

Yogyakarta, 4 April 2019

Nomor : 001/PPBA.PO/III/2019  
Lamp. : Daftar Naskah  
Perihal : PERMOHONAN KERJA SAMA

Kepada Yth.  
Dr. Adi Tonggiroh, S.T.  
di Makassar

Dengan hormat,

Kami Manajemen Penerbit OMBAK Yogyakarta yang bergerak di bidang penerbitan buku-buku referensi perguruan tinggi berniat mengajukan penawaran untuk menerbitkan bahan ajar yang disusun oleh Dr. Adi Tonggiroh, S.T selaku Dosen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin. Selain digunakan oleh dosen di perguruan tinggi tempat Bapak mengampu, buku tersebut akan kami edarkan pula di berbagai perguruan tinggi lain, khususnya jurusan Teknik Geologi di seluruh Indonesia.

Berkaitan dengan penawaran tersebut, kami memberikan kompensasi bagi dosen penulis dan program studi sebagai berikut:

1. Penulis buku berhak mendapatkan royalti sebesar 10% (sesuai jumlah oplah dan bisa diterima tiap semester atau setiap tahun).
2. Penulis mendapatkan 10 eksemplar buku sebagai bukti terbit.
3. Semua biaya percetakan dan penerbitan ditanggung oleh Penerbit OMBAK.

Demikian surat permohonan kami buat, semoga menjadi bahan pertimbangan dan kerja sama kita bisa membawa kemaslahatan bersama.  
Terima kasih.

Penerbit OMBAK Yogyakarta

  
Dara Sylvia  
Redaksi



CP: 082-232-070-907

## **Lampiran.**

Geologi Lingkungan	Geomorfologi
Eksplorasi Minyak Bumi	Ilmu Lingkungan
Biostratigrafi	Mekanika Batuan
Eksplorasi Endapan Mineral	Metode Geologi Lapangan
Geofisika	Metode Penelitian Geologi
Geofisika Stratigrafi	Paleontologi
Geoinformasi	Petrologi
Geokimia Panas Bumi	Petrografi
Geologi Batubara	Palinologi
Geologi Kwartir	Prinsip Stratigrafi
Geologi Mineral	Studi Cekungan
Geologi Pengembangan Wilayah	Geologi Bawah Permukaan
Geologi Sejarah	Geologi Dinamik
Geologi Struktur	Geologi Fisik
Geologi Sumber Daya Mineral	Geologi Minyak Bumi
Stratigrafi Indonesia	Analisis dan Interpretasi Peta Topografi
Mineralogi	Geologi Struktur Indonesia
Geologi Kelautan	Geologi Well Logging
Geologi Inderaja	Geologi Teknik
Tektonika	Sistem Informasi Geologi
Manajemen Eksplorasi	Sedimentologi
Geologi Migas	Teknik Pemboran
Hukum dan Perundang-undangan Kebumihan	Ilmu Ukur Tanah

**NB: Kami juga membuka peluang untuk naskah-naskah bahan ajar selain tema di atas**

# **GEOKIMIA LINGKUNGAN UNTUK PENGELOLAAN SUMBERDAYA MINERAL DALAM DAS MAMBERAMO**

**STUDI KASUS : KABUPATEN MAMBERAMO RAYA, PAPUA**

**DR. ADI TONGGIROH**



GEOKIMIA LINGKUNGAN UNTUK PENGELOLAAN  
SUMBERDAYA MINERAL DALAM DAS MAMBERAMO  
(STUDI KASUS : KABUPATEN MAMBERAMO RAYA,PAPUA)

DR. ADI TONGGIROH

## **SINOPSIS**

Awalnya kegiatan penelitian eksploratif diutamakan pada bahan galian emas dan nikel di bagian utara Pulau Papua, Daerah Aliran Sungai Mamberamo, Pegunungan Cycloop, Pegunungan Siduarsi termasuk Papua Barat. Ternyata banyak dijumpai indikasi mineral logam, mineral non logam, energi dan gas yang tersingkap dipermukaan. Yang jelas mungkin Pulau Papua sebagai cadangan terakhir sumberdaya mineral, energi dan gas.

Kegiatan inilah yang menjadi alasan bagi saya mewujudkan buku ini untuk memadukan geologi sebagai data dasar dalam perencanaan dan pengelolaan sumberdaya mineral dalam wilayah Pemerintah Kabupaten Mamberamo Raya. Dalam luas wilayah Kabupaten Mamberamo Raya 23.813,91 Km<sup>2</sup> mengalir sungai terpanjang di Papua yaitu 670 km yang dikenal sebagai Daerah Sungai (DAS) Mamberamo. DAS merupakan suatu bentuk kumpulan sumberdaya: yaitu sebuah area dengan hubungan hidrologis yang terkoordinasi dan memerlukan pengelolaan penggunaan sumber daya mineral yang optimal oleh semua pengguna, air permukaan dan air tanah

Disamping itu, kepustakaan mengenai potensi sumberdaya mineral di Papua khususnya Mamberamo Raya yang tersedia masih sangat kurang Laporan-laporan penelitian sumberdaya mineral tidak tersedia dipergustakaan sedangkan banyak mahasiswa dan ilmuwan sangat memerlukan pedoman pengelolaan sumberdaya mineral dari berbagai aspek, termasuk aspek geologi.



## **KATA PENGANTAR**

Buku ini disusun dan dikembangkan kembali dari hasil penelitian geologi yang dilakukan sejak Tahun 1994 di Provinsi Papua dan “Laporan Inventarisasi Bahan Galian Kabupaten Mamberamo Raya oleh Dinas Energi dan Sumberdaya Mineral Kabupaten Mamberamo Raya Tahun 2014”.

Ketersediaan sumberdaya mineral dan energi disajikan disini terutama untuk mereka yang menginginkan aspek geologi sebagai panduan pengelolaannya dan kegunaan ekonomisnya. Dalam buku ini dibahas tentang sumberdaya mineral, perhitungan cadangan, kandungan bahan galian dan pemanfaatannya.

Buku ini terdiri dari lima bagian. Pada bagian pertama diuraikan tentang data geologi sebagai pengantar pengelolaan sumberdaya mineral. Bagian kedua diuraikan tentang wilayah administrasi Mamberamo dalam geologi regional. Bagian ketiga tentang proses terbentuknya endapan mineral. Bagian Keempat tentang sumberdaya mineral. Bagian Kelima potensi sumberdaya mineral. Bagian Keenam diuraikan tentang pengelolaan.

Pada bab terakhir disajikan dua tulisan yaitu : “Statistical Evaluation of Baedisifu Mineralization-Related Stream Sediment Mamberamo Raya Regency, Papua Province Indonesia” yang diterbitkan oleh Jurnal Asian Jr. of Microbiol. Biotech.Env.Sc. Tahun 2017, terindex Scopus, serta tulisan “Geological Study and Regional Development of Mamberamo Raya District of Papua Province, Indonesia” yang diterbitkan oleh IOP Publishing (ICoNETS) tahun 2017, terindeks scopus.

Terselesainya penulisan buku ini juga tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, Karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada Rafiuddin Syam PhD.,M.Eng. karena telah memberikan masukan dalam memberikan informasi tambahan dalam buku ini, serta memberikan bantuan, motivasi dan saran-sarannya.

Editor berpendapat bahwa buku ini masih belum sempurna, karena itu adanya saran perbaikan akan disambut dengan hati terbuka.

Semoga buku ini bermanfaat bagi mahasiswa yang mengambil bidang ilmu endapan mineral, investor tambang dan stakeholder .

Makassar, Juni 2018

**Adi Tonggiroh**

## **PRAKATA**

Kenyataan yang ada telah menunjukkan bahwa ilmu geologi belum berkembang secara optimal dan berada dalam kondisi yang masih lapisan periperhal, bidang geologi belum menyediakan banyak pilihan untuk menjadi sandaran hidup.

Untuk menghilangkan lapisan perperal, meningkatkan keragaman profesi dalam bidang geologi, menguatkan sikap profesionalisme antara bidang profesional dan melakukan transformasi dari *database geology* menjadi *decision geology*, termasuk dukungan dalam teknologi dan rekayasa pengelolaan sumberdaya mineral. Kberadaan buku ini dapat memeberi manfaat untuk mencapai tujuan-tujuan tersebut.

Buku ini membahas tentang wilayah administrasi Kabupaten mamberamo Raya Province Papua yang mana terdapat DAS (Daerah Aliran Sungai) Mamberamo, pengetahuan tentang sumberdaya mineral, jenis dan terbentuknya sumberdaya mineral, dan pengetahuan tentang pengelolaan sumberdaya mineral dalam wilayah DAS Mamberamo.

Buku ini dapat bermanfaat dan menjadi bahan pustaka di Pemerintahan Daerah pada umumnya dan khususnya Pemerintah Daerah Kabupaten Mamberamo Raya, perguruan tinggi dan masyarakat pelaku industri pertambangan.

Makassar, Juni 2018

Ketua Penjaminan Mutu  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

**Rafiuddin Syam**



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Ketersediaan sumberdaya mineral yang tersingkap di atas permukaan bumi dan di bawah permukaan memiliki daya tarik sangat kuat bagi investor tambang karena mendatangkan devisa yang besar. Sumberdaya mineral merupakan jenis komoditi yang paling mahal sampai paling murah karena tergantung pada jenis dan pengelolaannya.

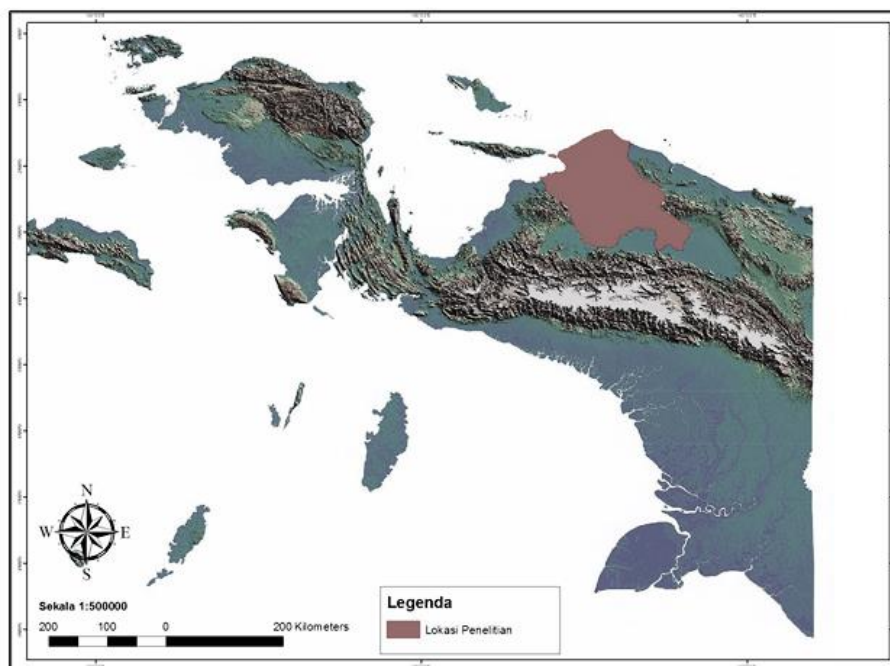
Perubahan kebijakan pemerintah di bidang pertambangan memberi angin segar bagi investor dan menjadi daya tarik bagi siapa saja sampai pada masyarakat yang belum tentu mengetahui nilai jualnya. Pada sumberdaya mineral terdapat beragam jenis yang dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan masyarakat. Manfaat ekonomi secara langsung misalnya dapat diperoleh dari endapan mineral emas yang terdapat pada tanah maupun sebagai endapan sungai, dengan sedikit usaha berskala kecil untuk memisahkan material pengotor guna memperoleh butiran emas. Manfaat lainnya berdampak langsung dengan meningkatnya pendapatan masyarakat apalagi dengan masuknya pemodal sebagai sumber dana dan pembeli. Belum lagi masuknya masyarakat yang lebih terampil bahkan dengan menggunakan cairan kimia.

