarsa asap (*smoky quartz*), kuarsa mawar (*rose quartz*), kuarsa susu (*milky quartz*), kuarsa dengan inklusi (rutil, turmalin, serat asbestos, goetit, mika). Kristal batuan berupa kuarsa tidak berwarna yang umum dimanfaatkan sebagai mineral permata, yang berukuran kecil kadang-kadang disebut "intan"; sedangkan berukuran besar digunakan untuk mengukir obyek-obyek seni dan dibuat bola-bola kristal. **Amethyst** adalah kuarsa berwarna ungu (lembayung – violet) disebabkan pengotoran oleh Fe atau kehadiran inklusi oksida Fe (goetit), dapat terbentuk di dalam rongga-rongga pada aliran lava tetapi umumnya pada urat-urat. **Citrine** adalah kuarsa berwarna kuning pucat – kuning tua, kadang-kadang tertukar dengan topaz sehingga sering disebut kuarsa topaz atau topaz kuarsa. Kuarsa asap (**smoky quartz**) berwarna dari hampir hitam, berubah coklat hingga berangsur menjadi kuning; diyakini bahwa penampakan serupa asap dihasilkan oleh hadirnya kristal batuan hingga bahan radioaktif. Kuarsa mawar (**rose quartz**) berwarna merah muda pucat hingga merah tua disebabkan mengandung sejumlah kecil titanium (Ti), biasanya turbid dan jarang transparan; pada beberapa kristal

kuarsa ini teridentifikasi jarum-jarum mikroskopis rutil, dapat ditemukan di dalam pegmatit. Kuarsa susu (**milky quartz**) merupakan kuarsa berwarna putih karena di dalamnya mengandung inklusi-inklusi fluida, terbentuk sebagai urat yang berasosiasi dengan emas (Au) dan disayat berikutan emas sebagai permata berbentuk kubah (*cabochons*). Kuarsa dengan inklusi-inklusi (**quartz with inclusions**) mineral lain : Inklusi rutil di dalam kuarsa (**rutilated quartz**) berupa jarum-jarum berwarna coklat kemerahan hingga keemasan yang terorientasi acak atau sesuai struktur kuarsa; inklusi serat-serat aktinolit hijau dan asbestos, turmalin hitam dan goetit; inklusi mika membentuk kuarsa bernama **aventurin**, dimana mika mengandung Cr dapat membuat warna hijau dan sementara warna coklat kemerahan disebabkan oleh inklusi lembaran Cu.

Kelompok kuarsa mikrokrystalin secara terminologi umum disebut kalsedoni, warna asli kuning madu hingga abu-abu dan *translucent*. Namun karena berporositas maka kalsedoni ini dapat menyerap larutan kimiawi seperti asam belerang, oksida besi ferrosianida potassium, sulfat Fe, asam hidroklorik atau asam kromik. Beberapa jenis kalsedoni berwarna antara lain : **Carnelian** adalah kalsedoni merah yang dihasilkan karena pewarnaan oleh hematit atau goetit; sedangkan kalsedoni hijau apel atau **krisopras** merupakan hasil pewarnaan oleh larutan mengandung Ni. Jenis lain dari kalsedoni adalah **agate**, yang umumnya disusun oleh selang-seling lapisan berbeda ketebalan, warna dan porositas sehingga cenderung sejajar dengan dinding ruang tempat pengendapannya. Perlapisan pada kebanyakan *agate* terbentuk secara konsentris dan mengisi keseluruhan lubang; warna alamiah biasanya putih, susu atau abu-abu tetapi juga dapat berwarna coklat kekuningan, coklat-merah dan jarang berwarna biru, lavender serta hijau. **Onyx** termasuk jenis kalsedoni dan menyerupai *agate*, tetapi terdiri atas selang-seling lapisan sejajar berwarna hitam dan putih; sementara **sardonyx** terdiri atas selang-seling lapisan merah hingga jingga dengan putih atau hitam.

Jasper dan rijang (**chert**) termasuk ke dalam kelompok kuarsa mikrokrystalin dari jenis granular, disusun oleh dominan butir mikrokrystalin kuarsa berukuran sama (*equidimensional*); keduanya dapat diidentifikasi berdasarkan perbedaan warnanya : yang pertama berwarna coklat kemerahan karena kaya kandungan oksida Fe (hematit), sedangkan yang kedua biasanya berwarna abu-abu karena mengandung sedikit

pengotoran (Hurlbut et al, 1979). Terdapat juga kuarsa yang memiliki ciri-ciri *microgranular* maupun *microfibrous* disebut sebagai *plasma*, agak *opaque* dan berwarna hijau; termasuk ke dalam jenis ini adalah **bloodstone** (*heliotrope*), berwarna hijau dengan bintik-bintik merah.

Jasper dan rijang juga dapat disebut batuan sedimen yang telah mengalami proses diagenesis, disusun oleh mikrokristalin kuarsa, terdiri atas *interlocking* kristal kuarsa/silika (opal) berukuran diameter <30 μm; jarang terbentuk sebagai perlapisan yang luas tetapi umumnya ditemukan sebagai nodul atau kongresi di lingkungan batugamping dan dolomit (Bates et al, 1980).

Opal ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) adalah mineral amorf berciri pola X-ray lemah dari kristobalit atau tridimit; berasal dari *gel* silika (mengandung maksimum 20% air tetapi biasanya 3 – 9%) dan dibedakan dari kuarsa karena bersifat isotropis serta memiliki indeks bias lebih rendah, lebih lunak (kekerasan 5,5 – 6,5) dan kurang padat dibandingkan kuarsa (Bates et al, 1980). Opal berwarna porselen merupakan yang paling berharga. Dapat ditemukan pada retakan-retakan dan rongga-rongga batuan beku, sebagai nodul dalam batugamping, sebagai urat, di dalam endapan-endapan mata air panas pada system hidrotermal, di dalam kerangka organisme laut (*diatome* dan *sponge*), di dalam batuan terserpentinisasi, sebagai produk pelapukan dan dalam sebagian besar kalsedoni. Setelah melalui pengolahan menjadi batu mulia bernama **opal hitam** (*black opal*) dan **opal api** (*fire opal*).

- **Olivin** [$(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$] merupakan salah satu mineral pembentuk batuan beku basa, ultrabasa dan rendah kandungan silika (gabbro, basalt, peridotit, dunit; Gambar 8). Mineral ini bersistem kristal ortorombik, transparan – *translucent*, kekerasan 6,5 – 7, berwarna hijau *olive* tetapi dapat juga coklat, hijau atau kuning. Setelah melalui pengolahan menjadi permata bernama **peridot** atau juga disebut *chrysolite* atau *evening emerald* (zamrud senja) karena berwarna hijau serupa dengan zamrud (Hurlbut et al, 1979).

- **Piroksen**. Dari kelompok mineral ini terdapat dua jenis piroksen yang dapat diberdayakan menjadi permata, yaitu :

- (1) **Diopsid** ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) merupakan salah satu mineral dari kelompok klino-piroksen yang dapat dijadikan permata, berbentuk kristal prismatic (sistem monoklin) dengan kekerasan 5 – 6, transparan hingga semi transparan; terbentuk di dalam kontak metamorfik, terutama dalam marmer

dolomitan yang berasosiasi dengan silikat-silikat Ca. Ditemukan juga dalam lapisan-lapisan atau lensa-lensa batuan termetasomatisme pada batuan rodingit yang mengalami serpentinisasi. Diopsid krom (*chrome diopside*) adalah salah satu dari jenis transparan berwarna hijau menjadi salah satu permata yang memiliki daya tarik setelah disayat *facet*.

- (2) **Jadeit** adalah salah satu mineral yang terbentuk dalam lingkungan bertekanan tinggi dengan susunan kimia $\text{Na}(\text{Al,Fe}^{+3})\text{Si}_2\text{O}_6$, termasuk ke dalam kelompok piroksen (klino-piroksen), terdiri atas beberapa warna tetapi terutama berwarna hijau dengan kekerasan 6,5 - 7. Mineral ini terbentuk sebagai konsentrasi metasomatis di dalam batuan-batuan ultrabasa yang terserpentinisasi berasosiasi dengan nefelin, dan dalam batuan-batuan malihan dari fasies sekis biru. Setelah melalui proses sayatan dan poles mineral ini dapat menjadi permata bernama **jade** (A Macdonald Orbis Book, 1987).

- (3) **Spodumen** ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$) juga merupakan salah satu jenis mineral klino-piroksen yang terbentuk di dalam pegmatit granitik (Gambar 9), berasosiasi dengan beryl dan turmalin. Mineral ini memiliki kekerasan 6,5 – 7.0 pada skala Mohs; tidak berwarna hingga berwarna kuning, abu-abu, merah muda atau hijau zamrud. **Kunzit** adalah nama permata berwarna merah muda yang sangat dikenal berasal dari jenis spodumen.

- **Spinel** (MgAl_2O_4) merupakan kelompok mineral yang khususnya terbentuk pada kontak metamorfisme batugamping dolomitik yang kaya kandungan Mg dan Al, salah satu dari sedikit mineral ikutan yang terbentuk di dalam batuan-batuan beku basa (Gambar 10) dan juga dapat ditemukan sebagai bahan rombakan di dalam aluvium. Unsur Mg dapat digantikan oleh Fe^{+3} , Zn atau Mn sedangkan Al dimungkinkan diganti oleh Fe^{+3} , Fe^{+2} atau Cr. Kelompok spinel terdiri atas spinel, hercynit, gahnit dan galaksit. Mineral ini mempunyai kekerasan 8,0 pada skala Mohs, transparan – hampir *opaque*, berbentuk kristal oktahedron dan sering menunjukkan kembar (sistem isometrik), berwarna hijau apabila mengandung Fe dan dengan kandungan jejak Cr akan berwarna merah muda-merah. Warna yang kedua banyak dimanfaatkan untuk dibuat permata.

- **Topaz** [$\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F,OH})_2$] adalah salah satu dari sedikit mineral pembentuk batuan beku

yang tinggi kandungan silika (granitik dan riolit) dan dapat juga berasosiasi dengan urat-urat mengandung Sn atau greisen (Gambar 11). Mineral ini mempunyai kekerasan 8,0 pada skala Mohs, bentuk kristal prismatic (bersistem ortorombik), transparan-*translucent*, tidak berwarna hingga berwarna kuning, biru, hijau, violet atau kemerahan-kuning. Topaz berwarna biru dan hijau merupakan permata paling populer.

• **Turmalin** $[(Na,Ca)(Mg,Fe^{+2},Fe^{+3},Al,Li)_3Al_6(BO_3)_3Si_3O_{18}(OH)_4]$ merupakan salah satu mineral ikutan di dalam batuan pegmatit granitik, tersebar luas di dalam batuan-batuan beku asam dan malihan (Gambar 12) serta dapat ditemukan sebagai bahan rombakan di dalam batuan sedimen. Kelompok turmalin terdiri atas : elbait (kaya kandungan Na, Li, Al), schorl dan buergerit (kaya Na, Fe), dravit (kaya Na, Mg), uvit (kaya Ca, Mg) dan liddikoatit (kaya Ca, Li, Al). Mineral ini mempunyai kekerasan 7,0 pada skala Mohs, berbentuk kristal prismatic (sistem heksagonal), transparan-*translucent*, tidak berwarna hingga berwarna hijau, merah, biru, kuning, coklat-hitam atau coklat. Setelah diolah menjadi permata memiliki aneka nama, yaitu : turmalin **rubellit** (*rubellite*), turmalin **hijau** (*green*), turmalin **paraiba**, turmalin **kuning** (*yellow*), turmalin **biru** (*blue*) atau turmalin **multi warna** (*multicolored*).

• **Turquoise** $[CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8 \cdot 5H_2O]$ adalah mineral dengan sistem kristal triklin, merupakan isomorf dengan kalkosiderit, kekerasan 5 – 6 skala Mohs, berwarna biru (mengandung jejak Cu), biru-hijau (mengandung jejak Fe dan Cr) atau hijau kekuningan. Mineral ini merupakan mineral sekunder yang ditemukan di dalam urat-urat tipis pada batuan vulkanik dan dalam zona ubahan batuan-batuan yang kaya kandungan Al (Gambar 13).

• **Zirkon** ($ZrSiO_4$) adalah mineral ikutan berbentuk kristal prismatic (sistem tetragonal) yang dapat ditemukan di dalam batuan-batuan beku kaya silika, batugamping kristalin, sekis dan genes (Gambar 14), serta bahan rombakan di dalam placer sungai dan pantai. Mineral ini mempunyai kekerasan 7,5 skala Mohs, transparan hingga *opaque*, tidak berwarna hingga berwarna kuning, merah, coklat, abu-abu atau hijau.

Pengolahan untuk pengembangan permata

Permata sering diolah untuk pengembangan warna atau kebersihannya. Tergantung kepada jenis dan luasnya pengolahan, sehingga dapat berpengaruh terhadap nilai batu mulia. Beberapa pengolahan digunakan secara luas

karena menghasilkan permata yang stabil, sementara yang lainnya tidak diterapkan karena warna batu tidak stabil dan tergantung jenis batunya.

• **Pemanasan.** Pemanasan dapat menyempurnakan warna dan kebersihan permata. Sebagian besar *citrine* dibuat dengan cara memanaskan amethyst, dan pemanasan parsial menghasilkan *ametrine* dengan gradien kuat – sebagian amethyst dan sebagian *citrine*. Kebanyakan aquamarin yang dipanaskan untuk membuang rona kuning, mengubah warna hijau menjadi warna biru lebih menarik atau mengembangkan warna biru untuk menjadi lebih murni biru.

Hampir semua tanzanit dipanaskan pada suhu rendah untuk menghilangkan warna coklat dan memberikan warna biru/ungu yang lebih menarik. Sebagian tertentu dari safir dan ruby diolah dengan cara pemanasan untuk menyempurnakan warna dan kebersihannya.

Ketika perhiasan terdiri atas intan-intan yang dipanaskan (untuk perbaikan), intan harus diproteksi dengan asam borak; selain itu dibakar permukaannya atau bahkan seluruhnya dibakar. Ketika perhiasan terdiri atas safir dan ruby dipanaskan (untuk perbaikan) maka tidak harus dilapis oleh asam borak atau zat lainnya, ini dapat digosok (*etch*) permukaannya; tidak harus diproteksi layaknya intan.

• **Radiasi.** Sebagian besar topaz biru, yang lebih terang dan berwarna bayang-bayang biru gelap seperti biru London; telah diradiasi untuk mengubah warna putih menjadi biru. Beberapa permata yang tidak ditangani selayaknya dan tidak melalui jalur hukum resmi kemungkinan menghasilkan sedikit sisa radiasi; maka permata impornya dikenakan peringatan kuat untuk memperhatikan keselamatan masyarakat. Sebagian kuarsa hijau (*Oro Verde*) juga diolah dengan cara radiasi untuk menghasilkan warna kuning-hijau.

• **Membalur dengan lilin/minyak.** Zamrud yang secara alamiah mengandung rekahan kadang-kadang dibalur dengan lilin atau minyak untuk penyamaran. Lilin dan minyak ini juga pewarna untuk membuat zamrud nampak memiliki warna lebih baik sebaik kebersihannya. Turquoise juga biasanya diolah secara sama layaknya intan.

• **Pengisian rekahan.** Pengisian rekahan telah digunakan terhadap intan, zamrud dan safir. Baru-baru ini di tahun 2006, ruby dengan pengisian gelas banyak memasyarakat. Ruby kandungan >10 karat (2 gram) dijual terutama di pasar Asia, dengan rekahan besar yang diisi

gelas secara dramatis menyempurnakan penampilannya. Hasil penanganannya dapat dengan mudah dikenali.

Permata sintetik dan buatan

Beberapa permata dibuat untuk meniru permata lainnya. Sebagai contoh zirkonia kubus adalah intan sintetik, merupakan simulasi bersusunan zirkonium oksida. Imitasi merupakan upaya meniru penampilan dan warna permata yang sebenarnya, tetapi tidak memiliki sifat-sifat kimiawi maupun fisika.

Permata hasil ciptaan laboratorium bukan imitasi; sebagai contoh : intan, ruby, safir dan zamrud telah diolah di laboratorium untuk memiliki sifat-sifat kimiawi dan fisika yang serupa dengan aneka batu mulia alamiah. Korundum sintesis (buatan laboratorium), termasuk ruby dan safir sangat umum dan harganya hanya berbeda sedikit dari batu mulia alamiah. Intan sintetik berukuran lebih kecil telah dibuat dalam jumlah besar sebagai industri abrasif. Intan sintesis berukuran lebih besar bermutu terutama dengan aneka warna juga dibuat di pabrik.

Apapun permata tersebut berupa alamiah atau buatan laboratorium (sintesis), memiliki kesamaan sifat. Permata buatan laboratorium cenderung memiliki warna beraneka, tidak mengandung pengotoran sehingga tidak berdampak kepada kebersihan atau warnanya. Namun permata alamiah masih dianggap lebih bernilai karena kelangkaannya yang relatif. Asal mula permata juga tidak mempengaruhi kategorisasi mulia atau semi-mulia. Ruby, safir dan zamrud selalu disebut batu mulia, sedangkan permata lainnya dianggap semi-mulia.

Nilai permata

Tidak ada sistem penilaian secara universal yang diterima terhadap permata selain warna putih (tidak berwarna) dari intan. Intan dinilai kandungannya dengan menggunakan sistem *Gemological Institute of America* (GIA) pada awal tahun 1950-an. Sejarah menyatakan bahwa semua permata dinilai secara kasat mata. Sistem GIA termasuk suatu inovasi utama yang memperkenalkan 10 x perbesaran sebagai standard untuk derajat kebersihan/keterangan (*clarity*), sedangkan untuk lainnya dinilai secara kasat mata (<http://en.wikipedia.org/wiki/Gemstone>, 2008).

Saat ini suatu alat pengenalan (*mnemonic device*) empat kriteria yang terdiri atas warna, sayatan, kebersihan/keterangan dan karat (*color, cut, clarity and carat = four C's*) dari permata diperkenalkan untuk menolong konsumen memahami faktor-faktor yang digunakan untuk menilainya. Dengan memodifikasi kategori ini maka dapat difahami semua tingkatan permata. Kriteria tersebut menunjukkan perbedaan berat tergantung kepada bagaimana mereka mengaplikasikan permata berwarna atau intan tak-berwarna. Sayatan pada intan merupakan penentu utama nilai diikuti oleh kebersihan dan warnanya. Intan diartikan sebagai mengeluarkan bunga api, memecah cahaya menjadi warna-warna pelangi dan mengirimkannya ke mata. Hal ini merupakan fungsi sayatan. Sebagai kristal kasar, intan tidak akan membentuk dispersi cahaya sehingga memerlukan penanganan dengan melakukan sayatan. Pada permata yang memiliki warna, termasuk intan berwarna; kemurnian dan keindahan warna merupakan penentu utama mutu/kualitasnya.

Sifat-sifat fisika yang membuat permata berwarna menjadi bernilai adalah warna, kebersihan hingga hal-hal terkecil (zamrud selalu mempunyai sejumlah inklusi), sayatan, fenomena optik tak biasa didalam permata seperti zonasi warna, dan asteria (efek bintang).

Salah satu faktor penentu nilai permata disebut *water*, yaitu terminologi yang mengacu kepada penggabungan warna dan transparansi yang digunakan secara hirarki, yaitu : *first water* (batu mulia dengan *finest water*), *second water*, *third water*, *byewater*.

Permata dibagi menjadi batu mulia dan semi-mulia, karena definisi dapat berubah setiap waktu dan ragamnya tergantung budaya; merupakan hal yang selalu menyulitkan untuk menentukan batu mulia tersebut. Disamping intan; ruby, safir, zamrud, mutiara dan opal telah dianggap sebagai batu mulia. Mengacu kepada penemuan amethyst di Brazil pada abad 19, maka amethyst ini dianggap sebagai batu mulia. Meskipun di abad terakhir batuan-batuan tertentu seperti aquamarin, peridot dan mata kucing (*cat's eye*) telah populer disebut batu mulia. Permata yang jarang atau tak-biasa dan diartikan sebagai batu mulia di antaranya termasuk andalusit, axinit, kasiterit, klinohumit dan bixbit.

Sayatan dan polesan

Sedikit permata yang digunakan dalam bentuk kristal atau bentuk lain, sebagian besar berupa hasil sayatan dan polesan. Dua klasifikasi utama adalah sayatan batu licin berbentuk kubah yang disebut *cabochons*, dan sayatan batu menggunakan mesin *faceting*; yang membentuk permata dengan sayatan berinterval dan bersudut tertentu.

Permata *opaque* seperti opal, turquois, variscit dan lain-lain umumnya disayat membentuk *cabochons*, dirancang untuk menunjukkan warna batu atau sifat-sifat permukaan opal dan safir bintang. Roda penggosok dan pemoles digunakan untuk menggosok, membentuk dan memoles agar permata menjadi kubah licin.

Permata transparan biasanya dibentuk *facet*, yaitu metode untuk menunjukkan sifat-sifat optik di dalamnya hingga upaya terbaik dengan memaksimalkan cahaya pantul sehingga terlihat serupa bunga api (*sparkle*). Bentuk *facet* harus dilakukan secara proporsional, dapat beraneka tergantung sifat optik permata itu sendiri. Apabila sudut sayatan terlalu tajam atau landai, cahaya akan lewat dan tidak dipantulkan kembali.

Warna permata

Warna merupakan penampakan yang paling nyata dan menarik dari permata. Warna setiap bahan disebabkan oleh cahaya alamiah batu itu sendiri. Cahaya siang hari sering disebut cahaya putih, sebenarnya merupakan campuran warna berbeda dari cahaya. Ketika cahaya melewati suatu bahan, beberapa daripadanya dapat diserap sementara sisanya melewatinya. Sebagian yang tidak diserap mencapai mata sebagai cahaya putih dikurangi warna-warna terserap. Sebuah ruby terlihat merah karena permata ini menyerap semua warna lain dari cahaya putih (biru, kuning, hijau dan lain-lain) kecuali merah.

Bahan yang sama dapat memperlihatkan warna-warna berbeda. Sebagai contoh ruby dan safir mempunyai kesamaan susunan kimia (keduanya termasuk jenis korundum) tetapi menunjukkan perbedaan warna. Meskipun permata yang sama dapat terbentuk dalam warna berbeda : safir menunjukkan bayangan berbeda dari biru dan merah muda, sedangkan safir *fancy* memperlihatkan seluruh kisaran warna lain dari kuning hingga jingga-merah muda, dimana yang terakhir disebut safir *padparadscha*.

Perbedaan warna ini didasarkan kepada struktur atom pembentuk batu mulia. Meskipun batu yang berbeda memiliki kesamaan susunan kimia, sebenarnya tidak sama. Saat ini dan kemudian, setiap atom diganti oleh seluruhnya oleh atom yang berbeda (dapat paling sedikit sejuta atom). Hal tersebut disebut pengotoran cukup menyerap warna-warna tertentu dan meninggalkan warna-warna lain yang tidak terpengaruh. Sebagai contoh : beryl yang tidak berwarna merupakan bentuk mineral murni, menjadi zamrud karena mengalami pengotoran oleh kromium (Cr). Apabila ditambahkan Mn sebagai pengganti Cr, maka menjadi morganit merah muda; sedangkan pengotoran oleh Fe akan menjadi aquamarin. Pengolahan terhadap beberapa permata menghasilkan kenyataan bahwa pengotoran tersebut dapat dimanipulasi sehingga mengubah warna permata.

Diskusi

Sebagian besar mineral yang berpotensi untuk diberdayakan menjadi permata/batu mulia berasal dari mineral-mineral pembentuk batuan beku, malihan dan sedimen, sering juga ditemukan sebagai komponen rombakan di dalam endapan *placer* sungai atau pantai apabila mineral-mineral tersebut memiliki ketahanan terhadap proses pelapukan dan erosi.

Batuan beku mempunyai aneka susunan mineral yang mencerminkan posisi magma ketika mengkristal sehingga penamaannya disesuaikan dengan posisi kristalisasi. Sebagian besar batuan beku memiliki mineral-mineral utama pembentuknya antara lain kuarsa, felspar, nefelin, mika, amfibol, piroksen dan olivin. Dengan teridentifikasinya jumlah relatif dan keberadaan atau absennya mineral-mineral tersebut di dalam batuan beku maka dibuat klasifikasinya. Meskipun granit dan basalt adalah batuan-batuan terpenting, beberapa jenis permata tidak selalu berasal dari mineral-mineral pembentuk kedua jenis batuan beku ini; bahkan secara genetika berkaitan dengan jenis-jenis batuan beku lain. Sebagai contoh kristal **olivin** (*peridot*) atau **feldspar alkali** (*adularia/moonstone*) berukuran besar kemungkinan terbentuk masing-masing di dalam batuan beku lelehan basa dan asam, yang dibebaskan oleh proses pelapukan dari batuan induknya.

Kita tidak dapat memandang secara umum bahwa batuan beku lelehan/lava sebagai sumber signifikan bagi terbentuknya permata. Ketika lava secara cepat bergerak ke permukaan maka terjadi penurunan tekanan

yang menyebabkan berkembangnya gas-gas, yang diikuti oleh terbentuknya rongga-rongga (*cavities*) di dalam batuan. Rongga-rongga kemungkinan diisi oleh fluida hidrotermal untuk membentuk cebakan mineral yang disebut *geode*. Mineral pengisi biasanya berupa kuarsa kristalin yang disebut **kalsedoni**, apabila cebakan kalsedoni ini membentuk lapisan-lapisan melingkar (*concentric*) yang menutupi seluruh rongga maka disebut *agate*. Tetapi dapat juga bagian tengahnya tidak tertutup dan diisi oleh kristal-kristal kuarsa berukuran mikro dari jenis *amethyst*. Rongga-rongga serupa tidak hanya dapat terbentuk di dalam lava, bahkan kemungkinan juga ditemukan pada beberapa batuan sedimen.

Sangat berbeda dengan batuan beku lelehan, proses-proses yang menyebabkan terbentuknya batuan beku berbutir kasar memainkan peran dalam pembentukan beberapa jenis permata penting. Selain mineral-mineral utama pembentuk batuan, di dalam batuan terobosan terdapat mineral-mineral berjumlah sedikit yang disebut ikutan (*accessory*). Mineral ikutan ini dapat terbentuk berupa kristal berukuran cukup besar dan sempurna yang berpotensi dijadikan permata antara lain **zirkon**, **garnet** dan **korundum** (*safir*); paling sering terakumulasi sebagai komponen di dalam pasir dan kerikil setelah dibebaskan dari batuan sumbernya oleh pelapukan. Apabila mineral-mineral ikutan tersebut terbentuk dalam jumlah yang bernilai ekonomis, maka dapat ditambang dalam skala besar. **Intan** adalah salah satu permata yang memiliki nilai komersil tertinggi berasal dari mineral-mineral ikutan di dalam batuan kimberlit (batuan peridotit alkali yang dominan disusun oleh fenokris olivin dan masa dasar kalsit dan olivin).

Pegmatit merupakan suatu jenis khusus batuan beku yang disusun oleh mineral pembentuk batuan berupa kristal berukuran besar dan mengandung sejumlah besar unsur-unsur jarang dan tidak biasa. Batuan ini secara genetika berkaitan dengan batuan beku granitik bervolume besar dan dianggap sebagai bagian akhir dari fasa kristalisasi magma. Proses kristalisasi magma ini kadang-kadang menghasilkan kristal-kristal kuarsa dan feldspar berukuran raksasa (*gigantic*). Pegmatit dapat terbentuk berupa kantong-kantong (*pockets*) yang tidak menutup kemungkinan mengandung mineral-mineral jarang yang berpotensi untuk jadi permata antara lain : **beryl** (*beryllium*) dari jenis *aquamarine*, *morganit* dan *golden beryl*; **turmalin** (mengandung boron dan litium) dengan aneka bayangan warna hijau, merah,

kuning dan biru; **topaz** (mengandung fluorin) berupa kristal bening berwarna kuning, merah muda, biru atau hijau; **spodumen** (mengandung litium) yang tidak berwarna dan kuning atau berupa permata *kunzit* merah muda dan *hiddenit* hijau; **krisoberyl** (mengandung beryllium) berupa kristal kuning-hijau; dan **apatit** (mengandung fosfor) dengan bayangan warna biru, kuning dan ungu. **Kuarsa** berbentuk kristal juga dapat ditemukan di dalam kantong-kantong pegmatit berupa kuarsa mawar (*rose quartz*) dan asap (*smoky quartz*); sementara **felspar alkali** berupa ortoklas kuning, **mikroklin** hijau (*amazonstone*), **albit** berjenis batubulan (*moonstone*), **felspar** mengandung inklusi-inklusi menciptakan refleksi warna jingga (*sunstone*) atau merah (*aventurin*).

Banyak mineral-mineral berpotensi menjadi permata yang berasal dari batuan sumber terbawa ke dalam sungai untuk menjadi bagian aluvium, bahkan terakumulasi sebagai endapan *placer*. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya akumulasi mineral-mineral permata seperti **intan**, **zirkon**, **korundum**, **garnet**, **turmalin**, **beryl**, **krisoberyl** dan **topaz** di dalam endapan *placer* antara lain : ketahanan kimiawi, kekuatan mekanis, berat jenis relatif besar dan kekerasan tinggi. Melalui waktu geologi yang panjang, aluvium akan termampatkan dan tersemenkan menjadi batupasir dan konglomerat; yaitu batuan sedimen purba yang berperan sebagai tempat kedudukan mineral-mineral permata.

Mineral-mineral permata dapat juga berasal dari batuan-batuan malihan tertentu, yang terbentuk sebagai respon terhadap perubahan tekanan dan suhu. Batuan malihan itu sendiri dibagi menjadi dua jenis, yaitu : regional dan kontak.

Jenis pertama terbentuk secara luas dan perubahan terjadi pada massa batuan berukuran besar, mineral-mineral asal mengkristal ulang menjadi mineral-mineral baru dan menghasilkan batuan-batuan malihan sekis dan genes. Jenis batuan malihan yang dihasilkan tergantung susunan kimiawi dari batuan asalnya dan kondisi tekanan-suhu tempat kristalisasi ulang terjadi. Batupasir dengan dominan terdiri atas kuarsa akan membentuk batuan malihan kuarsit yang membentuk *interlocking* butiran kuarsa. Batugamping murni yang disusun oleh kalsium karbonat/kalsit akan berubah menjadi marmar berbutir halus dengan susunan kimia yang sama dengan batuan asalnya. Apabila batugamping mengandung pengotoran Al, maka akan terjadi kristalisasi ulang akan

menghasilkan *ruby* dan *safir* (aluminium oksida) serta *spinel* (magnesium aluminium oksida). Peningkatan intensitas pemanasan dan tekanan secara berkesinambungan pada batuan serpih akan menghasilkan pertumbuhan ukuran butir dan peningkatan tingkat metamorfisme, untuk mengubahnya menjadi batuan malihan sekis bertingkat metamorfisme tinggi darimana **garnet** dan **krisoberyl** dapat terbentuk di dalamnya.

Jenis kedua dari batuan malihan terjadi ketika suatu batugamping diterobos magma, sehingga terjadi perubahan pada daerah kontak. Metamorfisme kontak ini disebabkan pemanasan oleh magma, menyebabkan rekristalisasi pada batuan samping. Apabila larutan dari magma memasukkan unsur-unsur tambahan, maka batuan disebut mengalami metasomatisme. Panas dan larutan dari magma dapat membentuk mineralisasi (*skarn*) yang menghasilkan mineral-mineral baru yang terdiri atas mineral-mineral bijih sulfida dan pengotor (*gangue*) yang kadang-kadang berupa kristal-kristal berkualitas permata di antaranya **garnet**.

Beberapa mineral permata dapat juga terbentuk melalui proses kristalisasi dari fluida atau larutan hidrotermal, dapat dibedakan dengan mineral-mineral yang mengkristal dari peleburan magma dan yang terbentuk karena proses metamorfisme. Fluida hidrotermal bergerak ke arah permukaan bercampur dengan air meteorik yang merembes ke bawah melalui bukaan struktur pada kerak bumi, dapat menghasilkan mineralisasi epitermal yang ditandai oleh pembentukan urat-urat kuarsa mengandung mineral-mineral bijih yang sesuai dengan lingkungannya. Beraneka jenis kuarsa yang berpotensi dijadikan permata dapat terbentuk di daerah mineralisasi epitermal, antara lain : kuarsa asap, kuarsa susu, amethyst, kalsedoni dan opal serta kemungkinan adularia. Masih berkaitan dengan lingkungan yang melibatkan sistem hidrotermal adalah lapangan-lapangan panas bumi (*geothermal fields*), dimana salah satu indikator kegiatannya berupa manifestasi permukaan

ACUAN

- A Macdonald Orbis Book, 1987. The Macdonald Encyclopedia of Rocks & Minerals, Macdonald & Co (Publishers) Ltd, Greater London House, hamstead Road, London NW1 7QX, 607 hal.
- Bates, R.L., and Jackson, J.A., 1980. Glossary of Geology, Second Edition, American Geological Institute, Falls Church, Virginia, 749 hal.
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Gemstone>, 2008. Gemstone, 7 hal.
- <http://www.gemstone.org/gem-by-gem/english.html>, 2008.
- Hurlbut, C.S., and Switzer, G.S., 1979. Gemology, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore, 243 hal.

sinter silika yang berpeluang mengendapkan mineral-mineral permata seperti **kalsedoni** dan **opal**.

Beberapa mineral sekunder sebagai hasil ubahan oleh proses hidrotermal juga mungkin dapat terbentuk, dimana jenisnya tergantung kepada unsur-unsur yang dikandung mineral asalnya tetapi hanya sedikit jumlahnya. **Turquoise** merupakan salah satu mineral sekunder yang dihasilkan oleh ubahan hidrotermal terhadap batuan beku yang kaya kandungan Al, terbentuk pada atau dekat permukaan bumi.

