

Penyelidikan Endapan Mangan di Pulau Doi, Kecamatan Loloda Kepulauan, Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara

Bambang Nugroho Widi

Kelompok Program Penelitian Mineral

S A R I

Endapan mangan di Pulau Doi adalah merupakan salah satu endapan mangan yang terdapat di kawasan Maluku, umumnya terbentuk dalam lingkungan batuan vulkanik (tuff) setempat dalam gamping. Secara genesis terdapat dua tipe endapan mangan di kawasan ini yaitu endapan mangan primer (hidrotermal) dan endapan sekunder (sedimenter). Endapan jenis primer ditandai oleh adanya breksi hidrotermal dan stockwork, lokasi Galao-C. Sedangkan endapan sekunder dicirikan oleh adanya perlapisan, terdapat di Tabua, Tonggowai, Cera, Paniki, Toba dan Galao-C. Hasil analisis laboratorium menunjukkan kadar mangan di kawasan ini rata-rata memiliki Mn total rata-ratanya antara 30-40%, beberapa tempat mencapai Mn total diatas 50%. Tingginya kadar Mn ternyata diikuti oleh rendahnya kandungan besi (Fe_2O_3). Hasil perhitungan menunjukkan potensi sumber daya terkira adalah sekitar 326.250 ton. Pemanfaatan mangan dapat digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan baja, sebagai bahan baku batubaterai. Hingga saat ini belum ada konsep yang cocok dalam eksplorasi mangan sehingga keterdapatan endapan mangan masih sulit diprediksi. Oleh karena untuk meningkatkan cadangan perlu diupayakan kegiatan eksplorasi yang berkesinambungan.

1. Pendahuluan

1.1. Gambaran umum

Salah satu potensi endapan mangan yang terdapat di Kepulauan Indonesia yaitu terdapat di P. Doi, Halmahera Utara, Maluku Utara. Hasil survei tinjau yang pernah dilakukan oleh beberapa ahli di kawasan ini menunjukkan nilai kadar Mn nya cukup baik. Jenis mangan yang terdapat di daerah ini umumnya adalah jenis pirolusit terdapat sebagai lensa-lensa mengisi dalam batuan tufa dan sebagian lagi dalam batugamping dalam bentuk "pocket". Namun demikian data resmi yang menjelaskan keterdapatan dan potensi mangan di P. Doi ini sejauh ini belum tercatat di Pusat Sumber Daya Geologi.

Secara umum keterdapatannya dapat dikelompokkan menjadi dua jenis. Pertama endapan mangan primer dan kedua mangan sekunder. Mangan primer terjadi dan terbentuk karena proses hidrotermal dengan ciri mengandung silika membentuk "stockwork" atau breksi hidrotermal. Kedua endapan mangan terbentuk akibat proses sedimentasi dimana media air memegang peranan penting

dalam proses pembentukannya. Ini salah satunya dicirikan oleh bentuk "layer" maupun bentuk "nodule". Paper ini akan mengulas gambaran umum endapan mangan di Pulau Doi meliputi keterdapatan, genesis, sebaran serta potensinya.

1.2. Lokasi dan Kesempaian Daerah

Secara geografis daerah penyelidikan terletak antara $127^{\circ}44'$ ~ $127^{\circ}51'$ BT dan $2^{\circ}11'$ ~ $2^{\circ}18'$. Secara administratif daerah penyelidikan termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Loloda Kepulauan, Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara. Pencapaian ke daerah tersebut dilakukan dengan menggunakan jalur udara dari Jakarta - Makassar-Ternate dengan waktu tempuh ± 4 jam, dilanjutkan dengan jalur laut Ternate - Sadangoli sekitar 45 menit, jalur darat Sadangoli - Tobelo dengan waktu tempuh ± 4 jam dan terakhir perjalanan dilanjutkan dari Tobelo - Kampung Dama (P. Doi) melalui jalur laut sekitar ± 15 jam. (Gambar 1).

2. Geologi

Kepulauan Halmahera dimana P. Doi merupakan bagian didalamnya secara tektonik terbagi atas dua mandala geologi utama yaitu Mandala Geologi Timur dan Mandala Geologi Barat. Kedua Mandala geologi tersebut memiliki karakteristik yang sangat berbeda. Mandala Timur terjadi pada akhir Kapur dan awal Tersier, dicirikan oleh batuan tua ultrabasa dan serpih merah berumur Kapur, geologi Mandala Barat didominasi oleh batuan vulkanik dengan batuan tertua yang muncul adalah Formasi Bacan berumur Oligo-Miosen.