Kenyataannya, mineral emas masih memiliki daya tarik sangat menggoda, peringkat ekonomi paling tinggi bagi masyarakat apalagi dengan istilah “ada butiran emas ada uang”. Godaan inilah yang menciptakan kesibukan tersendiri bagi masyarakat yang penting ada informasi tentang keberadaan emas maka sungai dan lahan siap dibongkar. Hampir semua lokasi penambangan emas yang dikelola langsung oleh masyarakat telah saya kunjungi, misalnya Topo (Nabire), Gunung Botak (Maluku), Poboya, Parigi Moutong (Sulawesi Tengah) dan Kolaka, Bombanna (Sulawesi

Tenggara). Ini mengingatkan bahwa sungai menjadi tercemar dan alirannya menjadi tidak beraturan serta tanah tak mungkin dikembalikan karena yang tertinggal adalah batuan. Padahal, butuh jutaan tahun umur geologi untuk proses perubahan batuan menjadi tanah.

Manfaat ekonomi secara tak langsung adalah memerlukan proses pengolahan sumberdaya mineral untuk mendapatkan konsentrat bernilai ekonomis. Kenyataannya membutuhkan kepastian investasi yang didukung dengan tersedianya infrastruktur.

Beberapa peneliti yang menjadi acuan penulisan buku, antara lain : (1) Beets (1986), meneliti tentang fosil molusca (2) Charlton (1999), meneliti tentang tertonik Indonesia zona timur (3) Dow DB; R.Sukanto (1984), meneliti tentang tektonik kuarter di Zona Papua (4) J.A. Katili (1978), membahas kondisi tektonik di wilayah Indonesia bagian timur (5) Marshall AJ; Beehler BM (2006), meneliti tentang ekologi di kawasan Mamberamo dan sekitarnya (6) Van Bemmelen (1949), meneliti geologi dan indikasi bahan galian logam dan non logam Papua Barat dan sekitarnya (Voogel Koop).



Gambar 1 Peta Lokasi Sebaran Data

## **BAB 2**

### **WILAYAH ADMINISTRASI DAN GEOLOGI REGIONAL**

#### **2.1 Wilayah Administrasi**

Kabupaten Mamberamo Raya Provinsi Papua dengan luas wilayah sebesar 23.813,91 km<sup>2</sup> (BPS, 2013) km<sup>2</sup> merupakan pemekaran dari Kabupaten Sarmi dan Kabupaten Waropen Provinsi Papua yang disahkan pada tanggal 15 Maret 2007 berdasarkan UU No. 19 Tahun 2007.

#### **2.2 Batasan Data**

Secara geografis Kabupaten Mamberamo Raya memiliki luasan wilayah adalah 31.136,85 km<sup>2</sup> (berdasarkan hitungan luasan penelitian dan berbagai sumber di lapangan) terletak antara 137°46'-140°19' Bujur Timur (BT) dan 01°28'-3°50' Lintang Selatan (LS) dengan ibukota Burmeso. Batas batas wilayah Kabupaten mamberamo Raya, sebagai berikut : bagian utara berbatasan dengan samudera pasifik; bagian selatan berbatasan dengan Kabupaten Puncak Jaya dan Kabupaten Tolikara; bagian barat berbatasan dengan Kabupaten Waropen dan Kabupaten Sarmi; bagian timur berbatasan dengan Kabupaten Sarmi.

#### **2.3 Keadaan Lingkungan**

Kabupaten Mamberamo raya merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Papua dengan ibukota Burmeso dengan batas wilayahnya adalah sebagai berikut:

Di sebelah utara Kabupaten Mamberamo Raya berbatasan langsung dengan samudera pasifik; sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Puncak Jaya dan Kabupaten Tolikara; sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Waropen dan Kabupaten Sarmi; sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Sarmi.

Ibukota Kabupaten Mamberamo Raya adalah Burmeso, yang mana terdapat Sungai Mamberamo relatif mengalir dari selatan menuju Baratlaut atau bermuara di samudera pasifik. Kehadiran Sungai Mamberamo mempunyai daya tarik dari aspek ekologi, ekonomi maupun sumber energi sebagai Daerah Aliran Sungai (DAS).

Sungai Mamberamo merupakan DAS dengan panjang mencapai 670 km atau luas lebih kurang 100.000 km<sup>2</sup>, memiliki kawasan resapan seluas 138.877 km<sup>2</sup>, kedalaman sungai berkisar antara 8 meter sampai 33 meter dan debit rata-rata tahunan adalah 5.000 m<sup>3</sup>/detik.

Aktivitas masyarakat di sekitar DAS Mamberamo dapat dijumpai seperti peladangan berpindah dan pemanfaatan lahan pekarangan dan pemanfaatan ubi jalar untuk mencukupi kebutuhan rumah tangga. Sungai mamberamo pada bagian hulu juga menghasilkan ikan mas, ikan mujair, buaya, lele, ikan dan disekitar bagian hilir sebagai penghasil buaya dan ikan sembilang, ini merupakan mata pencaharian masyarakat setempat.

Sebagian besar DAS Mamberamo berupa topografi pegunungan dan perbukitan sehingga banyak sekali ditemukan jeram. Sungai Mamberamo terbentuk oleh dua anak sungai utama yaitu Sungai Taritatu (Idenburg), dan Sungai Tariku (Rouffaer). Kedua sungai ini bertemu di Papasena mendekati Dabra menjadi Sungai Mamberamo yang mengalir ke arah Baratlaut melalui Pegunungan Foja dan akhirnya bermuara di Samudera Pasifik. Sepanjang aliran sungai terdapat dua danau yaitu Danau Rombebai dan Danau Bira. Daerah hulu adalah daerah pegunungan yang terjal. Daerah hilir

merupakan dataran yang berawa. Sedangkan di bagian tengah merupakan cekungan pada pedataran dengan topografi relatif tinggi yang cukup luas.

Luas wilayah Kabupaten Mamberamo Raya 23.813,91 Km<sup>2</sup> (BPS, 2013) dengan jumlah penduduk laki-laki 19.903 jiwa, perempuan 16.653 jiwa dan total 36.556 jiwa (Data Agregat Kependudukan Per Kecamatan, 2012), kepadatan penduduk 1,09 orang/km<sup>2</sup> (Gambar 2). Adapun Distrik-distrik yang terdapat di Kabupaten Mamberamo Raya seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nama-nama Distrik dan luasnya di Kabupaten Mamberamo Raya

No.	Distrik	Luas	Kabupaten	Provinsi
1.	Mamberamo Hilir	*2.643 km <sup>2</sup>	Mamberamo Raya	Papua
2.	Mamberamo Tengah	*4.619 km <sup>2</sup>	Mamberamo Raya	Papua
3.	Mamberamo Hulu	*8 594 km <sup>2</sup>	Mamberamo Raya	Papua
4.	Mamberamo Tengah-Timur	*3.275 km <sup>2</sup>	Mamberamo Raya	Papua
5.	Roufaer	*2.672 km <sup>2</sup>	Mamberamo raya	Papua
6.	Sawai	*3.938 km <sup>2</sup>	Mamberamo Raya	Papua
7.	Benuki	*3.560 km <sup>2</sup>	Mamberamo Raya	Papua
8.	Waropen Atas	No data	Mamberamo Raya	Papua
9	Iwaso	No data	Mamberamo Raya	Papua

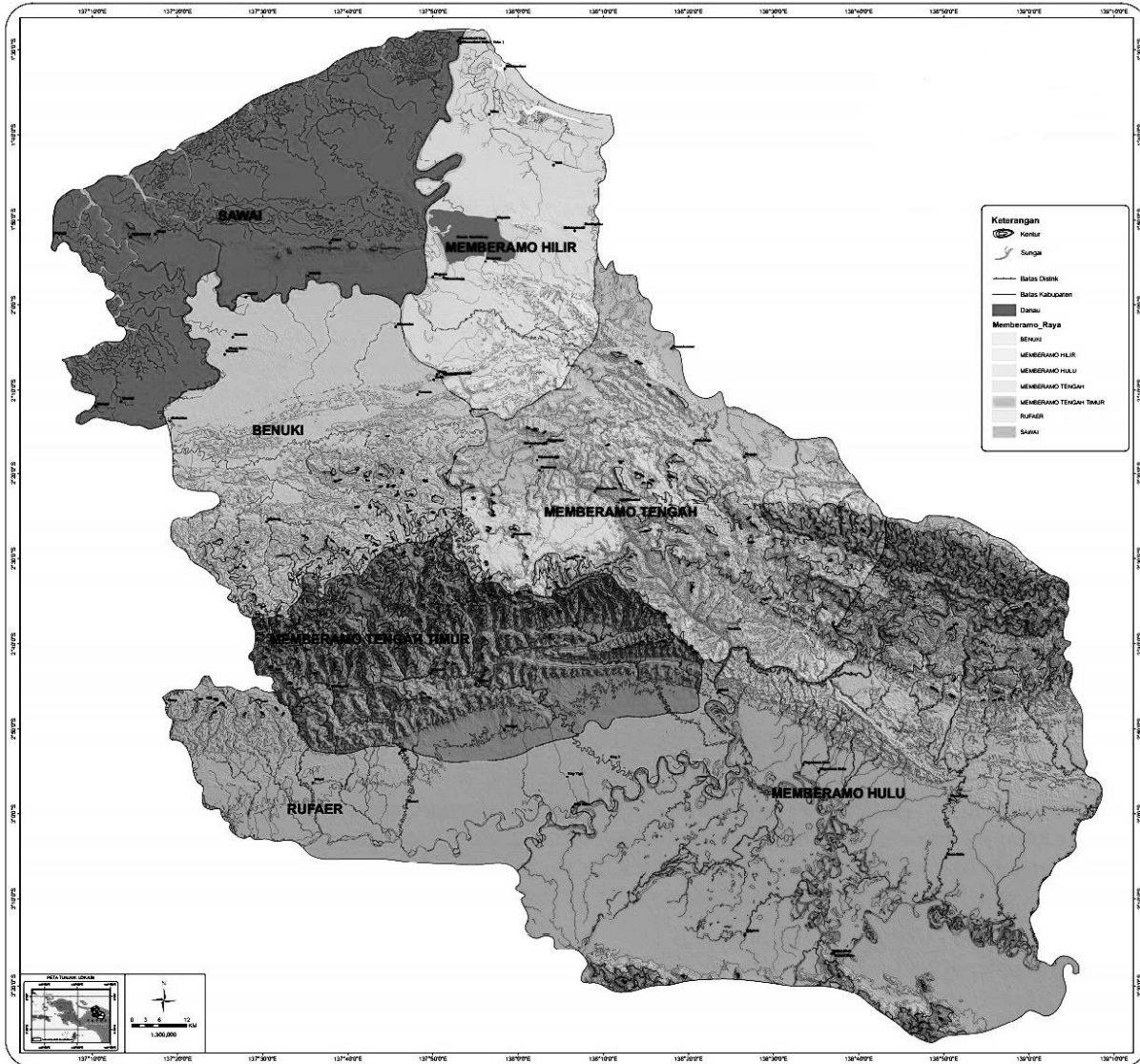
\*) Diolah berdasarkan data berbagai sumber.

Penduduk pada umumnya mendiami daerah di sepanjang pesisir sungai, sebagian kecil juga mendiami daerah pedalaman terutama di sekitar daerah aliran

sungai besar. Mata pencaharian penduduk umumnya berladang dan berkebun musiman, sebagian mempunyai mata pencaharian menangkap ikan dan berdagang.

Curah hujan Daerah Mamberamo rata-rata dalam satu tahun (1950– 1990) sekitar 262,5 mm setiap bulannya. Curah hujan rata-rata diatas 200 mm setiap bulan dan diatas 250 mm terjadi pada bulan Desember, Januari, Februari, maret dan april (Conservation International, 2007).