Kesimpulan

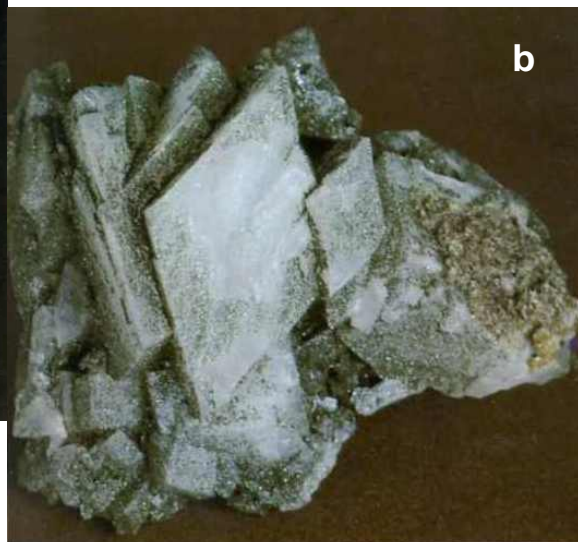
Indonesia terletak pada pertemuan lempeng tektonik atau batas lempeng konvergen (*convergent plate boundaries*) dikenal memiliki keragaman ciri geologi yang dibentuk oleh proses magmatisme, vulkanisme, sedimentasi, metamorfisme dan deformasi. Seluruh proses tersebut berjalan sepanjang waktu geologi dan menghasilkan beragam litologi dan ubahannya dengan umur geologi berbeda, sehingga dimungkinkan membentuk aneka batuan sumber mineral-mineral yang berpotensi untuk dijadikan permata atau batu mulia. Dengan mempelajari sekaligus memahami geologi, mula jadi dan keterdapatan batuan-batuan sumber mineral permata maka eksplorasi untuk menemukan mineral dimaksud dapat dilakukan tepat sasaran. Penemuan sumber-sumber baru mineral permata memberikan peluang pengembangan pemberdayaannya sehingga diharapkan berdampak positif terhadap nilai ekonominya.

Ucapan Terima kasih

Disampaikan penghargaan setinggi-tingginya kepada setiap individu yang memberikan dorongan moril selama proses penyusunan karya tulis dan juga kepada tehniisi yang membantu membuat kelengkapan ilustrasi.



Gambar 1. Mineral beryl pada batuan sumber (Macdonald Orbis Book, 1987)

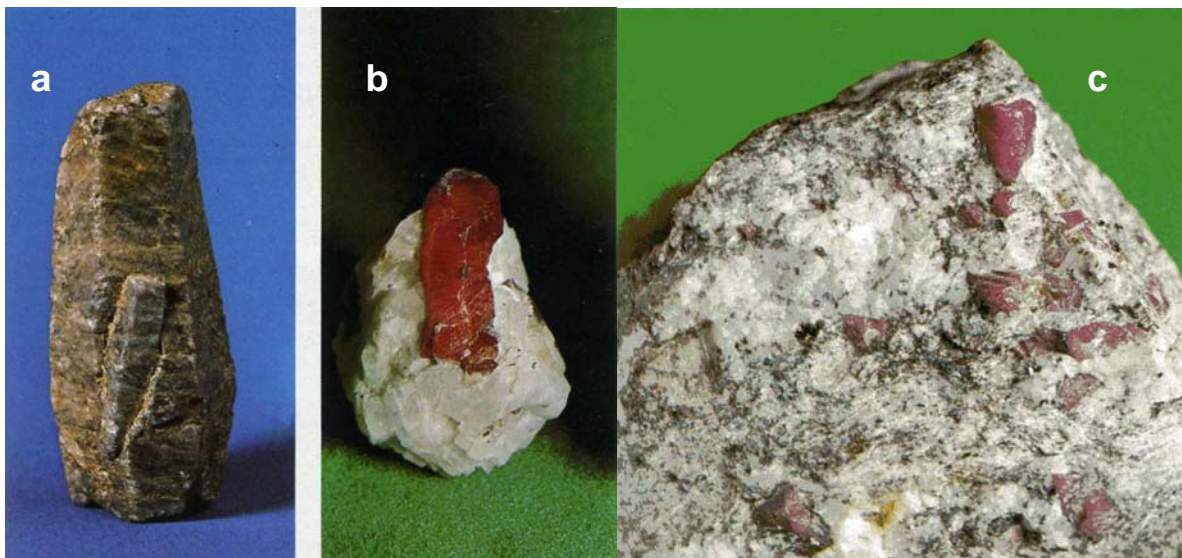
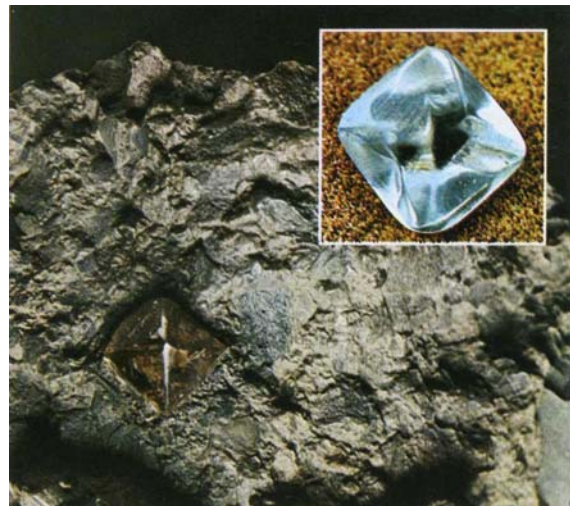


Gambar 2. Mineral mikroklin (a) dan Adularia (b) di dalam batuan sumber



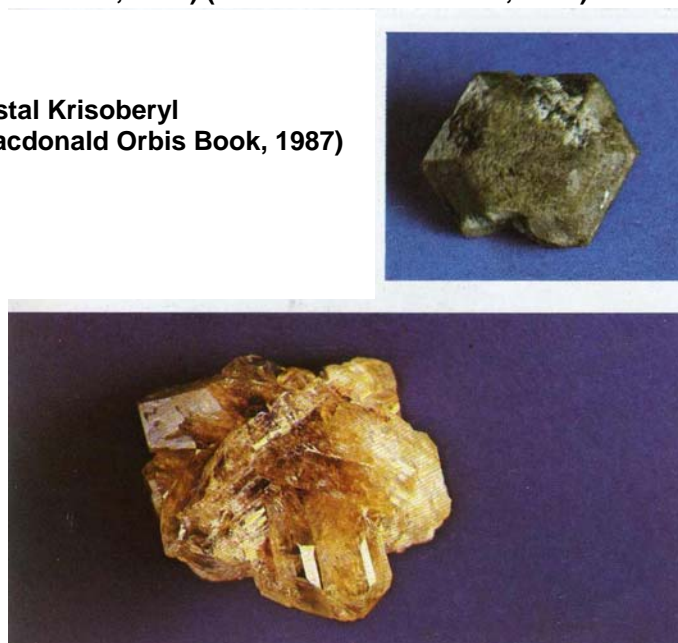
Gambar 3. Mineral garnet (andradit) di dalam batuan sumber (Macdonald Orbis Book, 1987)

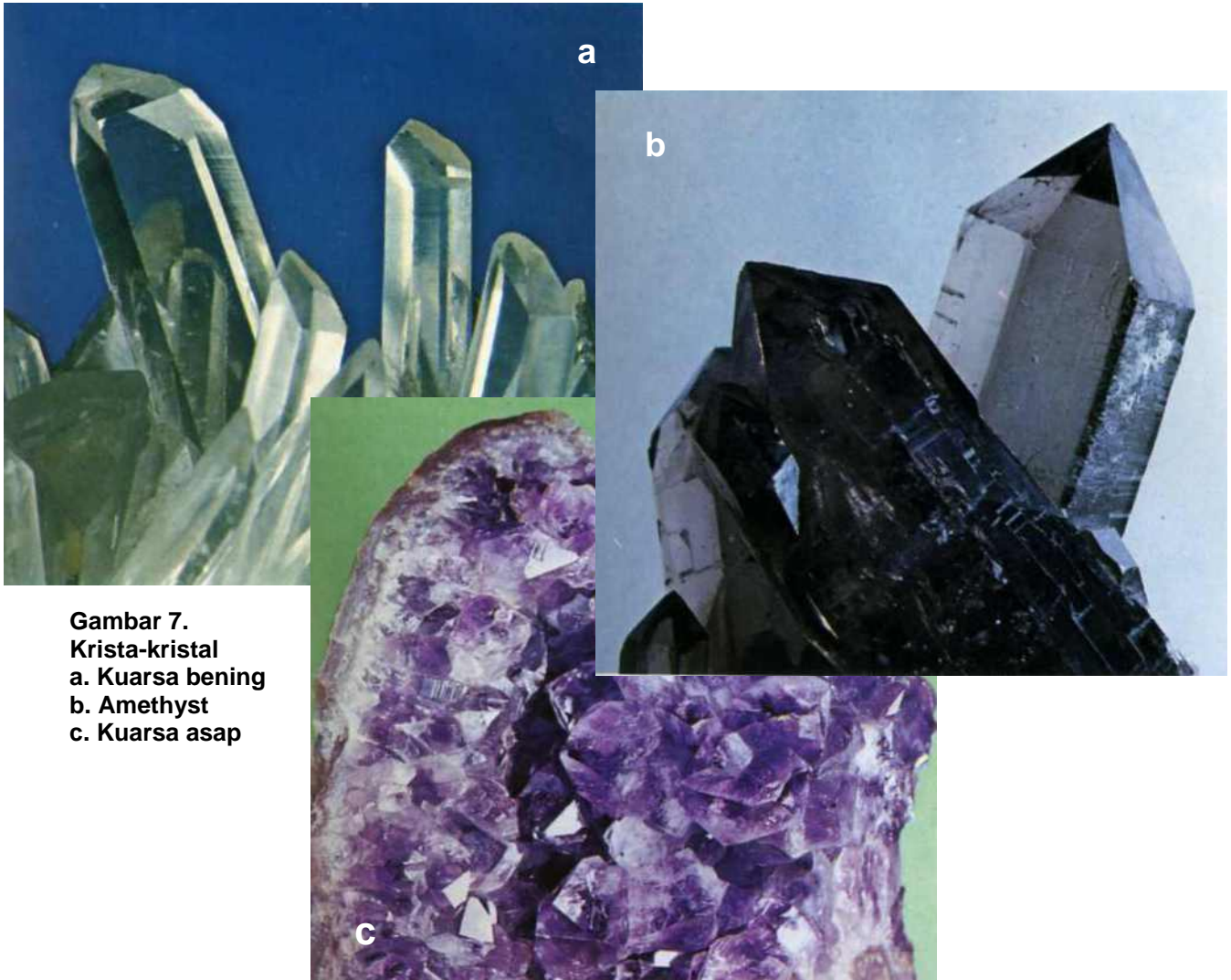
Gambar 4. Intan di dalam batuan sumber



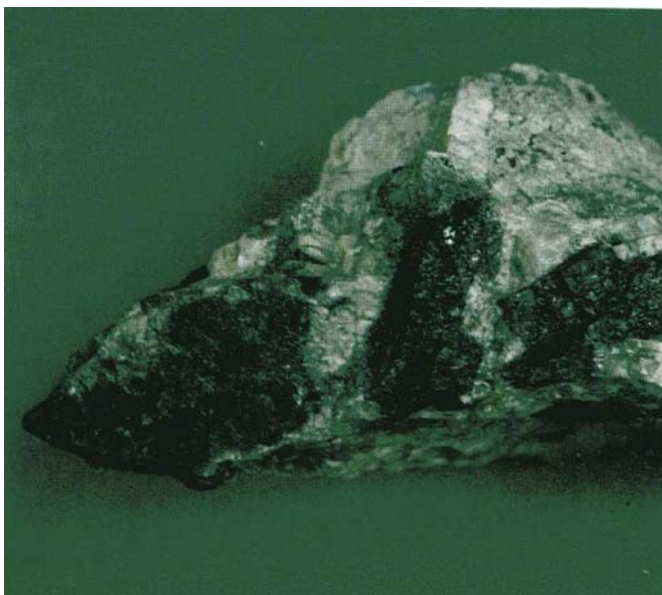
Gambar 5. a. Kristal korundum; b dan c. Mineral korundum di dalam batuan sumber (Macdonald Orbis Book, 1987) (Macdonald Orbis Book, 1987)

Gambar 6. Kristal Krisoberyl (Macdonald Orbis Book, 1987)



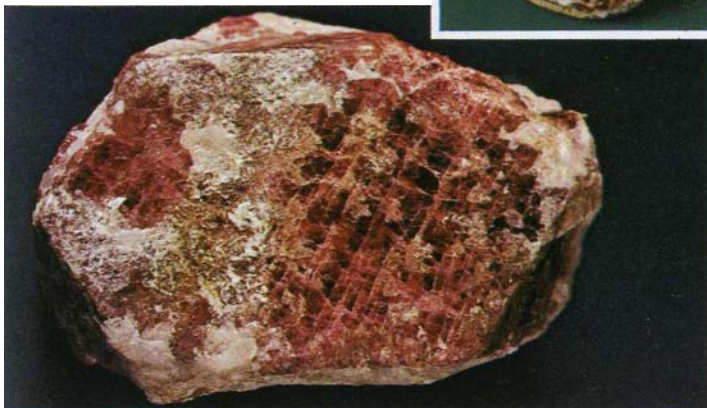


Gambar 7.
Krista-kristal
a. Kuarsa bening
b. Amethyst
c. Kuarsa asap



Gambar 8. Mineral olivin di dalam batuan sumber

Gambar 9. Kristal piroksen dari jenis spodumen (Macdonald Orbis Book, 1987)



Gambar 10. Mineral spinel di dalam Batuan sumber

Gambar 11. Mineral topaz di dalam batuan sumber (Macdonald Orbis Book, 1987)



Gambar 12.
Mineral turmalin di dalam batuan sumber



Gambar 13.
Mineral turquoise di dalam batuan sumber
(Macdonald Orbis Book, 1987)

Gambar 14.
Kristal zirkon sebagai komponen rombakan
di dalam aluvium



KANDUNGAN LOGAM DASAR DI DALAM ENDAPAN LETAKAN PANTAI DAN LEPAS PANTAI PERAIRAN PAMEUNGPEUK, GARUT, JAWA BARAT. INDIKASI ADANYA MINERALISASI HIDROTHERMAL DI DARAT

Oleh:

A. Setyanto dan D. Setiady
Puslitbang Geologi Kelepas pantaian

SARI

Sebaran hasil analisis geokimia untuk logam dasar baik contoh-contoh pantai maupun lepas pantai memperlihatkan adanya pengelompokan kandungan baik untuk unsur-unsur Tembaga (Cu), Timbal (Pb), dan seng (Zn) ataupun logam emas (Au) dan perak (Ag).

Perbedaan lingkungan pengendapan di pantai dan lepas pantai berpengaruh kepada kandungan logam dasar. Di lingkungan pantai kandungan unsur logam dasar yaitu Cu, Pb dan Zn rata-rata lebih tinggi dari pada lingkungan pengendapan lepas pantai. Kandungan emas (Au) dan perak (Ag) dipantai juga lebih tinggi di dibandingkan dengan di lepas pantai.

Sebaran logam dasar dari timur ke barat memperlihatkan variasi kandungan yang juga berbeda antara logam dasar P, Cu dan kandungan Zn. Kandungan Zn selalu lebih tinggi daripada kandungan Pb dan Cu. Variasi ini juga terlihat berbeda antara lingkungan pantai dengan variasi yang jauh lebih mencolok/variatif pada lingkungan lepas pantai.

Kata kunci : lingkungan pengendapan, sebaran logam dasar

ABSTRACT

The distribution of geochemical analysis result for base metal offshore and onshore samples shows the composition cluster between Cu, Pb, Zn elements and Au, Ag elements.

Differences between onshore and offshore depositional environment influence the base metal content. Base metal (Cu, Pb and Zn) content on the shore environment is higher than that in the offshore environment. Gold (Au) and silver (Ag) content on the shore environment is higher than that in the offshore environment.

The base metal distribution from east to west shows the base metal variation between Pb and Cu base metal content and Zn base metal content. Zn base metal content is always higher than Pb and Cu base metal content. This variation is also different between coastal and onshore environments. There are higher variation in offshore than that in the onshore environment

Key Words : depositional environment, base metal distribution

PENDAHULUAN

Endapan logam dasar di pantai dan lepas pantai pada umumnya terjadi akibat proses pelapukan (*weathering*) dan transportasi yang terdapat sebagai endapan letakan (*placer*) yang dihasilkan dari cebakan hidrothermal, yang berkaitan dengan batuan intrusi.

Daerah telitian secara administratif berada di sekitar Kecamatan Pameungpeuk, Kecamatan Cikelet, Kecamatan Pakenjeng dan Kecamatan Bungbulang, Kabupaten Garut, Propinsi Jawa Barat. Daerah tersebut merupakan perairan terbuka yang berhadapan langsung dengan Samudera Indonesia. Secara geografis berada

di dalam koordinat 107°26' – 107°45' BT dan 7°28' – 7°44' LS (Gambar. 1) dengan luas daerah selidikan ± 309.872 km².

METODE PENELITIAN

Metoda pemboran tangan dilakukan sebanyak 13 lokasi (BPM), untuk mengetahui kedalaman dari sedimen dalam hal ini pasir sampai menembus batuan dasar. Percontoh pantai di permukaan sebanyak 26 contoh (PPM) yang berurutan dari arah timur daerah telitian sampai ke barat. Sedangkan sebanyak 53 percontoh lepas pantai diambil dengan menggunakan pemercontoh comot. (Gambar 2)

Pengambilan percontoh untuk analisa unsur-unsur emas (Au), perak (Ag), tembaga (Cu), timbal (Pb) dan seng (Zn) di ambil dari contoh-contoh paras pantai dan litologi paling atas pada percontoh bor tangan (BPM) dan percontoh permukaan (PPM). Sedangkan untuk pengambilan percontoh di lepas pantai diambil secara acak bersistem (*systematic random sampling*) pada lokasi-lokasi yang representatif dengan mempertimbangkan faktor-faktor oseanografi (arah gelombang, arus sepanjang pantai, pasang-surut) dan posisi muara-muara sungai sebagai pemasok sedimen asal darat.

HASIL PENELITIAN

Kemungkinan batuan dasar dari endapan logam dasar di pantai dan lepas pantai adalah batuan-batuan yang terdapat disekitar Perairan Pameungpeuk. Menurut Alzwar, 1992, urutan formasi batuan di daerah telitian terdiri dari:

Formasi Bentang, merupakan batuan sedimen, batupasir tuf, tuf batuapung, batulempung, konglomerat dan lignit. Bagian bawah terdiri dari konglomerat, batupasir tuf, tuf batuapung bersisipan lempung, batulanau dan lignit, bagian atas terdiri dari batupasir tuf dan tuf kaca halus berbatu apung. terdapat dalam batupasir tuf.

Formasi Jampang, merupakan batuan gunungapi. Lava bersusunan andesit yang menunjukkan kekar dan breksi andesit yang mengandung hornblende, sisipan tuf hablur. Di daerah Singajaya dijumpai batugamping yang mengandung foraminifera besar.

Breksi tufaan, breksi, tuf, dan batupasir. Breksi mengandung komponen andesit dengan masadasar tuf berbatuapung.

Batuan Gunungapi tua tak terturaikan, tuf, breksi tuf dan lava. Tuf terdiri dari dari tuf hablur yang halus, tersilikakan dan terpropilitkan secara setempat. Breksi tuf berkomponen andesit dengan masadasar tuf batuapung. Lava bersusunan andesit piroksen dan basal, menunjukkan kekar lembar, kekar meniang dan struktur aliran. Singkapannya banyak dijumpai di selatan G. Cikuray. Sumber asal batuan terbentuk melalui erupsi celah dan diduga berumur Plio-Plistosen.

Batuan terobosan Andesit, andesit hornblende dan andesit piroksen, batuan tersebut bertekstur porfiri, fenokris berupa plagioklas jenis oligoklas – andesine, hornblende, piroksen, dengan masa dasar mikrolet felspar dan mineral mafik, batuan ini

menerobos batuan yang berumur Mio-Pliosen dan diduga berumur Pliosen.

Sebaran hasil analisis geokimia baik contoh-contoh pantai maupun lepas pantai (Tabel 1, 2 dan 3), memperlihatkan adanya pengelompokan kandungan baik untuk unsur-unsur logam dasar (Cu, Pb, Zn) ataupun logam emas (Au) dan perak (Ag). Zn mempunyai kandungan rata-rata jauh di atas Cu dan Pb baik di pantai maupun lepas pantai (Lepas pantai) (Gambar 3 dan 4). Sedangkan kandungan rata-rata Cu dan Pb hampir sama baik di pantai maupun lepas pantai. Perbedaan lingkungan pengendapan-pun ternyata membedakan kandungan; dalam hal ini di lingkungan pantai untuk ketiga unsur utama tersebut kandungan rata-rata lebih tinggi dari pada lingkungan pengendapan lepas pantai. Kandungan emas (Au) dan (Ag) terlihat sangat jauh berbeda, namun untuk kedua lingkungan pengendapan di pantai dan lepas pantai, kandungan rata-ratanya tidak banyak perbedaan kecuali pada titik pengamatan pantai PPM-8 jumlah nya mencapai 65 ppb, jauh di atas kandungan emas di tempat lainnya (gambar 5 dan gambar 6). Gambar 5 dan 6 yang memperlihatkan sebaran emas dan perak secara komposit lebih merupakan ilustrasi kualitatif untuk menggambarkan pola perubahan kandungan masing-masing dengan tidak mempunyai hubungan kandungan yang dekat atau seragam antara kandungan emas dan perak. Ini disebabkan jumlah emas yang sangat kecil bersatuan ppb dibandingkan kandungan perak yang bersatuan ppm (1000 X ppb).

DISKUSI

Urut-urutan kejadian konsentrasi oksida atau sulfida unsur-unsur logam dasar, emas dan perak dalam sedimen dapat dirunut mulai dari *provenance* batuan daerah telitian, baik untuk lingkungan darat maupun perairannya; dengan memasukkan mekanisme sedimentasi dan media pembawanya (sungai dan perairan pantai). Di daerah telitian terdapat tiga formasi yaitu Formasi Jampang (Miosen Awal) yang didominasi oleh breksi vulkanik bersifat andesitik sedikit basaltik, Formasi Bentang (Pliosen), didominasi oleh batupasir pantai gampingan / kalkarenit dan Aluvium (Resen) (Alzwar, 1992). Dari ketiga sumber sedimen tersebut Aluvium merupakan sumber terbesar untuk lokasi-lokasi contoh.

Unsur logam dasar Pb dalam sedimen aluvial umumnya merupakan senyawa mineral sulfida yang dimulai dari pembentukan Galena (PbS) secara hidrotermal (Whitten, & Brooks, 1982).

Kemudian dalam perkembangan berikutnya pada tahap alterasi terjadi oksidasi dan *replacement* terhadap zona endapan timah hitam. Oksidasi sangat mungkin terjadi di daerah telitian yang beriklim tropis dengan intensitas sinar matahari sepanjang tahun yang cukup tinggi. Pada tahap ini dapat terbentuk Serusit ($PbCO_3$) atau Piromorfit ($(PbCl)Pb_4(PO_4)_3$) atau Wulfenit ($PbMoO_4$). Dengan mempertimbangkan sumber batuan utama Formasi Jampang yang berumur N4-N6 (Miosen Awal) sebagai satu-satunya yang terjadi secara vulkanis maka dapat diinterpretasikan sumber unsur Pb pada contoh adalah batuan Serusit. Sedangkan batuan terobosan dan breksi umurnya relatif masih muda sebagai sumber unsur Pb.

Unsur logam dasar Cu dalam sedimen aluvial juga berasal dari proses yang sama dengan unsur utama lainnya, yang mana pertama kali terbentuk dapat berupa bijih logam Cu (*copper*) dan Kalkopirit ($CuFeS_2$) yang terjadi secara hidrotermal atau metasomatik, Kovelit (CuS) terjadi secara pengayaan sekunder, dan Tetrahedrit ($(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$) terjadi secara hidrotermal. Pelapukan terhadap batuan beragregat *copper*, pada tahap selanjutnya, menghasilkan mineral Kuprit (Cu_2O), Malakhit ($Cu_2CO_3(OH)$) yang juga dapat berfungsi sebagai material semen pada batupasir. Dari formasi batuan yang ada maka genesa Formasi Jampang merupakan kejadian vulkanisme yang menghasilkan bijih ataupun unsur logam dasar Cu terobosan batuan beku dominan andesitik. Sehingga kadarnya pun teramati tidak terlalu ekonomis seperti yang berasal dari jalur porfiri batuan beku asam.

Unsur logam dasar Zn pada mineral bijih Sfalerit (ZnS) seperti halnya juga Pb dan Cu secara primer dihasilkan oleh proses hidrotermal atau kontak metasomatik bersama galena. Proses alterasi selanjutnya adalah oksidasi yang menghasilkan Smitsonit ($ZnCO_3$) atau Zinsit (ZnO) yang apabila dalam jumlah besar akan juga sebagai bijih seng.

Kandungan Zn di daerah telitian nampak sangat fluktuatif dari barat ke timur dengan rata-rata kandungan selalu lebih tinggi dari Cu dan Pb. Walaupun pada kejadian primernya secara hidrotermal selalu berasosiasi dengan galena namun tidak menunjukkan kurva yang korelatif antara Zn dan Pb baik di pantai maupun di lepas pantai. Hal ini berarti pemisahan tersebut terjadi setelah proses oksidasi terhadap masing-masing mineral primer (sfalerit, galena). Kemudian dipisahkan secara gravitasi (*gravity settling*) dari masing-masing berat jenis yang berbeda, yang mana

mineral hasil oksidasi sfalerit lebih ringan daripada hasil oksidasi galena. Pada sedimen lepas pantai pemisahan sebaran barat-timur tersebut diakibatkan oleh perbedaan berat jenis dalam media air lepas pantai. Oleh karena itu dapat pula disimpulkan bahwa peningkatan konsentrasi Pb dan Cu akan lebih banyak ke arah daratan.

Logam dasar Emas (Au) dan perak (Ag) pada umumnya saling berasosiasi yang mana masing-masing logam tersebut pada awalnya terjadi secara hidrotermal. Kemudian pada proses selanjutnya khususnya emas cenderung menuju pada kandungan yang lebih murni, yaitu endapan letakan (*placer deposit*) atau berasosiasi dengan urat-urat kuarsa pada breksi atau konglomerat. Batuan ini di daerah telitian dijumpai pada Formasi Jampang dan Bentang pada aluvium Resen, sehingga dapat diinterpretasikan berasal dari kedua formasi batuan tersebut. Kandungan urat kuarsa yang sangat kecil dikarenakan kandungan batuan primer yang terdapat di Formasi Jampang adalah andesitik sehingga pengayaan urat kuarsanya pun tidak terlalu melimpah dibandingkan yang umumnya terdapat pada batuan asam.

SIMPULAN

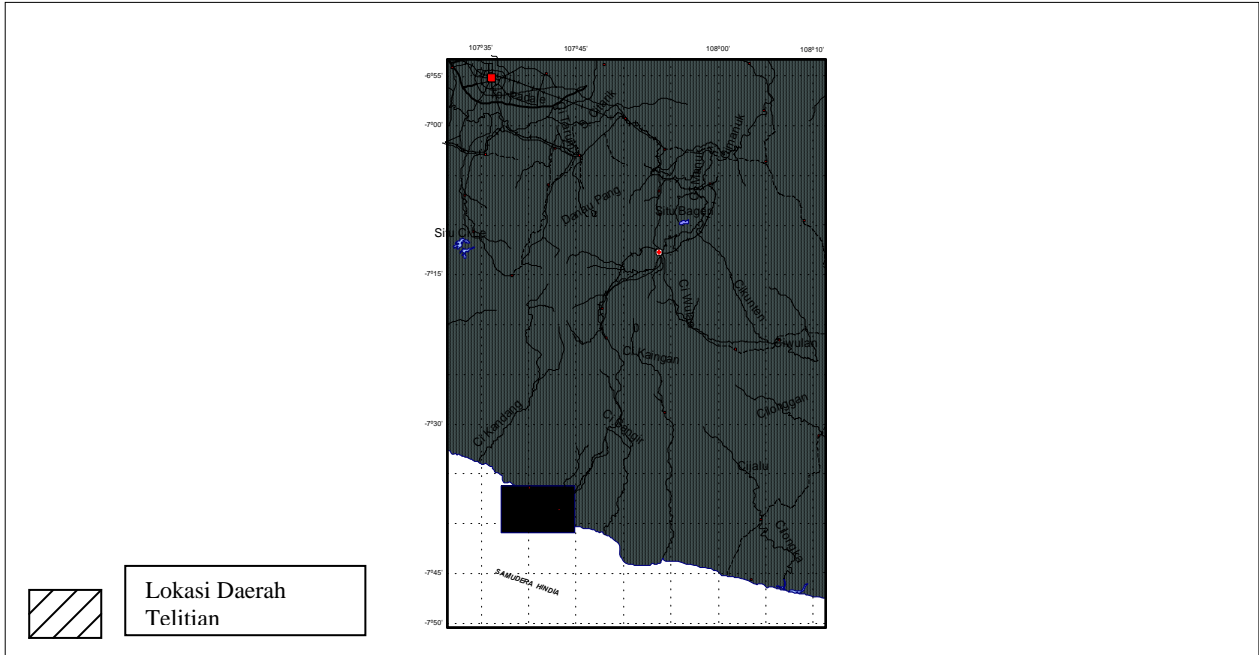
- Sebaran unsur logam dasar sebagai mineral plaser dari barat-ke timur yang nampak fluktuatif dapat diinterpretasikan sebagai akibat dari karakteristik pantai dengan bagian-bagian pantai yang berselingan antara bagian pantai yang mempunyai dan yang tidak mempunyai muara sungai.
- Kandungan logam dasar sebagai logam dasar di lepas pantai yang relatif tinggi pada lokasi pengambilan contoh disebabkan kedekatannya dengan sumber sedimen yaitu muara sungai dan demikian pula sebaliknya untuk yang berkandungan lebih rendah. Dari darat ke lepas pantai fluktuasi kurva nampak menurun, hal ini membuktikan juga bahwa sumber unsur logam dasar sebagai mineral plaser secara dominan berasal dari darat dengan peran media air lepas pantai dan morfologi dasar lepas pantai sebagai penurun tingkat variasi kurva.

UCAPAN TERIMA KASIH

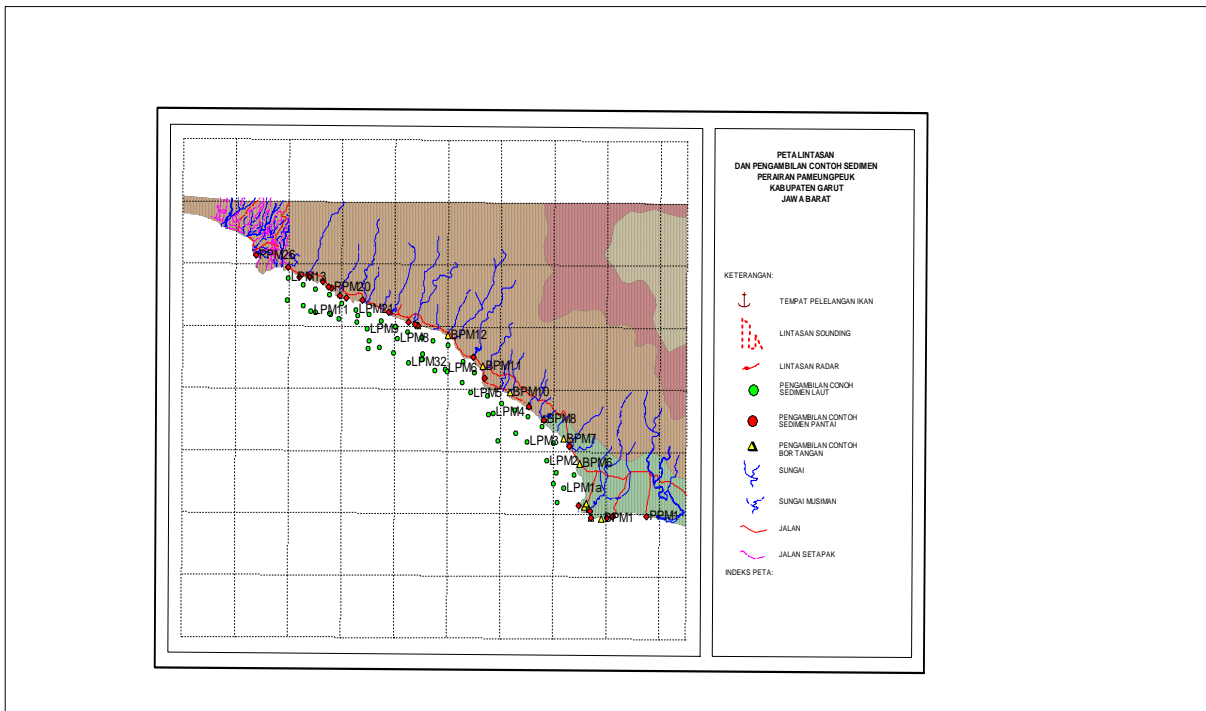
Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada rekan-rekan Kris Budiono, M.Sc., Ir. Asep Faturochman, Ir Yogi Noviadi, Ir. Catur Purwanto, Dan Mira Yosi. Serta Tim Editor, sehingga dapat terbitnya paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

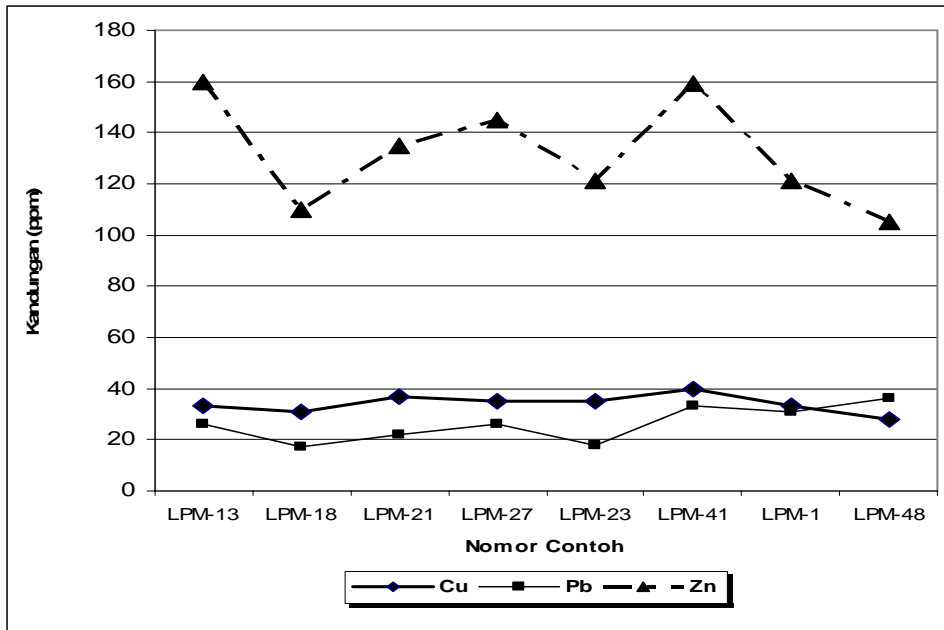
- Alzwar, M., 1992, Peta Geologi Lembar Pameungeuk, Jawa Barat, Skala 1:100.000, PPPG, Bandung
- Setiady, D. 2001, Laporan Penyelidikan Potensi Mineral Perairan Garut Selatan, Jawa Barat, Laporan intern, PPPGL.
- Kamiludin, U. 2004, Laporan Penyelidikan Emas di Perairan Muara Kakap, Kalimantan Barat. Laporan intern PPPGL.
- Whitten, D.G.A., Brooks, J.R.V., 1982, *The Pinguin Dictionary of Geologi*, Pinguin Books Ltd., Harmondsworth, Middlesex, England.