Pulau Doi secara tektonik merupakan bagian dari Mandala Geologi Barat. Terdiri atas dua Formasi Formasi Bacan dan Formasi Weda. Formasi Bacan merupakan formasi tertua menempati terutama di bagian tengah, memanjang dari timurlaut dan baratdaya, terdiri dari Breksi dan lava. Breksi, setempat batugamping. Umur Oligosen Akhir - Miosen Awal (Kadar, 1976).

Formasi Weda terdiri dari batupasir dan arkosa, berselingan dengan batulempung, batulanau, napal, batugamping berbutir halus-sedang konglomerat dan graywacke.. Umur Miosen Tengah - Pliosen (Kadar & Budiman, 1976).

Berdasarkan hasil survei di lapangan, secara litologi daerah terdiri 8 satuan batuan (Gambar 3.) : yaitu lava, breksi vulkanik, batugamping, tufa pasiran, breksi tufa, batupasir, lempung, aluvial dan intrusi andesit : *Lava* menempati bagian paling bawah, warna abu-abu tua, *vesiculair* setempat dijumpai struktur bantal dan kolumnar, komposisi andesitik-basaltik. Batuan ini dibandingkan dengan Formasi Bacan (Sam Supriatna, 1980). *Breksi vulkanik*, warna abu-abu kehitaman - kecoklatan, - komponen menyudut dengan ukuran \varnothing 3 cm ~ 40 cm, komposisi andesit - basal, setempat lapuk, umumnya masif, tersebar di selatan bukit Tabua, timur Salube, Galau dan di bagian barat laut. *Batugamping*, pertama berwarna abu-abu muda kemerahan (mengandung mangan?), kristalin, masif dan sebagian berlapis. Kedua berupa terumbu karang laut, bersifat tufaan putih kotor menempati dataran rendah. *Tufa pasiran dan breksi tufa*, coklat - coklat tua, halus - kasar,

masif, setempat berlapis, dan lapuk menjadi kaolin, lunak, warna putih, sebagian bercampur mangan. Breksi tufa komponen maupun matriknya terdiri dari tufa. Penyebaran terdapat di bagian utara daerah penyelidikan (Tonggowai). *Batupasir*, warna abu-abu hingga coklat, halus - kasar, berlapis dengan arah perlapisan $U.20^{\circ}T/10^{\circ}$, tersingkap terutama di daerah bukit Cera. Setempat perselingan lapisan halus dan kasar dapat diamati secara jelas. Sebaran terutama di bagian tengah, barat dan timur, menumpang diatas tufa, lava dan batugamping. *Batulempung* abu-abu, lunak, berlapis, sebagian berselingan dengan batupasir halus dan batulanau, kering membentuk serpih atau shale, sebaran terutama terdapat di bagian selatan daerah penyelidikan. *Aluvial*, dijumpai pada dataran rendah pantai dan muara sungai besar seperti di Cera, Dama dan Dowonggila.. Endapan ini merupakan endapan yang terbentuk dari hasil rombakan batuan sebelumnya. *Intrusi andesit*, porfiritik, berbutir halus - sedang, mineral penyusun plagioklas, serta mineral hornblenda dan piroksin. Intrusi terdapat di daerah selatan, daerah Galau dan dibagian utara daerah Toba.

Struktur geologi yang berkembang di daerah penyelidikan adalah struktur sesar. Struktur sesar berupa sesar geser terdapat di daerah penyelidikan diantaranya lereng terjal Bukit Tabua dan kelurusan di daerah barat laut (kawasan Tonggowai). Pola sesar ditunjukkan oleh aliran sungai yang bermuara ke Solube (Sungai Solube) dan Sungai Malamoi bermuara ke daerah Dowonggila. Gambaran kondisi geologi di daerah penyelidikan dapat dilihat pada Gambar 2.