Struktur perekonomian Provinsi Papua 2011, didominasi besarnya kontribusi dari sektor pertambangan dan penggalian dengan kontribusi sebesar 52,73%, sektor pertanian (11,71%) , dan bangunan (10,66%-14,81%). Selain ketiga sektor diatas, sektor lainnya yang memiliki kontribusi cukup besar adalah sektor jasa (8,24%) dan sektor perdagangan (5,94%). Perbandingan nilai Produk Domestik regional Bruto (PDRB) Atas dasar Harga Berlaku (ADHB) Kabupaten Mamberamo Raya tahun 2008 sampai dengan 2011 adalah 17,96% (2008); 26,86 (2009); 27,97 (2010); 30,96% (2011).



Gambar 2. Peta Wilayah Administrasi Kabupaten Mamberamo Raya Provinsi Papua

## 2.4 Struktur dan Tektonika

Bagian Utara Pulau Papua terdapat Zona Sesar strike–slip mengiri Mamberamo Raya yang menerus berarah Barat–Timur dan bagian Selatan terdapat Zona Sesar Tarera–Aiduna, hasil interaksi antara Lempeng Australia–India di Selatan dan lempeng–lempeng di sebelah Utara (Visser dan Hermes, 1962; Hamilton, 1979; Dow dan Sukanto, 1984; Pieters *et al.*, 1983). Efek Gerak Sesar Mamberamo Raya menimbulkan struktur yang relatif tegak dan menyudut pada batuan dengan umur geologi yang berbeda. Diperkirakan gerak ini berlangsung dari Miosen Akhir sampai Pliosen.

## **2.5 Geologi (Stratigrafi) Regional**

Bagian Utara Pulau Papua dicirikan oleh himpunan batuan yang bersumber dari afinitas kerak Samudera Pasifik–Caroline, pengisian sedimen pada cekungan–cekungan terus berlangsung sampai Tersier. Pada Miosen Akhir terjadi pengendapan hiatus secara regional yang menghasilkan ketidakselarasan seperti terbentuknya lapisan bawah Formasi Mamberamo dan lapisan atas Formasi Makats, dikenal dengan nama Cekungan Irian Utara. Perubahan fasies lateral *carbonate buildups* sebagai sedimen pembentuk Formasi Auwewa, Darante, dan Makats. Setelah pengendapan hiatus, pada pembentukan Formasi Mamberamo pengendapan terus berlangsung tanpa terganggu sampai terjadinya ketidakselarasan pada masa sekarang.

Beberapa kajian pustaka yang digunakan menyebutkan bahwa stratigrafi regional Papua Utara tidak didefinisikan dengan baik dan hubungan fasies lateralnya kurang dapat ditemui dalam observasi singkapan. Hampir semua sumber sedimen berasal dari Selatan, pertama dari pembentukan busur magmatik masif dan kemudian dari pengangkatan orogen tumbukan. Volkanik klastik mungkin dapat ditemui pada bagian bawah Formasi Auwewa dan Makats, tetapi bukti menunjukkan bahwa erosi

bagian benua dari pembentukan orogen di Selatan memberikan sejumlah besar sedimen masuk ke Formasi Mamberamo.

Stratigrafi Badan Burung bagian Utara secara umum terdiri batuan ofiolit dan vulkanik Pra-Tersier yang ditumpangi batuan sedimen Tersier. Batuan dasar Pra-Tersier meliputi batuan vulkanik basa-intermediet, ofiolit, sekis, basal, gabro, dan batuan ultrabasa serpentinit. Batuan hasil sedimen laut Eosen-Oligosen yang terdiri dari batuan klastik kasar – halus, klastik karbonat, serta klastik vulkanik berada tidak selaras di atas batuan batuan Pra-Tersier. Batuan sedimen laut berikutnya yaitu Formasi Makats yang meliputi batuan klastik halus yang berselingan dengan batugamping pada pegunungan hasil pengangkatan Miosen Tengah di Central Range.

Formasi Auwewa diendapkan pada Paleosen-Oligosen Akhir, semakin ke Selatan ketebalan formasi ini semakin bertambah. Formasi Auwewa meliputi Anggota batugamping Biri berumur Paleosen dan di atasnya diendapkan Anggota Vulkanik Auwewa berumur Oligosen Awal.

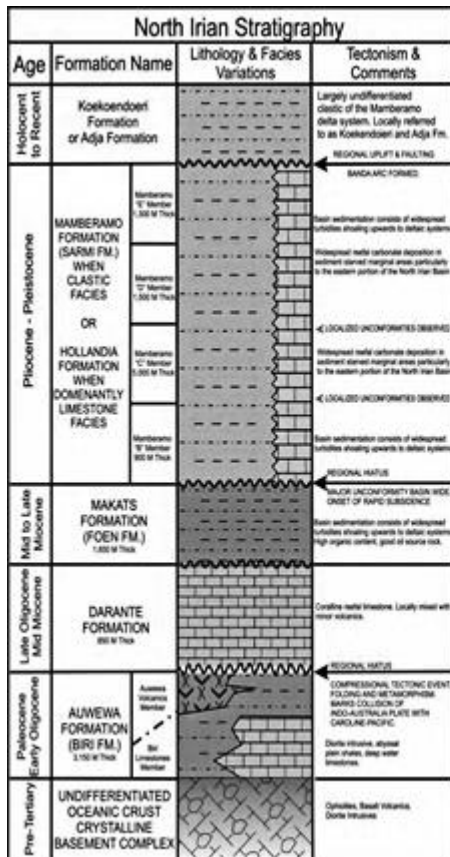
Formasi Darante berumur Oligosen Akhir-Miosen Tengah, diendapkan tidak selaras di atas Formasi Auwewa. Formasi Darante meliputi batugamping kalkarenit yang mengandung rijang, batugamping terumbu dengan sisipan breksi vulkanik maupun batupasir tufaan. Formasi Makats berumur Miosen Tengah– Miosen Akhir diendapkan tidak selaras di atas Formasi Darante, meliputi lapisan konglomerat tebal, batupasir greywack –subgreywacke, batulanau, dan serpih. Formasi Mamberamo berumur Miosen Akhir – Holosen terdiri dari:

- Anggota B : lapisan sedimentasi distal bersifat turbidit meliputi batulanau, napal, serpih dengan lingkungan pengendapan laut dangkal – dalam. Batugamping terumbu diendapkan di tepi maupun pegunungan terutama pada bagian Barat cekungan. Anggota B di bagian Selatan meliputi batugamping kalkarenit, napal, dan fosilan di

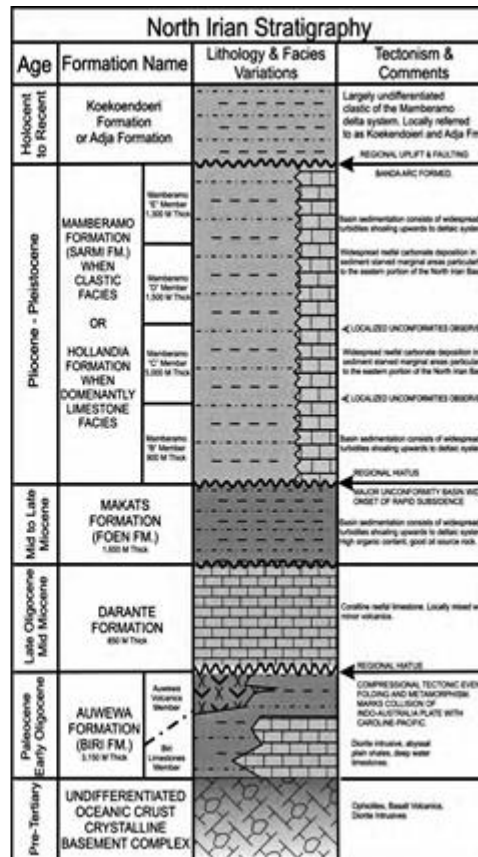
bagian bawah, sedangkan perselingan batupasir, batulempung, dan napal di bagian atas.

- Anggota C : lapisan konglomerat tebal, batupasir subgreywacke, batulanau, dan serpih. Di bagian Selatan meliputi batupasir gampingan fosil yang berubah menjadi batugamping berlapis. Anggota ini terletak tidak selaras di atas Anggota B yang berumur Pliosen.
- Anggota D : serpih dan batupasir halus bersifat turbidit distal diendapkan pada lingkungan laut dalam selama fase genanglaut. Bagian Selatan dicirikan perselingan batulempung lignitan dengan batulanau pasir fosil, dan lapisan tipis batubara berumur Plistosen yang menunjukkan lingkungan pengendapan laut dangkal.
- Anggota E : konglomerat, batupasir, batulanau, serpih, dan lignit (Holosen). Bagian Selatan dicirikan oleh greywacke–subgreywacke dengan sisipan batulanau dan batulempung. Bagian Utara dicirikan oleh batupasir karbonatan dengan beberapa cangkang moluska maupun tetumbuhan.

Kolom stratigrafi daerah ini ditunjukkan pada gambar 3. (Wascmuth dan Kunst, 1986) dan gambar 4 (McAdoo dan Heebig, 1999).



Gambar 3. Stratigrafi afinitas kerak samudera Pasifik–Caroline



Gambar 4. Stratigrafi afinitas kerak samudera Pasifik–Caroline daerah Cekungan Irian Utara.

## 2.6 Geomorfologi Umum Daerah Penelitian

Pendekatan morfometri pada beberapa unsur geomorfologi yang bisa diukur secara kuantitatif pada peta Rupa bumi, skala 1 : 50.000 dari Bakosurtanal dan Peta Geologi Lembar Sawai & Buwareh, Skala 1 : 250.000 (S. Gafoer. T. Budhitrisna, 1995).

Geomorfologi Kabupaten Mamberamo Raya Provinsi Papua dikelompokkan menjadi 3 satuan morfologi, yaitu satuan morfologi dataran rendah, satuan morfologi perbukitan landai, dan satuan morfologi perbukitan terjal.

- **Satuan Morfologi Dataran Rendah**

Geomorfologi pedataran terletak pada ketinggian antara 100 m hingga 150 mdpl, mempunyai kemiringan lereng sekitar 00-70. Daerah ini tersusun oleh batupasir kurang padat dan lapuk kuat membentuk soil serta endapan aluvial sungai, tertutupi oleh semak hutan dan rawa-rawa. Satuan geomorfologi pedataran ini menempati daerah utara sekitar 25% dari luas daerah penelitian.

Dataran rendah dapat dikatakan hampir rata dengan ketinggian beberapa meter diatas muka air laut. Sungai di daerah satuan morfologi ini seperti S. Apauwar, S. Tor, dan S. Tariku alirannya banyak berkelok, disertai "oxbow lake". Gosong pasir dan pola aliran teranyam di jumpai di daerah agak ke Hulu.

Satuan morfologi Dataran Rendah umumnya ditempati endapan sungai dan rawa. Dibeberapa tempat batuan dasarnya berupa batuan lunak dan tidak mampat sehingga mempercepat pembentukan kelokan sungai. Satuan ini tersebar luas di sepanjang pantai utara, bagian selatan lembar peta dan di lembah sungai yang lebar disepanjang sungai besar seperti S. Mamberamo, S Apauwar, S. Tor, dan S. Biri.

- **Satuan Morfologi Perbukitan Landai**

Geomorfologi perbukitan landai merupakan daerah bergelombang lemah hingga sedang, terletak pada ketinggian sekitar 150-500 mdpl dengan kemiringan lereng antara 50-500. Tersusun oleh batupasir yang telah mengalami pelapukan kuat

ditutupi oleh vegetasi sedang hingga lebat. Satuan geomorfologi ini menempati daerah bagian selatan sekitar 75% luas daerah penelitian.

Hubungan morfologi dengan struktur geologi di beberapa daerah cukup erat. Beberapa sungai utama seperti S. Memberamo, S. Apauwar, S. Muwar, dan sebagian S. Verkam mempunyai arah aliran rata-rata yang sejajar dengan struktur perlipatan dan jurus beberapa sesar. Sedangkan cabang sungai yang lain rata-rata mempunyai arah aliran relatif tegak lurus terhadap struktur geologi. Lereng bukit yang agak terjal dijumpai disekitar S. Memberamo, antara Kasonaweja ke utara sampai S. Apauwar. Bukitnya sebagian sejajar dengan arah perlipatan dan membentuk Questa. Dibeberapa tempat, satuan ini dicirikan oleh perbukitan yang tidak teratur yang sebagian membulat dan sebagian lainnya curam disertai longsoran.