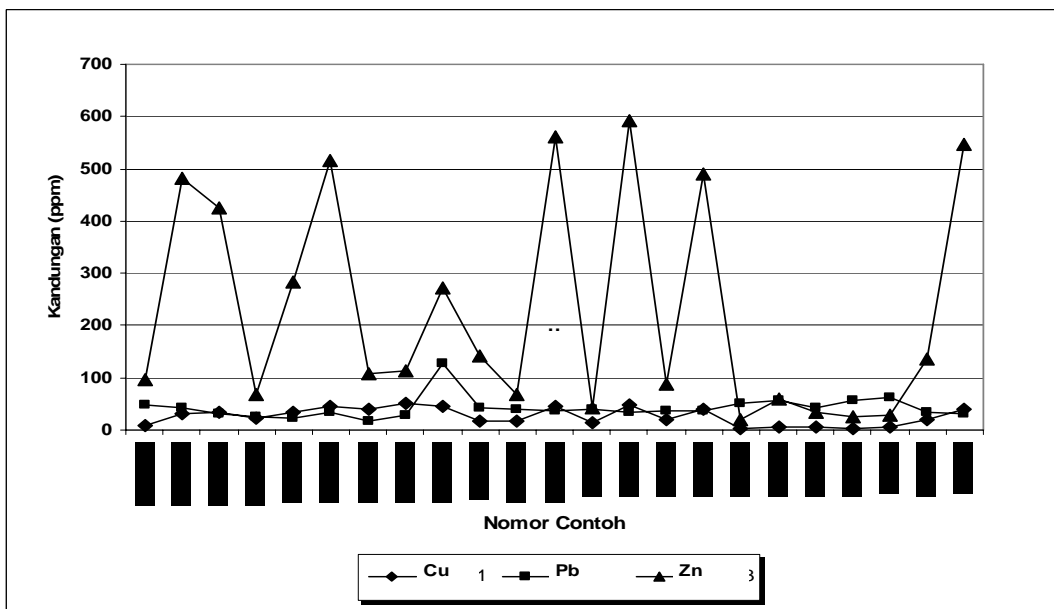
Gambar 1. Peta lokasi daerah telitian



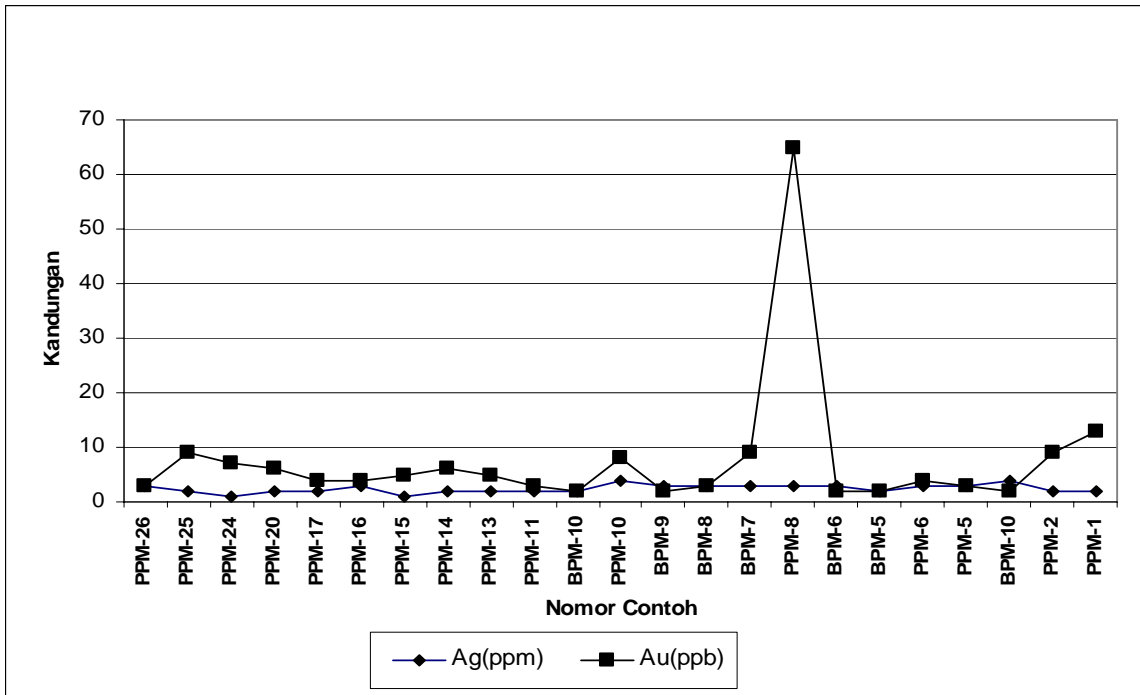
Gambar 2. Peta lokasi pengambilan contoh



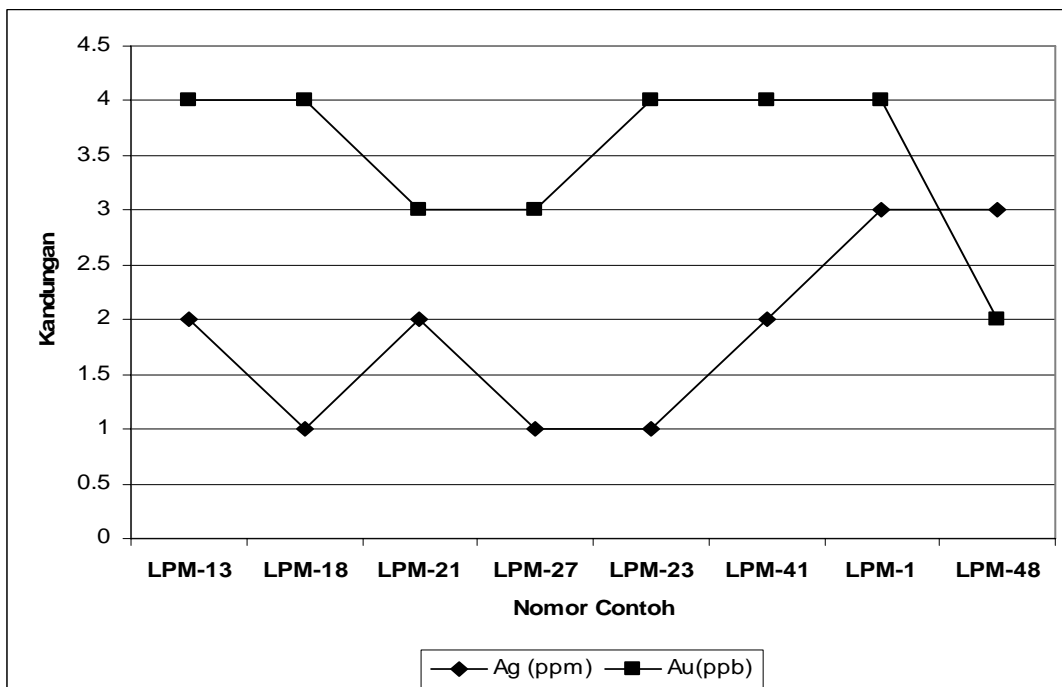
Gambar 3. Kurva Kandungan Tembaga (Cu), Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Contoh Lepas pantai cu, pb, zn



Gambar 4. Kurva Kandungan Tembaga (Cu), Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Contoh Pantai



Gambar 5. Kurva Kandungan logam dasar Emas(Au) dan Perak (Ag) pada Contoh Pantai



Gambar 6. Kurva Kandungan logam dasar Emas(Au) dan Perak (Ag) pada Contoh Lepas pantai (Ag, Au)

Tabel 1. Hasil Analisa Geokimia

No.Contoh	Cu(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	PPM	Ag(ppm)	Au(ppb)
PPM-26	9	48	96	PPM-26	3	3
PPM-25	32	43	482	PPM-25	2	9
PPM-24	34	31	425	PPM-24	1	7
PPM-20	22	26	69	PPM-20	2	6
PPM-17	35	22	283	PPM-17	2	4
PPM-16	44	35	515	PPM-16	3	4
PPM-15	39	18	108	PPM-15	1	5
PPM-14	52	27	114	PPM-14	2	6
PPM-13	46	128	272	PPM-13	2	5
PPM-11	18	42	143	PPM-11	2	3
BPM-10	16	39	67	BPM-10	2	2
PPM-10	46	36	560	PPM-10	4	8
BPM-9	13	39	42	BPM-9	3	2
BPM-8	48	34	591	BPM-8	3	3
BPM-7	21	37	89	BPM-7	3	9
PPM-8	41	36	490	PPM-8	3	65
BPM-6	4	50	21	BPM-6	3	2
BPM-5	7	57	59	BPM-5	2	2
PPM-6	5	42	34	PPM-6	3	4
PPM-5	4	57	26	PPM-5	3	3
BPM-10	6	63	27	BPM-10	4	2
PPM-2	20	33	137	PPM-2	2	9
PPM-1	41	32	546	PPM-1	2	13
LPM-13	33	26	160	LPM-13	2	4
LPM-18	31	17	110	LPM-18	1	4
LPM-21	37	22	135	LPM-21	2	3
LPM-27	35	26	145	LPM-27	1	3
LPM-23	35	18	121	LPM-23	1	4
LPM-41	40	33	159	LPM-41	2	4
LPM-1	33	31	121	LPM-1	3	4
LPM-48	28	36	105	LPM-48	3	2

Tabel 2. DESKRIPSI CONTOH PANTAI (*Hand specimen*)

Nomor Contoh	Koordinat		DESKRIPSI
PPM-01	107.479640000	-7.534930000	Pasir besi, hitam sedikit kekuningan, hls-sdg, mineral hitam melimpah
PPM-02	107.478990000	-7.528880000	Pasir, coklat sedikit keputihan, halus-sedang lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
PPM-03	107.689420000	-7.664770000	Pasir Terumbu, Coklat keputihan, uk. Btr. Sedang-kasar, sdk fragmen terumbu
PPM-04	107.690190000	-7.668270000	Pasir, putih kecoklatan, mgd, pec. Moluska (90%), magnetit (10%)
PPM-05	107.700230000	-7.668480000	Pasir, putih kecoklatan, mgd, pec. Moluska (90%), magnetit (10%)
PPM-06	107.703680000	-7.667810000	Pasir, putih sedikit kecoklatan mgd, pec. Moluska (90%), magnetit (10%)
PPM-07	107.506380000	-7.540230000	Pasir, putih kecoklatan, mgd, pec. Moluska (90%), magnetit (10%)
PPM-08	107.512660000	-7.540490000	Pasir besi, hitam sedikit kekuningan, hls-sdg, mineral hitam melimpah
PPM-09	107.724950000	-7.667500000	Pasir besi, hitam sedikit kekuningan, sangat halus Gumuk pasir
PPM-10	107.703700000	-7.667850000	Pasir besi, hitam, halus - sedang, lepas mgd mineral hitam, sdk pec. terumbu
PPM-11	107.660520000	-7.661620000	Pasir, coklat sedikit keputihan, halus-sedang
PPM-12	107.676500000	-7.630390000	lepas, min hitam (60%), pec. Terumbu 40% Pasir, putih kecoklatan, lepas, hls - sdg batas dengan pasir hitam, hal - sedg
PPM-13	107.682600000	-7.661850000	Terumbu karang, dengan sedikit pasir pada bagian atasnya, Coklat sdk keputihan
PPM-14	107.650920000	-7.608940000	Pasir besi, hitam sedikit kekuningan, hls-sdg, mineral hitam melimpah
PPM-15	107.624000000	-7.590320000	Pasir, coklat tua, halus-sedang sgt hls-hls, terdapat min. htm, breksi andesit
PPM-16	107.615900000	-7.582780000	Pasir, hitam, lepas, sedang - kasar, mengandung min.htm (70%),
PPM-17	107.581130000	-7.565930000	Pasir besi, hitam sedikit kekuningan, tdp fragmen batuan
PPM-18	107.579200000	-7.565550000	Pasir besi, hitam sedikit kekuningan, hls-sdg, mineral hitam melimpah
PPM-19	107.575170000	-7.563930000	Pasir besi, hitam, lepas, hls-sdg mengandung mineral hitam melimpah,
PPM-20	107.546130000	-7.552860000	Pasir, coklat sedikit keputihan, halus-sedang lepas, min hitam (50%), pec. Terumbu 50%

Nomor Contoh	Koordinat		DESKRIPSI
PPM-21	107.562540000	-7.558890000	Pasir, hitam sedikit kekuningan, hls-sdg, mineral hitam melimpah
PPM-22	107.535990000	-7.551540000	Pasir, coklat sedikit keputihan, halus-sedang lepas, min hitam (60%), pec. Terumbu 40%
PPM-23	107.532070000	-7.550160000	Pasir, coklat sedikit keputihan, halus-sedang lepas, min hitam (60%), pec. Terumbu 40%
PPM-24	107.526830000	-7.546230000	Pasir besi, hitam sedikit kekuningan, hls-sdg, mineral hitam melimpah
PPM-25	107.524850000	-7.545400000	Pasir besi, hitam sedikit kekuningan, hls-sdg, mineral hitam melimpah
PPM-26	107.521060000	-7.542650000	Pasir, putih kecoklatan, mgd, pec. Moluska (90%), magnetit (10%)
PPM-27			Pasir, putih kecoklatan, mgd, pec. Moluska (90%), magnetit (10%)
PPM-28			Pasir, coklat sedikit keputihan, halus-sedang lepas, min hitam (60%), pec. Terumbu 40%

Tabel 3. Deskripsi, lokasi dan kedalaman percontoh laut

Nomor	Koordinat		Kedalaman (M)	Litologi
LPM1a	107.672833330	-7.652666670	9.6	Pasir, coklat, hls-sdng lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
LPM1	107.668555560	-7.644333330	26.3	Pasir, coklat, hls-sdng lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
LPM2	107.662277780	-7.637944440	28.0	Pasir hitam, hls - sdng, lepas mgd min. hitam, sdk pec. terumbu
LPM3	107.649666670	-7.627861110	34.0	Pasir, coklat, hls-sdng lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
LPM4	107.628805560	-7.612666670	34.0	Pasir, coklat, hls-sdng lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
LPM5	107.614111110	-7.601944440	41.0	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM6	107.598138890	-7.589222220	43.0	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM7	107.584250000	-7.581222220	15.0	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM8	107.567919000	-7.572971000	18.0	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM9	107.549416670	-7.568000000	26.0	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM10	107.531361110	-7.562944440	33.0	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM11	107.513722220	-7.558611110	42.0	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM12	107.498694440	-7.553027780	32.0	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM13	107.499472220	-7.541027780	12.0	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,

Nomor	Koordinat		Kedalaman (M)	Litologi
LPM14	107.508611110	-7.544583330	9.0	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM15	107.509083330	-7.555611110	39.0	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM16	107.516638890	-7.559388890	41.7	Pasir hitam, hls - sdng, lepas mgd min. hitam, sdk pec. terumbu
LPM17	107.516583330	-7.546666670	11.7	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM18	107.525305560	-7.549500000	8.0	Pasir hitam, hls - sdng, lepas mgd min. hitam, sdk pec. terumbu
LPM19	107.525805560	-7.560388890	31.0	Pasir hitam, hls - sdng, lepas mgd min. hitam, sdk pec. terumbu
CPM1	107.525722220	-7.559916670	30.1	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM20	107.533222220	-7.554250000	9.4	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM21	107.541944440	-7.557805560	10.7	Pasir hitam, hls - sdng, lepas mgd min. hitam, sdk pec. terumbu
LPM22	107.550333330	-7.560472220	11.8	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM23	107.558166670	-7.563805560	13.2	Pasir hitam, hls - sdng, lepas mgd min. hitam, sdk pec. terumbu
LPM24	107.566833330	-7.566666670	10.4	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM25	107.590722220	-7.574000000	12.0	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM26	107.542333330	-7.564444440	25.4	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM27	107.542972220	-7.560972220	17.5	Pasir, coklat, hls-sdng lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
LPM28	107.550055560	-7.574361110	36.9	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM29	107.550055560	-7.578250000	43.0	Pasir, coklat, hls-sdng lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
LPM30	107.556861110	-7.577972220	38.1	Pasir, coklat, hls-sdng lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
LPM31	107.565916670	-7.580555560	35.3	Pasir, coklat, hls-sdng lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
LPM32	107.575250000	-7.586000000	38.2	Pasir, coklat, hls-sdng lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
LPM33	107.574694440	-7.569472220	10.6	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM34	107.583472220	-7.572277780	11.7	Pasir hitam, hls - sdng, lepas mgd min. hitam, sdk pec. terumbu
LPM35	107.583444440	-7.584333330	27.4	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM36	107.591861110	-7.590000000	36.2	Pasir, coklat, hls-sdng lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
LPM37	107.600138890	-7.576500000	8.6	Pasir, coklat, hls-sdng lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
LPM38	107.599750000	-7.590305560	43.5	Pasir, coklat, hls-sdng lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
LPM39	107.609111110	-7.596416670	38.3	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,

Nomor	Koordinat		Kedalaman (M)	Litologi
LPM40	107.609500000	-7.585222220	8.2	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM41	107.616611110	-7.590972220	14.2	Pasir hitam, hls - sdng, lepas mgd min. hitam, sdk pec. terumbu
LPM42	107.625111110	-7.603138890	14.3	Pasir hitam, hls - sdng, lepas mgd min. hitam, sdk pec. terumbu
LPM43	107.633805560	-7.607250000	15.2	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM44	107.642083330	-7.611250000	16.7	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM45	107.650361110	-7.614361110	13.9	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM46	107.659500000	-7.619944440	7.0	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM47	107.669083330	-7.660361110	24.8	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM48	107.679250000	-7.645500000	13.0	Pasir, coklat, hls-sdng lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
LPM49	107.666222220	-7.628527780	14.4	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM50	107.666694440	-7.650222220	36.9	Pasir, coklat, hls-sdng lepas, min hitam (30%), pec. Terumbu 70%
LPM51	107.642666670	-7.623361110	35.7	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM52	107.631305560	-7.627666670	37.4	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,
LPM53	107.625750000	-7.613527780	44.2	Terumbu karang,putih dg sdk pasir pada bagian atasnya,

APLIKASI METODA GEOMAGNETIK DALAM MENENTUKAN POTENSI SUMBERDAYA BIJIH BESI DI DAERAH BUKIT BAKAR DAN ULU RABAU, KECAMATAN LEMBAH GUMANTI, KAB. SOLOK, SUMATRA BARAT

Oleh

Alanda Idral

Kelompok Program Penelitian Bawah Permukaan, Pusat Sumberdaya Geologi

S A R I

Daerah Bukit Bakar dan Ulu Rabau, secara administratif termasuk wilayah kenagarian Air Dingin Kec. Lembah Gumanti, Kab. Solok, Sumatra Barat. Data geologi mengindikasikan zona mineralisasi bijih besi pada kedua daerah tersebut diatas terdapat pada batuan meta sedimen dari Formasi Barisan yang berumur Perm. Kedua zona mineralisasi tersebut dikontrol oleh sesar yang berarah barat-laut-tenggara, timurlaut-baratdaya dan timur-barat. Berdasarkan data geomagnetik luas kedua daerah prospek tersebut masing-masing 34960 m², dan 6914 m² dengan potensi sumberdaya bijih besi terduga sebesar 2.496.366 ton.

ABSTRACT

Bukit Bakar and Ulu Rabau area lies in Kenagarian Air Dingin, Kecamatan Lembah Gumanti, Kabupaten Solok, West Sumatra. Based on geological data, both area indicate zones of iron ore mineralization lies in meta-sediment of Barisan Formation of Perm age. The zones are controlled by the NW-SE, NE-SW and E-W fault structures. Based on geomagnetic data the area of both mineralization zones of 34960 m², and 6914 m², respectively. The probable potency of the resources of 2.496.366 ton.

Kata kunci: Bukitbakar, Ulurabau, Solok, geomagnetik, anomali, gamma

1. PENDAHULUAN

Daerah Bukit Bakar dan Ulu Rabau secara administratif termasuk wilayah Kenagarian Air Dingin, Kec. Lembah Gumanti, Kab. Solok, Sumatra Barat. (Gambar 1).

Penyelidikan geomagnetik di daerah tsb, dilakukan dengan menggunakan alat proton unimag geomagnetometer tipe G.856 dengan ketelitian 10 gamma, alat ukur kerentanan magnetik batuan dan GPS.

Lintasan ukur geomagnetik berjumlah 10 lintasan dengan arah timur – barat memotong struktur sesar yang ada di daerah tsb. Panjang lintasan ukur 600 m, sedangkan titik amat berjumlah 262 titik. Jarak antara lintasan 50 m, dan jarak antara titik amat bervariasi antara 5 – 50 m. Pengukuran lintasan ukur dan titik ukur dilakukan oleh regu topografi dengan menggunakan alat ukur theodolit

Pengukuran geomagnetik dilakukan secara kisi (*gridding*) dengan sistim tertutup (*looping*) ABAB.

Nilai intensitas magnetik total untuk daerah Solok dan sekitarnya berkisar antara 40.000 gamma – 45.000 gamma (peta International Geomagnetic Reference Formula), sedangkan nilai intensitas magnetik total untuk daerah Air Dingin sebesar 43.060 gamma, selanjutnya, nilai ini, digunakan sebagai nilai '*base station*'/*back ground* untuk daerah tersebut.

Selain itu juga dilakukan pengukuran kerentanan magnetik pada beberapa contoh batuan di daerah penyelidikan.

2. GEOLOGI DAERAH PROSPEK

Geologi daerah Bukit Bakar dan Ulu Rabau disusun oleh batuan (muda-tua) intrusi granit dan granodiorit yang berumur Kapur; satuan batu gamping (gamping terpualamkan dan gamping meta yang berumur Perm), dan satuan meta-sedimen dari Formasi Barisan yang juga berumur Perm (terdiri dari filit, batusabak dan gamping meta). (Iwan Nursahan, 2004).

3. HASIL PENYELIDIKAN GEOMAGNIT

Dari penyelidikan geomagnet didapat hasil berupa data kerentanan magnet batuan (K), peta anomali geomagnet total sisa dan profil anomali geomagnet total sisa. Penyelidikan geomagnet dilakukan untuk melokalisasi zona mineralisasi bijih besi, anomali yang dicari adalah anomaly positif tinggi, dan selanjutnya hanya anomali positif tinggi ini yang akan dibahas, karena biji besi memberikan atau mempunyai nilai kemagnetan positif akibat adanya kandungan mineral magnetit dan ilmenit di dalam batuan.

3.1 Kerentanan Magnet Batuan

Kerentanan magnetik batuan di daerah Bukit Bakar dan Ulu Rabau berkisar antara $0.03 - 94.0 \times 10^{-6}$ cgs. Nilai K terendah terdapat pada batuan metasedimen, granit dan gamping, sedangkan yang tertinggi pada bijih besi.

3.2 Peta Anomali Geomagnet Total Sisa

Zona anomali geomagnet total sisa di daerah Bukit Bakar-Ulu Rabau dikelompokkan menjadi 3 kelompok anomali (Gambar 2) yaitu:

- Kelompok anomali geomagnet total sisa positif tinggi dengan besaran $> + 1000$ gamma, berlokasi pada satuan meta sedimen.
- Kelompok anomali geomagnet total sisa positif sedang dengan besaran 0 (nol) sampai < 1000 gamma, di dominasi batuan granit.
- Kelompok anomali geomagnet total sisa rendah (negatif) dengan besaran/amplitude 0 sampai $>$ negatif 1000 gamma terdapat pada batuan metasedimen dan atau gamping

Secara umum daerah Bukit Bakar-Ulu Rabau didominasi oleh anomali geomagnet total sisa rendah (negatif) dan sedang yang masing-masing menempati bagian selatan dan utara daerah penyelidikan, sedangkan anomali geomagnet total sisa positif tinggi tampak dibagian tengah sekitar lintasan B, dan sebelah barat lintasan J, I dan A sampai E, serta sedikit diujung timur lintasan K.

Anomali geomagnetik total sisa positif tinggi, yang mengindikasikan adanya zona mineralisasi bijih besi, tampak di daerah Bukit Bakar dan Ulu Rabau. membentuk kutub-kutub positif dengan pola menutup dan dengan nilai $+ 1000$ gamma sampai $> + 5000$ gamma.

Sedangkan anomali positif tinggi yang kecil diujung timur utara daerah penyelidikan, diperkirakan merupakan boulder yang mengandung besi kadar rendah, dengan nilai maksimum anomali < 3000 gamma.

3.3 Penampang Anomali Geomagnet Total Sisa

Secara umum penampang anomali geomagnet total sisa memperlihatkan anomali positif dengan nilai berkisar antara 0 sampai > 5000 gamma hanya tampak pada titik-titik amat tertentu pada lintasan A, B, C, D, E, K, J, dan I, (Gambar 3).

Anomali geomagnet positif tinggi (>1000 gamma) yang tampak di ujung barat lintasan B-C-D-E, ditafsirkan berkaitan dengan zona mineralisasi bijih besi.

3.4 Struktur Sesar

Struktur sesar sangat erat kaitannya dalam proses terjadinya mineralisasi bijih besi di kedua daerah tersebut diatas, karena zona-zona mineralisasi pada umumnya terjadi pada zona struktur sesar/hancuran, karena bidang tersebut merupakan zona yang lemah sehingga memudahkan terjadinya akumulasi bijih besi atau dengan kata lain zona tsb merupakan host rock untuk terjadinya mineralisasi bijih besi. Keterkaitan zona mineralisasi dengan struktur sesar di daerah ini tampak dari hasil penyelidikan geomagnet yang mengindikasikan adanya struktur-struktur sesar di daerah mineralisasi Bukit Bakar dan Ulu Rabau yang berarah baratlaut – tenggara, timurlaut-baratdaya dan hampir timur barat, (lihat Gambar 3.) Keberadaan struktur sesar tersebut selain dari data hasil penyelidikan geomagnet juga didukung oleh kenampakan dilapangan.

4. Pembahasan

4.1 Zona Mineralisasi Bijih Besi dan Struktur Sesar

Hasil penyelidikan geomagnet menunjukkan bahwa zona mineralisasi bijih besi (Fe) ditandai dengan nilai anomali geomagnet positif tinggi > 1000 gamma yang disebabkan oleh kandungan mineral magnetit dan titan didalam batuan. Pada umumnya mineral tersebut mempunyai nilai K : $71 - 94 \times 10^{-6}$ cgs, dan % Fe total yang relatif tinggi (59 – 69 %, Iwan Nursahan 2004).

Dengan demikian anomali geomagnetik tinggi disekitar Bukit Bakar dan Ulu Rabau diperkirakan berkaitan dengan zona mineralisasi bijih besi. Ditemukannya singkapan batuan yang *insitu* dan endapan besi deluvial pada kedua lokasi tersebut diatas juga merupakan suatu indikasi permukaan/data pendukung untuk keberadaan zona mineralisasi bijih besi didaerah Bukit Bakar dan Ulu Rabau.

Dari data geomagnetik diduga luas daerah mineralisasi bijih besi di Bukit Bakar 34960 m², memanjang dari barat laut ke tenggara, mulai dari lintasan J sekitar titik amat J-300 dan menerus ke arah tenggara sampai lintasan E sekitar titik amat E 500. Zona mineralisasi tersebut terdapat antara perpotongan dua struktur sesar yang berarah barat laut-tenggara dan hampir utara-selatan, dengan demikian daerah tersebut merupakan zona hancuran, sehingga memungkinkan untuk terjadinya mineralisasi bijih. Keberadaan zona hancuran tersebut ditandai dengan adanya bijih besi deluvial disekitar daerah mineralisasi. Hal ini menunjukkan bahwa struktur sesar cukup berperan dalam proses pembentukan zona mineralisasi bijih besi didaerah Bukit Bakar. Zona mineralisasi Bukit Bakar berada pada zona anomali geomagnetik positif tinggi 1000 gamma sampai > + 6000 gamma, sedangkan nilai K berkisar antara 71 - 94 x 10⁻⁶ cgs, dan Fe total 62-69 %.

Berdasarkan data geomagnetik mineralisasi bijih besi di Ulu Rabau, terdapat di timur Bukit Bakar, membentuk seperti lensa, dengan luas 6914 m², terkonsentrasi pada lintasan B sekitar titik amat B 600 – B 800, zona tersebut ditandai dengan pola anomali menutup > 1000 gamma sampai 2800 gamma, nilai kerentanan magnetik, K = 20 x 10⁻⁶ cgs, dan Fe total 59 %. Relatif kecil luas zona mineralisasi dan rendahnya nilai anomali geomagnetik di Ulu Rabau bila dibandingkan dengan Bukit Bakar diperkirakan erat kaitannya dengan keberadaan struktur sesar yang berkembang didaerah ini. Data geomagnetik mengindikasikan daerah mineralisasi Ulu Rabau hanya dilalui oleh struktur sesar yang berarah barat laut-tenggara, sedangkan sesar berarah timur-barat (data geologi) tidak ada indikasi dari data geomagnetik.

Anomali positif tinggi disekitar titik amat K-850 dengan zona anomali relatif kecil (dibandingkan dengan Bukit Bakar dan Ulu Rabau), diperkirakan berkaitan dengan boulder yang mengandung mineral besi kadar rendah.

4.2 Pemodelan Anomali Geomagnetik Total Sisa 2 D

Model anomali geomagnetik total sisa 2 D dilakukan melalui penampang AB, dan CD dengan menggunakan program *grav and mag tipe 3.1*

Penampang AB (Gambar 4) dibuat dengan arah hampir utara selatan, memotong zona mineralisasi bijih Bukit Bakar. Penampang AB memperlihatkan bentuk tonjolan anomali positif yang dominan dan anomali negatif hanya tampak diujung kanan (timur) penampang. Kontras yang besar antara anomali positif dan negatif pada ujung kanan penampang AB (> 10000 gamma) mencirikan adanya struktur sesar didaerah tersebut. Model 2D penampang bawah permukaan AB memperlihatkan zona mineralisasi berbentuk lensa dengan panjang +/-400 m dan tebal rata-rata 10 m. Kontras K untuk daerah Bukit Bakar sebesar 0.62 x 10⁻⁶ cgs,.

Penampang C-D (Gambar 5), memotong zona mineralisasi Ulu Rabau dengan arah hampir utara selatan. Penampang ini memperlihatkan tonjolan anomali positif yang relatif kecil baik nilainya maupun dimensinya bila dibandingkan dengan mineralisasi Bukit Bakar, Zona mineralisasi didaerah ini memperlihatkan bentuk *sill* yang tak beraturan dan terdapat sampai kedalaman kurang dari 30 m dengan ketebalan maksimum 10 m dan minimum 4 m.

4.3. Sumber daya

Berdasarkan data geomagnetik dan hasil uji analisis laboratorium fisika mineral besarnya sumber daya terduga bijih besi dengan densitas 5.1 kg/cm³, pada masing-masing daerah adalah sebagai berikut:

- Bukit Bakar sumber daya terduga sekitar 1.689.733 ton bijih.
- Ulu Rabau sumber daya terduga sekitar 806.633 ton bijih ,

5. SIMPULAN

Luas daerah mineralisasi bijih besi, di Bukit Bakar 43.960 m², dan Ulu Rabau 6.914 m².

Beberapa faktor yang berperan penting dalam proses pembentukan mineralisasi bijih besi di daerah penyelidikan antara lain keberadaan struktur sesar, dan batuan induknya. Besarnya nilai kerentanan magnetik batuan, persentase Fe total merupakan indikasi yang baik dalam

mengaplikasikan metoda geomagnetik. Aplikasi metoda geomagnetik dalam menentukan keberadaan sumberdaya bijih besi di daerah penyelidikan memberikan hasil yang baik dengan kontras yang besar antara daerah mineralisasi dan bukan mineralisasi

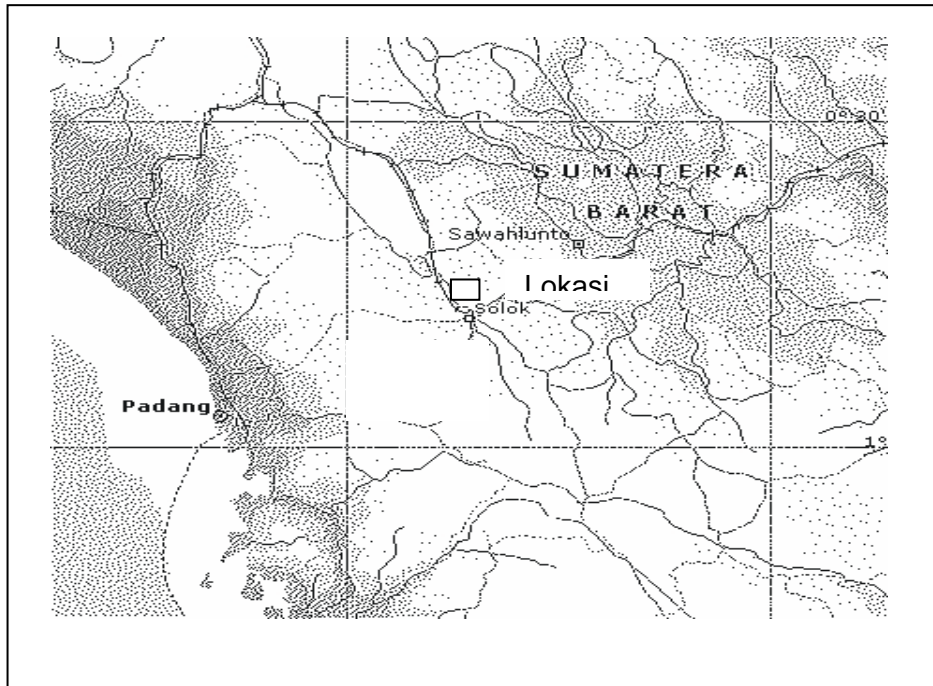
Sumberdaya terduga bijih besi pada kedua daerah tersebut diatas diperkirakan sebesar 2.496.366 ton bijih besi.

UCAPAN TERIMA KASIH.