3. Mineralisasi

Mineralisasi memiliki kaitan erat dengan kondisi geologi. Hasil pengamatan dilapangan diketahui ada enam zona mineralisasi mangan di daerah penyelidikan yang umumnya membentuk kantong-kantong mineralisasi, yaitu wilayah Tabua, dan Paniki-Dowonggila merupakan wilayah mineralisasi dibagian selatan dan di wilayah Galau (Galau C dan Halus), Cera B. Tonggowai, Toba yang merupakan wilayah mineralisasi dibagian utara.

3.1 Wilayah selatan

Wilayah Tabua (E) : mineralisasi meliputi Bukit Tui dan Ngelora dan Bukit Tabua. Mineralisasi terjadi pada batuan tufa dan breksi tufa sebagai bongkah dengan \varnothing 5 cm ~ 25 cm, abu-abu, masif, dan berlapis (laminasi) sebagian berstruktur oolit, berbutir sangat kasar sebagian bercampur dengan tufa, lunak dan sebagian pada batugamping sebagai rhodocrosite.

Wilayah Paniki-Dowonggila (D); di bukit Paniki mangan dalam bentuk bongkah berukuran gravel-coble maksimal \pm 10 cm, abu-abu kecoklatan, masif, berbutir halus. Di hulu sungai Salube mangan tersingkap di sungai dalam tuff, abu-abu metalik - hitam, halus-kasar, masif - laminasi, sebaran tersingkap dipermukaan sekitar 40 m x 60 m dengan arah sebaran adalah $U.160^{\circ}T$, kemiringan sulit ditentukan. Contoh endapan mangan wilayah selatan dapat dilihat pada foto.1

3.2 Wilayah Utara

Wilayah Galao (C), terletak di bagian timurlaut, terdiri dari dua daerah yaitu Galao C dan Galao Halus. Galao C merupakan mineralisasi hidrotermal, bijih abu-abu metalik, keras dan berkristal struktur *stockwork*, (Foto.2) dan Galao Halus, terletak \pm 1,5 km arah selatan Galao C. Mineralisasi terbentuk sebagai endapan sekunder (sedimentasi) dalam cekungan kecil diantara 2 sungai kecil, hitam, sangat lunak dan hablur, halus - kasar, sepintas mirip tanah hitam Foto 3.

Wilayah Tonggowai (F), terletak di baratlaut, mangan dijumpai pada batuan tufa yang mengisi rekahan batuan tufa dan membentuk lapisan dalam tuff. Yang pertama batuan disekitar mangan lebih keras, sedangkan yang kedua mangan mangan lebih lunak terdapat diantara lapisan tuff.

Wilayah Toba (B). terletak di sebelah timur Tonggowai atau baratlaut Galao. Mangan dijumpai berupa lensa, ketebalan \pm 40 cm, abu-abu, hablur, berukuran pasir - kerakal pada kedalaman \pm 1 meter. Indikasi mangan di lokasi lain juga ditemukan di sungai kecil dalam bentuk bongkahan.

Wilayah Cera (A), di wilayah ini diantaranya di lokasi G. Potong, mangan dijumpai sebagai singkapan maupun bongkah dalam lingkungan tufa, dalam keadaan masif maupun membentuk perlapisan, warna abu-abu - kecoklatan, bercampur - tufa, membentuk kantong-kantong. Contoh yang mewakili jenis endapan di wilayah selatan dapat dilihat pada foto 1 dan 3. Sebaran endapan mangan dikawasan Doi secara jelas dapat dilihat pada gambar 3.

4. Hasil Analisis Laboratorium

Hasil analisis laboratorium terhadap contoh-contoh representatif menunjukkan kadar MnO_2 umumnya berkisar 40 - 60 %. Kadar MnO_2 terendah 1,08 % (DO.48), sedangkan yang tertinggi 82,32%. Kadar MnO tertinggi 69,16% dan terendah 0%. Mn total memiliki kadar rata-rata 30% - 40 %, beberapa lokasi ada yang mencapai > 50% (52,14% pada DO.37 B, 53,21% pada DO-37 dan 53,42% pada DO.59). Kadar Fe_2O_3 umumnya < 10%, beberapa lokasi mencapai 74,76% (DO.48). SiO_2 umumnya < 5%, hanya satu lokasi mencapai 7,36%. TiO_2 kadar rata-rata < 0,4 %. Pospor rata-rata < 0,15% dan sulfur umumnya 0%, satu lokasi (DO 47) memiliki kadar 0,11%.