Batuan yang tersingkap dicirikan oleh sifat fisik lunak sampai dan keras dan kompak. Dibeberapa lokasi dijumpai singkapan lumpur yang berasal dari pton atau batuan campur aduk dengan bongkah yang tergerus. Sebaran satuan geomorfologi ini cukup luas yakni disekitar Kasonaweja, S. Apauwar, S. Tor, S. Biri dan sebelah selatan Pegunungan Gauttier. Banyaknya cabang sungai tipe dijumpai pada bagian Selatan Pegunungan Foja. Sumber air sungai ini berasal dari pertemuan antara beberapa anak sungai utama, yaitu Tariku, Van Daalen, dan Taritatu. Air lalu mengalir ke arah Utara melalui lembah pegunungan Van Rees guna mencapai bagian delta yang bersumber dari dataran rendah. Sungai ini akhirnya bermuara di Samudera Pasifik di titik Utara Tanjung D'Urville. Danau Rombelai dan Bira terletak di sepanjang aliran sungai.

Relief di sekitar sungai bervariasi di daerah hulu berupa pegunungan yang curam, di daerah hilir terdapat dataran yang berawa-rawa, dan di bagian tengah berupa cekungan dataran tinggi yang luas. Daerah Aliran Sungai (DAS) Mamberamo yang terletak di Papua yang meliputi Kabupaten Mamberamo Raya, Mamberamo Tengah.

Sungai Mamberamo mempunyai dua anak sungai utama, yaitu Sungai Rouffaer/Tariku yang mengalir dari arah timur ke barat.

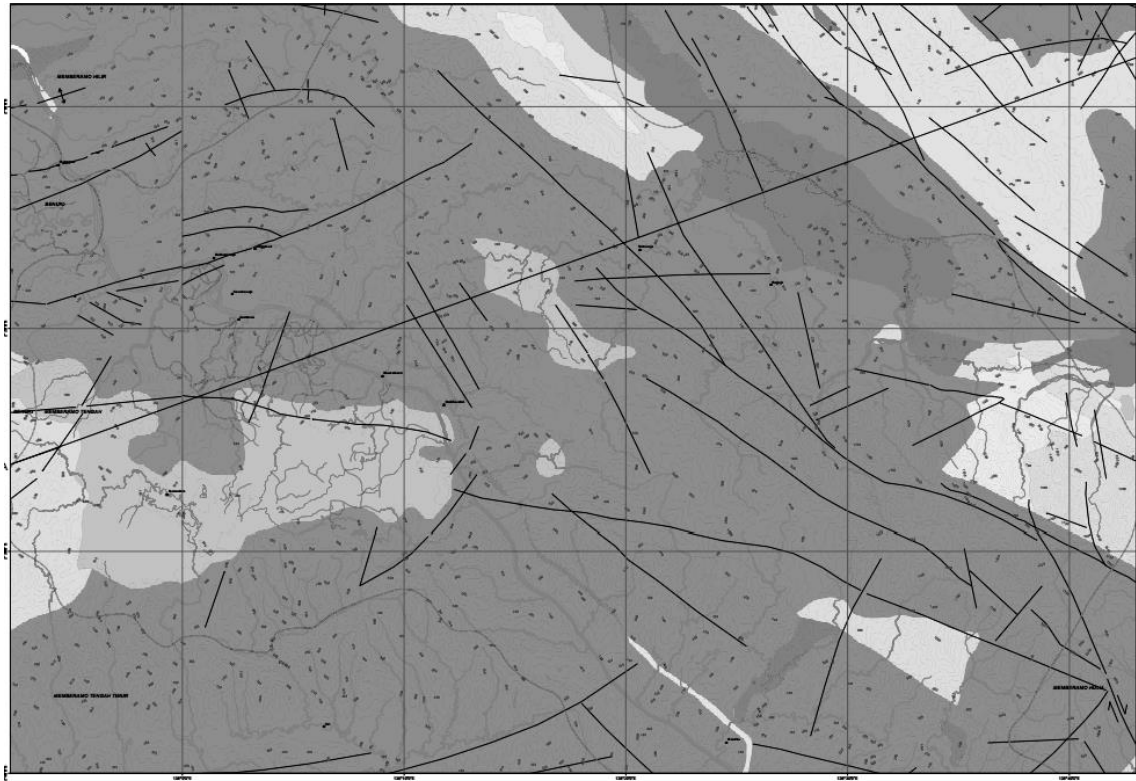
- **Satuan Morfologi Perbukitan Terjal**

Morfologi ini dicirikan oleh perbukitan yang berketinggian lebih dari 600 meter diatas muka air laut. Puncak tertinggi 830 meter dpl di pegunungan Siduarsi dan ketinggian 2160 meter dpl di Pegunungan Gauttier serta 2193 meter dpl di Pegunungan Foya. Lereng yang dijumpai pada umumnya terjal, berlembah sempit dan berbentuk huruf V. Kesampaian lokasi sangat sulit untuk dicapai, terutama di bagian atas karena banyak terdapat air terjun serta aliran sungainya cukup deras.

Pada umumnya ciri batuan yang tersingkap berumur geologi lebih tua, tergerus, lebih kompak dan keras dijumpai di pegunungan Van Rees, Gauttier dan Siduarsi.

## **2.7 Struktur Geologi**

Struktur geologi sesar yang berkembang, meliputi : gejala pensesaran dan perlipatan (Gambar 5). Struktur pensesaran berupa Sesar naik Mamberamo, jalur sesar ini memanjang 100 km ke arah selatan dan struktur perlipatan dengan arah umum barat laut – tenggara. Pada jalur ini tersingkap pula gejala sesar geser yang berimbans dengan munculnya pensesaran yang tererkam pada batuan Formasi Mamberamo dan batuan kerak pasifik yang ada di bawahnya. Pola struktur yang tidak teratur dan arah umum timur laut – barat daya. Sepanjang jalur sesar dijumpai zona hancuran batuan dengan radius seluas 50 km, hal ini menandakan zona lemah (sesar).



Gambar 5. Pola struktur geologi

## 2.8 Litologi

Hampir seluruh litologi yang tersingkap secara umum tersusun oleh batuan sedimen, batuan beku (lelehan dan terobosan), maupun endapan aluvial yang dibagi menjadi beberapa satuan batuan berdasarkan ciri litologinya dan dapat dipetakan pada skala 1:150.000. Ciri litologi itu tidak semata-mata sebagai batuan primer, tetapi juga sebagai batuan yang telah mengalami ubahan atau bahkan mengandung mineral

logam. Mengacu pada syarat tersebut, litologi yang tersingkap dapat dikelompokkan menjadi empat satuan batuan, diurut dari satuan muda ke tua yaitu: satuan aluvial, satuan batulempung, satuan batupasir, satuan batuan terobosan.

**a. Aluvial**

Aluvial tersebar luas di wilayah selatan Kabupaten Mamberamo Raya, terutama di sekitar Dabra terus ke timur dan utara, menutupi batuan yang lebih tua. Umumnya terdiri dari lempung, pasir, kerikil, sebagai endapan sungai, pantai, dan rawa.

**b. Batulempung**

Anggotanya terdiri dari batulempung dan batulanau. Sifat petrografis menunjukkan warna absorpsi orange dengan warna interferensi abu-abu kehitaman, tekstur klastik dengan ukuran butir  $<0,02$  mm, kemas tertutup, dan sortasi baik.

Komposisi material batulempung berupa mineral kuarsa (10-15%), biotit (15%), muskovit (5-20%), dan mineral lempung (80-85%), dan struktur berlapis dengan arah umum tenggara dengan kemiringan relatif baratdaya.

Sifat petrografis baulanau menunjukkan kenampakan warna absorpsi orange, warna interferensi abu-abu kehitaman, tekstur klastik dengan ukuran butir  $<0,02$  mm – 0,06 mm, bentuk mineral angular-subangular, kemas tertutup dengan sortasi baik, terdiri atas mineral Biotit (10%), Kuarsa (10%), Muscovit (5-10%), Orthoklas (5-10%), Mineral Lempung (65%), dan struktur berlapis.

**c. Batupasir**

Sifat petrografis batupasir : warna absorpsi orange, warna interferensi abu-abu kehitaman, tekstur klastik, ukuran butir 0,5- $<0,02$  mm, berbentuk menyudut-menyudut tanggung, kemas tertutup dengan sortasi baik, terdiri atas mineral Kuarsa (5-25%), Muskovit (20%), Biotit (15-20%), Plagioklas (Oligoklas) (10%), Orthoklas (15-35%), Mineral Lempung (10-20%), struktur berlapis, **Graywacke**.

Sedangkan pada sampel sayatan tipis batupasir menunjukkan warna absorpsi orange dengan warna interferensi abu-abu kehitaman, tekstur klastik, ukuran butir material penyusun batuan yakni  $<0,02$  mm – 1 mm, dengan bentuk material menyudut-membundar tanggung, kemas tertutup dengan sortasi baik, terdiri atas mineral Rock Fragment yang berasal dari batuan beku (35%), Orthoklas (15%), Muscovit (20%), Kuarsa (10%), Mineral Karbonat (20%), dan struktur berlapis dengan arah kedudukan  $\text{mum N225}^\circ\text{E}/20^\circ$ , **Lithic Arenite** .

#### **d. Batuan terobosan**

Kenampakan fisik batuan andesit, berwarna abu-abu, terlaterasi lemah sampai sedang, tersingkap pada Sungai Baedesifu. Data petrografis pada satuan andesit memperlihatkan warna kuning kecoklatan, tekstur afanitik, ukuran mineral 0,06-0,8 mm, bentuk mineral subhedral-anhedral, warna interferensi putih keabu-abuan, komposisi mineral terdiri dari mineral primer berupa mineral plagioklas jenis Andesin (10-15%), ortoklas (10%), dan hornblende (5-7%), mineral alterasi mikrokristalin kuarsa (5-20%) dan serisit (12), massa dasar mikrokristalin plagioklas (60-70%), struktur batuan massif. Data petrografis lainnya, warna absorpsi kuning kecoklatan, warna interferensi abu-abu kecoklatan, tekstur kristalinitas holokristalin, granularitas faneritik, bentuk

subhedral–anhedral, relasi: equigranular, struktur Massif. Tekstur khusus diabasik. Ukuran mineral 0,3–0,8 mm, berupa labradorit (50%), Augit (35%), hornblende (10%), dan opak (5%).

## BAB III

### PROSES TERBENTUKNYA (ENDAPAN) MINERAL

#### 3.1 Endapan dan Tipe Mineralisasi

Secara umum dapat dikelompokkan beberapa tipe mineralisasi sebagai berikut :

1. Tipe endapan mineral timah dan mineral ikutannya sangat berhubungan dengan pembentukan batuan granit dijumpai bagian utara pulau Sumatera.
2. Tipe laterit nikel, terdapat di Soroako (Sulawesi), P. Maluku, Halmahera, Gebe, Gag, Waigeo, dan Papua.
3. Tipe laterit bauksit, terdapat di Pulau Sumatera dan Kalimantan, berasosiasi dengan batuan granitik yang kaya aluminium.
4. Tipe endapan pasir besi plaser dapat dijumpai di sekitar pesisir pantai, berasosiasi dengan batuan berkomposisi menengah-basa.
5. Tipe endapan-mineralisasi emas-perak-tembaga, dibedakan atas tiga jenis yakni :
  - a. tipe mineralisasi Au-Ag yang berasosiasi dengan Cu (dikenal dengan porfiri). Contoh di Grasberg, Erstberg, Papua, terdapat jalur magmatik Irian Jaya; dan batuhijau di Sumbawa, berada pada busur Sunda Banda bagian timur.
  - b. tipe mineralisasi Au-Ag yang tidak berasosiasi dengan Cu (dikenal dengan tipe/model epitermal). Contoh cebakan emas G. Pongkor di Bogor, berada pada jalur magmatik Sunda Banda, cebakan emas Gosowong di Halmahera, cebakan emas kelian di Kaltim.
  - c. tipe endapan Au sekunder yang dihasilkan dari

endapan sedimen (dikenal dengan tipe/model plaser), contoh di S. Barito, S. Kapuas, S. Kahayan (kalimantan).