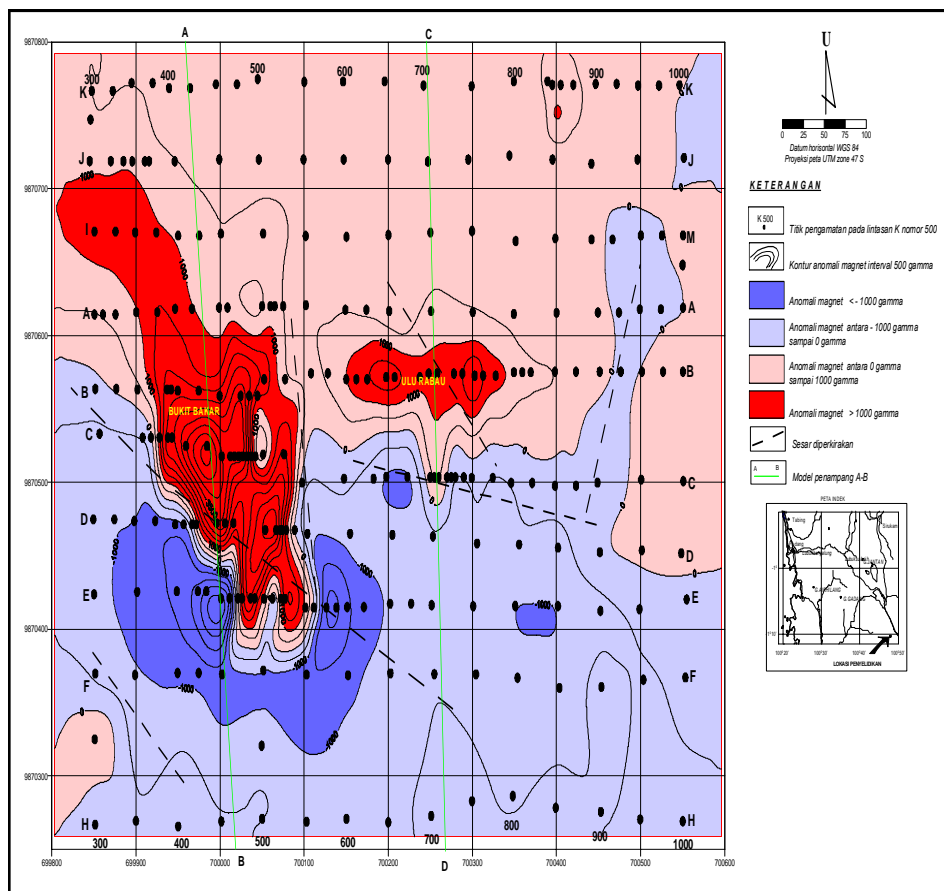
Ucapan terima kasih disampaikan kepada rekan-rekan atas masukan dan sarannya, editor atas koreksinya dan PMG untuk diterbitkannya makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

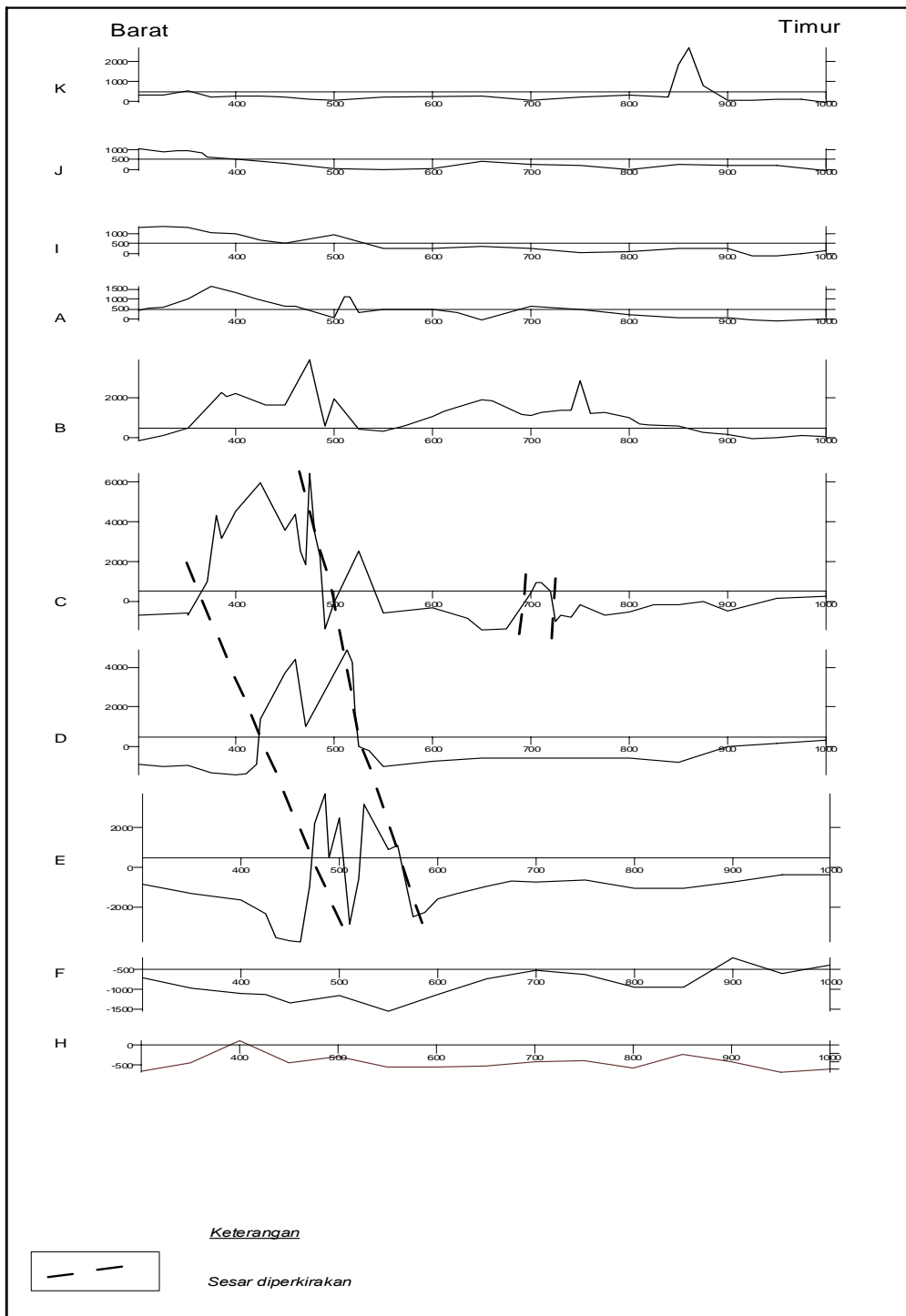
- A Idral; dkk, 1992: Penyelidikan geofisika terpadu untuk mineralisasi sulfida di daerah Pandeglang, Jawa Barat, DSM, Bandung, Tidak diterbitkan
- Idral; dkk; 1995 : Penyelidikan geofisika terpadu untuk mineralisasi sulfida di daerah Cikoneng-Cibaliung, kab. Pandeglang, Jabar; D.S.M; Bandung. Tidak diterbitkan
- Empon Ruswandi, dkk; 1986: Penyelidikan geofisika di daerah Bukit Raya, kec. Rawas Ulu, Kkab. Musi Rawas, Propinsi Sumsel. D.S.M. Bandung. Tidak diterbitkan.
- Iwan Nursahan, (2004): Geologi Daerah Air Abu dan sekitarnya. Tidak diterbitkan
- Parasnis, D.S., 1979: Principles of Applied Geophysics, Chapman and Hall, p.4-56.
- Sumantri, M; Idral, A. ,Pohan, M.P; 1980: Penyelidikan geofisika terpadu untuk mineralisasi sulfida di daerah Masurung - Kaputusan P. Bacan, Maluku, DSM, Bandung. Tidak diterbitkan
- Telford, W.M. et al, 1982. Applied Geophysics. Cambridge University Press. Cambridge p.105-216.



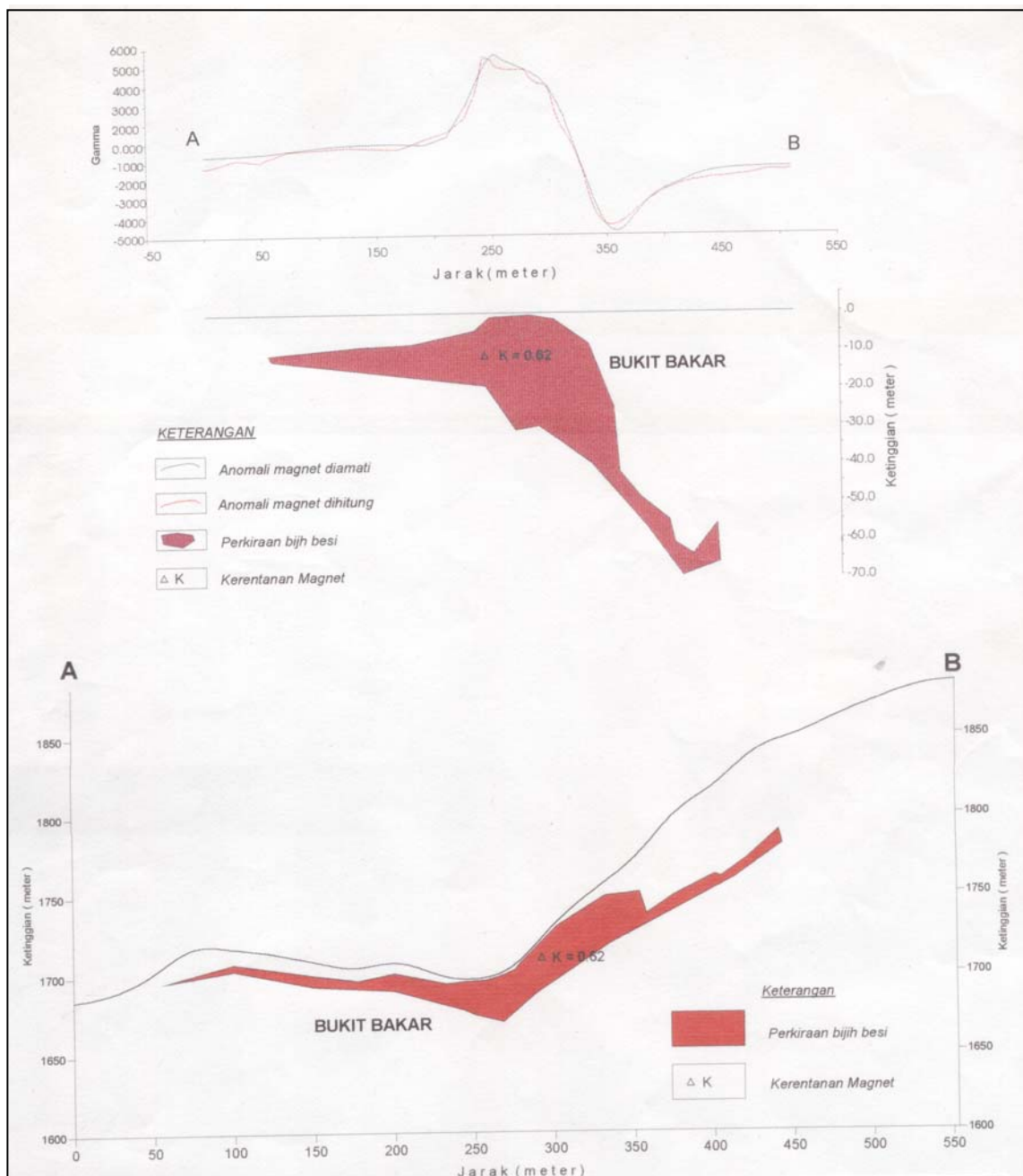
Gambar 1. Lokasi daerah prospek



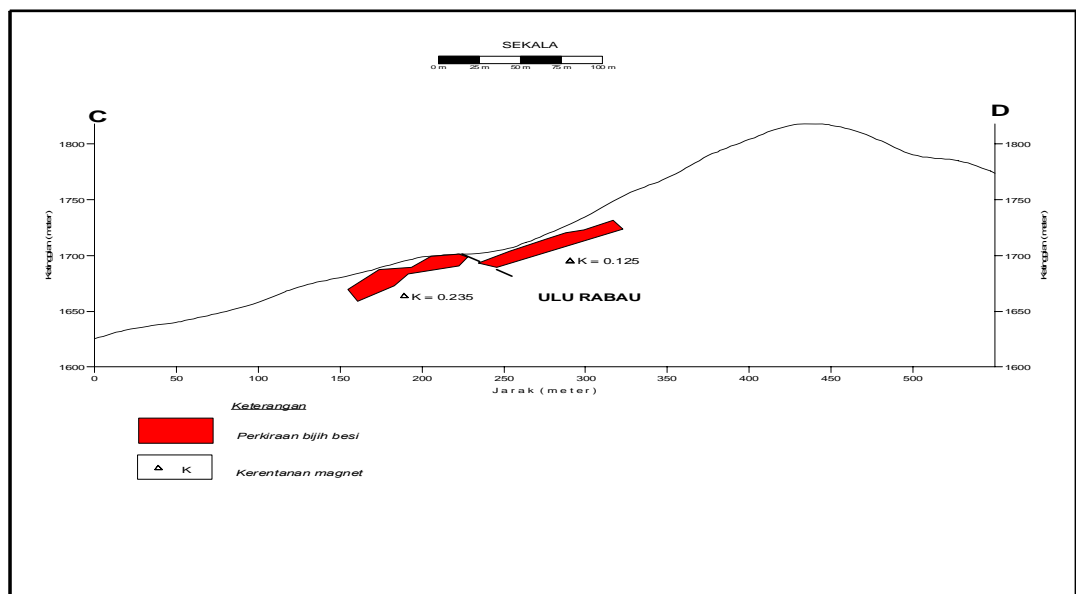
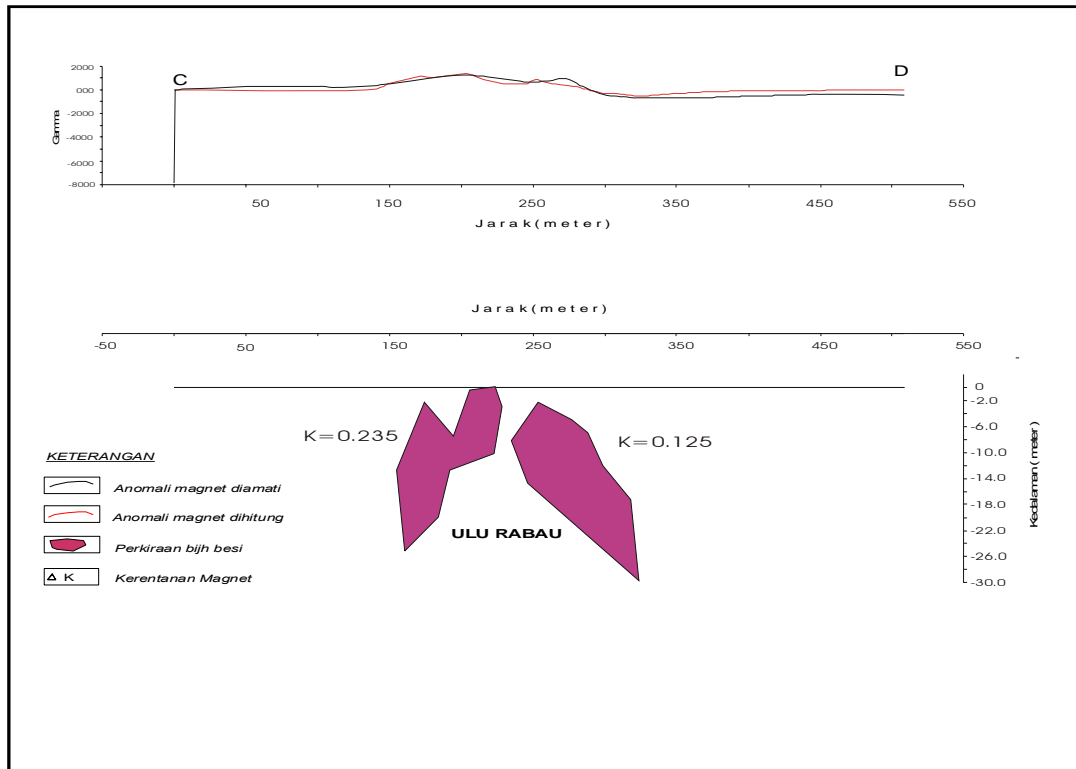
Gambar 2. Peta anomali geomagnet



Gambar 3. Penampang anomali geomagnet Bukit Bakar



Gambar 4. Model 2-D anomali geomagnet Bukit Bakar



Gambar 5. Model 2-D anomali geomagnet UluRabau

PELUANG PENDIRIAN INDUSTRI SEMEN SEKALA KECIL DI KEPULAUAN MALUKU DAN WILAYAH PAPUA

Oleh :
Teuku Ishlah

Perekayasa Madya Bidang Program dan Kerja Sama - Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Indonesia memiliki potensi bahan baku semen seperti batu gamping, lempung, pasir kuarsa dan pasir besi yang tersebar diseluruh pulau-pulau besar dan pulau-pulau kecil. Namun untuk wilayah Kepulauan Maluku dan Papua, kebutuhan semen dipasok dari Sulawesi Selatan sehingga di daerah tersebut sering terjadi kelangkaan pasokan semen. Dilain pihak di beberapa negara, membangun pabrik semen sekala kecil dengan kapasitas dibawah 100.000 ton pertahun seperti Republik Fiji, Kaledonia Baru dan Malaysia. Untuk menjamin pasokan semen di wilayah Kepulauan Maluku dan Wilayah Papua serta daerah terpencil lainnya perlu dievaluasi kemungkinan pembangunan pabrik semen sekala kecil di daerah tersebut.

ABSTRAT

The Indonesian country has cement material such limestone, clay, quartz sand, and iron sand which is widely distributed in all big and small island in Indonesia. In Mollucas Archipelago and Papua region, cement supply is come from South Sulawesi until in those region some time lost cement in the market. Other country, like Fiji, New Caledonia, Malaysia etc was developed mini cement plant with capacity below 100.000 ton per anum. For garanting cement supply in those region is necessary to evaluating for develop the mini cement plant.

1. Pendahuluan

Penggunaan batu gamping dalam industri kimia termasuk semen telah berlangsung sejak zaman penggunaan mortar gamping dan semen alami mulai dikenal dalam peradaban umat manusia. Bahkan bangsa Jerman menyebutkannya bahwa batu gamping sebagai bahan baku dengan sejarah beragam (Kalkstein ein Rohstoff mit vielen Gesichtern). Pada zaman modern, peradaban manusia sangat tergantung pada semen dan hal ini dapat diamati dalam kehidupan sehari-hari, penggunaan semen sangat luas terutama dalam pembangunan sarana dan prasarana perhubungan, pemukiman, bendungan, terowongan, Hal ini disebabkan semen memiliki keunggulan antara lain mudah dibuat, mudah dipakai, murah, mudah diangkut dan kuat.

Semen (*cement*) adalah hasil industri dari paduan bahan baku : batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung / tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/*bulk*, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air. Semen digunakan sejak dibangunnya piramid oleh orang Mesir. Orang

Yunani dan Roma telah menggunakan tuf vulkanik yang dicampur dengan batu gamping sebagai semen. Pada tahun 1824, Joseph Aspdin dari Inggris, mendapatkan paten semen "portland" yang dibuat dengan mengkalsinasi batu gamping argilaseo. Pada awalnya, semen portland dibuat dari batu gamping argilaseo yakni batu gamping yang mengandung lempung yang dikenal sebagai batuan semen (cement rock) yang ditemukan di Inggris. Amerika Serikat membangun pabrik semen portland di New Jersey dan daerah Lehigh di Pennsylvania. Jenis semen ini dapat menjadi keras secara cepat apabila dicampur dengan air. Dinamakan portland karena beton yang dibuat dengan semen ini sangat menyerupai batu bangunan yang terkenal dan ditemukan di pulau Portland, Inggris. Penamaan semen ini dimaksudkan untuk membedakan dengan semen pozolan, semen alumina, semen belerang, semen sorel (semen magnesium oksiklorid) dan semen lainnya. Semen portland didefinisikan sebagai produk yang didapatkan dari penggilingan halus klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrulik, dan mengandung satu atau dua bentuk kalsium silikat sebagai tambahan antar giling.

Penggunaan semen pertama digunakan untuk membuat beton. Beton adalah batuan buatan yang terbuat hasil campuran antara semen, air, pasir, batangan besi, dan kerikil secara terkontrol dengan perbandingan tertentu dan teliti. Dari penemuan beton ini selanjutnya berkembang industri semen. Saat ini juga berkembang semen jenis Mansory yakni semen portland yang memiliki kelebihan lempung sebanyak 10%. Sebelum tahun 1900, beton belum banyak digunakan karena proses pembuatan semen portland sangat mahal. Dengan ditemukannya berbagai mesin yang dapat menghemat tenaga manusia, semen sekarang sangat murah. Untuk melindungi konsumen, banyak negara yang mengatur komposisi kimia semen portland dalam peraturan standar nasional berbagai negara, termasuk Standar Nasional Indonesia.

Menurut George T. Austin (1996), pada tahun 1980, Amerika Serikat memiliki 142 pabrik semen portland dengan kapasitas produksi mencapai 63.800.000 ton. 10 dari 142 pabrik menghasilkan sebanyak 30.624.000 ton (48%) dari produk semen di AS dan 20 pabrik menghasilkan 45.936.000 ton (72%). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa di Amerika Serikat terdapat 122 pabrik yang menghasilkan semen sebanyak 28% yakni 17.864.000 ton. Bila dirata-ratakan diperoleh kapasitas rata-rata pabrik semen di AS dalam kelompok ini adalah 150.000 ton semen pertahun. Sedangkan pabrik dengan kapasitas antara 3,5-4,0 juta ton pertahun hanya 10 pabrik. Hal yang menarik, 45 dari 52 negara bagian Amerika Serikat memiliki pabrik semen. Sedangkan di Indonesia, pabrik semen terdapat di Aceh Besar (hancur akibat bencana tsunami 2004), Padang, Cibinong, Palimanan, Gresik, Pankep dan Tanah Toraja (5 provinsi).

Sejak abad ke-20, industri semen berkembang sangat pesat seluruh negara di dunia, dan menjadi kunci pengembangan industri dalam kerangka memenuhi kebutuhan pokok papan dari tiga kebutuhan pokok utama yakni sandang, papan dan pangan. Pada tahun 2007, dunia menghasilkan semen sebanyak 2,5 miliar ton, sedangkan pada tahun 1980 hanya mencapai 850 juta ton atau naik hampir 3 kali lipat dalam waktu 25 tahun. Hampir seluruh negara di dunia memiliki semen termasuk Singapura (kapasitas produksi 3,5 juta ton per tahun), Hongkong (kapasitas produksi 2,5 juta ton per tahun). Negara yang tidak memiliki pabrik semen adalah Timor Leste. Negara utama penghasil semen dunia adalah RRC mencapai 1.100 juta ton, India 160 juta ton, AS 102 juta ton, Jepang 70 juta ton, Korea Selatan

62 juta ton, Thailand 50 juta ton dan Indonesia 42 juta ton, sedangkan pada tahun 1992 kapasitas produksi semen di Indonesia mencapai 22,4 juta ton. Selain itu banyak negara di Afrika yang mampu mengembangkan pabrik semen dengan sekala menengah (300.000-700.000 ton. Bahkan terdapat beberapa negara yang mendirikan pabrik semen sekala kecil dengan kapasitas lebih rendah 300.000 ton pertahun. Beberapa negara yang mengembangkan pabrik semen kapasitas lebih kecil dari 100.000 ton pertahun seperti Fiji, Lebanon, Malawi, Kongo, Madagaskar, Kaledonia Baru, Suriname, Nigeria dan Uganda (lihat tabel 1).

Dari tabel 1, hal yang sangat menarik, terdapatnya beberapa negara bahkan sekitar kawasan Pasifik, berkembang pabrik semen dengan kapasitas dibawah 100.000 ton pertahun seperti yang dibangun di Fiji, Kaledonia Baru, dan Malaysia. Di pinggir kota Kuching di Serawak Malaysia Timur juga terdapat pabrik semen sekala kecil. Berkembangnya pabrik semen sekala kecil ini disebabkan, negara tersebut memiliki bahan baku terbatas dan impor semen dari negara lain sangat mahal. Negara Importir harus membeli dengan harga lebih mahal dari harga pasaran internasional karena produksi semen tergantung pada permintaan domestik, menanggung ongkos angkutan dari pabrik dan biaya distribusi dalam negeri.

Sedangkan di Indonesia, berkembang pabrik semen dengan kapasitas diatas 1 (satu) juta ton, sebaliknya Wilayah Maluku dan wilayah Papua yang meliputi 4 provinsi hingga saat ini tidak memiliki pabrik semen. Wilayah tersebut selama ini, semen didatangkan dari Sulawesi Selatan. Harga juga murah yakni ditentukan oleh pemerintah berdasarkan jarak dengan pabrik. Permasalahan, konsumen di pedalaman Papua harus menanggung ongkos angkut sehingga harga semen sangat mahal.

2. Perkembangan Industri Semen di Indonesia

Kapasitas terpasang industri semen di Indonesia pada tahun 2005 telah mencapai 46 juta ton sedangkan pada tahun 1993 baru mencapai 22,4 juta ton. Penyelidikan dan Eksplorasi bahan baku semen telah dimulai sejak masa kolonial Belanda. Industri semen di Indonesia dimulai pada tahun 1913 dengan berdirinya pabrik semen milik maskapai Belanda (NV Ned. Ind. Portland Cement Maatchappij) dengan kapasitas 50.000 ton per tahun di Indarung Sumatera Barat. Pada tahun

1957, pabrik ini diambil alih oleh pemerintah RI menjadi PT. Semen Indarung (dinasionalisasikan), dan selanjutnya pabrik ini berkembang pesat pada era 1970-1976. Pada tahun 1957, pabrik ini diperluas dengan pabrik Unit II berkapasitas 330.000 ton. Di Gresik Jawa Timur, berdiri pabrik semen kedua dengan kapasitas 250.000 ton per tahun, dan selanjutnya pada tahun 1961 diperluas dengan pendirian pabrik semen unit II berkapasitas 125.000 ton.

Pada tahun 1968, didirikan pabrik semen Tonasa Kabupaten Pangkep (Provinsi Sulawesi Selatan) dengan menggunakan proses basah dengan kapasitas 110.000 ton pertahun dan merupakan pabrik pertama yang dibangun oleh pemerintah Republik Indonesia dengan menggunakan teknologi basah. Pada tahun 1980, didirikan unit II dengan kapasitas 510.000 ton pertahun dengan teknologi pengolahan kering. Pada tahun 1984, pabrik semen unit I dengan kapasitas 110.000 ton dihentikan operasinya karena tidak ekonomis.

Mulai tahun 1975, berdiri pabrik semen yang dibangun dengan modal asing seperti Semen Cibinong di Kabupaten Bogor yang didirikan oleh Gypsum Carrier Inc dan Bamerical International Finance, (USA) dengan kapasitas unit pertama sebesar 750.000 ton pertahun. Pembangunan pabrik ini diperlukan biaya 276 juta dolar AS dengan sumber dana sindikasi sebanyak 17 perbankan internasional yang dipimpin oleh Bank of America, Bank Exim (kini Bank Mandiri) dan Deutsche Bank. Selanjutnya berdiri industri semen dengan fasilitas PMA seperti Semen Nusantara (1974, kapasitas unit I sebesar 95.000 ton), dan Semen Andalas di Banda Aceh (kapasitas unit I sebesar 1 juta ton). Pada tahun 1984, berdiri pabrik semen milik PT Semen Kupang dengan kapasitas 120.000 ton pertahun di Kupang milik pemerintah dengan sumber dana dari Pemerintah Pusat, Pemerintah Provinsi NTT dan Bapindo (kini dilebur menjadi Bank Mandiri). Jadi berdasarkan perkembangannya, industri semen di Indonesia berdiri dari kapasitas kecil, termasuk yang didirikan oleh PMA.

Berdasarkan perkiraan pihak Departemen Perindustrian, pada tahun 2011 Indonesia akan menghadapi krisis semen akibat pertumbuhan kebutuhan semen dalam negeri mencapai 8% sampai dengan 10% per tahun (Herry Rodiana Eddy, 2008). Berdasarkan Keputusan Menteri Perdagangan No. 132 Tahun 1993 Tentang Barang-barang yang diatur Tata Niaga, semen tidak termasuk kelompok tersebut. Dengan demikian impor semen bisa dilakukan secara

bebas oleh pedagang dan pemerintah juga membebaskan cukai dan hanya dikenakan pajak penambahan nilai (PPn 10%). Dengan kebijakan tersebut, pedagang tidak menarik untuk melakukan impor semen karena jumlahnya relatif kecil dan tidak menerus serta harga semen dalam negeri masih lebih rendah dari harga pasar internasional. Oleh karenanya perlu dievaluasi kembali tentang kemungkinan pendirian pabrik semen skala kecil.

3. Pabrik Semen Sekala Kecil

Menurut beberapa penulis, pabrik semen skala kecil (mini-cement plant) didefinisikan sebagai klinker tegak (vertical shaft kiln, lihat bagan) dengan kapasitas produksi antara 20 sampai dengan 200 ton semen per hari. Menurut Werner Gwosdz (1991), terdapat beberapa keuntungan dari klinker tegak antara lain :

- a). Kapasitas pabrik semen skala kecil dapat mengikuti dan menyesuaikan diri dengan pertumbuhan permintaan karena berdekatan dengan pasar seperti kawasan pertumbuhan, perkotaan dan pemukiman penduduk.
- b). Dapat didirikan pada lokasi dengan kondisi endapan bahan baku kecil dan terbatas seperti batu gamping, marmer atau batuan karbonat lainnya. Di beberapa lokasi, sebaran endapan terbatas dan tidak dimungkinkan membangun pabrik semen skala besar.
- c). Pabrik semen skala kecil dapat berkembang pada wilayah pemukiman, dapat membuka lapangan kerja baru dan terciptanya keseimbangan pengembangan wilayah secara regional.
- d). Diperlukan investasi yang rendah dengan peralatan pabrik seperti mesin-mesin yang digunakan sederhana dan mudah dijalankan, dapat menghasilkan semen secara cepat dan mudah alih teknologi pada pekerja dengan pendidikan rendah serta mudah dijalankan prosedur operasional dalam proses produksi dan proses pemeliharaan pabrik.

Selain itu juga, diperoleh keuntungan ekonomi dalam pengembangan pabrik semen skala kecil antara lain adalah :

- a). Investasi modal awal per satuan unit produksi rendah dan hanya diperlukan 40 sampai dengan 50% dari modal pendirian pabrik semen dengan klinker putar skala

menengah dan sekala besar. Ongkos pemeliharaan dan penggantian spare part rendah.

- b). Ongkos energi per unit klinker juga rendah karena aliran panas dalam klinker sempurna yang disebabkan ukuran klinker kecil dan dapat digunakan batubara sebagai bahan bakar.
- c). Kebutuhan media penggerusan (grinding) rendah karena sifat porositas klinker itu sendiri.
- d). Rendahnya ongkos angkut dan biaya distribusi karena berdekatan dengan konsumen serta dimungkinkan pengiriman semen tanpa pembungkusan.
- e). Pembangunannya cepat, krang lebih diperlukan waktu antara 12 sampai dengan 18 bulan untuk pabrik semen sekala kecil jenis klinker tegak. Sedangkan pembangunan pabrik semen sekala besar dengan klinker putar diperlukan waktu antara 48 sampai dengan 60 bulan.
- f). Dapat bersaing dalam hal ongkos produksi setiap ton dengan pabrik semen sekala besar.

Klinker tegak (Vertical shaft kiln) berkembang di perusahaan semen di Eropah dengan ukuran tinggi antara 7 sampai dengan 9 meter dan berdiameter antara 2,40 sampai dengan 3,0 meter. Untuk jelasnya perhatikan gambar 1. Klinker diberi umpan dengan butiran dan bongkahan campuran bahan baku semen (batu gamping, lempung dan bahan korektif lainnya) dan bahan bakat padat. Klinker tegak dapat berdaya guna dengan kapasitas bebara ton per hari dan maksimum 200 ton per hari (Spence, 1980). Sedangkan klinker putar, efisisensi minimal dengan kapasitas produksi 300 ton per hari bahkan dengan ongkos energi tinggi, efisiensi tercapai dengan kapasitas produksi 3000 sampai dengan 4000 ton perhari. Sedangkan ongkos pendirian pabrik dapat diperhatikan tabel 2.

4. Bahan baku semen

Semen dibuat dengan campuran kalsium, silica, alumina dan besi. Bahan ini merupakan campuran batu gamping dan lempung serta ditambang material lain seperti pasir besi dan gipsum. Untuk mendapatkan 1 ton semen, diperlukan bahan baku (perkiraan) sebagai berikut :

1,30 – 1,35 ton batu gamping,
0,30 – 0,35 ton lempung

0,02 – 0,06 ton pasir kuarsa

0,01 – 0,02 ton pasir besi

0,04 gipsum.

Perkiraan ini tidak mutlak dan sangat tergantung pada komposisi kimia bahan baku yang ditemukan. Bahan baku utama pendirian pabrik semen, minimal memiliki bahan baku batu gamping dan lempung. Bahan baku lainnya dapat didatangkan dari tempat lain. Disamping itu juga diperlukan air dalam proses pembuatan semen terutama yang menggunakan proses basah. Saat ini, proses basah, cenderung ditinggalkan. Pada proses kering diperlukan air untuk pendingin dan kebutuhan air bersih. Proses basah dilakukan dimana semua bahan baku dicampur dengan air, dihancurkan dan diuapkan kemudian dibakar dengan menggunakan bahan bakar minyak, bakar (*bunker crude oil*). Proses ini jarang digunakan karena masalah keterbatasan energi BBM. Sedangkan proses kering, digunakan teknik penggilingan dan *blending* kemudian dibakar dengan bahan bakar batubara. Proses ini meliputi lima tahap pengelolaan yaitu : proses pengeringan dan penggilingan bahan baku di *rotary dryer* dan *roller meal*, proses pencampuran (*homogenizing raw meal*) untuk mendapatkan campuran yang homogen, proses pembakaran *raw meal* untuk menghasilkan terak (*clinker* : bahan setengah jadi yang dibutuhkan untuk pembuatan semen), proses pendinginan terak, dan proses penggilingan akhir di mana klinker dan gipsum digiling.