Sebaran endapan mangan di dikawasan ini secara jelas dapat dilihat pada gambar 3.

5. Pembahasan

5.1 Interpretasi Model Endapan

Endapan mangan secara genesa dapat dikelompokkan menjadi dua tipe/jenis endapan, tipe primer dan tipe sekunder. Endapan tipe primer terbentuk karena proses hidrotermal, Sedangkan endapan tipe sekunder terbentuk karena proses sedimentasi. Berkaitan hal tersebut diatas, keterdapatn endapan mangan di daerah penyelidikan (Pulau Doi), dapat di kelompokkan menjadi 2 (dua) jenis endapan. Pertama jenis endapan mangan primer (hidrotemal) dan dua jenis endapan lainnya adalah terbentuk karena proses sedimentasi.

5.1.1 Endapan mangan primer, Endapan mangan primer terjadi karena proses hidrotermal dicirikan oleh *breksi hidrotermal* disamping *stockwork*, mineral ubahan akibat

'thermal effect' atau karena 'replacement process' oleh fluida hidrothermal pada batuan samping sehingga terbentuk bijih mangan pada batuan yang dilaluinya saat terjadi presipitasi. Hal tersebut dijumpai di Galao C suatu kawasan bekas tambang. Di duga merupakan sisa-sisa hasil penambangan terdahulu. Hasil analisis kimia menunjukkan kandungan Mn nya sbb : Pada DO-41, Mn tot 50,96 %, DO-53, Mn tot 45,89%. Proses presipitasi terjadi pada fluida/cairan mengandung mangan jenuh sehingga pembentukan bijih membawa kadar yang tinggi. Kenampakan megaskopis menunjukkan mangan memiliki kontak dengan silika atau batuan terkarsikan. Lingkungan hidrotermal berdasarkan hasil survey dilapangan hanya dijumpai di dua lokasi (DO-41 dan DO-53). Pada bagian atas lingkungan ini ditutupi oleh endapan mangan sekunder yang berada dalam batuan tufa.

5.1.2 Endapan Sekunder, Proses pembentukan endapan ini sangat di dominasi oleh media air permukaan, sehingga jejak-jejak pembentukannya seperti adanya struktur perlapisan, dan nodul menggambarkan manifestasi tersebut. Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan, maka endapan sekunder di daerah penyelidikan dapat di bagi menjadi dua jenis. Pertama, endapan mangan sekunder-1 dicirikan oleh adanya perlapisan, hitam dan keras. Sebarannya meliputi wilayah Tabua, Cera, Paniki Galau, Tongowai dan Toba. Kedua adalah endapan sekunder-2. Endapan ini tidak memperlihatkan adanya perlapisan serta kondisi mangannya lunak dan hablur ini terdapat di Galao Halus. Kondisi endapan mangan sekunder-2 merupakan hasil pengendapan kembali dari endapan sekunder pertama maupun endapan primer. Jika melihat dari kenampakan topografi maka diperkirakan endapan mangan yang terbentuk di Galao Halus adalah berasal dari mangan Galao C baik primer maupun sekunder. Diperkirakan endapan serupa Galao halus masih dapat ditemukan di lokasi lain, mengingat eksplorasi di kawasan Doi belum dilakukan secara maksimal.

Berdasarkan hasil analisis kimia menunjukkan umumnya kandungan Mn totalnya berkisar

antara 30 % - 45%. Beberapa lokasi menunjukkan kadar diatas 50%, seperti DO-56 (Tongowai, Mn tot 51,70%), DO-59 (Cera, Mn tot 53,42%), DO-46 (Toba, Mn tot 50,26%). Hasil analisis kimia menunjukkan secara umum kandungan Mn pada wilayah utara relatif lebih tinggi di banding selatan. Ini dapat dilihat dari sebaran kadar kandungan unsur Mn nya.