Disebut endapan karena mineral terakumulasi dalam suatu sona ketika masih dalam bentuk larutan. Larutan yang terdiri dari unsur logam dan non logam kemudian membeku, atau mengendap dalam sonanya. Larutan yang dimaksud adalah magma (hidrotermal) yang sifatnya cair. Endapan mineral yang telah diekstraksi untuk kemudian bernilai ekonomis, disebut mineral bijih (*ore*). Sering pula digunakan istilah *Metallic minerals* adalah mineral yang mengandung satu jenis logam. Pada saat ekstraksi didapatkan mineral bijih dan juga menghasilkan mineral atau unsur yang tidak ekonomis disebut *gangue*. Sebagai mineral yang tidak ekonomis *gangue* terdiri pula dari unsur logam dan logam yang dikelompokkan sebagai timbunan limbah (*tailing*) atau *waste mineral*.

Sedangkan *By product* : adalah produk sekunder atau insidental yang berasal dari proses manufaktur, suatu reaksi kimia atau jalur biokimia, dan bukan produk utama atau jasa yang dihasilkan. *By product* dapat bermanfaat dan berharga, atau dapat dianggap limbah. Air juga bisa menjadi produk sampingan ketika reaksi menyebabkan karbon dioksida

Sebagian besar mineral bijih bersifat logam dan sebagian bersifat non logam (bauksit).. Mineral logam dibagi menjadi dua, yaitu logam murni dan logam campuran. Logam murni digunakan dalam kondisi murni tanpa campuran. Contoh logam murni adalah emas, timah, seng, dan aluminium. Biasanya kaleng minuman menggunakan aluminium murni.

Umumnya klasifikasi cebakan mineral berdasarkan pada :

- a. Komoditas yang sedang ditambang
- b. Tatanan tektonik dimana terdapatnya cebakan mineral
- c. Tatanan geologi cebakan mineral

Model genetik mulajadi cebakan bijih Dari beberapa kriteria tersebut yang paling umum digunakan adalah klasifikasi berdasarkan genesa cebakan mineral. Tipe cebakan mineral sangat berkaitan erat dengan genesa atau mulajadi. Genesa mineral ini juga akan mempengaruhi bentuk pengendapan cebakan bijih tersebut. Bentuk lapisan biasanya disebabkan oleh proses sedimentasi, bentuk vein (urat), bertalian dengan proses magmatisme, dan lain sebagainya. Secara garis besar, genesa cebakan mineral sangat berkaitan dengan 3 proses pembentukan batuan yakni magmatisme, sedimentasi dan metamorfisme. Ketiga proses tersebut mempengaruhi terbentuknya berbagai macam tipe cebakan serta kelompok asosiasi mineral bijih tertentu. Sedangkan pembentukan endapan mineral secara umum terbagi atas dua yakni eksogenik dan endogenik.

### **3.2 Endogen dan Eksogen**

Proses pembentukan endapan mineral dapat diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu proses internal atau endogen dan proses eksternal atau eksogen. Endapan mineral yang berasal dari kegiatan magma atau dipengaruhi oleh faktor endogen disebut dengan endapan mineral primer. Sedangkan endapan endapan mineral yang dipengaruhi faktor eksogen seperti proses weathering, *inorganic sedimentation*, dan *organic sedimentation* disebut dengan endapan sekunder, membentuk endapan plaser, residual, supergene enrichment, evaporasi/presipitasi, mineral-energi (minyak&gas bumi dan batubara dan gambut).

Proses endogen pembentukan endapan mineral yaitu meliputi:

1. Kristalisasi dan segregasi magma : Kristalisasi magma merupakan proses utama dari pembentukan batuan vulkanik dan plutonik.
2. *Hydrothermal* : Larutan hydrothermal ini dipercaya sebagai salah satu fluida pembawa bijih utama yang kemudian terendapkan dalam beberapa fase dan tipe endapan.
3. *Lateral secretion* : erupakan proses dari pembentukan lensa-lensa dan urat kuarsa pada batuan metamorf.
4. *Metamorphic Processes* : umumnya merupakan hasil dari contact dan regional metamorphism.
5. *Volcanic exhalative* : Exhalations dari larutan hydrothermal pada permukaan, yang terjadi pada kondisi bawah permukaan air laut dan umumnya menghasilkan tubuh bijih yang berbentuk stratiform.

Proses eksogen pembentukan endapan mineral yaitu meliputi:

1. *Mechanical Accumulation* : Konsentrasi dari mineral berat dan lepas menjadi endapan placer (placer deposit).
2. *Sedimentary precipitates* : Presipitasi elemen-elemen tertentu pada lingkungan tertentu, dengan atau tanpa bantuan organisme biologi.
3. *Residual processes* : Pelindian (*leaching*) unsur tertentu pada batuan menghasilkan tingkat konsentrasi unsur yang cukup tinggi.
4. *Secondary or supergene enrichment* : Pelindian (*leaching*) elemen-elemen tertentu dari bagian atas suatu endapan mineral dan kemudian presipitasi pada kedalaman menghasilkan endapan dengan konsentrasi yang lebih tinggi.

### 3.3 TIPE ENDAPAN PRIMER

Fase Magmatik Cair adalah suatu fase pembentukan mineral, dimana mineral terbentuk langsung pada magma (differensiasi magma), misalnya dengan cara gravitational settling. Fase pegmatitik adalah hasil injeksi magma awal membentuk kristalisasi sehingga cairan residual yang mobile akan terinjeksi dan menerobos batuan disekelilingnya sebagai dyke, sill, dan stockwork. Fase pneumatolitik adalah proses reaksi kimia dari gas dan cairan dari magma dalam lingkungan yang dekat dengan magma. Mineral-mineral kontak yang terbentuk antara lain : wolastonit, amfibol, kuarsa, epidot, garnet, aktinolit. Fase Hidrotermal adalah larutan sisa magma yang hasil differensiasi magma. Hidrothermal ini kaya akan logam-logam yang relatif ringan, dan merupakan sumber terbesar (90%) dari proses pembentukan endapan.

### 3.4 Endapan Hdrotermal

Endapan hidrotermal memiliki dua jenis, yaitu : (1) *Cavity filling*, mengisi lubang-lubang yang sudah ada di dalam batuan (2) Metasomatisme, mengganti unsur-unsur yang telah ada dalam batuan dengan unsur-unsur baru dari larutan hidrotermal.

Larutan hidrotermal sangat erat dengan minera yang dihasilkan oleh perbedaan suhu, dan terbagi menjadi (1) Epithermal (T 00°C-200°C), (2) Mesothermal (T 150°C-350°C) (3) Hipothermal (T 300°C-500°C). Tipe endapan diatas selalu disertai dengan mineral-mineral yang tertentu, seperti : pirit ( $\text{FeS}_2$ ), kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ), kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ )..

### 3.5 Endapan mineral epitermal

Endapan mineral tipe epitermal merupakan endapan logam yang dalam tahap eksploitasi telah dapat memperoleh logam secara ekonomis dan tersedia banyak dibandingkan dengan sumber daya logam mulia lainnya. Secara geologi, endapan ini relatif mudah di temukan, karena secara ganesa endapan epitermal ini kadanya rendah dan secara umum telah diketahui keberadaanya. Oleh karena secara ganesa dan ekonomis endapan epitermal ini signifikan tetapi cadangannya masih bersatu dengan cadangan kadar tinggi yang telah ada.

Jenis logam yang dihasilkan oleh tipe endapan epitermal cukup banyak yaitu logam dasar dan mulia yang mencerminkan perbedaan tektonik. sumber batuan pembawa mineral, karakteristik mineral dan teksturnya serta mineralogi alterasi hidrotermal dan zona pembentukannya

Ciri utamanya adalah tekstur yang banyak dijumpai adalah berlapis atau berupa urat yang membungkus logam. Terdapat suatu kelompok unsur-unsur yang umumnya berasosiasi dengan mineralisasi epitermal, meskipun tidak selalu ada atau bersifat eksklusif dalam sistem epitermal. Asosiasi klasik unsur-unsur ini adalah: emas (Au), perak (Ag), arsen (As), antimoni (Sb), mercury (Hg), thallium (Tl), dan belerang (S), arsenopirit, pirit, garnet, kalkopirit, wolframit, siderit, tembaga, spalerite, timbal, stibnit, katmiun, galena, markasit, bornit, augit, dan topaz.

Dalam endapan yang batuan penerimanya karbonat (carbonat-hosted deposits), arsen dan belerang merupakan unsur utama yang berasosiasi dengan emas dan perak, tungsten/wolfram (W), molybdenum (Mo), mercury (Hg), thallium (Tl), antimon (Sb), dan tellurium (Te); serta juga fluor (F) dan barium (Ba).

Bila terdapat dalam sona vulkanik biasanya dijumpai pula mineral unsur arsen (As), antimon (Sb), mercury (Hg), dan thallium (Tl); serta logam-logam mulia (precious metals). Logam-logam dasar karakteristiknya rendah dalam asosiasinya dengan emas-

perak, meskipun demikian dapat tinggi pada level di bawah logam-logam berharga (precious metals) atau dalam asosiasi-nya dengan endapan-endapan yang kaya perak dimana unsur mangan juga terjadi. Cadmium (Cd), selenium (Se) dapat berasosiasi dengan logam-logam dasar; sedangkan fluor (F), bismuth (Bi), tellurium (Te), dan tungsten (W) dapat bervariasi tinggi kandungannya dari satu endapan ke endapan yang lainnya; serta boron (B) dan barium (Ba) terkadang terkayakan.

Dua tipe utama dari endapan ini adalah low sulphidation dan high sulphidation yang dibedakan terutama berdasarkan pada sifat kimia fluidanya dan berdasarkan pada alterasi dan mineraloginya. Endapan epithermal umumnya ditemukan sebagai sebaran pipa urat yang tidak beraturan khususnya sepanjang zona patahan.

### **3.6 Paragenesis**

Paragenesis merupakan kelompok mineral yang terbentuk dalam kondisi temperature dan kimia yang sama. Misalnya endapan hipotermal dan mineral gangue : emas (Au), magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ), arsenopirit ( $\text{FeAsS}$ ), pirrotit ( $\text{FeS}$ ), galena ( $\text{PbS}$ ), pentlandit ( $\text{NiS}$ ), wolframit :  $\text{Fe (Mn)WO}_4$ , Scheelit ( $\text{CaWO}_4$ ), kasiterit ( $\text{SnO}_2$ ), Mo-sulfida ( $\text{MoS}_2$ ), Ni-Co sulfida, nikkelit ( $\text{NiAs}$ ), spalerit ( $\text{ZnS}$ ), dengan mineral-mineral gangue antara lain : topaz, feldspar-feldspar, kuarsa, tourmalin, silikat-silikat, karbonat-karbonat

Sedangkan paragenesis endapan mesothermal dan mineral gangue adalah : stanite (Sn, Cu) sulfida, sulfida-sulfida : spalerit, enargit ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ), Cu sulfida, Sb sulfida, stibnit ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ), tetrahedrit ( $\text{(Cu,Fe)}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ ), bornit ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), galena ( $\text{PbS}$ ), dan kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ), dengan mineral-mineral ganguenya : karbonat-karbonat, kuarsa, dan pirit.

Paragenesis endapan epithermal dan mineral ganguenya adalah : native cooper

(Cu), argentit (AgS), golongan Ag-Pb kompleks sulfida, markasit (FeS<sub>2</sub>), pirit (FeS<sub>2</sub>), cinabar (HgS), realgar (AsS), antimonit (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>), stannit (CuFeSn), dengan mineral-mineral ganguenya : kalsedon (SiO<sub>2</sub>), Mg karbonat-karbonat, rhodokrosit (MnCO<sub>3</sub>), barit (BaSO<sub>4</sub>), zeolit (Al-silikat).