Kalsium dapat dipenuhi dari batu gamping, marmar dan batuan karbonat lainnya dengan komposisi CaO lebih dari 44% berat (W), unsur MgO kurang dari 3,5% W, unsur alkali lurang dari 0,6% W, dan P₂O₅ kurang dari 0,6% W. India membangun pabrik semen dengan batu gamping yang mengandung MgO lebih tinggi dari 3,5% W yakni hampir mendekati 5% W.

Sedangkan lempung, terdapat pabrik semen yang menggunakan tanah sawah sebagai lempung seperti yang dilakukan oleh Semen Tuban di Jawa Timur dan pelapukan lateritik sebagai lempung dan bijih besi yang digunakan oleh Semen Kupang. Biasanya dalam pembuatan semen digunakan lempung dan batu lumpur yang mengandung kaolin, illit dan smektit. Gipsum digunakan untuk mengatur waktu pengerasan semen setelah dicampur dengan air. Sedangkan untuk membangun pabrik semen sekala kecil juga diperlukan bahan baku yang diperlukan sama dengan bahan baku semen konvensional.

Dari tabel 3 menunjukkan bahwa, pabrik semen skala kecil tidak memerlukan bahan baku dengan cadangan besar. Untuk kapasitas 200 ton perhari, diperlukan wilayah yang memiliki cadangan batugamping sebesar 1,8 sampai dengan 2,25 juta ton untuk pabrik beroperasi selama 20-25 tahun. Sedangkan lempung diperlukan sebanyak 25 % dari kebutuhan batu gamping. Lempung kemungkinan lebih mudah ditemukan. Bila diperhatikan bahan baku, tidak menjadi masalah membangun pabrik semen skala kecil, skala menengah maupun skala besar di Kepulauan Maluku, Wilayah Papua maupun wilayah terpencil lainnya. Untuk membangun pabrik semen di Kepulauan Maluku dan Wilayah Papua, bahan baku batu gamping dan lempung tidak menjadi masalah karena keterdapatannya melimpah (lihat tabel 4).

Penyelidikan dan eksplorasi batu gamping di wilayah Kepulauan Maluku dan Papua, umumnya berdekatan dengan pusat pemukiman dan daerah pertumbuhan seperti Jayapura, Manokwari, Sorong, Ternate dan Halmahera. Sebuah Kontrak karya Pertambangan Umum PT. Pacifik Nikkel Indonesia, juga pernah menyelidiki bahan baku semen dan bahan bangunan lainnya di Halmahera dan kawasan Kepala Burung untuk kepentingan konstruksi peleburan dan pembangunan infrastruktur peleburan bijih nikel di pulau Gag. Rencana tersebut tidak terwujud karena pabrik peleburan nikel di pulau Gag gagal akibat investasi terlalu tinggi dan tidak diperoleh dana sindikasi.

Umumnya batu gamping di daerah tersebut dapat digunakan untuk bahan baku semen, dengan komposisi CaO antara 51% sampai dengan 55% dan MgO lebih kecil dari 3%. Di kawasan ini juga terdapat batu gamping di Abepura dengan sumber daya terukur 50,3 juta ton namun mengandung dolomit. Jika dibandingkan dengan skenario kebutuhan pabrik semen skala kecil, seluruh lokasi keterdapatatan batu gamping yang telah ditemukan dapat digunakan untuk kepentingan industri semen. Sedangkan lokasi keterdapatatan lempung, lokasi dengan status sumber daya terukur terdapat di Abepura dengan sumber daya hipotetik 30.000.000 ton dan sumber daya terukur sebesar 319.000 ton. Hasil penyelidikan tersebut diatas merupakan penyelidikan tahap awal. Untuk mendirikan pabrik semen berkapasitas besar, cukup memilih 1 lokasi dari daerah keterdapatatan batu gamping tersebut diatas dan tidak perlu mencari areal baru. Areal baru batu gamping di Papua terhampar luas. Eksplorasi bahan baku semen juga mudah dan

mudah. Semen Kupang dengan 2 titik bor telah cukup untuk membuat kajian kelayakan tambang dan kelayakan pabrik/manufaktur.

Di daerah Papua, sebuah BUMN pada tahun 1990an telah melakukan kajian dan eksplorasi tinjau kemungkinan pembangunan pabrik semen skala besar diatas 1,5 juta ton. Perusahaan ini tertarik untuk daerah Abepura di Jayapura. Di daerah ini terdapat bahan baku semen berupa batu gamping dengan sumber daya terukur 142 juta ton, tereka 149,35 juta ton di Gunung Mer dan beberapa lokasi hipotetik yang jumlahnya mencapai 200 juta ton. Berhubung konsumsi semen di wilayah Papua pada tahun 1992, hanya 129.000 ton maka pendirian pabrik tersebut tak pernah terwujud. Apalagi terdapat kecenderungan bahwa pabrik semen yang ekonomis berkapasitas diatas 1,5 juta ton. Saat ini, kebutuhan semen di Maluku dan Papua sekitar 500.000 ton. Seharusnya bisa didirikan pabrik semen skala menengah namun, kebutuhan semen di Maluku dan Papua telah tersedia dan dikuasai oleh semen yang berasal dari Tonasa dan Bosowa Sulawesi Selatan. Kebutuhan semen di Papua sebagian besar diperlukan oleh perkotaan di tepi pantai seperti Jayapura, Biak, Manokwari, Nabire, Sorong, Fakfak, Timika dan Merauke dapat diatasi dengan semen dari Sulawesi Selatan dengan harga yang sama dengan harga semen di wilayah Indonesia lainnya. Yang menjadi masalah, kebutuhan semen di daerah pedalaman Papua seperti kabupaten Jayawijaya, Wamena, Paniai, Yohukuma, Oksibil harus melalui angkutan udara. Dengan selesainya jalan poros Nabire-Paniai, kebutuhan semen di Paniai dapat teratasi. Seangkan di Kepulauan Maluku juga dimungkinkan untuk dijadikan daerah pilihan lain yang prospektif. Permasalahannya, kota-kota di kepulauan Maluku, terletak dipantai yang dapat dipasok dari Sulawesi dan Kupang. Sedangkan transportasi darat di halmahera relatif lebih baik.

Walaupun demikian, perlu dikaji ulang kemungkinan pendirian pabrik semen di Papua atau Maluku dengan diawali pembangunan pabrik semen skala kecil terlebih dahulu seperti halnya dengan pendirian pabrik semen di Indarung, Gresik dan Tonasa yang pada awalnya mendirikan barik dengan kapasitas tertinggi di Tonasa dengan kapasitas 110.000 ton. Dan bila diamati di sekitar tetangga Papua juga terdapat pabrik semen dengan kapasitas 100.000 ton pertahun yang didirikan di Vanuatu Republik Fiji. Bahkan Suriname mampu mendirikan pabrik semen dengan kapasitas 35.000 ton. Bila perlu industri semen ala

Suriname didirikan di bagian Pegunungan Papua dalam bentuk kerja sama antar kabupaten, minimal 3 kabupaten. Daerah Kokas di Fakfak, yang merupakan bagian Kerja Sama Pembangunan Wilayah Teluk Bintuni yang mencakup 5 kabupaten, sudah semestinya memikirkan kemungkinan pembangunan pabrik semen sekala kecil. Demikian juga halnya dengan kawasan Nabire-Biak Nunfor - Yapen Waropen atau Kawasan Oksibil- Boven Digul-Merauke perlu diwacanakan kemungkinan kerja sama pembangunan pabrik semen sekala kecil. Saat ini di wilayah Papua terdapat ijin investasi pabrik semen dengan kapasitas 100.000 ton di Irian Jaya Barat milik PT Semail Bangun Harjo (Herry Rodiana Eddy, Buletin Sumber Daya Geologi No. 2 tahun 2008). Untuk membangun pabrik semen dengan kapasitas 120.000 ton diperlukan dana sekitar 19 juta dolar AS sedangkan untuk membangun pabrik semen berkapasitas 1.5 – 2,3 juta ton pertahun diperlukan dana sebesar 150 dolar AS per ton. Cadangan batu gamping yang diperlukan hanya untuk pabrik semen sekala kecil 3,6 juta ton dengan umur pabrik 20 tahun atau 4,5 juta ton untuk umur pabrik 25 tahun dengan kapasitas 120.000 ton per tahun.

Bila diamati perkembangan industri semen di Indonesia, permasalahan bukan di bahan baku tetapi pada modal investasi dan permasalahan keuangan setelah pabrik berdiri dan beroperasi. Pabrik semen dengan fasilitas PMA dan sindikasi perbankan umumnya sulit

berkembang akibat krisis keuangan internal dan perselisihan antar pemilik saham. Akibatnya pabrik tersebut diperjual belikan.

5. Kesimpulan

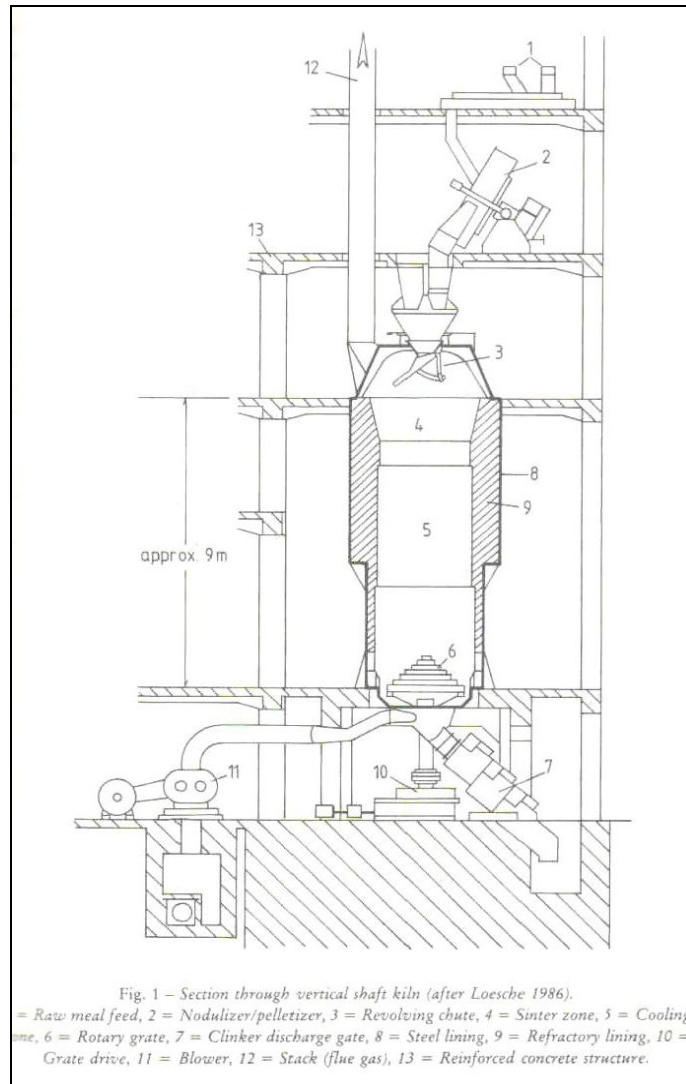
Bila diamati perkembangan industri semen secara mengglobal, hampir semua negara di dunia ini memiliki pabrik semen bahkan berkembang pabrik semen sekala menengah dan kecil. Sebagian besar pabrik semen di Amerika Serikat berukuran kecil yakni dengan kapasitas 150.000 ton. Di sekitar Pasifik juga berkembang pabrik semen dengan sekala kecil. Wilayah Indonesia memiliki bahan baku semen tersebar di seluruh kepulauan, oleh karenanya kajian kemungkinan pendirian pabrik semen sekala kecil di daerah Maluku, Papua dan daerah terpencil lainnya diperlukan.

6. Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan, khususnya sdr Drs. Nandang Sumarna yang mendorong agar naskah kemungkinan pendirian pabrik semen sekala kecil untuk dimuat dalam buketin Sumber Daya Geologi.

ACUAN

- Austin George T, dan Jasjfi E, 1996, Industri Proses Kimia, Penerbit Erlangga.
- Capricorn Indonesia Consult Inc PT, 1993, Studi tentang Prospek Industri dan Pemasaran Semen di Indonesia 1993, 91 halaman.
- Gwosdz Werner, Kreimeyer R, 1991, The Possible Establishment of A Cement Industry in Botswana Using Small Scale Cement Plant Technology, Natural Resources and development Vol 34, Institute for Scientific Co-opertion, Tubingen.
- Madiadipoera, T, 2006, Bahan Galian Industri di Indonesia, Publikasi Khusus Pusat Sumber Daya Geologi No. 36 ISSN 0216-0765, 198 halaman.
- Rodiana HE, 2008, Potensi Bahan Baku Semen di Kawasan Timur Indonesia, Buletin Sumber Daya Geologi Vol 3 Nomor 2 2008.



Bagan, Kilen Vertkal Pabrik semen Sekala Kecil.

Tabel 1. Kapasitas Pabrik Semen Sekala Menengah dan Kecil Dunia (Ton)

No.	Negara	Kapasitas	No.	Negara	Kapasitas
1.	Kostarika	575.000	17.	Mali	220.000
2.	Myanmar	525.000	18.	Monggolia	220.000
3.	Mozambik	500.000	19.	Guadelup	220.000
4.	Zaire	500.000	20.	Gabon	150.000
5.	Tanzania	450.000	21.	Islandia	120.000
6.	Honduras	440.000	22.	Nikaragua	110.000
7.	Togo	400.000	23.	Fiji	100.000
8.	Trinidad & Tobago	400.000	24.	Lebanon	100.000
9.	Uruguay	400.000	25.	Malawi	75.000
10.	Zambia	400.000	26.	Kongo	65.000
11.	Panama	385.000	27.	Kaledonia Baru	60.000
12.	Luxemburg	340.000	28.	Suriname	55.000
13.	Qatar	330.000	29.	Nigeria	44.000
14.	Ghana	300.000	30.	Madagaskar	40.000
15.	Pantai Gading	275.000	31.	Malaysia	38.000
16.	Haiti	220.000	32.	Uganda	20.000

Tabel 2. Ongkos Peralatan untuk Klinker Vertikal dan Klinker Putar

Kapasitas Ton/Tahun	Total Investasi dalam US\$/ton	
	Klinker Tegak	Klinker putar
60.000	220	-
120.000	165	215
240.000	140	170

Tabel 3. Kebutuhan Bahan Baku Semen Sekala Kecil (Portland dan Pusolan)

		Kapasitas Klinker Harian (Ton/hari)			
		50	100	150	200
Produksi Tahunan	Pusolan Semen	20.500 ton	41.000 ton	61.500 ton	82.500 ton
	Portland Semen	15.000 ton	30.000 ton	45.000 ton	60.000 ton
Kebutuhan Bahan Baku (ton)	Batu Gamping	22.500	45.000	67.500	90.000
	Lempung, batu lumpur, serpih, dan bahan korektif	Biasanya 25% dari batu gamping yang disesuaikan dengan komposisi dan rasio silika.			
	Gypsum	750	1.500	2.250	3.000
	Material Pusolan	4.725	9.450	14.175	18.900
Cadangan batu gamping (ton)	20 tahun	450.000	900.000	1.350.000	1.800.000
	25 tahun	562.500 ton	1.125.000	1.687.000	2.250.000

Catatan :
 Operasi klinker 300 hari per tahun,
 Rasio batugamping/klinker = 1,5
 Kebutuhan material puzzolan 30%.

Tabel 4. Lokasi Keterdapatn Batugamping di Kepulauan Maluku dan Wilayah Papua

Lokasi	Sumber Daya (Ton)			
	Hipotetik	Tereka	Terunjuk	Terukur
Gotowagi, Kabupaten Halmahera Tengah	63.608.000			
Mumar, Kabupaten Halmahera Tengah			34.290.000	
Desa Fayaul, Kab. Halmahera Tengah	3.103.110.000			
Weda, Kab Halmahera Tengah	2.700.000.000			
Pulau Mandioli Halmahera Selatan	1.350.000.000			
Pulaua Moraotai. Kab. Halmahera Utara	1.620.000.000			
Abepantai Jayapura				14.124.000
Abepantai Jayapura				82.716.000
Abepantai Jayapura				50.302.000
Abe Pantai Blok F, Kab. Jayapura	18.000.000			
Abe Pantai Blok G, Kab. Jayapura	83.000.000			
Kotaraja, Abepura Kab. Jayapura	5.000.000			
Padangbulan Blok B Kab. Jayapura	18.000.000			
Pandang Bulan Blok C Kab. Jayapura	20.000.000			
Pim Jetti, Abepura Kab. Jayapura	41.000.000			
Gunung Mer Kabupaten Jayapura		149.359.000		
Bukit Tuwanwowoi-Maroni Kab. Manokwari		1.350.000.000		
Bukit Miabator Kab. Sorong Kota	5.000.000			
Klademak Kab. Sorong Kota	8.000.000			
Skendi Kabupaten Sorong Selatan	270.000.000			
Kokas, Kabupaten Fakfak	92.000.000			

VULCANO TEKTONIC DEPRESTION DI LAPANGAN PANAS BUMI SEMBALUN, LOMBOK TIMUR, NUSA TENGGARA BARAT

Oleh
Soetoyo

Kelompok Program Penelitian Panas Bumi - Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Vulkano Tektonik yang terjadi pada Zaman Kuarter mengakibatkan Gunungapi tua Sembalun ini terbentuk sebuah kaldera pada bagian puncaknya. Pada saat ini lantai kaldera dengan ketinggian lebih dari 1000 meter diatas permukaan laut berupa dataran dan morfologi bergelombang lemah berada di sekitar Sembalun Bumbung dan Sembalun Lawang. Kaldera berbentuk tapal kuda membuka ke arah utara bergaris tengah lebih dari 1 km.

Satuan batuan tertua dibentuk oleh Satuan Lava Sembalun terdiri dari lava andesit, andesit piroksen (dominan) dan basaltik, serta breksi lava dan piroklastik sebagai hasil erupsi gunungapi tua Sembalun. Penyebarannya sepanjang satuan geomorfologi sisa tubuh gunungapi tua Sembalun, merangkai dari G. Pergasingan, G. Batujang, G. Anakdare, G. Asah, G. Seladare, G. Nangi, G. Bonduri dan G. Lelonten membentuk dinding Kaldera Sembalun.

Satuan Endapan Aliran Piroklastik Sembalun merupakan hasil erupsi paroksisma Gunungapi tua Sembalun, menyebar ke arah barat, baratlaut dan berada di atas satuan lava Sembalun, serta di bukaan Kaldera Sembalun yang mempunyai ketebalan 10 – 15 meter. Satuan ini memiliki ciri warna putih kotor kekuningan sampai coklat kemerahan serta coklat gelap dan merah muda, melapuk kuat, tekstur breksi dengan matriks halus – kasar, banyak mengandung *juvenile pumice* yang melapuk dengan diameter 5 – 30 cm.

Sesar – sesar berkembang yang dikelompokkan menjadi Dinding Kaldera Sembalun, Kawah Propok, Sesar Normal Pusuk, Bonduri, Seribu, Tanakiabang, Lantih, Sesar Lentih, Orok, Libajalin, Batujang, Grenggengan dan Berenong.

ABSTRACT

The Quarternary volcano tectonic depression effected of originated of a caldera in the top of old Sembalun volcano. The floor of caldera (more than 1000 m asl) formed a plateform to low morphological fenomena around Sembalun Lawang. The caldera wih dimeter of 1 Km, open to the north area.

The oldest rock unit of lava Sembalun composed of andesite, dominated by pyroxene andesite, basaltic, breccia lava and pyroclastic deposit of oldest Sembalun volcano. All of the deposit wide spread along the morphological unit of old Sembalun volcano, made a caldera rim as a pengasingan volcano, Batujang volcano, Anakdare volcano, Asah volcano, Saladare volcano, Nangi volcano, Bondui volcano and Lelonten volcano.

The rock unit of Sembalun pyroclatic deposit as a result of old Sembalun volcano, widespread to west and northwest direction site above of Sembalun lava and in the opened Sembalun caldera with 10 – 15 meters wide. The characteristic of this rock unit is white yellowish to brown-redish also dark brown also red color hard weadered, breccia textures wih fine matrix fine to coarse, contain of many weadered juvenile pumice in 5-30 cm of diameters.

The fault structural can be divided as Sembalun caldera rim, Propok creater, Norml fault of Pusuk, Bonduri, Seribu, Tanakiabang, Lentih, Orok, Libajalin, Batujang, Grenggengan and Berenong normal fault.

PENDAHULUAN

Secara administratif Lapangan Panas Bumi Sembalun termasuk dalam wilayah Kecamatan Suela dan Kecamatan Aikmal, Kabupaten

Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Terletak pada koordinat antara 116° 30' 00" – 116° 35' 00" BT dan 8° 20' 30" - 8° 30' 00" LS, dengan luas daerah sekitar (10 x 19) km² (Gambar 1).

Indonesia secara geologis terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik benua yaitu lempeng Eropa-Asia, Lempeng India-Australia dan Lempeng Pasifik. Ketiga lempeng ini sangat berperan dalam proses pembentukan gunung api di Indonesia yang berbanjar mulai dari Nangro Aceh Darusalam, sepanjang Sumatra, Jawa, Nusa Tenggara sulawesi Utara dan Maluku serta Irian Jaya. Secara umum, keterdapatan panas bumi di daerah tersebut sangat berhubungan/berasosiasi dengan kegiatan gunung api sebagai asal sumber panas.

Aktivitas vulkanik dan tektonik yang tinggi menjadikan Gunungapi Sembalun terbentuk kaldera dengan lantai kaldera berada di sekitar Sembalun Bumbung dan Sembalun Lawang.

Gunungapi Sembalun ini dengan ketinggian diatas 2000m telah mengalami kegiatan vulkanisme dan tektonik pada masa itu sehingga kondisi saat ini adalah merupakan sisa kegiatan gunungapi tersebut.

Vulkano Tektonik depression sangat berkaitan dengan erupsi besar Gunungapi Sembalun. Endapan Aliran Piroklastik dijumpai di daerah ini sebagai tanda letusan besar telah terjadi, pada Gunungapi Sembalun

Gunungapi ini mempunyai sebuah kaldera berukuran luas lebih dari 1 km² diperkirakan merupakan akhir proses penghancuran.

Morfologi dasar kaldera berbentuk dataran yang luas pada ketinggian diatas 1000 m diatas permukaan laut dan merupakan daerah yang subur.(Gambar 2)

Pembentukan sistem panas bumi di daerah Sembalun sangat berkaitan dengan terbentuknya gunungapi Sembalun yang berumur Kuartar.

GEOLOGI REGIONAL

Beberapa penyelidik terdahulu yang melakukan penyelidikan di daerah Sembalun baik langsung maupun tidak langsung dengan penyelidikan kepanasbumian antara lain adalah Van Bemmelen (1949) dalam penyelidikannya tentang geologi di seluruh Indonesia, Direktorat Vulkanologi tahun 1989 dan 1991 dalam rangka kegiatan inventarisasi dan penyelidikan pendahuluan gejala panas bumi di daerah Sembalun, Herry Sundhoro dan Iryanto (1991) dalam Laporan Geologi Detil Lapangan Panas Bumi Sembalun, Pertamina (1993), dan S. Andi Mangga, dkk. (1994) yang telah melakukan pemetaan Geologi Lembar Lombok,

Nusatenggara Barat, Direktorat Vulkanologi (1989) menyebutkan bahwa terdapat lima manifestasi panas bumi berupa mata air panas dan fumarol yang tersebar di Sambelia, Aik Sebau, lereng Gunung Anakdare dan Sungai Putih (Segara Anak) dengan temperatur antara 41 °C sampai 47 °C, debit 0,3 – 2,0 liter/detik dan memiliki pH = 6 – 7.

Stratigrafi Daerah Sembalun dan sekitarnya dikelompokkan menjadi 14 satuan batuan yang berumur Kuartar terdiri dari lava dan piroklastik.

Satuan lava Sembalun merupakan hasil gunungapi tua Sembalun yang terdiri dari lava andesit, andesit piroksen (dominan) dan basaltik, dan breksi lava. Penyebarannya sepanjang satuan geomorfologi sisa tubuh gunungapi tua, merangkai dari G. Pergasingan, G. Batujang, G. Anakdare, G. Asah, G. Seladare, G. Nangi, G. Bonduri dan G. Lelonten. Ciri-ciri lava melapuk kuat, mempunyai struktur berlapis atau *setting joint*, berwarna abu-abu gelap sampai kehitaman, afanitik-porfiritik. Satuan ini merupakan batuan tertua di daerah ini yang bersumber dari gunungapi tua Sembalun (*mono volcano*).

Satuan Aliran Piroklastik Sembalun merupakan hasil erupsi paroksisma gunungapi tua Sembalun, menyebar ke arah barat, baratlaut dan berada di atas satuan lava Sembalun, di bukaan kaldera Sembalun yang mempunyai ketebalan 10 – 15 meter. Ciri warna bervariasi putih kotor kekuningan sampai coklat kemerahan serta coklat gelap dan merah muda. Melapuk kuat, tekstur breksi dengan matriks halus – kasar, banyak mengandung *juvenile pumice* yang melapuk dengan diameter 5 – 30 cm.

GEOLOGI DAERAH

Geomorfologi

Geomorfologi mencerminkan gambaran bentang alam yang terbentuk kaldera dan vulkanik serta merupakan proses perubahan permukaan seperti erosi, pelapukan dan denudasi. Daerah ini merupakan sisa gunungapi tua yang telah mengalami proses perusakan yang sekarang tinggal sisanya dengan relief yang kasar dan terjal, ketinggian antara 550 – 2250 m diatas permukaan laut.

Geomorfologi di daerah Sembalun dibagi menjadi 3 satuan, yaitu satuan morfologi vulkanik terjal, satuan morfologi perbukitan vulkanik landai dan satuan morfologi pedataran denudasional (Gambar 3).

Satuan morfologi vulkanik terjal, berada di bagian tengah menempati sekitar 43% dari seluruh daerah dengan puncak G.Batujang/G.Anakdare, G.Banjer, G.Nanggi, G.Tanakiabang, G.Seribu, G.Bonduri, G.Pusuk dan G.Talaga. Morfologi kaldera berbentuk tapal kuda berada pada satuan ini nampak berada di bagian tengah yang membuka ke arah utara (Gambar 4). Puncak tertinggi adalah G.Nangi dengan ketinggian 2300 m dpl. Pola pengaliran sungai sub-dendritik pada S.Kokok Dongol, S.Kokok Dasan, S.Kokok Lama dan S.Kokok Grenggengan, tingkat erosi dewasa dengan bentuk "U" yang memiliki lebar <10 m dan sub-paralel sebagai indikasi kontrol sesar atau struktur geologi. Litologi penyusun berupa lava andesit dan sebagian berupa endapan Aliran Piroklastik Sembalun dan jatuhan piroklastik dari G.Rinjani. Kemiringan lereng antara 26° – 68° .

Satuan morfologi perbukitan vulkanik landai, berada di bagian barat laut sampai barat daya dan sebagian tersebar di tenggara, Sebagian lain dari lahan ini diperuntukkan sebagai kawasan hutan lindung dan taman nasional G.Rinjani. Pola aliran sungai membentuk pola aliran sub-paralel yang terbentuk pada sungai Kokok Batu, Sungai Kokok Pesuguhan, sungai Kokok Dongo, Sungai Kokok Pasusah, Sungai Kokok Segerangan, dan sungai Kokok Libajalin, Sungai Kokok Grenggengan dan Sungai Kokok Limbangambik. Lebar sungai sekitar 5 – 8 m termasuk kedalam stadium erosi dewasa dengan bentuk lembah "U". Kemiringan lereng antara 3° - 7° , tersusun oleh batuan vulkanik berupa lava andesitik produk Sembalun dan Rinjani, sebagian lainnya berupa Aliran Piroklastik Sembalun dan jatuhan piroklastik G. Rinjani. Penduduk memanfaatkan wilayah ini sebagai tempat pemukiman dan perkebunan dan tanah garapan berupa perkebunan tembakau, bawang, tomat dan wortel.

Satuan morfologi pedataran denudasional, berada di utara dan barat, sekitar Desa Talaga dan daerah Propok. Pola aliran yang terbentuk adalah sub-dendritik dengan sungai utama S.Kokok Orok yang memiliki lebar 3-5 m, termasuk kedalam stadium erosi dewasa dengan bentuk "U". Litologi penyusun berupa bongkahan lava dan piroklastik lepas – lepas. Penduduk memanfaatkan sebagai wilayah pemukiman, persawahan dan perkebunan. Daerah ini secara keseluruhan sebagai dasar kaldera Sembalun (Gambar 5).

Stratigrafi

Stratigrafi yang disusun berdasarkan prinsip vulkanostratigrafi, dikelompokkan menjadi sepuluh satuan batuan (Gambar 6) dengan urutan dari tua ke muda sebagai berikut ini.

Satuan Lava Sembalun

Satuan ini menempati bagian selatan, tengah dan timur sekitar 53 %, terdiri dari lava andesit dan auto-breksi. Lava andesit berwarna abu-abu kehitaman - kemerahan, tekstur porfiritik, keras, vesikuler, dicirikan dengan terdapatnya struktur pengarah dari mineral hitamnya, terdiri dari mineral plagioklas, piroksen dan ampibol. Satuan ini telah mengalami kegiatan tektonik, dicirikan dengan batuan yang terkekarkan, baik *shear joint* maupun *tension joint* dan di beberapa tempat terdapat cermin sesar dengan arah hampir utara – selatan. Di daerah Sungai Grenggengan ditemukan autobreksi dan lava berwarna kehitaman, porfiritik – afanitik, keras, vesikular, terdiri dari mineral plagioklas, piroksen dan ampibol, terkekarkan dan tersesarkan dengan arah hampir barat laut - tenggara. Satuan ini adalah produk pra-kaldera Sembalun yang merupakan batuan tertua di daerah ini.

Satuan Aliran Lava Rinjani

Satuan ini terdiri dari lava andesit berwarna abu-abu – abu-abu terang, porfiritik, beberapa tempat terdapat vesikuler dan terdiri dari mineral plagioklas, piroksen dan hornblenda. Terdapat kekar (*shear joint*) dan cermin sesar yang berarah hampir baratdaya – timurlaut, sebagai indikasi telah terjadinya aktivitas tektonik. Satuan ini diperkirakan sebagai pembentuk awal tubuh G. Rinjani. tidak ditemukan kontak antara lava rinjani 1 dan lava produk Sembalun. Diperkirakan terbentuk pada periode yang hampir bersamaan.

Satuan Aliran Piroklastik Sembalun

Satuan ini terdiri Endapan Aliran Piroklastik dan sebagian Jatuhan Piroklastik produk Sembalun. Endapan Aliran Piroklastik berwarna coklat – abu-abu kehitaman, keras dan pejal, menyudut, terpilah buruk, ukuran antara pasir sampai bongkah, komponen terdiri dari lava andesit dengan matrik tufaan. Jatuhan Piroklastik Sembalun terdapat di sekitar daerah Sembalun Bumbang, dengan tebal sekitar 6 m, berlapis baik. Terdiri dari skoria dan vulkanik ash. Scoria berwarna abu-abu kehitaman, ukuran kasar –

lapili, berongga, terdiri dari mineral piroksen dan hornblende (andesitan), tebal antara 20 – 50 cm. Vulkanik *ash* (debu vulkanik) berwarna kecolatan, ukuran pasir halus – kasar, terpilah baik, membundar tanggung – menyudut tanggung, tebal sekitar 40 – 60 cm. Satuan ini ditutupi secara tidak selaras (*angular unconformity*) oleh Jatuhan Piroklastik Rinjani yang di dominasi oleh *pumice* (batuapung) berwarna putih kekuningan dengan tebal sekitar 30 cm.

Satuan Aliran Lava Prigi

Satuan ini menempati bagian utara terdiri dari lava andesit berwarna abu-abu muda sampai kehitaman, afanitik - porfiritik, beberapa tempat terdapat vesikuler dan komposisi terdiri dari mineral plagioklas, piroksen dan hornblenda. Satuan ini diperkirakan merupakan aliran lava post kaldera Sembalun. Di beberapa tempat satuan ini tertindih secara tidak selaras oleh jatuhan piroklastik Rinjani.

Satuan Aliran Lava Mentar

Satuan ini menempati bagian tengah di Desa Sembalun Bumbung, terdiri dari lava andesit berwarna abu-abu kehitaman, porfiritik, keras, komposisi terdiri dari mineral plagioklas, piroksen dan hornblenda. Satuan ini diperkirakan merupakan aliran lava post kaldera Sembalun yang muncul setelah terjadinya Sesar Pusuk yang berarah barat daya – timur laut.

Satuan Aliran Lava Monjet

Satuan ini menempati bagian tengah terdiri dari lava andesit berwarna abu-abu - kecoklatan, porfiritik, keras, komposisi terdiri dari mineral plagioklas, piroksen dan hornblenda, terdapat struktur *lava sheeting joint*. Satuan ini diperkirakan merupakan aliran lava post kaldera Sembalun.

Satuan Aliran Lava Selong

Satuan ini menempati bagian tengah terdiri dari lava andesit berwarna abu-abu kehitaman, porfiritik, keras, sebagian vesikuler, komposisi terdiri dari mineral plagioklas, piroksen dan hornblende. Terdapat autobreksi dengan komponen lava andesitik dengan warna abu-abu kehitaman. Satuan ini diperkirakan merupakan aliran lava post kaldera Sembalun.

Satuan Aliran Lava Talaga

Satuan ini menempati bagian utara atau terdiri dari lava andesit berwarna abu-abu muda - kehitaman, porfiritik, keras, sebagian vesikular, komposisi terdiri dari mineral plagioklas, piroksen dan hornblenda. Satuan ini diperkirakan merupakan aliran lava post kaldera Sembalun yang termuda. Data analisis perhitungan umur absolut batuan dengan metoda jejak belah (*fission track*) dengan mineral zircon diperoleh umur batuan andesit lava Talaga adalah $0,6 \pm 0,2$ juta tahun yang lalu atau termasuk kedalam zaman Kuartar (Plistosen Akhir).

Satuan Jatuhan Piroklastik Rinjani

Satuan ini tersebar di beberapa lokasi terdiri dari jatuhan piroklastik produk Rinjani. Jatuhan piroklastik ini terdapat di sekitar daerah Sembalun Lawang dan sepanjang jalan raya dari desa Sapit hingga Pusuk, dengan tebal sekitar 50 cm, berlapis baik. Komposisi terdiri dari *pumice* dan vulkanik *ash*. *Pumice* berwarna putih kekuningan - kecoklatan, ukuran kasar – lapili, berongga, terdiri dari mineral plagioklas, dan gelas vulkanik. Debu vulkanik berwarna kecoklatan, ukuran pasir halus – kasar, terpilah baik, membundar tanggung – menyudut tanggung, tebal sekitar 10 – 20 cm. Satuan ini menutupi hampir semua satuan batuan di bawahnya secara tidak selaras dan merupakan produk paling muda dari G. Rinjani.