Hasil analisis kimia menunjukkan kandungan besi (Fe_2O_3) relatif kecil umumnya < 10%. Beberapa lokasi kandungan besinya (Fe_2O_3) cukup tinggi mencapai 49,51% (DO-24), 47,88% (DO-25) dan 46,99% (DO-63), kandungan SiO_2 kecil, rata-rata < 4%. total sulfur rata-ratanya < 0,02%, TiO_2 < 0,7%, dan P rata-rata < 0,05%. Kandungan LOI rata-rata antara 16% - 17%. Hal tersebut menunjukkan tingginya kadar Mn disertai dengan rendahnya kadar SiO_2 (rata-rata < 4%) dan Fe_2O_3 rata-rata < 10%, begitu pula sebaliknya pada. Kadar terendah Mn sekitar 2,95% memiliki kandungan Fe_2O_3 sekitar 74,76%. Ini berarti jenis endapan mangan di kawasan Doi umumnya adalah endapan sedimenter (non hidrotermal). Proses urutan pembentukan endapan mangan yang ada di daerah Doi secara umum dapat dijelaskan pada gambar 4 berikut :

6. Potensi dan pemanfaatan mangan

Endapan mangan adalah salah satu jenis endapan yang memiliki pola sebaran tidak teratur. Oleh karena itu sejauh ini belum diperoleh formulasi perhitungan yang cocok mengingat pola sebarannya yang sulit diprediksi. Untuk penghitungan sumberdaya (cadangan) sebaran bijih yang tidak teratur dalam hal ini digunakan formulasi perhitungan sbb :

Jika S = luas blok

$t_1, t_2 \dots t_n$ = rata-rata ketebalan tubuh bijih

$L_1, L_2 \dots L_n$ = panjang bukaan

Maka Volume bijih dalam satu blok

$$V = S \frac{t_1 L_1 + t_2 L_2 + t_3 L_3 + \dots + t_n L_n}{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n}$$

Tonase sumber daya (cadanga) bijih di berikan dengan formulasi :

$$Q = V \frac{d_1 t_1 L_1 + d_2 t_2 L_2 + d_3 t_3 L_3 + \dots + d_n t_n L_n}{t_1 L_1 + t_2 L_2 + t_3 L_3 + \dots + t_n L_n}$$

d = berat volume rata-rata mineral sepanjang garis bukaan luar.

Jika C = kadar rata-rata unsur yang dihitung sepanjang bukaan maka dengan demikian formulasi Sumberdaya (cadangan) menjadi :

$$P = Q \frac{C_1 d_1 t_1 L_1 + C_2 d_2 t_2 L_2 + C_3 d_3 t_3 L_3 + \dots + C_n d_n t_n L_n}{d_1 t_1 L_1 + d_2 t_2 L_2 + d_3 t_3 L_3 + \dots + d_n t_n L_n}$$

dengan menggunakan formulasi tersebut, maka sumberdaya masing-masing blok diperkirakan sebagai berikut : Tabua = 350000 ton, Galau = 900000 ton, Paniki = 200000 ton, Tongowai = 250000 ton, Toba = 75000 ton, Cera = 400000 ton. Dengan mengambil tingkat rasio sekitar 15% maka sumberdaya terkira endapan mangan yang ada di daerah Doi sementara ini diperkirakan adalah sekitar 326.250 ton. Hal ini tidak bersifat mutlak, karena jumlah ini masih terus berubah bergantung pada temuan yang baru.

Mengingat kondisi endapan mangan yang unik dan sulit untuk ditentukan model endapannya, maka masih terbuka luas kemungkinan untuk ditemukannya endapan-endapan yang baru yang lebih potensial. Oleh karena itu melalui program eksplorasi baik dengan cara pemetaan permukaan, pembuatan sumur uji maupun pemboran masih terbuka lebar untuk menemukan deposit baru.

Dari segi pemanfaatannya, mangan di kawasan ini berdasarkan hasil analisis laboratorium menunjukkan kualitas yang baik.

Jenis pemanfaatan yang dapat dilakukan diantaranya adalah sebagai bahan campuran dalam industri baja, bahan utama pembuatan batu batere dan lain sebagainya.

Mengingat hal tersebut maka peluang pasar bagi komoditi mangan baik di Indonesia maupun di pasar internasional masih sangat tinggi. Oleh karena kawasan Indonesia timur adalah salah satu kawasan yang dilirik oleh para investor baik asing maupun investor domestik.

7. Kesimpulan

Endapan mangan di daerah P. Doi adalah merupakan salah satu endapan mangan yang potensial di Indonesia. Berdasarkan hasil penyelidikan yang dilakukan oleh Tim Pusat Sumberdaya Geologi tahun 2006 diketahui banyak indikasi sebaran mangan yang secara garis besar dibagi menjadi 6 zona atau wilayah mineralisasi yaitu Wilayah Tabua, Wilayah Galao, Wilayah Tonggowai, Wilayah Toba dan Wilayah Cera.

Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan, maka secara genesis dijumpai 3 jenis atau tipe endapan mangan yaitu pertama mangan primer (mangan yang terbentuk karena proses hidrotermal), kedua mangan yang terbentuk karena proses sedimentasi fase pertama dan yang ke tiga adalah endapan mangan yang terbentuk oleh proses sedimentasi fase kedua.

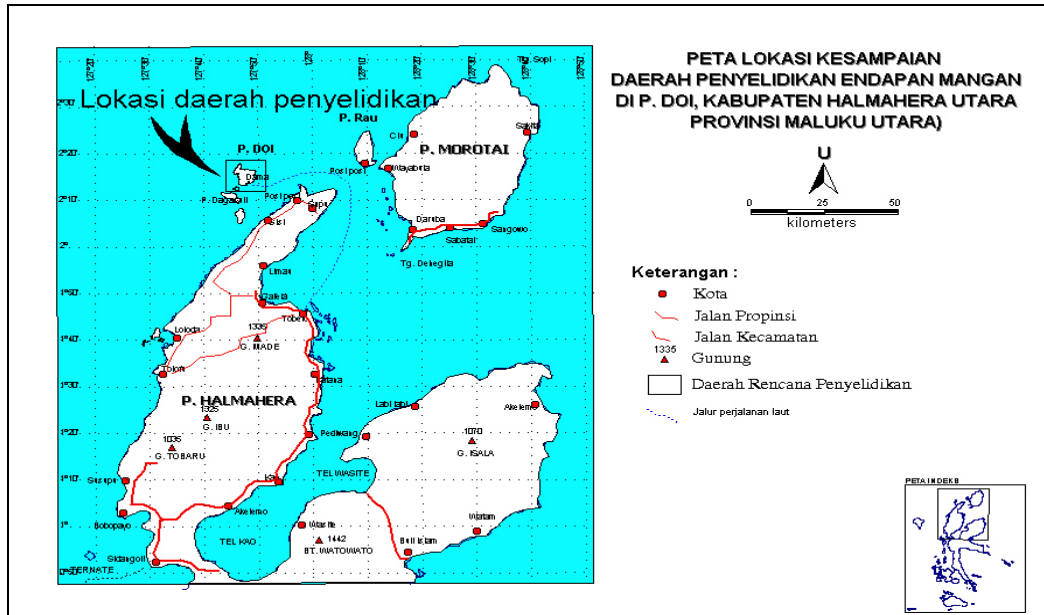
Dari segi kualitas berdasarkan hasil analisis laboratorium menunjukkan kadarnya cukup baik umumnya kadar Mn totalnya antara 30 % - 45%, beberapa menunjukkan kadar diatas 50%, Tonggowai, Mn tot 51,70%, Cera, Mn tot 53,42%, dan Toba, Mn tot 50,26%. Hasil analisis kimia menunjukkan kandungan (Fe_2O_3) relatif kecil umumnya < 10%, SiO_2 kecil, rata-rata < 4%, sulfur rata-rata < 0,02%, TiO_2 < 0,7%, dan P rata-rata < 0,05%.

Berdasarkan herhitungan potensi diketahui sumber daya terkira mangan adalah sekitar 326.250 ton. Hingga saat ini belum ada formulasi pemodelan yang cocok untuk eksplorasi mangan mengingat kondisi keterdapatannya yang sulit ditelusuri, oleh karenanya penyelidikan berkesinambungan dan sistematis perlu diupayakan untuk mendapatkan deposit yang baru.