### **3.7 TIPE 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.

Tipe endapan ini terbagi atas:

#### **a. Mineral Bijih Dibentuk oleh Hasil Rombakan dan Proses Kimia**

Sebagai Hasil Pelapukan Permukaan dan Transportasi

Secara normal material bumi tidak dapat mempertahankan keberadaanya dan akan mengalami transportasi geokimia yaitu terdistribusi kembali dan bercampur dengan material lain. Proses dimana unsur-unsur berpindah menuju lokasi dan lingkungan geokimia yang baru dinamakan dispersi geokimia. Berbeda dengan dispersi mekanis, dispersi kimia mencoba mengenal secara kimia penyebab suatu dispers. Dispersi geokimia sekunder adalah dispersi kimia yang terjadi di permukaan bumi, meliputi pendistribusian kembali pola-pola dispersi primer oleh proses yang biasanya terjadi di permukaan, antara lain proses pelapukan, transportasi, dan pengendapan. Bahan terangkut pada proses sedimentasi dapat berupa partikel atau ion dan akhirnya diendapkan pada suatu tempat.

### **b. Cebakan Mineral Dibentuk oleh Pelapukan Mekanik**

Mineral disini terbentuk oleh konsentrasi mekanik dari mineral bijih dan pemecahan dari residu. Proses pemilahan yang mana menyangkut pengendapan tergantung oleh besar butir dan berat jenis disebut sebagai endapan plaser. Mineral plaser terpenting adalah Pt, Au, kasiterit, magnetit, monasit, ilmenit, zirkon, intan, garnet, tantalum, rutil, dsb

### **c. Cebakan Mineral Dibentuk oleh Proses Pengendapan Kimia**

#### **• Lingkungan Darat**

Batuan klastik yang terbentuk pada iklim kering dicirikan oleh warna merah akibat oksidasi Fe dan umumnya dalam literatur disebut “ red beds”. Kalau konsentrasi elemen logam dekat permukaan tanah atau di bawah tanah tempat pengendapan tinggi memungkinkan terjadi konsentrasi larutan logam dan mengalami pencucian (leaching/pelindian) meresap bersama air tanah yang kemudian mengisi antar butir sedimen klastik. Koloid bijih akan alih tempat oleh penukaran kation antara Fe dan mineral lempung atau akibat penyerapan oleh mineral lempung itu sendiri.

#### **• Lingkungan Laut**

Kejadian cebakan mineral di lingkungan laut sangat berbeda dengan lingkungan darat yang umumnya mempunyai mempunyai pasokan air dengan kadar unsur yang tinggi dibandingkan kandungan di laut. Kadar air laut mempunyai unsur yang rendah.

## **3.9 Tipe Endapan Sedimenter**

Proses pengendapan atau sedimentasi yang berhubungan dengan pembentukan batuan meliputi tiga tahapan yaitu pelapukan batuan asalm transportasi atau pemindahan hasil pelapukan, pengendapan material lepas, dan diagenesa atau pemampatan material lepas tersebut menjadi batuan yang kompak. Proses ini menyebabkan terjadinya tubuh cebakan mineral yang umumnya berbentuk lapisan. Sebaran bahan berharga dalam lapisan itu tergantung pada proses sedimentasi itu sendiri, ada yang merata atau terserak secara tidak teratur. Cebakan tipe sedimenter terbentuk karena pengendapan baik secara mekanik maupun kimia. Bentuk tubuh bijihnya relatif sederhana menyerupai lapisan, teratur, dengan sebaran bijih di dalamnya nisbi merata. Pada cebakan mineral ini FeO & MnO umumnya terbentuk karena presipitasi sedimen yang berasal dari batuan sebelumnya yang mengalami pelapukan dan tertransportasikan dalam cekungan sedimen, pada kondisi cocok, ion-ion akan bergabung dan membentuk presipitasi kimia.

#### **a. Endapan Residual**

Endapan residual yaitu endapan hasil pelapukan dimana proses pelapukan dan pengendapan terjadi di tempat yang sama, dengan kata lain tanpa mengalami transportasi (baik dengan media air atau angin) seperti endapan sedimen yang lainnya. Proses pelapukan (weathering) biasanya terjadi secara fisika dan kimia. Asal batumannya yaitu berupa batuan beku atau metamorf, mengalami pelapukan berupa penghancuran, baik karena tekanan ataupun pelapukan alami (cuaca dan iklim) dan hancur berubah menjadi butiran-butiran (grain). Butiran-butiran tersebut akan menumpuk dicekungan tepat dimana batuan asalnya. Lalu mengalami proses sedimen yaitu kompaksi dan sedimentasi. Endapan sedimen ini umumnya membawa endapan lain yaitu berupa bahan galian dalam bentuk unsur-unsur kimia

yang terkandung dalam mineral. Endapan-endapan mineral tersebut umumnya berbentuk badan bijih. Badan bijih yang terkandung di dalam residual deposit yaitu badan bijih yang terbentuk akibat perombakan batuan-batuan yang mengandung mineral bijih dengan kadar rendah, kemudian mengalami pelapukan dan pelarutan serta pelindian, dan selanjutnya mengalami pengayaan relatif hingga mencapai kadar yang ekonomis.

#### **b. Endapan Placer**

Endapan placer adalah akumulasi material lepas yang terbentuk karena diawali oleh proses pelapukan mineral asal yang kemudian dipindahkan ke tempat lain yang biasanya berupa dataran rendah. Apabila media transportasi merupakan sungai disebut cebakan alluvial. Namun apabila transportasinya oleh gravitasi maka disebut kolovial. Jika material lepasnya masih dekat dengan lokasi pemineralan maka disebut cebakan elluvial. Cebakan mineral yang terbentuk karena proses ini biasanya merupakan mineral berat seperti emas, kasiterit, magnetit, ilmenit, dsb. Bentuk tubuh bijih biasanya berlapisan tidak teratur, lensa-lensa, bentuk tidak teratur lainnya. Sebaran bahan berharga juga tidak merata. Contoh dari tipe ini adalah cebakan emas sekunder, pasir besi, dan endapan mineral berat lainnya.

### 3.10 ENDAPAN EMAS LATERIT

Laterit merupakan produk dari pelapukan yang intens di daerah humid, intertropis, kaya akan lempung kaolinik, ion Fe- dan oksida Al/oksidihidroksida. Laterit umumnya berlapis baik, sebagai akibat meresapnya air hujan dan naiknya kelembapan pada regolith selama musim kering, dan ditangkap oleh *rudicrust* (Tabel 2).

Dalam profil regolith, proses utama yang terlibat dalam laterisasi dapat dibagi menjadi eluviasi dimana lempung dan zat terlarut tercuci dari suatu horizon, dan iluviasi dimana material hasil pencucian tersebut terakumulasi, biasanya di level bawahnya.

Dasar dari profil regolith dicirikan oleh adanya zona saprolit yang berasal dari pelapukan tinggi batuan dimana tekstur primer dan kemasnya masih terjaga. Sementara itu, bagian atas dari regolith dicirikan dengan zona pedolith yang telah mengalami destruksi komplit.

Tabel 2. Pola unsur pada tanah laterit regolith (Butt et al, 2003)

(b) Element mobility in typical lateritic profiles			
	Host minerals	Leached	Partly retained (in secondary minerals)
Cementation front ↓	Released in the mottled and ferruginous zones Aluminosilicates (muscovite, kaolinite) iron oxides; gold	K, Rb, Cs Trace elements; Au	Si, Al (kaolinite)
	Released in upper saprolite Aluminosilicates (muscovite) Ferromagnesian (chlorite, talc, amphibole) Smectite clays	Cs, K, Rb Mg, Li Ca, Mg, Na	Si, Al (kaolinite) Fe, Ni, Co, Cr, Ga, Mn, Ti, V (Fe and Mn oxides) Si, Al (kaolinite)
	Released in the lower saprolite Aluminosilicates Ferromagnesian (pyroxene, olivine amphiboles, chlorite, biotite)	Ca, Cs, K, Na, Rb Ca, Mg	Si, Al (kaolinite); Ba (barite) Fe, Ni, Co, Cr, Ga, Mn, Ti, V (Fe and Mn oxides)
Weathering front ↓	Released at weathering front Sulfides	As, Au, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Zn, S	As, Cu, Ni, Pb, Sb, Zn, (Fe oxides; sulfates, arsenates, carbonates, alunite-jarosite)
	Carbonates	Ca, Mg, Fe, Mn, Sr	

Tanah Laterit memiliki padanan nama yaitu Oxisols. Tanah ini merupakan tanah mineral yang kaya akan seskuioksida dan telah mengalami pelapukan yang lanjut. Tanah ini miskin akan mineral-mineral yang mudah lapuk, kandungan mineral resisten sangat tinggi.

Tanah ini dicirikan oleh adanya horison *oxic* pada kedalaman kurang dari 1,5 m atau memiliki horison *candic* yang jumlah mineral mudah lapuk memenuhi syarat horison *oxic*. tanah ini memiliki sifat-sifat khusus seperti cadangan hara yang sangat rendah, kesuburan alami sangat rendah, kandungan Al dapat dipertukarkan tinggi, permeabilitas baik, dan tanah terhadap erosi. Walaupun demikian beberapa jenis tanah ini (Laterit/Oxisols) misalnya dari great group *Eutrotrolox*, memiliki kejenuhan basa tinggi di seluruh profilnya.

*Laterisasi* merupakan proses pembentukan dari tanah Laterit. Biasa juga disebut dengan *Latosolisasi* atau juga disebut sebagai *Feralisasi*. Pada intinya proses

pembentukan tanah Laterit merupakan perkembangan dari pelapukan lebih lanjut dari tanah Latosol.

Hasil proses perkembangan tanah yang sempurna semacam ini berupa pelindian semua unsur-unsur basa, silika, dan bahan organik sampai habis dengan meninggalkan senyawa-senyawa oksida besi, AL, dan Mn dalam lapisan tanah atas.

Beberapa pendapat mengatakan bahwa tertimbunnya oksida Fe, Al, dan Mn pada lapisan tanah atas disebabkan oleh adanya kenaikan kapiler air tanah. Naiknya kapiler air tanah menyebabkan basanya reaksi larutan tanah. Berdasarkan kenyataan profil tanah laterit merupakan ciri perkembangan batuan basa, maka adanya larutan basa disebabkan karena terlindinya basa akibat dekomposisi batuan basa. Pendapat lain mengatakan, bahwa dalam iklim tropika, silikat mengalami hidrolisa karena adanya hidroksil bebas yang menjadikan hidrat silika negatif stabil, sehingga menjadi mudah terlindi. Sebaliknya ion OH bereaksi dengan  $Al_2O_3$  dan  $Fe_2O_3$  dengan membentuk koagulat dan Kristal yang stabil.

### **11.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan Endapan Laterit**

Faktor –faktor penyebab terbentuknya endapan laterit antara lain :

- a. Batuan asal; Adanya batuan asal merupakan syarat utama untuk terbentuknya endapan emas laterit, macam batuan asalnya adalah batuan yang bersifat asam.
- b. Iklim, Curah hujan yang tinggi (basah atau lembab) ditambah temperatur yang tinggi menyebabkan gaya-gaya perkembangan tanah di daerah tropika lebih cepat dan lebih intensif akibat pertumbuhan yang lebat.