Endapan Alluvial

Endapan alluvium dijumpai di sekitar daerah Sembalun Lawang, terdiri dari material lepas dari bongkah lava, pasir, lempung dan endapan sungai lainnya.

Struktur Geologi Regional

Struktur geologi di Pulau Lombok ini berupa sesar normal dan sesar geser yang umumnya berarah baratlaut-tenggara. Gejala tektonik yang paling tua di daerah ini diduga terjadi pada Oligosen dengan diikuti oleh kegiatan gunungapi bawah laut yang bersusunan andesit-basal Kegiatan ini berlangsung sampai Miosen Awal. Hal ini diduga akibat adanya penunjaman Lempeng Samudera Hindia ke bawah Lempeng Benua Asia. Pada Miosen Tengah terjadi kegiatan magma dengan ditandai munculnya sejumlah retas dasit dan basal yang menerobos Formasi Pengulung dan Formasi Kawangan. Terobosan ini merupakan

kegiatan purna-magmatik yang mengakibatkan proses ubahan dan pemineralan bijih sulfida serta hadirnya urat-urat kuarsa pada batuan yang diterobos. Pada Miosen Akhir, dalam kondisi cekungan memungkinkan terbentuknya endapan batugamping Formasi Ekas, pada lingkungan laut dalam terbuka. Pada akhir Tersier atau awal Kuartar terjadi kegiatan tektonika yang menyebabkan timbulnya sesar geser dan sesar normal. Pada Pliosen sampai awal Plistosen terjadi kegiatan gunungapi kelompok Gunungapi Lombok yang membentuk Formasi Kalipalung dengan Anggota Selayar, Formasi Kalibabak dan Formasi Lekopiko. Sejak Plistosen hingga Resen terjadi kegiatan gunungapi yang menghasilkan batuan gunungapi tak terpisahkan yang bersumber dari Gunung Rinjani, Pusuk, dan Gunung Nangi.

Struktur Geologi Daerah Panas Bumi Sembalun

Penentuan struktur yang berkembang di daerah ini adalah hasil dari penarikan kelurusan morfologi baik kelurusan sungai, punggung pada citra landsat maupun peta topografi dan pengamatan langsung. Sesar – sesar yang berkembang dikelompokkan menjadi Dinding Kaldera Sembalun, Kawah Propok, Sesar Normal Pusuk, Bonduri, Seribu, Tanakiabang, Lantih, Sesar Lentih, Orok, Libajalin, Batujang, Grenggengan dan Berenong.

Dinding Kaldera Sembalun, berada di bagian tengah mengitari Desa Sembalun Bumbung dan Sembalun Lawang berbentuk tapal kuda yang puncaknya terdiri dari G.Telaga, G.Pusuk, G.Tanakiabang, G.Nangi dan G. Banjer membuka ke utara dan Desa Sembalun Lawang sebagai lantai kalderanya.

Kawah Propok, berada di puncak G.Propok dengan bentuk tapal kuda dan membuka ke arah barat (G.Rinjani). Luas kawah diperkirakan $\pm 3 \text{ km}^2$. Lantai kawah telah tertutupi oleh jatuhnya piroklastik Rinjani.

Sesar Oblik Pusuk, berarah hampir baratdaya – timurlaut, dengan arah sekitar $N 30^\circ E/83^\circ$ pitch 45° arah pergerakan strike slip relatif menganan dan dip slip menurun pada bagian selatan. Morfologi dari G.Pusuk mencerminkan sebuah gawir yang sangat terjal. Disamping data di lapangan hasil penarikan kelurusan topografi dan citra juga menunjukkan hal yang sama. Sesar ini diperkirakan menerus dan sejajar dengan sesar batujang di daerah G.Batujang.

Sesar Bonduri dan Sesar Seribu, berarah hampir utara – selatan sekitar $N 345^\circ E$ bagian timur relatif turun. Penarikan sesar diambil berdasarkan topografi dan kelurusan citra disamping data di lapangan berupa *triangular facet*.

Sesar Tanakiabang, berarah hampir barat daya – timur laut, atau sekitar $N 210^\circ E$ dengan bagian barat relatif turun. Kenampakan di lapangan dicirikan dengan gawir/ tebing yang terjal dan terdapatnya *triangular facet*. Disamping itu data topografi dan analisis citra mendukung adanya suatu sesar normal.

Sesar Oblik Grenggengan, berarah barat laut – tenggara. Data lapangan berupa cermin sesar dengan arah $N 110^\circ E/ 85^\circ$ pitch 10° ; $N 115^\circ E/45^\circ$ pitch 70° arah pergerakan bagian selatan relatif turun, menganan.

Sesar Oblik Berenong, berarah hampir utara – selatan. Data lapangan berupa cermin sesar dengan nilai $N 190^\circ E/ 45^\circ$ pitch 55° dengan arah pergerakan bagian barat lebih menurun.

Sesar Lentih, berarah hampir utara – selatan. Data lapangan yang diperoleh berupa perhitungan data cermin sesar dengan nilai $N 35^\circ E/ 73^\circ$ sudut pitch 10° . Arah pergerakan bagian timur relatif menurun.

Sesar Lantih, berarah hampir utara – selatan dengan arah $N 190^\circ E$. Penarikan sesar berdasarkan data topografi dan citra di mana bagian barat relatif turun. Sesar ini memisahkan antara satuan lava rinjani dan satuan lava Sembalun pra–kaldera.

Sesar Limbajalin, berarah hampir utara – selatan dengan arah $N 160^\circ E$. Penarikan sesar didasarkan oleh morfologi, topografi dan citra land sat

Sesar Orok, berarah hampir utara – selatan. Penarikan sesar diambil berdasarkan data lapangan berupa cermin sesar dengan nilai $N 10^\circ E/ 85^\circ$ dengan pitch 10° arah pergerakan bagian timur relatif menurun. Sesar ini diperkirakan sebagai kontrol munculnya indikasi air panas di sungai orok dan sebau.

Sesar Talaga, berarah hampir barat – timur dengan. Penarikan sesar diambil berdasarkan data lapangan berupa cermin sesar dengan nilai $N 285^\circ E / 75^\circ$ dengan sudut pitch 30° . Pergerakan pada bagian utara relatif menurun mengiri. Sesar ini diperkirakan sebagai kontrol munculnya lava talaga yang merupakan lava post kaldera yang merupakan batuan termuda di daerah penyelidikan.

MANIFESTASI PANAS BUMI

Di daerah Sebau, Desa Sapit dijumpai gejala panas bumi berupa mata air panas dan bualan gas. Manifestasi berupa kolam air panas dan bualan gas yang keluar secara terus menerus. Di sekitar manifestasi terdapat endapan sinte warna keputih-putihan yang mengelilingi kolam mata air panas.

Di kampung Sembalun Bumbung di pinggir sungai Orok dijumpai mata air hangat dengan bualan gas secara periodik. Selain itu juga dijumpai batuan teralterasi dengan penyebaran yang tidak luas.

Air panas Sebau

Manifestasi ini berada di sekitar hutan wisata Sebau, berada di Desa Sapit, Kecamatan Suela pada koordinat (UTM) X= 449463 E, Y=9068128 N pada ketinggian 1327 m dpl. Lokasi ini dapat dicapai dari Desa Sapit atau dari Desa Sembalun Bumbung menuju hutan wisata dengan waktu tempuh sekitar 1 jam. Temperatur mata air panas 36,5 °C pada temperatur udara setempat 19,5 °C dengan pH terukur 8,4 dan daya hantar listrik yang relatif tinggi sekitar 1802 µmhos, debit air sekitar 2 liter/detik. Luas manifestasi panas bumi Sebau sekitar 3 x 4 m. Mata air panas tersebut muncul melalui rekahan batuan. Air panas jernih, sedikit berbau belerang, berasa kesat, dijumpai bualan gas dan berasap serta bau gas cukup menyengat terutama dari gas-gas belerang muncul gelembung gas dan adanya endapan air panas warna keputih-putihan.

Air hangat Orok

Lokasi ini termasuk ke dalam wilayah Desa Sembalun Bumbung, Kecamatan Sembalun pada koordinat (UTM) X= 449328 E, Y=9071487 N pada ketinggian 1290 m dpl. Temperatur air panas 23,2 °C pada temperatur udara 16,9 °C dan pH 7,67 serta daya hantar listrik 780 µmhos.

Air Panas Kalak

Berada di wilayah Desa Sembalun Bumbung, Kecamatan Sembalun. Secara geografis terletak pada koordinat (UTM) X= 449328 E, Y=9071487 N pada ketinggian 1290 m dpl. Dimanfaatkan untuk keperluan pertanian, pemandian dan rumah tangga oleh penduduk. Temperatur air panas 23,2 °C pada temperatur udara 16,9 °C dan pH 7,67 serta daya hantar listrik 780 µmhos.

Karakteristik dan Tipe Air Panas.

Hasil analisa kimia mata air panas Sebau menunjukkan kandungan ion klorida (Cl) relatif tinggi, konsentrasi senyawa kimia terlarut yang signifikan (dalam satuan mg/L) di antaranya Cl = 562,89; Ca = 244; Na = 156,90; SO₄ = 76,95; SiO₂ = 48,93; HCO₃ = 33,78; B = 5,73; K = 4,59; Mg = 3,06; NH₄ = 0,18, sedangkan Al, F, CO₃, Fe dan As tidak terdeteksi. Termasuk kedalam tipe air panas klorida. Kandungan Cl yang relatif lebih tinggi dari kandungan ion lain menunjukkan bahwa mata air panas Sebau berasal dari reservoir dalam, yang mengalami pengenceran dekat permukaan, sementara adanya kandungan SO₄ dimungkinkan karena ada pengaruh H₂S.

Air panas Orok termasuk ke dalam tipe bikarbonat. Tipe air bikarbonat mata air hangat berada di zona "immature waters" yang menggambarkan adanya pengaruh air permukaan atau pengenceran oleh air meteorik cukup dominan.

PEMBAHASAN

Daerah Panas Bumi Sembalun secara keseluruhan dibentuk oleh Vulkanik Sembalun. Bentuk geomorfologi saat ini adalah merupakan sisa dari penghancuran gunungapi ini. Proses awal yang dilakukan adalah proses pembentukan tubuh gunungapi ini yang kemudian disusul dengan proses penghancuran yang dilakukan oleh kegiatan gunungapi itu sendiri.

Proses pembentukan tubuh Gunungapi Sembalun diawali dengan perulangan erupsi efusif dan eksplosif yang menghasilkan endapan strato vulkano dalam Satuan Lava Sembalun. Satuan ini terdiri dari lava andesit sampai basaltis dan piroklastik, yang saat ini tinggal sisanya membentuk sisa tubuh Gunungapi dengan sebuah Kaldera Sembalun.

Pada akhir periode pembentukan terbentuklah Gunungapi Sembalun berbentuk kerucut yang mempunyai ketinggian lebih dari 2500 meter diatas muka laut. Bentuk gunungapi ini dapat di rekonstruksi dari sisa tubuh Gunungapi Sembalun saat ini, sehingga dihasilkan bentuk Gunungapi Sembalun sebelum terjadi perusakan oleh proses vulkano tektonik depression.

Setelah proses pembentukan tubuh Gunungapi Sembalun berakhir, selanjutnya terjadi proses penghancuran oleh gunungapi itu sendiri. Periode penghancuran secara garis besar terdapat 2 (dua) proses, yaitu pertama proses

erupsi dan yang kedua adalah runtuh/amblesan. Runtuhnya puncak Gunungapi Sembalun ini melalui sesar – sesar yang berkembang dan saat ini dapat dikelompokkan menjadi Dinding Kaldera Sembalun, Kawah Propok, Sesar Normal Pusuk, Bonduri, Seribu, Tanakiabang, Lantih, Sesar Lentih, Orok, Libajalin, Batujang, Grenggangan dan Berenong.

Proses erupsi yang dimaksud disini adalah erupsi besar yang memicu terjadinya penghancuran puncak Gunungapi Sembalun sehingga terbentuk seperti sekarang ini. Proses ini merupakan erupsi besar yang melibatkan terbentuknya Endapan Aliran Piroklastik di masa lampau. Erupsi pada periode ini terjadi cukup dahsyat sehingga Gunungapi Sembalun mengeluarkan eflata lepas dari campuran berkomposisi fitrik dan litik dari berbagai ukuran terhamburkan keluar dari perut gunungapi tersebut.

Dilihat dari urutan stratigrafi di daerah ini maka yang menandai terjadinya erupsi besar pada Gunungapi Sembalun adalah terbentuknya Endapan Aliran Piroklastik Sembalun. Satuan Endapan Aliran Piroklastik Sembalun merupakan hasil erupsi paroksisma gunungapi Sembalun pada Zaman Kuartar. Satuan ini menyebar ke arah barat,baratlaut, utara dan berada di atas satuan lava Sembalun, di bukaan kaldera Sembalun yang mempunyai ketebalan 10 – 15 meter.

Setelah erupsi besar terjadi dan penumpukan endapan piroklastik di bagian tubuh gunungapi tersebut, maka terjadi ketidak seimbangan pada tubuh gunungapi tersebut ditambah lagi dengan kekosongan perut gunungapi akibat dikeluarkan isi perut gunungapi tersebut melalui letusannya, serta turunnya larutan sisa magma, sehingga terjadilah ablesan pada bagian puncak sehingga terjadi sebuah Kaldera Sembalun. Kaldera Sembalun berbentuk tapal kuda membuka kearah Utara. Seluruh rangkaian proses erupsi dan amblesan ini dirangkai sebagai Vulkanologi Tektonik Deprestion.

Setelah vulkanologi tektonik deprestion berakhir, tidak pernah lagi peristiwa besar terjadi pada gunungapi ini. Erupsi eksplosif tidak pernah terjadi dan yang terjadi adalah erupsi efusif melalui celah di pinggir dinding kaldera. Beberapa kali terjadi erupsi ini dan menghasilkan aliran lava, diantaranya Aliran Lava Prigi, Aliran Lava Monyet, Aliran Lava Lelonten dan Aliran Lava Talaga yang berumur Plistosen Akhir.

Pembentukan sistem panas bumi di daerah Sembalun sangat berkaitan dengan terbentuknya tubuh gunungapi muda yang berumur Plistosen Akhir sebagai sumber panas.

Aktivitas tektonik yang tinggi menjadikan di kawasan tersebut memiliki struktur batuan yang relatif telah hancur sehingga memungkinkan terbentuknya permeabilitas tinggi dan zona-zona rekahan yang berfungsi sebagai batuan reservoir.

Karakteristik sistem panas bumi di daerah ini menunjukkan bahwa mata air panas yang muncul dari lingkungan vulkanik ke permukaan berasal dari reservoir yang cukup dalam, dan telah mengalami pengenceran dekat permukaan

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada seluruh dewan redaksi yang telah memberikan kesempatan makalah ini untuk dimuat dalam buletin yang kita cintai ini. Kepada Dr. Syafrudwipa, Ir. Fredy Nanlohy sebagai editor yang telah mengoreksi, memberikan saran dan diskusi dalam penyusunan makalah ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Tim Survei Geologi dan Geokimia Panas Bumi Daerah Sembalun atas kerja samanya dalam penulisan makalah ini.

SIMPULAN

Dataran Tinggi Sembalun merupakan dasar Kaldera Sembalun dengan ketinggian lebih dari 1000 meter diatas permukaan laut, membentuk morfologi pedataran yang dibatasi oleh dinding Kaldera Sembalun yang sangat curam.

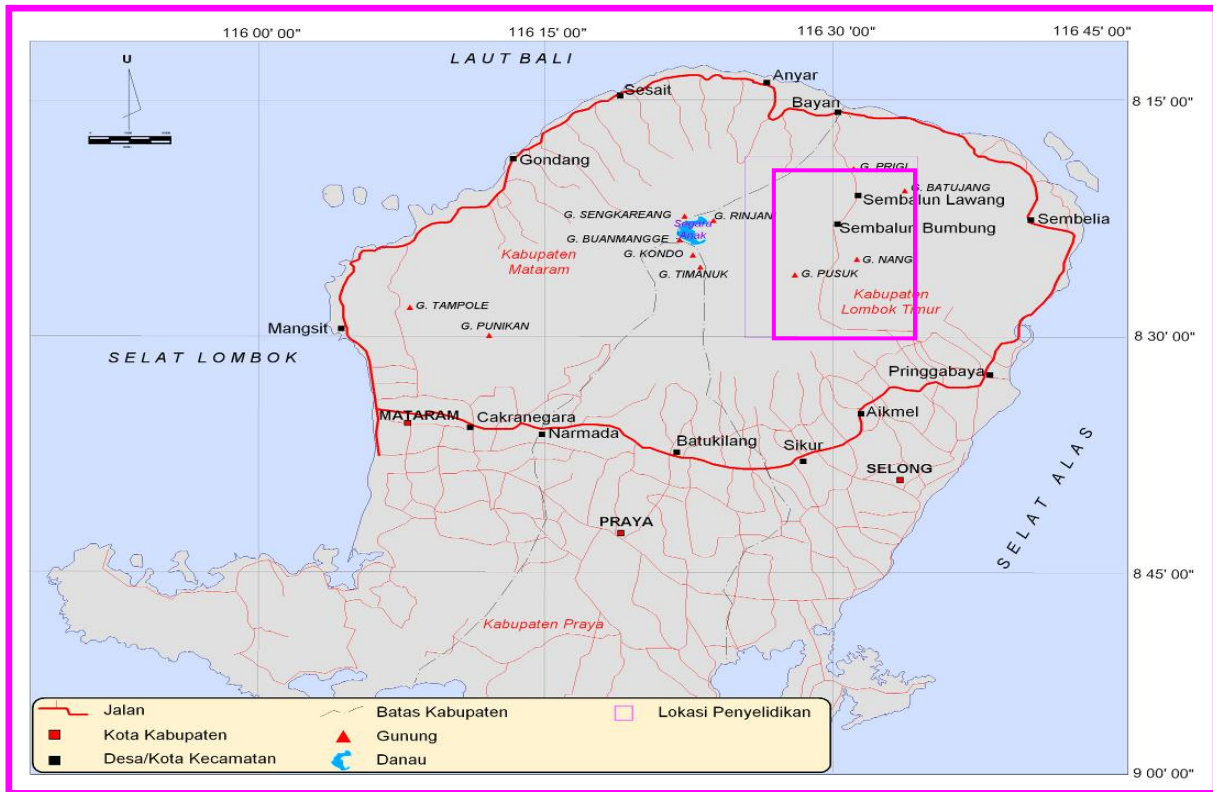
Kaldera Sembalun terbentuk oleh proses vulkanologi tektonik deprestion yang terjadi pada Zaman Kuartar.

Kegiatan erupsi Gunungapi Sembalun tua yang terjadi sebagai penicu proses vulkanologi tektonik deprestion adalah letusan besar yang ditandai dengan terbentuknya Endapan Aliran Piroklastik Sembalun.

Proses depresi terjadi karena ketidak seimbangan Gunungapi Sembalun akibat beban oleh Endapan Aliran Piroklastik dan terjadinya kekosongan volume di dalam perut Gunungapi Sembalun karena keluarnya materiannya akibat letusan besar serta turunnya larutan sisa magma.

DAFTAR PUSTAKA

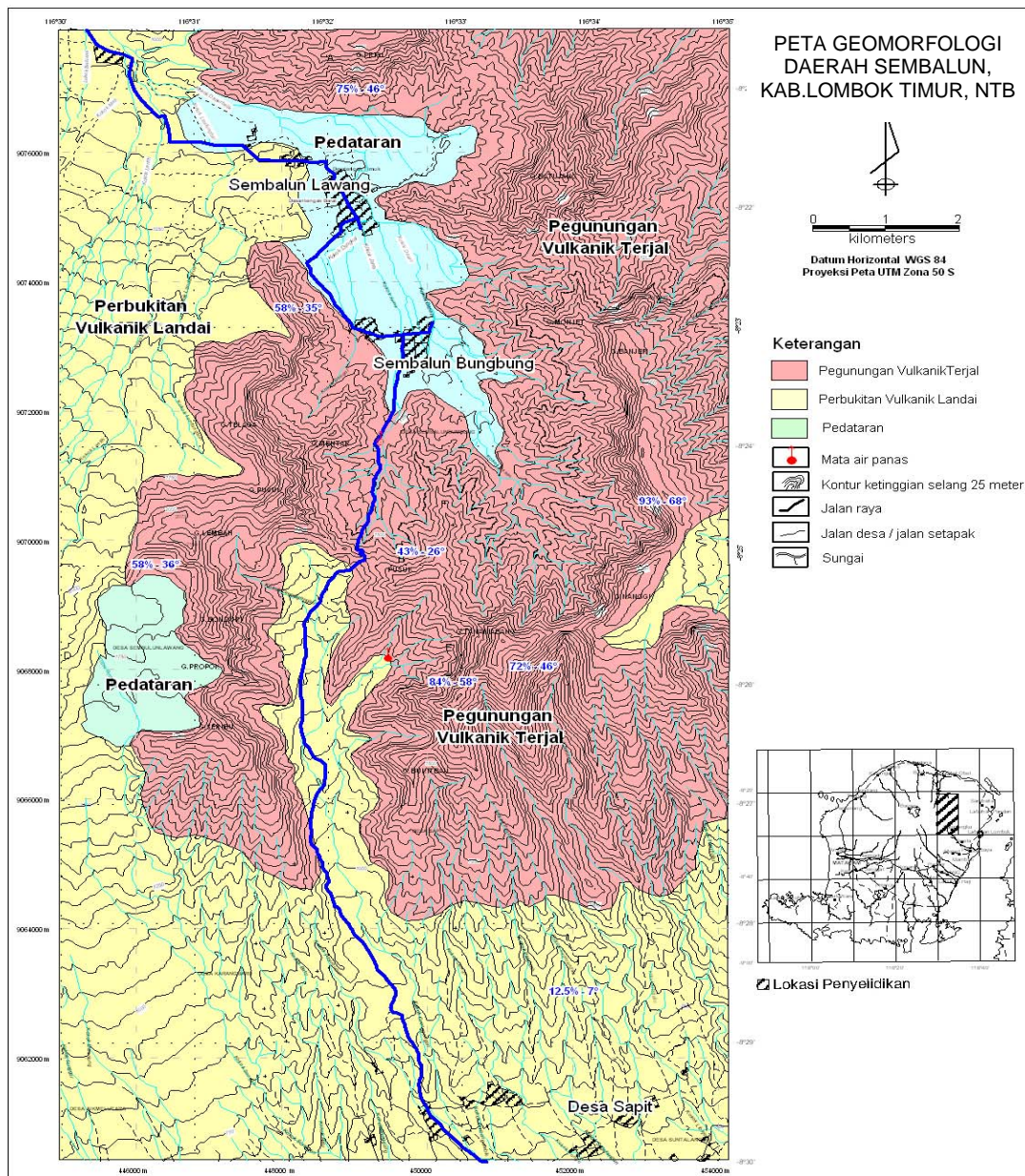
- Chiodini, G., and Cioni, R., 1989**, *Gas geobarometry for hydrothermal systems and its application to some Italian geothermal areas*, Applied geochemistry, Vol . 4, pp 465-472
- Fournier, R.O., 1981**. *Application of Water Geochemistry Geothermal Exploration and Reservoir Engineering*, "Geothermal System: Principles and Case Histories". John Willey & Sons. New York.
- Giggenbach, W.F., 1980**, *Geothermal gas equilibria*, Geochimica et cosmo-chimica Acta, Vol 44, pp 2021-2032
- Giggenbach, W., Gonfiantini, R., and Panichi, C., 1983**, *Geothermal Systems. Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology*, Technical Reports Series No. 91. International Atomic Energy Agency, Vienna
- Giggenbach, W.F., 1988**. *Geothermal Solute Equilibria Deviation of Na-K-Mg-Ca Geo-Indicators*. Geochimica Acta 52. pp. 2749 – 2765.
- Giggenbach, W.F., and Goguel, 1988**, *Methods for the collection and analysis of geothermal and volcanic water and gas samples*, Petone New Zealand
- Lawless, J., 1995**. *Guidebook: An Introduction to Geothermal System*. Short course. Unocal Ltd. Jakarta.
- S. Andi Mangga, S. Atmawinata, B. Hermanto & T. C. Amin, 1994**. Geologi Regional Lembar Lombok, Nusatenggara, skala 1: 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, Indonesia.
- S. Herry, Nasution A., Simanjuntak J. 2000**. *Semalun Bumbung geothermal area, Lombok Island, West Nusatenggara, Indonesia ; An Integrated Exploration*. Proceeings world geothermal congress. Kyushu, Japan.
- Tim Survei Terpadu (Geologi, Geokimia dan Geofisika) Panas Bumi, 2006**. Laporan Survei Terpadu Daerah Panas Bumi Semalun, Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.



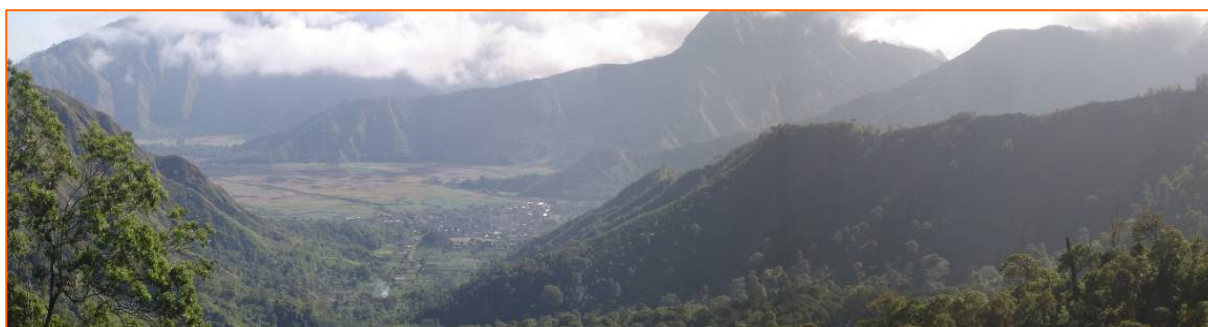
Gambar 1. Lokasi Daerah Panas Bumi Sembalun, Lombok Timur



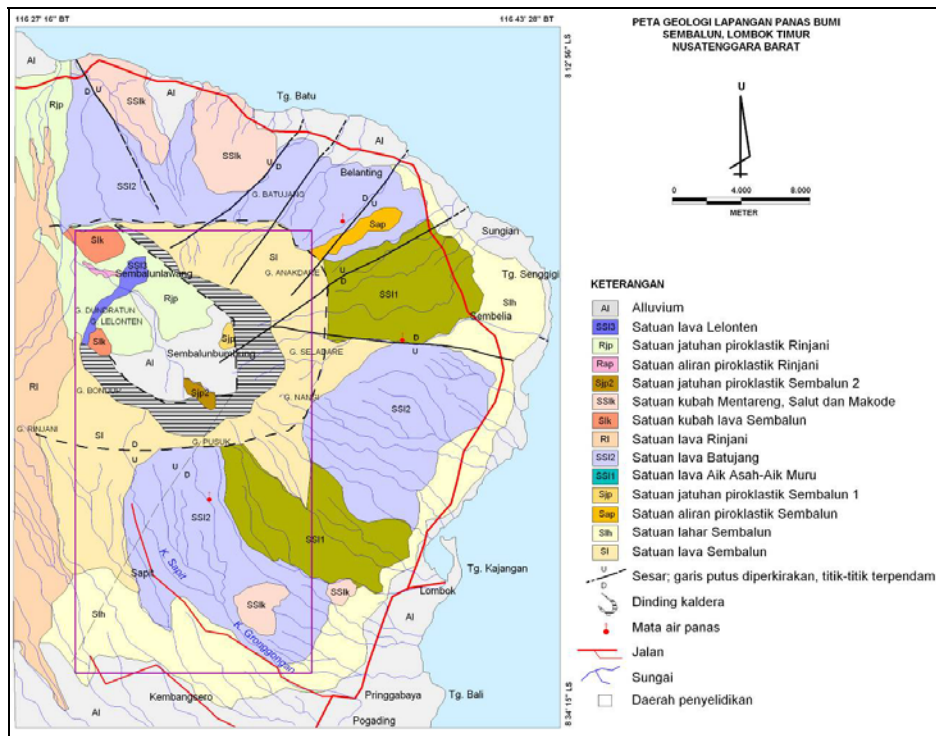
Gambar 2. Morfologi Pedataran di Dataran Tinggi Sembalun, Lombok Timur (Tim Geologi Sembalun, NTB, 2006)



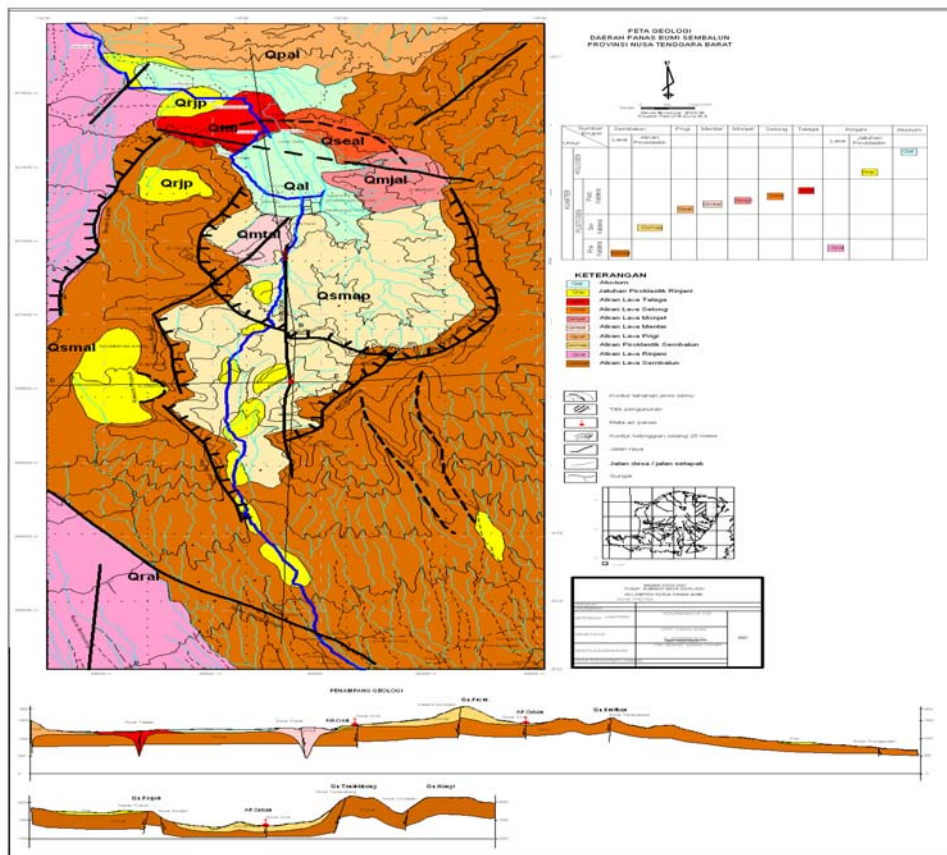
Gambar 3. Morfologi Daerah Panas Bumi Sembalun (Tim Geologi Sembalun, NTB, 2006)



Gambar 4. Morfologi Vulkanik terjal dengan dataran tinggi Sembalun di bagian tengah (Tim Geologi Sembalun, NTB, 2006)



Gambar 5. Peta geologi lapangan panas bumi Sembalun, Lombok Timur Nusa Tenggara Barat (S.Herry, dkk. 1991)



Gambar 6. Peta Geologi Panas Bumi Daerah Sembalun, Lombok Timur (Tim Geologi Sembalun, NTB, 2006)

Tabel 1. Hasil analisis Contoh Air Daerah Panas Bumi Sembalun, Lombok Timur, NTB (Tim Geokimia Panas Bumi Sembalun, NTB, 2006)

CONTO	AP-SEBAU	AP KALAK	AP-BELANTING
	APS	ADK	APB
Elev.(m)	1327	1891	730
T. udara(°C)	19.5	19.8	
T. air (°C)	36.5	43	43
pH	7.6	7.2	8.3
EC (µS/cm)	1802	1740	1900
SiO ₂ (mg/l)	48.93	79.76	53
B	5.73	2.86	1.66
Al ³⁺	0.0	0.0	0.0
Fe ³⁺	0.1	0.13	0
Ca ²⁺	244	328.06	375.22
Mg ²⁺	3.06	5.32	23.25
Na ⁺	156.9	265	16.43
K ⁺	4.59	7.3	5.71
Li ⁺	0.3	0.19	0.5
As ³⁺	0	0	0.2
NH ₄ ⁺	0.18	0	1.15
F ⁻	0	0.5	0
Cl ⁻	562.89	211.08	76.07
SO ₄ ⁼	76.95	1115.52	1125
Meq cat	19.43	28.56	
Meq an.	18.03	30.14	
IB (%)	3.72	-2.70	

Keterangan :

AP : Air Panas

AD : Air Dingin

GEOKIMIA REGIONAL PULAU SUMATERA CONTO ENDAPAN SUNGAI AKTIF FRAKSI -80 MESH

Oleh

Sabtanto Joko Suprpto

Kelompok Program Penelitian Konservasi – Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Penyelidikan geokimia dengan metode analisis kandungan unsur conto endapan sungai aktif -80 mesh merupakan salah satu fase awal eksplorasi terutama untuk menemukan endapan mineral logam. Cebakan bahan galian logam, baik yang sudah tersingkap maupun masih berada di bawah permukaan dapat terungkap pada data geokimia yang dihasilkan. Selain dapat menentukan keberadaan endapan bahan galian, sebaran unsur contoh endapan sungai dapat dipergunakan untuk menentukan kondisi lingkungan dari suatu wilayah.

Sumatera dengan tataan geologi yang kompleks dan merupakan jalur metalogenik potensial terbentuknya endapan logam, menghasilkan rona geokimia yang sangat bervariasi dan menarik. Data geokimia regional yang tertuang dalam bentuk peta sebaran unsur menyajikan informasi awal yang penting tentang indikasi mineralisasi untuk ditindak lanjuti dengan penyelidikan lebih rinci.

ABSTRACT

Geochemical investigation by means the method of analysis through -80 mesh of active stream sediment samples is one of early phase exploration in finding out metallic mineral deposit. Metallic mineral deposit either being cropped out in the surface or subsurface, it can be revealed in geochemical output data. Besides that of determination of the availability of mineral deposits, elements distribution of stream sediment samples can be used to determine environmental condition of an area in relation with.