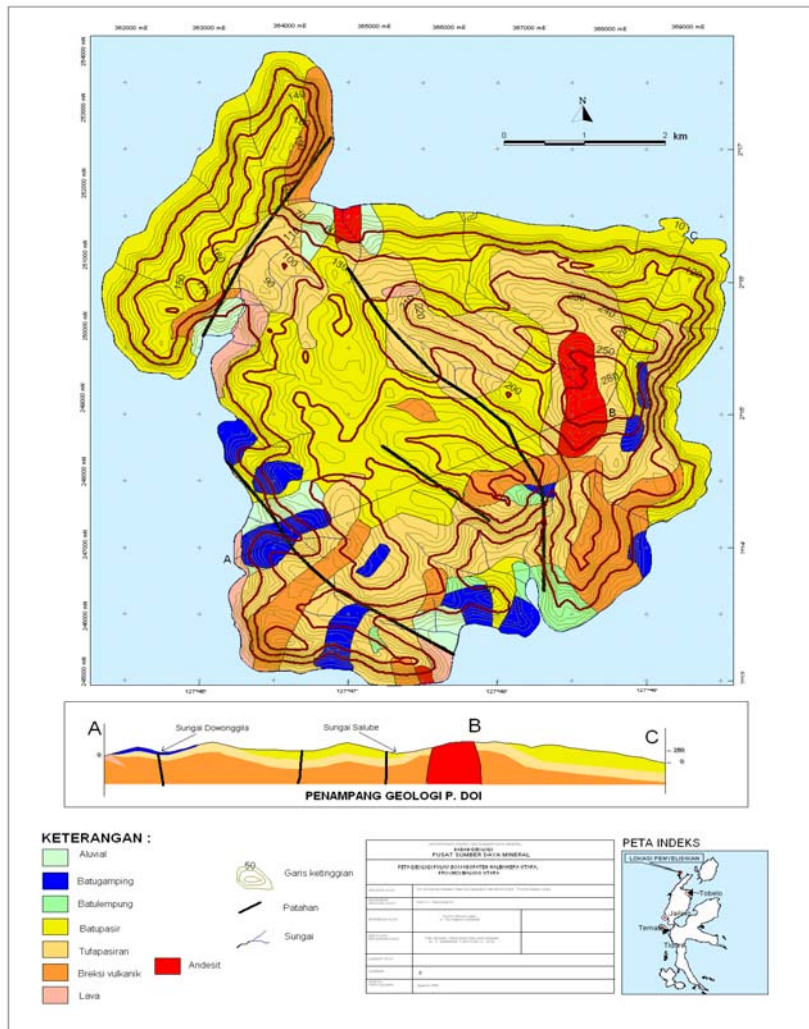
Dari segi pemanfaatannya, berdasarkan hasil analisis laboratorium menunjukkan kualitas yang baik. Jenis pemanfaatan yang baik diantaranya adalah sebagai bahan campuran dalam industri baja, bahan utama pembuatan batu batere dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- PT. Elga Asta Media, 2004, *Laporan Kegiatan Penyelidikan Umum Tambang Mangan Di Loloda Utara*.
- Halmal, M.V. 1956, *Laporan Singkat Tentang Pekerjaan Research Tambang Mangan di Pulau Doi*. Djawatan Geologi, Bandung
- Katili & Tjia, H.D, 1980 *Geotectonic of Indonesia, a modern view*, Department of Geology, Bandung Institute of Technology.
- Kendarsi & Marjono, 1969, *Bahan-bahan galian di daerah Provinsi Maluku*, Dinas Eksplorasi, Direktorat Geologi, Bandung.
- Rachmat, M. J., 1955, *Peninjauan Cebakan Bijih Mangan di P. Doi*, Urusan Geologi Ekonomi, Djawatan Geologi, Bandung
- Supriatna, S., 1980, *Geologi Lembar Morotai, Maluku Utara* Skala 1:250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia. Vol. IA, 1st Edition*. Govt.Printing office, The Hague, pp 104-136



Gambar 1. Peta Lokasi (Route) Kesampaian daerah Penyelidikan Endapan Mangan di P. Doi , Kab. Halmahera Utara, Prov. Maluku Utara.



Gambar 2. Peta geologi Daerah Penyelidikan (P. Doi)