- c. Temperatur, temperatur yang tinggi mempercepat proses mineralisasi bahan organik yang dapat mengimbangi proses humifikasi, sehingga terbentuk CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Zat-zat ini selanjutnya mempercepat proses dekomposisi batuan-batuan, dan juga silikat Al dan Fe dengan melarutkan ion basa seperti K, Ca, Na, dan Mg. Tak adanya proses *gleisasi* mempertinggi intensitas pelarutan basa. Adanya basa-basa sebagai kation menjadikan larutan tanah beraksi basa.
- d. Reagen-reagen kimia dan vegetasi; Yang dimaksud dengan reagen-reagen kimia adalah unsur-unsur dan senyawa-senyawa yang membantu mempercepat proses pelapukan. Air tanah yang mengandung CO<sub>2</sub> memegang peranan penting dalam proses pelapukan kimia. Asam-asam humus menyebabkan dekomposisi batuan dan dapat merubah pH larutan. Asam-asam humus ini erat kaitannya dengan vegetasi daerah.
- e. Struktur geologi; Seperti diketahui, batuan beku mempunyai porositas dan permeabilitas yang kecil sekali sehingga penetrasi air sangat sulit. Dengan adanya rekahan-rekahan pada batuan ultrabasa tersebut akan lebih memudahkan masuknya air dan berarti proses pelapukan akan lebih intensif.
- f. Topografi; keadaan topografi setempat akan sangat mempengaruhi sirkulasi air beserta reagen-reagen lain. Untuk daerah yang landai, maka air akan bergerak perlahan-lahan sehingga akan mempunyai kesempatan untuk mengadakan penetrasi lebih dalam melalui rekahan-rekahan atau pori-pori batuan. Akumulasi endapan umumnya terdapat pada daerah-daerah yang landai sampai kemiringan sedang, hal ini menerangkan bahwa ketebalan pelapukan mengikuti bentuk topografi. Pada daerah yang curam, secara teoritis, jumlah air meluncur (run off) lebih banyak daripada air yang meresap, sehingga pelapukan kurang intensif.

- g. Waktu; Waktu yang cukup lama akan mengakibatkan pelapukan yang cukup intensif karena akumulasi unsur emas.

#### 12.4 Pembentukan Endapan Emas Laterit

Emas terbentuk di bagian atas lapisan pedolitik dari zona pelapukan laterit. Emas ini membentuk beberapa bentuk, berkisar dari ukuran besar, membundar seperti partikel nugget dan emas dendrit pada retakan, sampai Kristal kecil di ruang pori.

Sumber primer dari emas pada lingkungan ini kaya akan perak (5-10%). Emas yang terkonsentrasi di profil laterit telah termurnikan secara kimiawi. Hal ini membawa pada perbedaan mobilitas dan membuat Au dan Ag menjadi fluida meteorik yang meresap ke zona lapuk. Kejadian ini membutuhkan kondisi lingkungan yang relatif asam ( $\text{pH} < 5$ ), oksik, dan salinitas rendah-sedang, akibat pengaruh laut atau curah hujan.

Ketika  $\text{Fe}^{2+}$  teroksidasi dengan oksigen bebas maka terjadi sebaliknya yaitu perak dalam kondisi tereduksi, termasuk  $\text{AgCl}$  (sifat kimia paling stabil) dan  $\text{CaCl}_2$  atau  $\text{AlCl}_3$ . Dengan demikian, partikel alloy Au-Ag di lingkungan surficial akan lebih mungkin untuk mengalami pencucian dari Ag pada kondisi yang luas.

Unsur Au-Ag dalam keadaan berbentuk partikel alloy pada lapisan regolith dan diantara permukaan atas tabel air akan mengalami pelarutan dalam kondisi tersedianya asam, oksigen, dan salinitas air tanah yang cukup yang berlaku. Selanjutnya proses pemecahan partikel dan pelepasan Au dan Ag oleh oxyhydroxide besi fase. Dan dalam mineral goethite dapat mengandung partikel kecil emas murni yang tinggi. Sedangkan logam perak terbentuk pada tahap akhir dan diendapkan dalam goethite pula. Proses ini membuktikan bahwa kelarutan emas tinggi hanya dipertahankan pada Eh tinggi dan logam endapan dengan hanya sedikit mengalami penurunan Eh bawah kondisi reduksi seperti yang dijelaskan oleh reaksi:



Penurunan kelarutan dan presipitasi  $\text{AuCl}_4^-$  pada emas, menunjukkan interaksi cairan dengan regolith secara reduksi dimana, kehadiran  $\text{Fe}_2^+$  dan  $\text{Mn}_2^+$  Lebih meningkat mendalam dalam profil dan di bawah permukaan air. Reaksi redoks, yang dikontrol oleh curah hujan menyebabkan terbentuknya emas di lingkungan ini dan menjelaskan hubungannya dengan mineral seperti goethite dan manganite. Dibawah kondisi yang sama di mana emas mengendap, perak sebagai  $\text{AgCl}$  tetap dalam larutan dan akan diangkut jauh dari lokasi pengendapan emas.

Partikel alloy Au-Ag primer yang tidak terkait erat dengan besi atau oxyhydroxide mangan cenderung menunjukkan penurunan kehadiran perak sekitar tepi dan pembentukan kemurnian emas disekitar *halos*. Produk yang dihasilkan baik difusi perak dari margin luar dari partikel, atau reduksi pengendapan emas secara in situ. Hal ini juga harus diketahui, ion klorida dapat mempercepat pelepasan emas dan perak yang baik pada kondisi iklim kering, seperti Australia Barat. Pada kondisi lembab, sona aktivitas ion klorida tropis berkurang tinggi curah hujan pengenceran dan senyawa lain, sebagai organik lembab dan asam fulvat, mungkin memainkan peran yang lebih penting dalam pelepasan emas.

Perlu dicatat bahwa mikroorganisme memiliki peran penting dalam konsentrasi emas di tanah laterit. Berdasarkan percobaan, *Bacillus subtilis*, bakteri yang biasa ada di tanah, dapat mengumpulkan emas dengan cara difusi silang dinding sel dan presipitasi di dalam sitoplasma. Diagenesis subsekuen dari sedimen yang mengandung emas yang kaya akan mikroorganisme akan menghasilkan rekristalisasi dal *coalescence* emas membentuk nugget.

## **BAB 4**

### **SUMBERDAYA MINERAL**

#### **4.1 Ciri Khusus Sumberdaya Mineral**

Sumberdaya mineral merupakan bagian dari sumberdaya alam yang tidak dapat diperbaharui, sedangkan sumberdaya alam yang dapat diperbaharui berupa sumberdaya hewani dan sumberdaya nabati. Sumberdaya mineral dan teknologi serta modal tenaga manusia merupakan kebutuhan negara dalam pengelolaannya. Negara-negara dengan potensi sumber alam yang besar serta beraneka ragam dan kemampuan pengelolaan yang besar yang didukung oleh potensi sumberdaya lainnya akan mampu menghadapi tantangan, ancaman, hambatan dan gangguan yang datang dari luar. Memiliki potensi sumberdaya alam tanpa dibarengi dengan kemampuan pengelolaan juga akan berpengaruh terhadap stabilitas serta kehidupan ekonomi suatu Negara.

Sektor sumberdaya mineral dan energi menjadi pendorong pengembangan wiayah. Kabupaten Mamberamo memiliki wilayah administrasi cukup luas dan endapan mineral dan bahan baku energi yang tersebar pada lokasi yang masih kosong. Pengelolaannya perlu selalu memperhatikan kelestarian kemampuan lingkungan hidup serta keselamatan terhadap bencana geologi. Letak wilayah administrasi yang dialiri oleh Daerah Airan Sungai Mamberamo (DAS Mamberamo) sangat perlu jaminan pengelolaan berbasis lingkungan sehingga siklus air terjamin dari kontaminan. Pengelolaan sumberdaya mineral dan lingkungan hidup harus diarahkan agar dalam segala usaha pendaya gunaannya tetap memperhatikan kesimbangan lingkungan serta

kelestarian fungsi dan kemampuannya hingga disarming data memebrikan manfaat sbesar-besarnya bagi pembangunan dan kesejahteraan masyarakat Kabupaten Mamberamo Raya. Untuk itu perlu diciptakan suasana kemasyarakatan yang mendukung pembangunan, terwujudnya kreatifitas dan oktoaktiftas.

Sumberdaya mineral atau mineral atau bahan galian atau juga bahan tambang adalah zat yang terdapat dala kerak bumi, terbentuk secara alami dan mempunyai rumus kimia yang tetap serta bentuk kristal tertentu. Penyebaran mineral yang tidak merata memerlukan tenaga terampil yang dapat menangani teknologi, oleh karena itu suasana keamanan perlu dilakukan dalam upaya meningkatkan ekonomi daerah serta pengembangan wilayah berwawasan nusantara. Penyiapan swadaya dan keikutsertaan masyarakat dalam hal teknologi pengelolaan sumberdaya mineral, penguasaannya melalui alih teknologi, peningkatan ketrampilan demi pemerataan kesempatan kerja dan mengurangi kecemburuan social. Hal ini merupakan tantangan yang berat karena kenyataannya sukarnya diperoleh tenaga lokal yang terampil.

## **4.2 Tahapan Penambangan**

Tahapan penambangan adalah proses perubahan nilai letakan sumberdaya mineral (mineral resource) menjadi nilai ekonomis sumberdaya mineral berpotensi atau cadangan (mineral resource). Perubahan tahapan harus dipahami, karena meskipun suatu daerah mengandung logam emas namun belum tentu langsung ditambang.

Kegiatan penyelidikan umum merupakan langkah awal usaha penambangan yang ditujukan untuk mencari dan menemukan endapan bahan galian. Untuk mengetahui sumber bahan galian batubara, biasanya dilakukan dengan menyertakan ahli pertambangan dan geologi. Untuk menentukan potensi mineral pada suatu daerah tertentu, karena perlu dilakukan pengujian geologi. Eksplorasi merupakan rangkaian

kegiatan penelitian, pengujian kandungan mineral, pemetaan wilayah dan kegiatan lainnya yang dibutuhkan untuk mendapatkan informasi tentang lokasi, dimensi, sebaran, kualitas dan sumber daya serta info lingkungan sosial dan lingkungan hidup. Kegiatan Eksploitasi ini pada umumnya meliputi kegiatan : Proses pembukaan lahan (land clearing), Pengeboran dan Penggalian, Pengolahan dan pemurnian, Pengangkutan dan Penjualan. Studi Kelayakan dibutuhkan sebagai informasi kelayakan ekonomis dan teknis pertambangan, proses analisis mengenai dampak lingkungan serta perencanaan pasca tambang. Studi Kelayakan tersebut memuat data dan keterangan mengenai usaha pertambangan tersebut, yang dilakukan oleh ahli mengenai hal tersebut. Reklamasi adalah proses rehabilitasi lingkungan yang rusak akibat kegiatan penambangan.

#### **4.3 Perhitungan Cadangan**

Penerapan klasifikasi dan nilai perhitungan cadangan pada daerah inventarisasi mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang klasifikasi Sumberdaya Mineral dan cadangan (1998). Kesederhanaan geometri endapan bahan galian merupakan dasar penerapan perhitungan cadangan bahan galian industri yang dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti metode poligon, penampang melintang atau metode geometri lainnya. Adapun rumus metode perhitungan, sebagai berikut :

- **Metode Cross Section**

Metode Cross Section masih sering dilakukan pada tahap paling awal dari perhitungan. Hasil perhitungan secara manual ini dapat dipakai sebagai alat pembandingan untuk mengecek hasil perhitungan yang lebih canggih dengan menggunakan komputer.

- **Rumus prismoida :**

$$V = (S_1 + 4M + S_2) L / 6$$

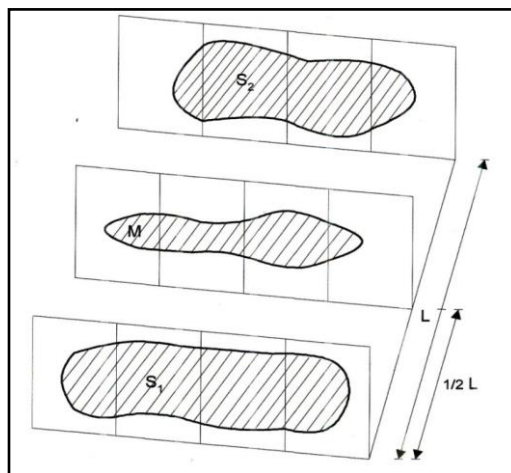
Keterangan :

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> = Luas penampang ujung

M = Luas penampang tengah

L = Jarak antara S<sub>1</sub> dan S<sub>2</sub>

V = Volume



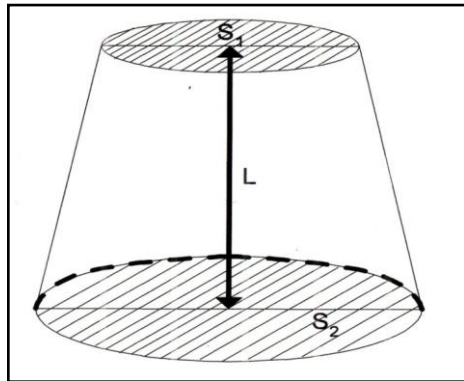
Sketsa Perhitungan Volume Rumus Prismoida.