Sumatra with its complex geologic setting and forming that of a potential metallogenic line so as to the formation of metallic deposits, resulted in very interesting and many variation to that of geochemical performances. Projection of regional geochemistry data in the form of elements distribution maps represent important initial information about mineralization indications to be followed by the detail investigation.

PENDAHULUAN

Sumatera merupakan pulau besar yang berada di ujung barat Indonesia mempunyai bentangalam memanjang di bagian barat dominan berupa pegunungan, dikenal dengan Bukit Barisan. Sementara di bagian timur berupa perbukitan rendah dan dataran. Batuan gunungapi mendominasi daerah Bukit Barisan, sedangkan di daerah bagian timur didominasi batuan sedimen.

Eksplorasi mineral di Sumatera (Stephenson, 1982 dalam Carlile dan Mitchell, 1994) telah menggambarkan kegiatan pencarian mineral di Sumatera oleh Belanda pada tahun 1900-1945 yang menemukan cebakan-cebakan sekala relatif kecil. Penyelidikan geokimia telah

dilakukan setempat-setempat pada daerah prospek mineral. Penyelidikan geokimia conto endapan sungai fraksi -80 mesh secara sistematis oleh Pemerintah Indonesia di Sumatera merupakan awal dari target penyelidikan yang akan mencakup seluruh wilayah daratan Indonesia.

Pengambilan conto geokimia dilakukan oleh Direktorat Sumberdaya Mineral dalam rangka pemetaan geokimia Indonesia secara bersistem sekala 1:250.000. Kegiatan tersebut ditujukan untuk penyediaan data dasar geokimia. Pengambilan conto di Sumatera dilakukan pada tahun 1975 - 1993. Dalam tulisan ini menampilkan digitasi dan pengolahan data yang belum sempat dilakukan dari hasil pengambilan conto tersebut.

Pemetaan geokimia dilakukan dengan cara pengambilan conto endapan sungai fraksi -80 mesh pada cabang-cabang sungai aktif (Gambar 1). Sebanyak 22.181 conto yang telah terkumpul mewakili daerah penyelidikan seluas 431.800 km² atau kerapatan rata-rata setiap conto mewakili daerah seluas 19,46 km².

Frakasi berukuran -80 mesh dari endapan sungai ini dianalisis dengan metode Spektrometri Serapan Atom (AAS) untuk 15 unsur yaitu Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Ag, Li, K, Co, Ni, dan Cr. Penentuan kadar unsur Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Mn dan Ag dengan AAS dilakukan setelah peleburan menggunakan asam nitrat panas. Li, K, Cr dan Fe ditentukan dengan AAS setelah dilakukan peleburan menggunakan asam perklorat/hidrofluorat panas. Unsur As, Sn, W dan Mo dianalisis dengan metode kolorimetri. Analisis dilakukan di Laboratorium Kimia Mineral yang berada di Direktorat Sumber Daya Mineral, yang saat ini berubah nama menjadi Pusat Sumber Daya Geologi.

Penyelidikan geokimia bersistem untuk menyediakan data dasar, diharapkan dapat menggambarkan kondisi sebaran semua unsur. Akan tetapi mengingat ketersediaan biaya yang ada, maka hanya dapat dianalisis 15 unsur.

Geokimia regional selain dimaksudkan untuk memberikan petunjuk awal potensi dan keberadaan cebakan mineral berdasarkan gambaran anomali geokimia, dapat ditafsirkan juga antara lain dengan sasaran untuk memberikan petunjuk tentang kondisi lingkungan.

GEOLOGI DAN MINERALISASI

Pulau Sumatera dilewati oleh tiga busur metalogenik (Gambar 2). Selain batuan penyusun yang mempunyai perbedaan, di antara ketiga busur tersebut juga terdapat perbedaan tipe cebakan mineral logam yang terbentuk.

Busur Sumatera- Meratus (Kapur Tengah-Akhir)

Busur kontinen memanjang pada ujung bagian selatan Paparan Sunda dari utara Sumatera melewati ujung timur Jawa Barat menerus ke arah timur Kalimantan.

Paparan Sunda menjadi busur kontinen tunggal pada Akhir Trias atau Awal Yura, pada Trias dan kemungkinan Awal Yura terjadi tumbukan sepanjang di lepas pantai timur laut Sumatera

ke arah Kalimantan, dan kemungkinan melewati bagian tengah Sumatera (Hamilton, 1979; Hutchison, 1989; Mitchell, 1992, dalam Carlile dan Mitchell, 1994). Tumbukan secara langsung maupun tidak langsung menghasilkan jalur kaya timah di Asia Tenggara.

Sejak Yura Tengah sampai Akhir Kapur, tepian selatan Paparan Sunda kemungkinan merupakan tepi kontinen yang pasif, di Sumatera ke arah barat dan Kalimantan ke arah utara, pada Akhir Kapur terjadi perputaran ke arah berlawanan jarum jam pada bagian timur Paparan Sunda dan berarah jarum jam pada bagian barat Paparan Sunda terhadap posisi pada saat ini.

Batuan oseanik berupa Grup Woyla pada bagian barat Sumatera merupakan hasil proses pengangkatan ke arah selatan pada tepi kontinen dari Paparan Sunda. Hal ini kemungkinan bahwa pada Akhir dari Awal Kapur, busur batuan basa berarah utara mengalami tumbukan, terdapat asosiasi ofiolit, dan terangkat menempati pada bagian dari tepian selatan Paparan Sunda yang pasif, membentuk Grup Woyla pada bagian utara Sumatera, batuan yang ekuivalen terdapat pada bagian barat Sumatera bagian selatan, batuan ofiolit di Jawa bagian baratdaya, dan ofiolit Meratus dan Formasi Alino di Kalimantan bagian tenggara.

Busur magmatik mulai mengalami pembalikan proses tektonik setelah pembentukan Kelompok Woyla. Penunjaman ke arah utara menyebabkan pembentukan busur magmatik pada Awal Kapur sampai Akhir Kapur yang melampar melewati Sumatera dan Laut Jawa, terobosan-terobosan berasosiasi dengan kelompok batuan vulkanik Manunggal di Pegunungan Meratus, di Sumatera, termasuk pluton Ulai, Batolit Manunggal dan Batolit Sikuleh. Intrusi-intrusi tersebut umumnya menerobos Woyla, akan tetapi di Jalur Bukit Barisan Sumatera Selatan intrusi granit secara struktural menempati bagian lebih rendah, pada Awal Mesozoik atau batuan lebih tua dari batuan dasar kontinen.

Pada busur ini temuan adanya mineralisasi kurang, hal ini kemungkinan akibat dari pengangkatan dan erosi yang sangat intensif pada jaman Tersier. Temuan adanya mineralisasi emas kurang 1% dari sumber daya emas di Indonesia, serta tembaga yang sangat terbatas. Di Sumatera, terbentuk beberapa mineralisasi berupa cebakan-cebakan skarn bijih besi dan logam dasar dalam dimensi kecil, sebagian mengandung emas dan perak, dan

emas-tembaga dengan rasio perbandingan Ag : Au rendah.

Busur Sunda-banda (Neogen)

Busur Sunda-Banda paling panjang di Indonesia, melampar dari utara Sumatera melewati Jawa ke arah timur dari Damar. Segmen barat terdiri dari Sumatera, Jawa Barat dan sebagian Jawa Tengah, dan terbentuk pada tepian selatan Paparan Sunda, bagian timur dari Jawa Tengah ditafsirkan sebagai busur kepulauan terbentuk pada kontinen yang tipis atau kerak intermediet.

Tektonik Paleogen, dan diikuti tektonik Akhir Kapur dimana kegiatan vulkanisme di Busur Sumatera-Meratus berakhir. Tepi Kontinen posisi pasif dari Paparan Sunda pada Akhir Eosen telah melampar ke arah Sumatera, di mana intrusi kalk-alkali terjadi dengan umur antara 52 sampai 57 Ma, dan kemungkinan lebih muda menggambarkan adanya penunjaman secara lambat ke arah utara pada Awal sampai pertengahan Eosen.

Deformasi bersifat kompresif di lepas pantai Sumatera bagian barat, dan berakhirnya penunjaman Paleogen, merupakan gambaran saat terbentuknya ofiolit pada bagian utara dan busur kepulauan yang bertepatan dengan terbentuknya ofiolit Oligosen di Jalur Indo-Burma, dan juga dengan Formasi batuan bancuh dengan fragmen ofiolit pada kepulauan di sebelah barat Sumatera. Di bagian timur Sumatera, ofiolit dan batuan Paleogen, termasuk basal di Jawa, merupakan bagian dari margin Sunda sebelum Akhir Oligosen.

Pada Akhir Oligosen sampai Akhir Miosen, busur magmatik melampar luas pada sebagian besar Sumatera, membentuk formasi yang oleh Van Bemmelen (1949) disebut Andesit Tua. Busur ini secara stratigrafis setempat terpisah dari batuan yang lebih muda yaitu batuan yang lebih muda dari Neogen, yang dicirikan oleh batuan endapan laut, termasuk di dalamnya batulumpur. Belum ada umur dari pengendapan mineral yang dapat untuk dikorelasikan dengan busur Tersier tengah tersebut, posisinya bersamaan dengan busur Neogen.

Busur andesitik berumur Miosen dengan pelamparan yang sama dengan vulkanik Kuartar, melampar sepanjang Bukit Barisan dan menerus ke Jawa dan bagian barat dari Busur Banda sampai Damar. Di luar sebaran tersebut, ke arah timur, hanya dijumpai pulau pulau dengan endapan vulkanik Kuartar, dan tidak didapatkan data bahwa pada saat Neogen melampar sampai daerah tersebut. Batuan

magmatik pada busur tersebut dominant batuan eruptif, termasuk juga batuan intrusi berumur 12 dan 13 Ma di Sumatera dan intrusi di Jawa. Tidak dijumpai batolit dalam ukuran besar pada Neogen. Riolit dan ignimbrit riolitik berumur Kuartar dijumpai di Sumatera dan Jawa.

Di Sumatera, batuan gunungapi dominan terbentuk pada lingkungan darat dan umumnya menumpang pada batuan berumur Miosen Awal berupa batuan gunungapi, batulumpur, dan batuan dasar berumur Miosen dan Paleozoik termasuk juga batuan ofiolit Mesozoik Akhir dari Grop Woyla, serta batuan plutonik busur magmatik Kapur Akhir. Pengangkatan pada saat vulkanisme aktif pada Kenozoik Akhir ditandai oleh adanya batuan lumpur yang terbentuk pada lingkungan laut menempati ketinggian sampai 1100 meter di Bukit Barisan.

Busur ini berpotensi terjadinya mineralisasi, dimana mineralisasi emas dan tembaga yang terbentuk merupakan 20% dari potensi emas, dan 14 % dari potensi tembaga di Indonesia. Segmen kontinen bagian barat dicirikan oleh banyak dijumpainya cebakan epitermal sistem urat tipe sulfidasi rendah seperti di Pasaman, Lebong Tandai, Musirawas, Lampung, Pongkor dan Cibaliung. Cebakan mineralisasi logam Zn, Pb, Cu, dan Ag dengan batuan induk sedimen dijumpai di Dairi. Cebakan Cu-Au porfiri terdapat di Daerah Ise-ise dan Tengkereng di Aceh Tenggara serta Batuhijau, Sumbawa. Sementara cebakan tipe sulfida masif vulkanogenik dijumpai di Wetar dan Haruku.

Busur Aceh (Neogen)

Busur Aceh berbatasan dengan bagian utara dari Sumatera. Stephenson dkk (1982) menggambarkan penunjaman di lepas pantai bagian utara Sumatera dimana pada daerah ini endapan gunungapi muda berhubungan dengan yang terdapat pada bagian daratan. Tunjaman tersebut kemungkinan juga aktif pada awal Miosen Tengah, diduga bahwa penunjaman ke arah selatan dari Cekungan Mergui yang bersifat oseanik menunjam di bawah batuan dasar bagian utara Sumatra dari Paparan Sunda.

Meskipun sedikit penyelidikan yang dilakukan, Busur Aceh dengan jelas dapat dibedakan dengan bagian barat dari Busur Sunda-Banda, serta dicirikan dengan terdapatnya tembaga-molibdenum porfiri (Van Leeuwen dkk., 1987 dalam Carlile dan Mitchell, 1996) dan lebih dominannya mineralisasi epitermal sulfidasi tinggi dibandingkan sulfidasi rendah.

GEOKIMIA

Penentuan kelas sebaran unsur unsur logam di Pulau Sumatera didasarkan pada pembagian secara persentil. Kelas terakhir dengan harga tinggi sebagai nilai anomali umumnya merupakan isarat adanya pemineralan. Pembahasan geokimia berikut, dibatasi pada hasil analisis unsur tunggal.

Perak (Ag)

Hasil analisis kimia perak yang harganya lebih besar dari batas deteksi jumlahnya sangat terbatas. Sebagian besar lebih kecil atau sama dengan harga batas deteksi. Harga berkisar dari bawah batas deteksi sampai dengan 800 ppm (Tabel 1). Kelompok harga tinggi terdapat di baratdaya Danau Toba, Bengkulu dan di Lampung.

Walaupun nilai perak yang berada di atas harga batas deteksi sangat jarang, namun beberapa kelompok peninggian harga perak yang tergambar pada citra geokimia (Gambar 3 dan 4A) berkaitan dengan daerah mineralisasi perak dan emas.

Arsen (As)

Kadar arsen berkisar dari 0,1- 600 ppm (Tabel 1). Pola peninggian arsen di bagian selatan Sumatera memanjang sejajar Bukit Barisan, dan relatif menyebar luas di bagian selatan Aceh.

Pola peninggian arsen membentuk kelurusan di sepanjang perbukitan Barisan pada beberapa lokasi berkaitan dengan keberadaan cebakan mineral logam, terutama emas dan perak (Gambar 3 dan 4B). Peninggian kandungan arsen secara signifikan di Aceh, yaitu di Daerah Lumut dan sekitarnya, Kabupaten Aceh Timur terkait dengan dijumpainya cebakan emas epitermal tipe Carlin.

Anomali arsen pada beberapa lokasi yang lain dimana data keterdapatannya logam tidak dijumpai, dapat memberikan peluang bahwa anomali tersebut kemungkinan merupakan indikasi adanya cebakan emas dan perak.

Kobal (Co)

Kadar kobal berkisar dari 1 ppm sampai dengan 370 ppm (Tabel 1). Harga tertinggi 370 ppm berada pada daerah Aceh. Sebaran umum dari kobal mirip dengan Ni dan Cr, beberapa nilai tinggi terdapat di sepanjang Bukit Barisan,

berasosiasi ultramafik dan basaltik (3 dan Gambar 4C).

Khromium (Cr)

Kadar khrom dari bawah batas deteksi 3 ppm sampai dengan 40.000 ppm (Tabel 1). Harga tertinggi 40.000 ppm berada di Aceh (Gambar 4D). Sebaran harga tinggi Cr berasosiasi dengan batuan ultramafik. Anomali signifikan kemungkinan berasosiasi dengan mineralisasi khrom.

Tembaga (Cu)

Nilai tembaga berkisar dari 2 ppm sampai dengan 2.131 ppm. Harga tinggi tembaga mengelompok di beberapa lokasi di Aceh, Sumatera Barat dan Bengkulu. Anomali tembaga pada daerah tersebut terkait dengan adanya keterdapatannya cebakan tembaga seperti di Tangse, Tengkereng, Ise-ise dan barat Kerinci (Gambar 3 & 4E).

Besi (Fe)

Kandungan besi 0,007% sampai 79,6%. Anomali besi pada beberapa lokasi berkaitan dengan adanya mineralisasi besi. Pola sebaran harga Fe mempunyai kecenderungan yang meninggi pada daerah dengan harga Sn rendah, atau sebaliknya cenderung rendah pada daerah peninggian harga Sn (Gambar 3 & 4F).

Kalium (K)

Kandungan kalium berkisar dari 47 sampai dengan 75.600 ppm. Daerah peninggian kalium berada di sepanjang Bukit Barisan bagian tengah dan utara. Sebaran unsur Kalium dan Litium mempunyai pola yang hampir sama. Harga kandungan unsur kalium cenderung rendah pada daerah dataran timur Sumatera, kecuali di Daerah Lubuk Pakam sampai Kisaran, di Provinsi Sumatera Utara mempunyai harga tinggi (Gambar 5A).

Litium (Li)

Li mempunyai kisaran harga dari 1 ppm sampai dengan 214 ppm. Harga tinggi litium erat kaitannya dengan batuan terobosan granitoid dan batuan malihan.

Litium relatif tinggi di Daerah Aceh dimana dijumpai batuan malihan yang luas, dan setempat-setempat di sepanjang perbukitan

Barisan. Harga litium rendah terdapat di daerah morfologi rendah bagian timur Sumatera. Beberapa kelurusan sebaran harga litium dengan kandungan relatif tinggi dengan arah baratdaya-timurlaut memotong Pulau Sumatera seperti di Daerah Tembesi, kemungkinan merupakan indikasi adanya struktur geologi dan adanya batuan granitoid (Gambar 5B).

Mangan (Mn)

Kadar mangan 10 ppm sampai dengan 20.000 ppm dengan rata-rata aritmatik 496,21 ppm. Harga tinggi sebaran mangan pada beberapa lokasi di sepanjang perbukitan Barisan berasosiasi dengan keterdapatan mineralisasi emas (Gambar 3 dan 5C). Citra geokimia mangan dengan nilai rendah berada di daerah morfologi rendah bagian timur Pulau Sumatera.

Kelurusan harga kandungan mangan relatif agak tinggi di daerah timur Sumatera terdapat memanjang pada zona patahan Muara Tembesi dan sekitarnya, kemungkinan sebagai akibat kontrol dari struktur geologi.

Molibdenum (Mo)

Molibdenum berkisar dari 1 ppm sampai dengan 980 ppm. Peninggian sebaran unsur Mo terdapat di Kampar berasosiasi dengan Sn, dan setempat-setempat di daerah Lampung, Bengkulu dan selatan Danau Toba (Gambar 3D). Sebaran Mo dengan nilai tinggi merupakan indikasi kemungkinan adanya mineralisasi molibdenum dan logam ikutannya pada lingkungan mesotermal.

Nikel (Ni)

Kadar nikel berkisar dari 1 ppm sampai dengan 5.800 ppm. Harga tinggi nikel terdapat di beberapa tempat di perbukitan Barisan (Gambar 5E). Pola sebaran umum Ni mirip dengan sebaran Cr dan Co, di mana beberapa harga tinggi berkaitan dengan keberadaan batuan ultrabasa.

Timbal (Pb)

Hasil analisis timbal mempunyai kisaran dari 2 ppm sampai dengan 9.011 ppm, dengan rata-rata 22,05 ppm. Peninggian timbal pada bagian barat Sumatera mulai dari Lampung sampai Aceh umumnya berasosiasi dengan adanya mineralisasi sulfida. Timbal dengan kadar rendah mempunyai sebaran menerus pada

daerah dataran di Sumatera Selatan sampai Riau (Gambar 5F).

Timah (Sn)

Kadar timah 7 ppm sampai dengan 548 ppm. Pola sebaran peninggian timah bertolak belakang dengan harga kadar besi. Pada daerah dengan kadar timah tinggi kandungan besi cenderung rendah, atau pada daerah dengan sebaran timah nilai rendah terdapat sebaran besi dengan nilai tinggi.

Peninggian timah terdapat di Daerah Riau sampai Jambi merupakan indikasi adanya mineralisasi timah (Gambar 3 dan 6A).

Wolfram (W)

Kadar wolfram mulai dari batas nilai deteksi sampai dengan 1.250 ppm. Kandungan wolfram yang sebagian besar rendah, atau di bawah nilai batas deteksi analisis, mempunyai sebaran dengan pola tidak teratur. Kadar tinggi dijumpai di sekitar Danau Toba. Peninggian harga tersebut kemungkinan merupakan cerminan adanya mineralisasi wolfram (Gambar 6B).

Seng (Zn)

Kandungan seng 2 ppm sampai dengan 6.000 ppm, rata-rata 62,1 ppm. Pola sebaran Zn mirip dengan pola sebaran Cu, dan Pb. Hal ini berkaitan dengan adanya mineralisasi sulfida pada daerah peninggian unsur-unsur tersebut (Gambar 3 dan 6C).

Kelurusan harga kandungan seng relatif agak tinggi di daerah timur Sumatera terdapat memanjang pada zona patahan Muara Tembesi dan sekitarnya. Pola kelurusan tersebut merupakan indikasi adanya struktur geologi (Gambar 3 dan 6C).

PEMBAHASAN

Geokimia regional endapan sungai menunjukkan adanya beberapa pola sebaran unsur logam di Pulau Sumatera. Pola sebaran unsur dengan kandungan tinggi umumnya berasosiasi dengan mineralisasi. Sebaran unsur dengan kandungan rendah juga merupakan indikasi yang menarik dari sisi kegeologian.

Batuan dari cekungan sedimenter yang terdapat melampar dari Sumatera Selatan

sampai Riau dicirikan dengan nilai kandungan logam rendah, kecuali unsur Sn yang cenderung tinggi di daerah Riau. Hal ini memberikan gambaran akan adanya dua mandala geokimia di Pulau Sumatera, yaitu mandala barat menempati sepanjang Bukit Barisan dengan penyusun utama berupa batuan gunungapi dan mandala timur yang menempati daerah morfologi rendah dengan batuan penyusun sedimenter.

Pada daerah sepanjang perbukitan Barisan terdapat beberapa anomali signifikan dari beberapa unsur logam. Anomali pada bagian timur Sumatera terdapat memanjang baratdaya-timur laut di Daerah Muara Tembesi, pola tersebut kemungkinan akibat kontrol adanya patahan Muara Tembesi yang memotong Pulau Sumatera.

Pola sebaran antara Sn dan Fe mempunyai kecenderungan nilai yang saling bertolak belakang. Pada daerah Sn tinggi, kadar Fe rendah, demikian juga sebaliknya. Pola tersebut dimana peninggian Sn mencerminkan adanya mineralisasi timah dan peninggian Fe menunjukkan adanya mineralisasi besi, juga merupakan cerminan batuan yang terdapat pada daerah tersebut. Pada daerah Sn tinggi terdapat granit tipe S (tipe ilmenit) dengan kandungan besi relatif rendah, pada daerah dengan kandungan Fe tinggi terdapat kemungkinan dijumpainya granit tipe I (tipe magnetit), dengan kandungan magnetit (besi) lebih tinggi. Pola peninggian Sn terdapat di Daerah Riau sampai Jambi. Peninggian Fe terdapat di beberapa lokasi di sepanjang Bukit Barisan dan meluas di Daerah Bengkulu sampai Lampung.

Daerah-daerah geokimia dengan nilai K dan atau Li meninggi yang merupakan anomali, mencirikan adanya granitoid, dan di beberapa lokasi berasosiasi dengan mineralisasi logam, serta peninggian beberapa jenis unsur. Peninggian kadar K tanpa disertai peninggian harga Li dijumpai memanjang dari Daerah Lubuk Pakam sampai Kisaran, di Provinsi Sumatera Utara, kemungkinan merupakan akibat kontaminasi dari kegiatan pertanian.

Daerah dengan anomali berupa peninggian unsur Ag, As, Cu, Pb, Zn, Ag, Mn dan Fe pada di beberapa lokasi, sebagian terdapat bersamaan dengan dijumpainya mineralisasi sulfida dan sebagian mineralisasi emas (Gambar 3), anomali pada daerah lainnya di mana tidak ada data keterdapatan mineralisasi logam dapat ditafsirkan juga sebagai cerminan adanya mineralisasi logam. Peninggian kandungan Ni, Cr dan Co di beberapa lokasi di

Bukit Barisan terdapat pada daerah dengan batuan jenis ultrabasa.

Garis geokimia digambarkan oleh penjajaran unsur-unsur yang bernilai tinggi, penjajaran nilai rendah, atau antara nilai tinggi dan rendah yang membentuk batas tegas dan lurus. Hal tersebut dapat ditafsirkan berhubungan dengan pola sebaran batuan, intrusi atau struktur, khususnya patahan. Beberapa kelurusan geokimia Pulau Sumatera dapat di jumpai memanjang arah perbukitan Barisan dari Lampung sampai Aceh. Kelurusan-kelurusan geokimia dapat dijumpai juga dengan arah baratdaya-timurlaut memotong Pulau Sumatera.

Geokimia merupakan cerminan kondisi permukaan maupun bawah permukaan, dapat sebagai dasar pertimbangan awal dalam pengembangan suatu wilayah atau kawasan, serta dapat mengungkap potensi bahan galian dan mineralisasi di permukaan dan bawah permukaan.

Sebagai data dasar, geokimia sebaran unsur contoh endapan sungai aktif fraksi -80 mesh dapat dipergunakan untuk beberapa keperluan, di antaranya pada kegiatan eksplorasi awal sebagai indikator adanya mineralisasi logam. Aspek lingkungan geokimia, data sebaran unsur dapat digunakan sebagai penentuan kondisi rona awal dan akhir terutama pada lingkungan wilayah pertambangan, seperti arsen dan timbal sebagai unsur yang mempunyai sifat racun pada beberapa lokasi di Sumatera telah menunjukkan rona awal yang tinggi.

Sebagai salah satu dari beberapa metode pada eksplorasi endapan logam primer, metoda geokimia endapan sungai aktif selalu digunakan. Biaya penyelidikan geokimia relatif murah, data yang dihasilkan memberikan isyarat tentang keterdapatan endapan logam dengan tingkat kepastian tinggi, dan dapat mengungkap keberadaan bahan galian yang sudah tersingkap maupun masih berada di bawah permukaan, serta berada jauh di bagian hulu dari lokasi pengambilan conto.

KESIMPULAN

Geokimia di Pulau Sumatera conto endapan sungai aktif fraksi -80 mesh dengan analisis kandungan unsur Ag, As, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mn, Ni, Pb, Sn, W, Mo dan Zn dapat memberikan gambaran tentang kondisi geologi, mineralisasi maupun lingkungan geokimia. Analisis kimia conto endapan sungai dapat

untuk mengungkap kondisi geokimia di daerah aliran sungai di bagian hulu dari contoh yang diambil, baik kondisi permukaan maupun bawah permukaan.

Beberapa anomali geokimia terdapat bersamaan dengan keterdapatn mineralisasi logam. Nilai kadar anomali tersebut dapat digunakan untuk korelasi daerah lain dimana tidak dijumpai data mineralisasi logam, sehingga daerah dengan nilai anomali unsur

logam dapat ditafsirkan akan adanya mineralisasi logam.

Kondisi geologi dapat tercermin pada pola sebaran unsur, baik kondisi litologi penyusun maupun struktur geologinya. Sebaran unsur potensial sebagai bahan racun dapat diketahui pada sebaran unsur baik berupa rona awal maupun akhir.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih disampaikan kepada almarhum Bpk. Hasbullah yang telah banyak membantu pada saat kegiatan lapangan, Bpk. Kosim yang telah banyak membantu dalam proses digitasi.

ACUAN

-----, 2007. *Neraca Sumber Daya Mineral Logam*. Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung

Carlile, J.C., dan Mitchell, 1994. *Magmatic arcs and associated gold and copper mineralization in Indonesia*. Journal of Geochemical Exploration, Amsterdam.

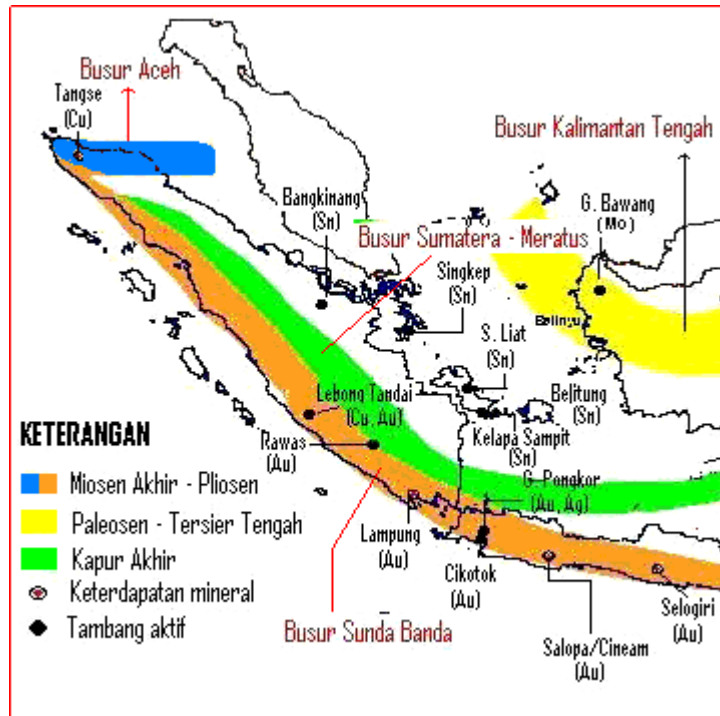
Van Bemmelen, R.S., 1949. *The Geology of Indonesia*. Vol. IA. Ist Edition. Govt. Printing Office, The Hague.

Tabel 1. Ringkasan statistik kandungan unsur, satuan dalam ppm kecuali Fe dalam %

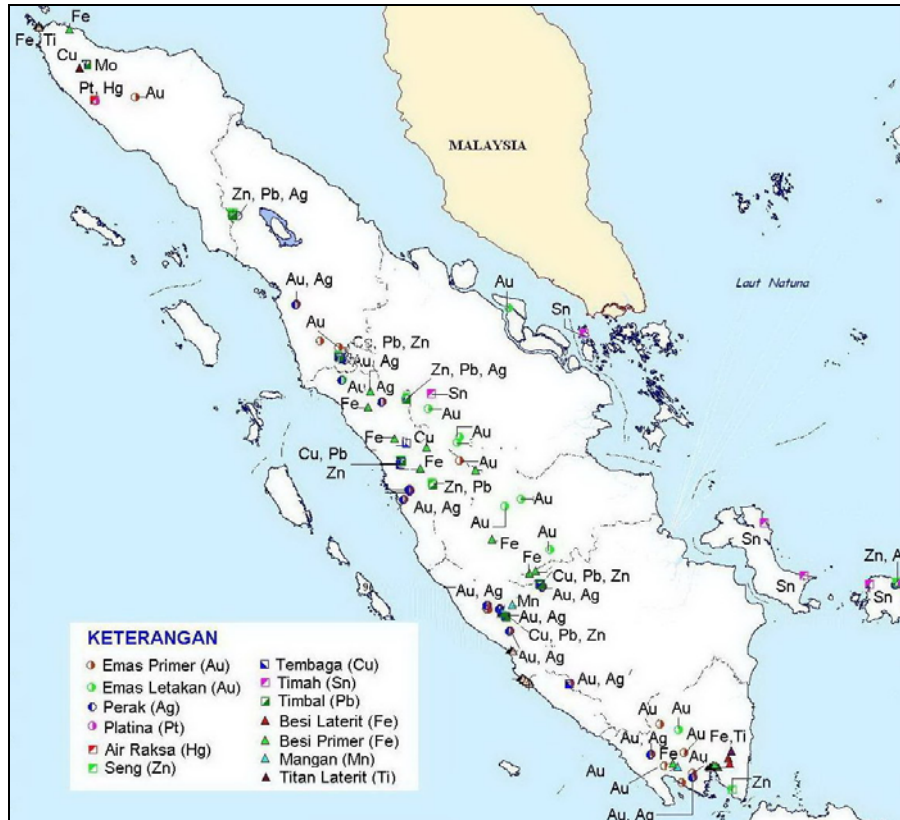
N0	UNSUR	JUMLAH CONTOH	MIN	MAKS	RATA RATA	STANDAR DEVIASI	BATAS DETEKSI
1	Ag	22.181	0,7	800	0,87	5,41	0,5
2	As	22.181	1	600	3,49	8,64	1
3	Co	22.181	1	370	14,02	12,09	0,5
4	Cr	22.181	3	40.000	60,94	296,91	3
5	Cu	22.181	2	2131	33,99	81,01	2,5
6	Fe	22.181	0,007	79,6	5,34	4,52	50
7	K	22.181	47	75.600	10.123	8.588	40
8	Li	22.181	1	214	19,59	11,94	0,5
9	Mn	22.181	10	20.000	496,21	540,88	5
10	Mo	22.181	1	980	1,11	6,83	0,4
11	Ni	22.181	1	5.800	22,98	97,81	0,5
12	Pb	22.181	2	9.011	22,05	83,48	2
13	Sn	22.181	7	8.000	11,08	66,65	5
14	W	22.181	1,7	1.250	3,72	30,16	1
15	Zn	22.181	2	6.000	62,1	63,39	2



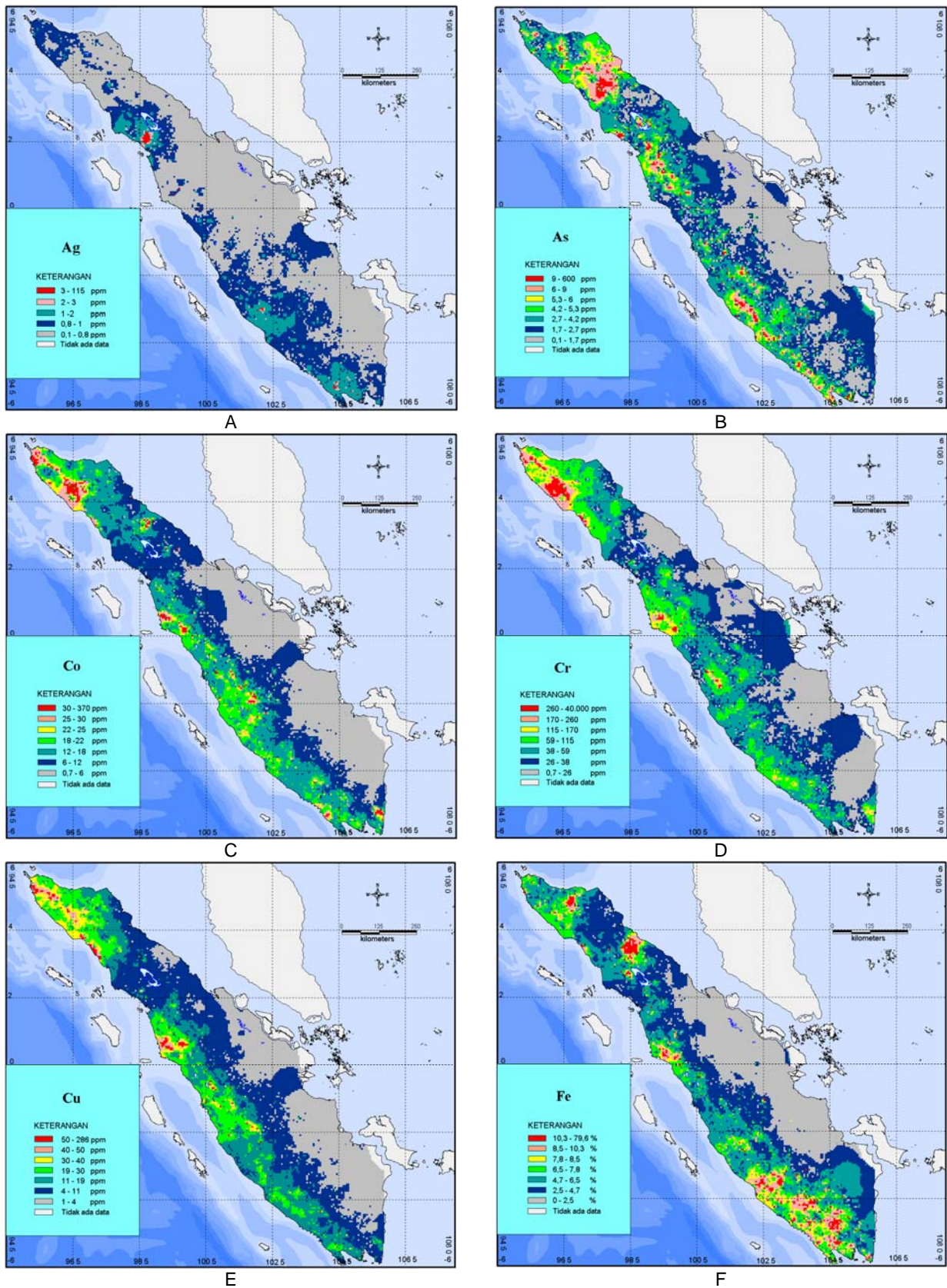
Gambar 1. Pengambilan contoh endapan sungai aktif, fraksi -80 mesh, di Lampung tahun 1992 (foto koleksi SJ Suprpto)