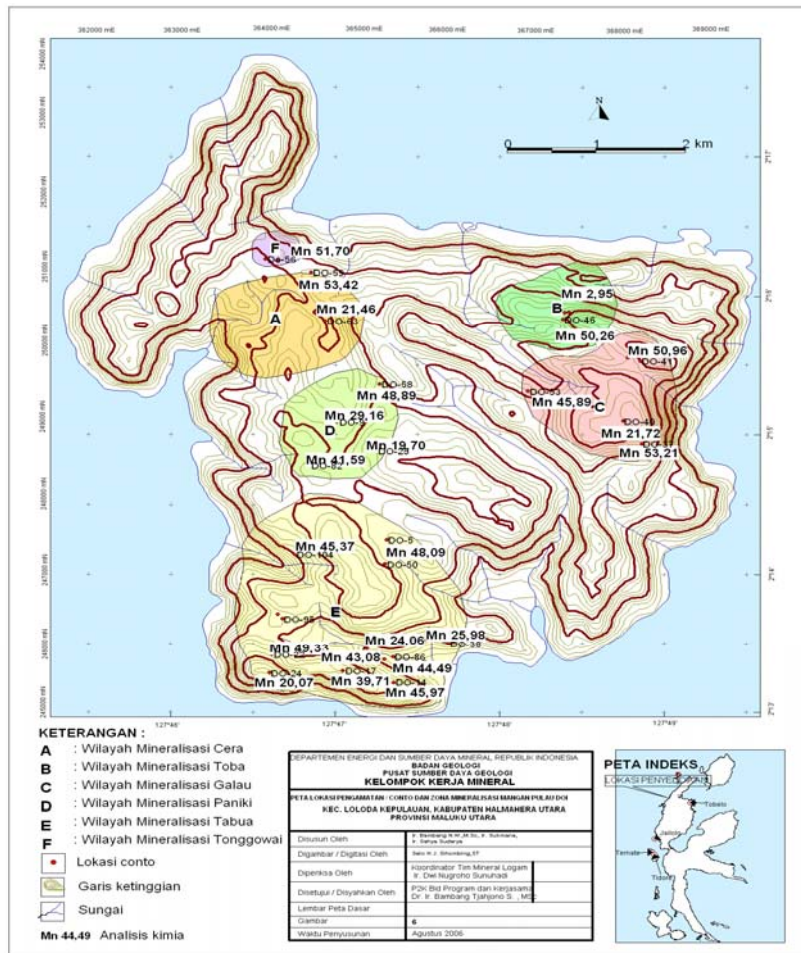
Foto 1. Singkapan endapan mangan yang terdapat di wilayah selatan



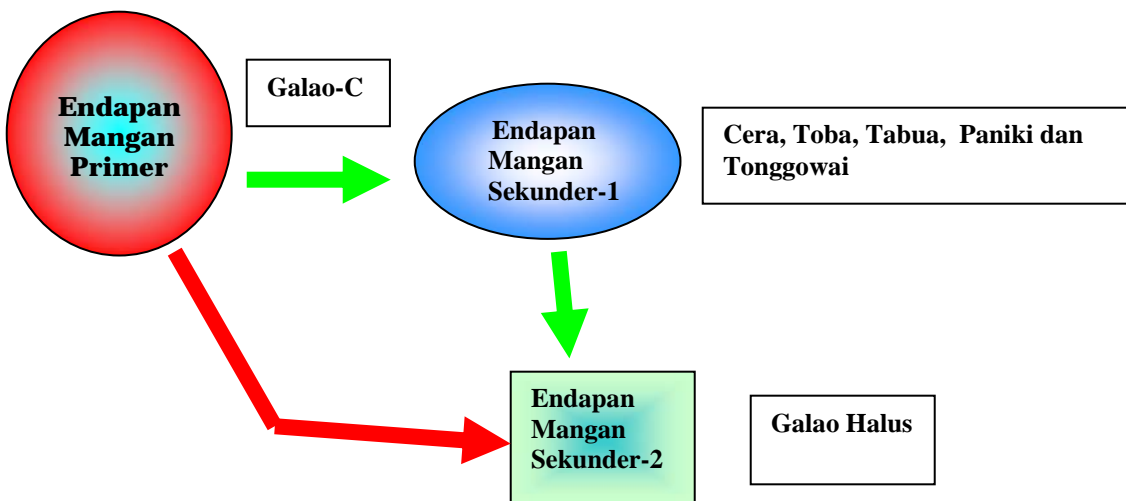
Foto 2. Bentuk *stockwork* menunjukkan mineralisasi mangan hidrotermal.
Lokasi Galao C



Foto 3. Endapan mangan sedimenter, terendapkan dalam cekungan kecil.
Lokasi Galao Halus



Gambar 3. Peta lokasi sebaran/ zona mineralisasi mangan di Pulau Doi



Gambar 4. Diagram urutan pembentukan endapan mangan di daerah P. Doi