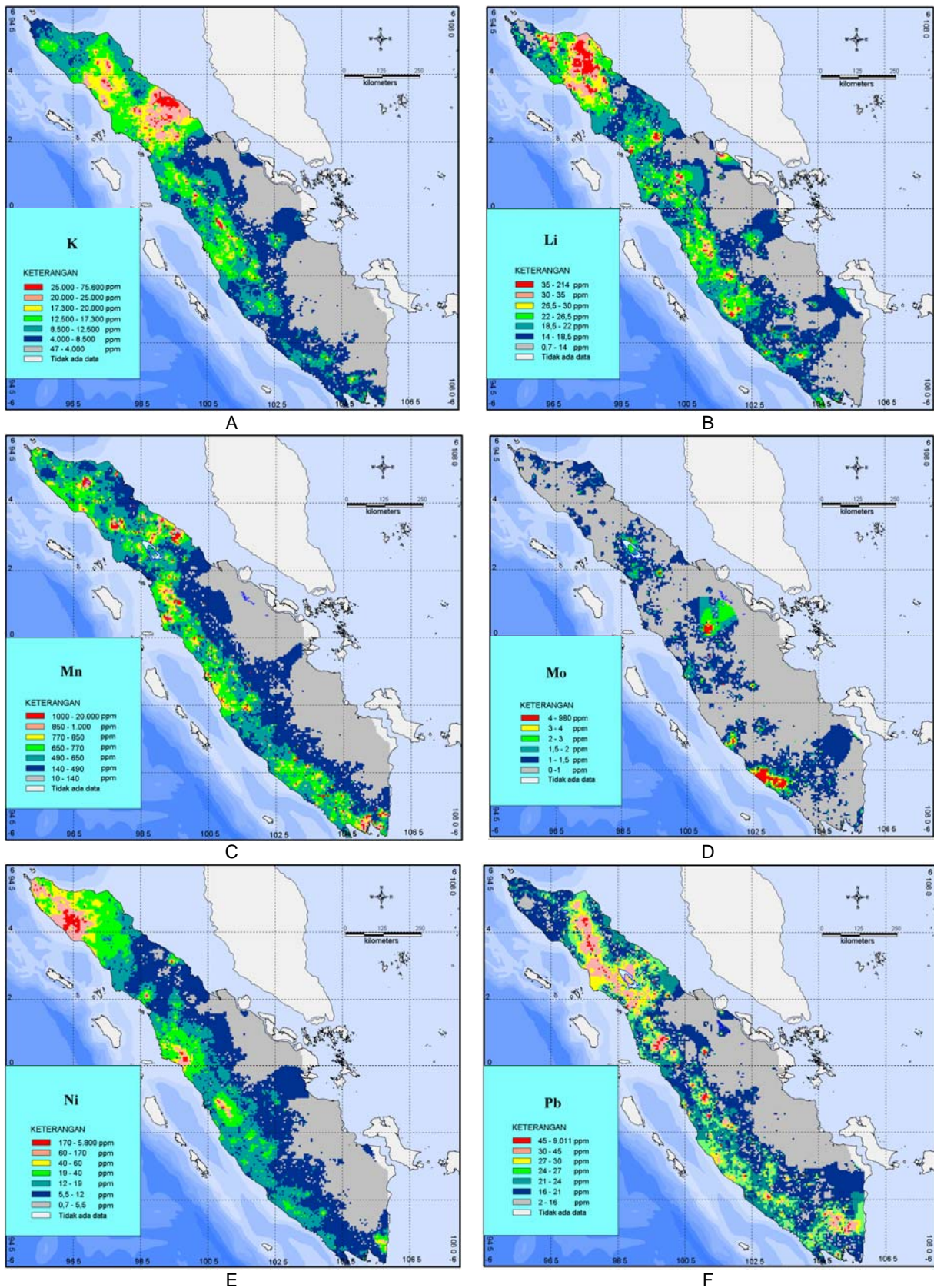
Gambar 2. Peta busur metalogenik Sumatera (modifikasi dari Carlile dan Mitchell, 1994).



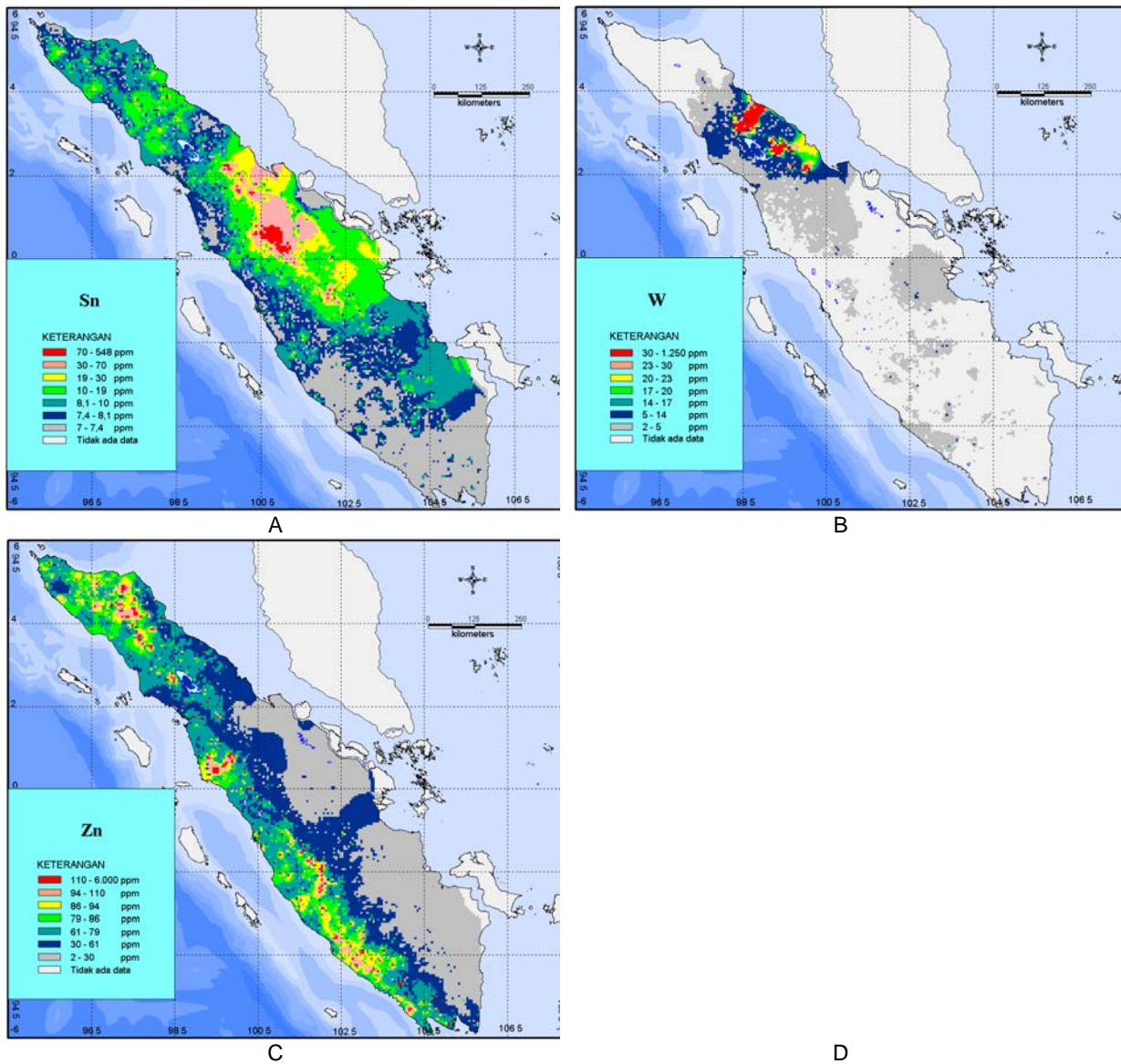
Gambar 3. Lokasi cebakan mineral logam (Pusat Sumber Daya Geologi, 2007)



Gambar 4. Peta Sumatera menunjukkan (A) Sebaran unsur perak; (B) Sebaran unsur arsen; (C) Sebaran unsur kobal; (D) sebaran unsur khrom; (E) sebaran unsur tembaga; dan (F) sebaran unsur besi.



Gambar 5. Peta Sumatera menunjukkan (A) Sebaran unsur kalium; (B) Sebaran unsur litium; (C) Sebaran unsur mangan; (D) sebaran unsur molibdenum; (E) sebaran unsur nikel; dan (F) sebaran unsur timbal.



Gambar 6. Peta Sumatera menunjukkan (A) Sebaran unsur timah; (B) Sebaran unsur wolfram; (C) Sebaran unsur seng.

Packstone

Istilah yang dipakai oleh Dunham (1962) untuk batuan karbonat sedimenter yang tersusun oleh material granular, juga mengandung matrik lempung karbonatan.

Palagonite

Tachylyte yang terubah, berwarna coklat kekuningan sampai oranye, ditemukan dalam lava bantal sebagai material interstitial atau sebagai pengisi lubang-lubang bekas gas.

Paleocurrent

Arus purba (umumnya disebabkan oleh air) yang terjadi pada waktu lampau yang arahnya dapat diketahui dari struktur dan tekstur sedimen pada batuan yang terbentuk saat itu.

Paleontologi

Ilmu yang mempelajari kehidupan di waktu geologi yang telah lalu., berdasarkan fosil flora dan fauna, hubungannya dengan flora, fauna dan lingkungan yang sekarang, serta kronologi sejarah bumi.

Paleosol

Lapisan tanah purba yang terkubur oleh batuan yang diendapkan berikutnya, dicirikan oleh warna kemerahan.

Quartz

(Kuarsa) Nama yang diberikan untuk silika kristalin, mineral pembentuk batuan yang sangat penting; SiO₂. Kristalnya berbentuk heksagonal. Merupakan mineral yang umum terdapat dalam endapan bijih, sebagai pembentuk utama pada batupasir, dan mempunyai distribusi yang luas dalam batuan beku (terutama yang bersifat granitik), batuan metamorf, dan batuan sedimen.

Quartzarenite

Istilah untuk batupasir yang penyusun utamanya adalah kuarsa. Menurut klasifikasi dari Folk (1968) quartzarenite merupakan batupasir yang disusun oleh 95% kuarsa, dan mempunyai sedikit matrik lempung.

Quartzite

Batuan metamorfik granoblastik yang penyusun utamanya adalah kuarsa, terbentuk oleh rekristalisasi batupasir atau chert baik oleh metamorfisme regional atau termal.

Quaternary

Periode kedua dari era Kenozoikum, setelah Tersier (*Tertiary*). Dimulai dari dua atau tiga juta tahun yang lalu sampai dengan saat ini. Terdiri

dari dua epoch, yaitu Pleistosen yang berumur hingga 8000 tahun yang lalu, dan Holosen, semenjak 8000 tahun yang lalu sampai sekarang.

Radiolarite

Istilah dalam Paleontologi untuk cangkang fosil dari radiolaria

Rank (dalam batubara)

Derajat metamorfisme, yang merupakan dasar pembagian batubara menjadi suatu seri yang dimulai dari lignit sampai ke antrasit.

Rare Earth Elements

Oksida dari suatu seri 15 elemen logam, dari lanthanum (no atom 57) sampai lutetium (no atom 71), dan tiga elemen lainnya, yaitu yttrium, thorium, dan scandium.

Rate of Sedimentation

Jumlah sedimen yang terkumpul di dalam lingkungan akuatik selama periode waktu tertentu, diwakili oleh akumulasi ketebalan per unit waktu.

Reaction Rim

Suatu zona yang mengelilingi mineral; tersusun oleh mineral lain menunjukkan terjadinya reaksi dari mineral yang telah terbentuk sebelumnya dengan magma di sekitarnya.

Realgar

Mineral moniklin berwarna merah terang hingga merah-oranye, dengan rumus kimia As₂S₃. Terbentuk sebagai nodul dalam urat bijih dan sebagai endapan masif atau granular dari mataair panas, sering berasosiasi dengan orpiment. Sinonim dengan arsenic merah; sandarac; orpiment merah.

Reconnaissance Survey

Survei tinjau, tahap paling awal dari survei, biasanya dilakukan dengan cakupan wilayah yang luas dan biaya yang rendah untuk mengetahui lokasi yang akan menjadi prioritas untuk dipetakan lebih detail.

-Penny-

Sumber : - Glossary of Geology, American Geology Institute, 1980
- The Penguin Dictionary of Geology, 1982

JOHN ARIO KATILI



John Ario Katili

John Ario Katili atau lebih kita kenal dengan sebutan J.A. Katili lahir di Gorontalo pada tanggal 9 Juni 1929. Beliau dikenal sebagai salah satu putra terbaik bangsa yang memiliki kemampuan lebih, mulai dari seorang saintis di bidang geologi, pendidik, birokrat, politisi, serta diplomat sekaligus. Bahkan Katili juga dikenal pernah mendalami ilmu-ilmu sastra bersama para pakarnya seperti HB Jassin, Idroes dan AOH Kartahadimaja.

Lulus SMA, meninggalkan Gorontalo beliau memilih *Faculteit van Wis en Natuurkunde* Universitas van Indonesia (FIPIA) yang kemudian menjadi bagian dari Institut Teknologi Bandung (ITB), yang boleh dibilang saat itu sangat tidak populer dibandingkan dengan fakultas lain yang menghasilkan gelar seperti insinyur, dokter, atau sarjana hukum. Memilih geologi bagi beliau bukan tanpa alasan. Geologi, berperan sebagai wahana pengkajian dan pemanfaatan sumberdaya alam, yakni mineral, energi, air serta penerapan perekayasa lingkungan hidup dan mitigasi bencana alam. "Geologi juga disebut sebagai pemersatu berbagai jenis ilmu pengetahuan, yakni untuk mempelajari bumi, jenis batuan, sifat kimia dan fisika," tegasnya.

Tekadnya untuk merantau meninggalkan daerah kelahirannya Gorontalo ke Bandung adalah untuk menuntut ilmu, karenanya dia bertekad akan memanfaatkan waktu yang ada untuk belajar, belajar dan belajar. Benar saja, karena kepandaiannya, beliau menjadi murid kesayangan Prof Dr Theodorus Henricus Franciscus Klompe, pakar geologi tapi dianggap 'killer'. Bahkan, saking 'cintanya' kepada beliau, Klompe sempat 'mewasiatkan' 7 peti buku-buku bacaannya kepada Katili. Dari perkenalan dengan Klompe itulah 'kepakaran' seorang Katili dimulai. Dia menamatkan studinya pada tanggal 9 November 1956, tidak lama dia pun langsung melanjutkan studi ke Innsbruck Austria selama setahun atas biaya Rotary Foundation yang merupakan usulan Klompe. Singkat cerita pada tahun 1959, diusia yang relatif muda yakni 30 tahun, beliau merampungkan studi doktoralnya di ITB Bandung. Katili dinyatakan sebagai doktor geologi pertama ITB dengan disertasi berjudul 'Investigators on the Lassi Granite Mass Central Sumatera' dan mendapat predikat cum laude. Setahun kemudian, putra ke-8 pasangan Abdullah Umar Katili dan Tjimbau Lamato ini langsung 'diresmikan' menjadi guru besar ITB dengan menambah satu gelar di depan namanya, 'profesor' pada tahun 1961.

JA Katili juga sempat berkarier sebagai Direktur Jenderal Pertambangan Umum Departemen Pertambangan dan Energi (1984-1989). Selaku Dirjen Pertambangan, Katili banyak terlibat dalam berbagai penetapan kebijakan, perundingan, dan penegakan cara kerja birokrasi modern yang cepat dan dinamis. Kariernya di bidang politik antara lain menjadi Wakil Ketua MPR/DPR (1992-1997) serta Duta Besar Luar Biasa dan Berkuasa Penuh RI untuk Federasi Rusia, Kazakhstan, Turkmenistan, dan Mongolia (1999-2003).

Dengan menulis sedikitnya 11 buku dan 250 karya tulis, Katili tak diragukan lagi sebagai penulis produktif. Hobi yang ditekuni sejak lepas mahasiswa tingkat satu tak bisa dilepaskan dari peranan HB Jassin, yang saat itu menjadi anggota redaksi majalah mingguan *Mimbar Indonesia*. Jassin-lah yang

TOKOH

melihat potensi John untuk menyalurkan hard science kepada khalayak dengan bahasa yang mudah dipahami. Kepakaran beliau di bidang geologi juga sangat dihormati di dunia internasional. Beliau menjadi Ketua South East Asia of Geological Societis dan anggota The National Geographyc Society.

John Ario Katili meluncurkan biografinya, pada bulan Juli 2007 yang berjudul Harta Bumi Indonesia, acara peluncuran biografi tersebut dihadiri sejumlah tokoh, antara lain Wakil Presiden Muhammad Jusuf Kalla dan Menteri Negara Lingkungan Hidup Rachmat Witoelar. Buku itu sekaligus untuk memberikan referensi tentang dinamika bumi, sumber daya alam, dan termasuk di dalamnya pelestarian lingkungan hidup, serta memberikan gambaran bagaimana seorang saintis terbentuk. Pada kesempatan ini wapres menyebut JA Katili sebagai sosok pencerahan karena ia figur yang punya visi bahwa negeri seperti Indonesia yang terentang sepanjang 5.000 km, rumah bagi 129 gunung api, dan tempat bertemunya tiga lempeng tektonik utama dunia jelas membutuhkan ahli geologi. Bersama dengan vulkanologi, geofisika dan meteorologi, geologi amat penting tak saja untuk hidup lebih arif di tengah alam yang amat dinamik, tetapi juga untuk bisa menambangnya secara bijak.

Beliau meninggal dunia Kamis 19 Juni 2008 sekitar pukul 17.30 di Rumah Sakit Pondok Indah (RSPI) Jakarta. akibat pembuluh darah di bagian kakinya pecah. Meninggalkan seorang istri, Ileana Syarifa Uno, dan dua orang anak, Amandan dan Werner Katili.

J.A Katili telah berpulang, tetapi inspirasi yang ia torehkan bagi bangsa Indonesia justru semakin muda dan segar. Dengan tsunami, gempa, dan letusan gunung membuat ilmu kebumian yang ia geluti setengah abad silam justru makin terasa makna dan kegunaannya.

Biografi Singkat :

- Nama : John Ario Katili
Lahir : Gorontalo, 9 Juni 1929
Meninggal : Jakarta, 19 Juni 2008
Isteri : Ileana Syarifa Uno
Anak : Amanda Katilli
Werner Katilli
- Pendidikan : - Fakultas Ilmu Pasti dan Ilmu Alam, 1953
- University of Inssbruck, Austria, 1958
- Program Doktorat Geologi ITB, cum laude, 1960
- University of Kentucky, 1963
- University of Los Angeles, 1969
- Karir : - Guru Besar ITB, 1961
- Deputi Ketua LIPI, 1969-1974
- Dirjen Pertambangan Umum, 1973-1984
- Dirjen Geologi & SDM, 1984-1989
- Wakil Ketua MPR/DPR, 1992-1997
- Duta Besar untuk Rusia, Kazakhstan, Turkmenistan dan Mongolia, 1999-2003
- Kegiatan lain : - Ikatan Ahli Geologi Indonesia
- Akademi Ilmu Pengetahuan Alam Rusia
- Uni Geologi Internasional
- Dewan Riset Nasional
- Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia
- Karya Tulis : Sekitar 250, dari tahun 1951-2005
- Penghargaan : - Bintang Mahaputera Adipradana, 1997
- Dr H
- Medali Kehormatan Commandeur de L'Ordre National du Merite dari pemerintah Perancis
- Berbagai bintang kehormatan dari Swedia, Perancis, Belanda dan Rusia
- Disarikan dari berbagai sumber :
- (Peresensi: Asep Sabar, Wartawan Tribun Gorontalo)
- TokohIndonesia DotCom (Ensiklopedi Tokoh Indonesia)
- Kompas 27 Juli 2007

(Penny)



Foto.1 Batuan ultrabasa yang telah mengalami serpentinisasi, Nampak urat-urat halus, berwarna putih merupakan urat-urat magnetit, terdapat di Tomaya, Pujananting, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan (Koleksi : Kusdarto, 2006)



Foto.2 Singkapan batuan ultrabasa, berwarna abu-abu kehijauan, berbutir sedang, menampakkan struktur laminasi (sekistositi), terdapat di puncak Bukit Kamara., Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan (Koleksi : Kusdarto, 2006)

GALERI PHOTO



Foto.3 Manifestasi "Hot spring" pada daerah panas bumi PLTP Kamojang, Kab.Garut, Provinsi Jawa Barat (Koleksi : Candra, 2007)



Foto.4 Manifestasi "mudflow" pada daerah PLTP Kamojang, Kab.Garut, Provinsi Jawa Barat (Koleksi : Candra, 2007)



Foto.5 Penambangan batubara oleh rakyat, dengan membuat lubang horizontal searah jurus lapisan batubara (Koleksi : Dede Ibnu Suhada, 2006)



Foto.6 Azurit (warna biru) dan malakit (warna hijau) merupakan mineral sekunder yang mengandung tembaga, di Lebong Tandai, Provinsi Bengkulu (Koleksi : Ridwan Arif, 2007)

GALERI PHOTO



Foto.7 Endapan pospat yang terdapat di Gua Pawon, Citatah, Kab.Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat (Koleksi : R.Hutamadi, 2006)

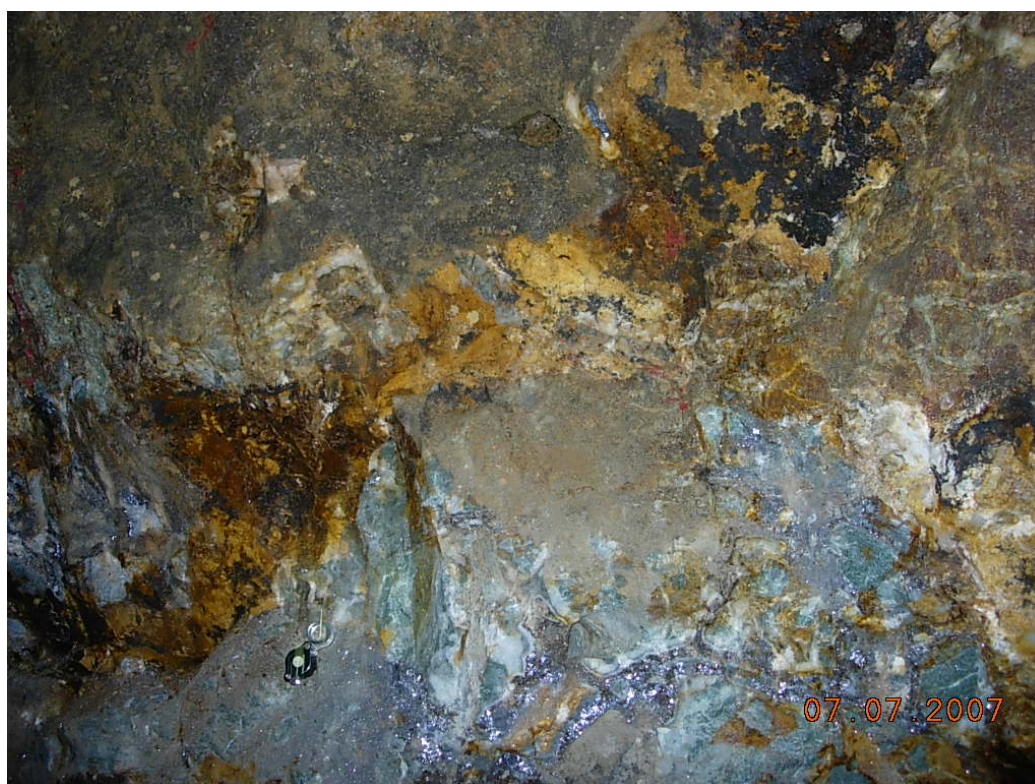


Foto.8 Singkapan urat galena pada pertambangan rakyat di Kabupaten Lebak, Provinsi Banten (Koleksi : Eddie Kurnia Djunaedi, 2007)



Foto.9 Singkapan peralapisan pasir besi di lokasi pantai Pabiringa, Kabupaten Jeneponto, Provinsi Sulawesi Selatan. (Koleksi : Mu'tamar, 2008)



Foto.10 Ubahan pengersikan berwarna putih keabuan dengan mineral kalkopirit, pirit, malakit berupa singkapan cebakan sulfida tinggi di Motomboto, Kab.Suwawa, Prov Gorontalo.(Koleksi : Nixon Juliawan, 2007)

GALERI PHOTO



Foto.11 Tekstur *Banded* pada singkapan cebakan *Low Sulfidation* di Mopuya, Kab.Suwawa, Prov Gorontalo. (Koleksi : Nixon Juliawan, 2007)



Foto.12 Jasperoid dalam cebakan emas *Carlyn Type* di Pantai Ayah, Kab.Kebumen (Koleksi : Sabtanto J Suprpto, 2007)



Foto.13 Morfologi Karst di Pantai Ayah, Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah (Koleksi : Denni Widhiyatna, 2007)



Foto.14 Batugamping terumbu yang telah mengalami *replacement* oleh larutan silika dan "veinlets" urat kuarsa berwarna putih di Pantai Ayah, Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah (Koleksi : Denni Widhiyatna, 2007)



Foto.15 Tekstur sisir pada urat kuarsa berwarna putih kecoklatan di Pantai Ayah, Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah (Koleksi : Denni Widhiyatna, 2007)



Foto.16 Butiran-butiran emas hasil pendulangan di Sungai Legare, Kabupaten Nabire, Provinsi Papua (Koleksi : Denni Widhiyatna, 2007)



Foto.17 Singkapan batuan andesit Formasi Plampang yang mengalami ubahan propilitasi dan terdapat urat-urat kuarsa berwarna putih yang menghasilkan mineralisasi emas, di Kabupaten Sangon, Provinsi DIY Yogyakarta (Koleksi : Bambang Tjahjono, 2005)



Foto.18 Contoh spesimen batuan dengan mineral utama; malakit, azurit, limonit dan pirit di daerah Baban Timur, Jember, Jawa Timur (Koleksi : Zamri Ta'in, 2006)

PEDOMAN PENULISAN MAKALAH/KARYA TULIS ILMIAH BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

1. ISI DAN KRITERIA UMUM

Naskah makalah/karya tulis ilmiah untuk publikasi Buletin Sumber Daya Geologi dapat berupa artikel hasil penelitian, ulasan (review) dan ulasan/tinjauan (feature) tentang geologi baik sains maupun terapan terutama yang berkaitan dengan tugas pokok dan fungsi Pusat Sumber Daya Geologi. Naskah yang diajukan belum pernah dipublikasikan atau tidak sedang diajukan pada wadah publikasi lain.

Penulisan Judul dan Naskah, sebagai berikut :

1. Judul ditik dengan huruf capital di tengah atas halaman dan dicetak tebal (bold).
2. Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris sesuai kaidah masing-masing bahasa yang digunakan.
3. Naskah harus selalu dilengkapi dengan Sari (dalam bahasa Indonesia) dan Abstract (dalam bahasa Inggris).
4. Kata-kata bahasa asing yang tidak dapat dialihbahasakan/disadur dicantumkan dalam bentuk asli dan ditulis dengan huruf miring (italic font).

2. FORMAT

Umum

Seluruh bagian dari naskah termasuk Sari, Abstract, Judul, table, gambar, catatan kaki tabel, keterangan gambar dan daftar acuan diketik satu spasi pada electronic file dan dicetak dalam kertas HVS; menggunakan huruf Arial berukuran 11 (sebelas). Setiap lembar tulisan dalam naskah diberi nomor halaman dengan jumlah maksimum 15 halaman termasuk tabel dan gambar. Susunan naskah dibuat sebagai berikut :

Judul (Title)

Pada halaman judul makalah/karya tulis dicantumkan nama setiap penulis dengan jumlah penulis maksimum 5 (lima) orang, nama dan alamat Instansi bagi masing-masing penulis; disarankan dibuat catatan kaki yang berisi nomor telepon, facsimile serta e-mail.

Sari/Abstract

Berisi ringkasan pokok bahasan lengkap dari keseluruhan isi naskah tanpa harus memberikan keterangan terlalu rinci dari setiap bab, dengan jumlah maksimum 250 kata. Sari dicantumkan terlebih dahulu apabila naskah berbahasa Indonesia, sementara Abstract tercantum di bawah Sari; dan berlaku sebaliknya apabila naskah ditulis dalam bahasa Inggris. Disarankan disertai kata kunci/keyword yang ditulis di bawah Sari/Abstract, terdiri dari 4 (empat) hingga 6 (enam) kata. Abstract atau sari yang ditulis di bawah sari atau abstract menggunakan italic font.

Pendahuluan (Introduction)

Bab ini dapat berisi latar belakang, maksud dan tujuan penyelidikan/penelitian, permasalahan, metodologi, lokasi dan kesampaian daerah serta materi yang diselidiki/diteliti dengan bab dan subbab tidak perlu menggunakan nomor. Bab berisi pernyataan yang mencukupi sehingga pembaca dapat memahami dan mengevaluasi hasil penyelidikan/penelitian yang berkaitan dengan topik makalah/karya tulis.

Hasil dan Analisis (Results and Analysis).

Berisi hasil-hasil penyelidikan/penelitian yang disajikan dengan tulisan, tabel, grafik, gambar maupun foto; diberi nomor secara berurutan. Hindari penggunaan grafik secara berlebihan apabila dapat disajikan dengan tulisan secara singkat. Pencantuman foto atau gambar tidak berlebihan dan hanya mewakili hasil penemuan. Semua tabel, grafik gambar dan foto yang disajikan harus diacu dalam tulisan dengan keterangan yang jelas dan dapat dibaca. Font huruf/angka untuk keterangan tabel, gambar dan foto berukuran minimum 6 (enam) point.

Pembahasan atau Diskusi (Discussion)

Berisi tentang interpretasi terhadap hasil penyelidikan/penelitian dan pembahasan yang terkait dengan hasil-hasil yang pernah dilaporkan.

Kesimpulan dan Saran (Conclusions and Recommendation)

Berisi kesimpulan dan saran dari isi yang dikandung dalam makalah/karya tulis.

Ucapan Terima Kasih (Acknowledgements)

Dapat digunakan untuk menyebutkan sumber dana penyelidikan/penelitian dan untuk pernyataan penghargaan kepada institusi atau orang yang membantu dalam pelaksanaan penyelidikan/penelitian dan penulisan makalah/karya tulis.

Acuan (References)

Acuan ditulis dengan menggunakan sistem nama tahun (Harvard), nama penulis/pengarang yang tercantum didahului oleh nama akhir (surename), disusun menurut abjad dan judul makalah/karya tulis ditulis dengan huruf miring (*italic font*).

Beberapa contoh penulisan sumber acuan :

Jurnal

Harvey, R.D. dan Dillon, J.W., 1985. Maceral distribution in Illinois cals and their palaeoenvironmental implication. *International Journal of Coal Geology*, 5, h.141-165.

Buku

Petters, W.C., 1987. *Exploration and Mining Geology*. John Willey & Sons, New York, 685 h.

Bab dalam Buku

Chen, C.H., 1970. Geology and geothermal power potential of the Tatun volcanic region. Di dalam : Barnes, H.L. (ed.), 1979. *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York, h.632-683.

Prosiding

Suwarna, N. dan Suminto, 1999. Sedimentology and Hydrocarbon Potential of the Permian Mengkarang Formation, Southern Sumatera. *Proceedings Southeast Asian Coal Geology*, Bandung.

Skripsi/Tesis/Disertasi

DAM, M.A.C., 1994. The Late Quarternary evolution of The Bandung Basin, West Java, Indonesia. Ph.D Thesis at Dept. of Quarternary Geology Faculty of Earth Science Vrije Universitet Amsterdam, h.1-12.

Informasi dari Internet

Cantrell, C., 2006. Sri Lanka's tsunami drive blossom : Local man's effort keeps on giving. http://www.boston.com/news/local/articles/2006/01/26/sri_lankas_tsunami_Drive_blossoms/[26 Jan 2006].

3. WEWENANG REDAKSI

- Redaksi berwenang penuh melakukan penyuntingan atas naskah yang akan dipublikasikan tanpa merubah dan mengurangi isi naskah.
- Redaksi mempunyai hak dan wewenang penuh untuk menolak naskah dengan isi dan format yang tidak sesuai dengan pedoman penulisan Buletin Sumber Daya Geologi dan tidak berkewajiban untuk mengembalikan naskah tersebut.

4. PENGIRIMAN NASKAH

Penulis dimohon untuk mengirimkan 1 (satu) eksemplar naskah asli berupa hard copy dan soft copy kepada :

Dra. Ella Dewi Laraswati

Sekretariat Buletin Sumber Daya Geologi
Sub Bidang Penyediaan Informasi Publik, Pusat Sumber Daya Geologi
Jalan Soekarno Hatta No. 444, Bandung