- **Rumus kerucut terpancung :**

$$V = \frac{L}{3} (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2})$$

Keterangan :

- $S_1$  = Luas penampang atas
- $S_2$  = Luas penampang alas
- $L$  = Jarak antar  $S_1$  dan  $S_2$
- $V$  = Volume



Sketsa Perhitungan Volume Rumus Kerucut Terpancung

- **Rumus luas rata-rata (mean area) :**

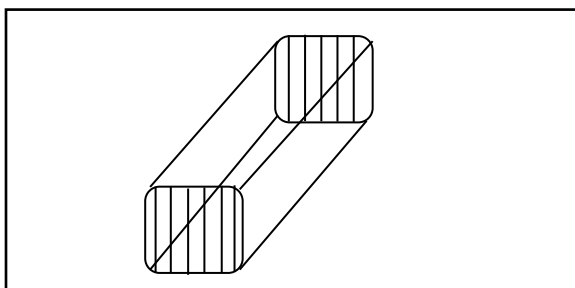
$$V = \frac{(S_1 + S_2) \cdot L}{2}$$

Keterangan :

$S_1, S_2$  = Luas penampang

$L$  = Jarak antar penampang

$V$  = Volume cadangan



Sketsa Perhitungan Volume dengan Rumus Mean Area



## **BAB 5**

### **POTENSI SUMBERDAYA MINERAL DAN ENERGI**

#### **5.1 Sumberdaya Mineral Non Logam**

##### **1.Sirtu**

Sirtu (pasir dan batu) terbagi dua, yaitu : (1) pasir halus ; (2) pasir dan batu, yang dibedakan pada sifat fisik dan komposisi mineral penyusunnya.

##### **(1) Pasir Halus**

- **Kenampakan Fisik**

Diameter bervariasi dari material berukuran pasir sampai pasir halus yang bercampur dengan lempung dan lumpur. Dalam kondisi basah berwarna abu-abu tua dan kondisi kering berwarna abu-abu terang. Bila dalam kondisi kering, kandungan material lumpur dan lempungnya berkurang yang menyebabkan perubahan berat pada bahan galian pasir halus. Terbentuk dari hasil transportasi sedimen penyusun Formasi Mamberamo.

- **Sebaran**

Menyebar sebagai endapan Sungai Mamberamo maupun pada dataran banjir di Lokasi Haya I dan Haya II Distrik .

- **Pemanfaatan**

Hasil pengujian fraksinasi material diketahui komposisi kadar lumpur dan lempung 14,27% sampai 17,43%. Meskipun bahan galian pasir halus ini berkomposisi lumpur dan lempung cukup tinggi, namun dapat digunakan secara langsung sebagai bahan lapisan dasar bangunan.

## **(2) Sirtu**

- **Kenampakan Fisik**

Tipe 1. Sirtu berbentuk singkapan dan endapan sungai tersusun dari pasir kasar yang bercampur dengan batuan kerikil sampai bongkah. Pasir kasar berlapis ke arah timur laut, warna abu-abu terang sampai gelap, berukuran halus sampai kasar, bentuk sub angular sampai sub rounded. Tersingkap sebagai endapan sungai maupun dataran banjir. Batuan terdiri dari metasedimen tersilisifikasi, konglomerat, andesit, basal, metamorf dan sedimen tersilisifikasi. Andesit berwarna abu-abu, abu-abu kecoklatan, berukuran lebih kecil dari 180 cm. Batuan basal berwarna coklat kehitaman, kecoklatan berukuran lebih kecil dari 150 cm. Batuan metamorf skiss, gneiss berwarna abu-abu, abu-abu kecoklatan, rapuh, berukuran lebih kecil dari 100 cm.

Tipe 2. Sirtu dijumpai sebagai singkapan dan endapan sungai bersumber dari fragmen konglomerat kerikil sampai kerakal terdiri dari basal, andesit, silisifikasi, kuarsit dan lapisan batupasir, batulanau. Material pasir memiliki warna gelap bervariasi ukuran, menyudut sampai agak membuldar.

- **Sebaran**

Menyebar sebagai endapan maupun dataran banjir Sungai Baidesifu, Sungai Rokia Dabra (Distrik Mamberamo Hulu). Sirtu di Kasonaweja dan Burmeso dijumpai sebagai endapan maupun dataran banjir Sungai Namuri, Sungai Burmeso dan morfologi perbukitan.

- **Pemanfaatan**

Digunakan sebagai batu timbunan, bahan pondasi bangunan ataupun pengerasan jalan,

## **2. Batu Permata**

- **Kenampakan Fisik**

Batuan yang dapat dijadikan batu permata, umumnya terbentuk dari proses hidrotermal yang menyebabkan terjadinya perubahan sifat fisik kimia mineral. Perubahan ini menyebabkan batuan berwarna terang ataupun memiliki warna yang berbeda dengan batuan yang lain.

- **Sebaran**

Dijumpai di Dabra, Kasonaweja dan Burmeso. Umumnya sebagai material endapan sungai maupun fragmen konglomerat yang telah mengalami silisifikasi, berwarna kehijauan, hijau muda, kecoklatan, kemerahan, putih abu-abu.

- **Pemanfaatan**

Pemanfaatan batuan menjadi batu permata melalui proses pemotongan atau pembentukan ukuran, selanjutnya dengan penggosokan (poles). Hasilnya dapat dijadikan batu permata atau batu cincin dengan corak yang khas yaitu corak gores garis berwarna abu-abu kehijauan, merah kehitaman.

#### 4. Lempung

- **Kenampakan Fisik**

Umumnya lempung akan mengalami pengotoran yang disebabkan oleh kontak dengan batuan lanau.

- **Sebaran**

Tersingkap dalam bentuk spot di Sikari (Distrik Roufaer) dan Krusta (Distrik Mamberamo Tengah-Timur).

- **Pemanfaatan**

Hasil analisis laboratorium XRD (X-Ray Diffraction), diketahui rata-rata komposisi kimia sebagai berikut :  $\text{SiO}_2$  (61.45%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (18.72%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (12.89%),  $\text{K}_2\text{O}$  (3.43%),  $\text{TiO}_2$  (1.71%),  $\text{CaO}$  (0.73%),  $\text{MnO}$  (0.586),  $\text{BaO}$  (0.132%),  $\text{ZrO}_2$  (0.07%) dan  $\text{SrO}$  (0.07%).

Pemanfaatan lempung untuk bahan baku pembuatan genteng dan batubata (bata merah) sebagai bahan dinding rumah. Hal ini didasarkan pada komposisi silika cukup tinggi dan besi oksida relatif rendah.

#### 5.2 Pengelolaan Sumberdaya Mineral Non Logam

**Pasir halus.** Sebagai salah satu bahan galian non logam yang paling luas penggunaannya dalam konstruksi bangunan. Bahan galian pasir halus belum dimanfaatkan oleh penduduk setempat, meskipun fungsi pasir halus adalah sebagai bahan pelapis dasar dalam konstruksi bangunan maupun jalan. Meskipun pasir halus di Daerah Haya berkomposisi lumpur dan lempung cukup tinggi, namun dapat digunakan

secara langsung sebagai bahan lapisan dasar bangunan, misalnya pelapis dasar *paving block*.

Penggunaan secara langsung pada bahan konstruksi bangunan dapat menurunkan kualitas konstruksi bangunan, disarankan untuk penggunaan bahan konstruksi bangunan sangat perlu dilakukan proses pencucian guna menurunkan presentase lumpur maupun lempung 1,5% sampai 4%. Menurunnya komposisi lumpur dan lempung pada pasir halus sangat cocok untuk campuran semen.

**Sirtu.** Pasir dan Batu yang terdapat di daerah Distrik Mamberamo Hulu dan Mamberamo Tengah, terdiri dari material pasir memiliki warna bervariasi gelap, membentuk endapan sungai maupun dataran banjir. Material batu bersumber dari endapan sungai dan fragmen batuan konglomerat yang terdiri dari batuan andesit, basal, metamorf dan sedimen tersilisifikasi. Komposisi lumpur dan pasir relatif kecil dan dapat digunakan sebagai bahan adukan semen dan pasir timbun.

**Batu permata.** Hampir seluruh batuan dapat dijadikan permata bila memenuhi syarat variasi warna dan corak yang spesifik. Oleh sebab itu permata bersumber dari batuan maupun dari mineral. Ahli petrologi lebih condong memilih batuan sebagai permata yang memiliki isyarat kejadian geologi suatu batuan, sedangkan gemologis pada keindahan warna, tingkat kesulitan dan nilai ekonomisnya. Karenanya batu permata tergantung pada fluktuasi harga, kenaikan nilai, stabilitas tinggi, mudah dipindahkan dan resisten terhadap perubahan ekonomi. Pengelolaannya cukup sederhana sebagai industri rumah tangga dengan beberapa peralatan, seperti :

1. Grinda tangan yang dayanya 320 Watt 220V
2. Mini Drill
3. Mata grinda
4. Kepingan CD bekas

5. Spon
6. Isolasi dobel tip
7. Baut panjang 3cm, diameter 3 mm + baut
8. Kertas gosok no. 400, 800 dan 1500, masing-masing 1 lembar.
9. Power supply daya 5A dengan Out put 6 - 12 V dc

**Lempung.** Dapat dimanfaatkan untuk membuat batamerah dan genteng. Persyaratan utama untuk genteng adalah tingkat pengerutan harus rendah, tidak mengandung bahan organik yang dapat menyebabkan genteng/keramik berpori. Pemanfaatan lempung residu ini terutama sebagai bahan baku pembuatan batubata, dapat dilakukan oleh masyarakat sebagai matapencarian, maupun sebagai penghasilan tambahan. Untuk pembuatan batubata, batu genteng perlu dilakukan percobaan, serta bimbingan teknis dari tenaga ahli. Dari hasil analisa kimia berdasarkan kandungan silika, alumina dan oksida besi, maka lempung di Daerah Sikari memiliki komposisi alumina (12,89 %) lempung akan lebur pada temperatur rendah, tingginya kandungan oksida besi (18,72%) akan memberikan warna coklat sampai kemerahan pada hasil bakaran, adanya senyawa hilang dibakar (3,88%) akan memberikan warna hitam (black core), apabila pembakaran (pemanasan) tidak berlangsung sempurna.

### **5.3 Sumberdaya Mineral Logam**

#### **1. Emas**

- **Kenampakan Fisik**

Bahan galian emas dijumpai sebagai (1) emas primer (2) emas sekunder. Secara sederhana, emas primer dicirikan oleh sifat fisik yang menyatu dalam urat kuarsa atau menyebar dalam batuan (diseminasi). Emas sekunder mencirikan sifat transportasi pada material lepas, batuan lepas (*non insitu*), pasir maupun tanah.

- **Sebaran**

Menyebar berbentuk spot endapan irreguler.

**Pemanfaatan**

Bahan galian logam emas plaser memiliki nilai komersial yang tinggi dan dapat langsung diperjualbelikan. Logam emas primer memiliki nilai komersial namun memerlukan tahapan ekstraksi dari mineral pengotor.

## **2. Stibnit**

- **Kenampakan Fisik**

Mineral stibnit termasuk bahan galian yang langka dengan nama lain mineral antimoni kadang juga mengandung sedikit arsen, perak, besi dan tembaga. Sifat fisiknya berwarna abu-abu keperakan dan rapuh, bersifat semilogam karena tidak berkilap logam namun bersifat malleable pada bentuk murni. Jika teroksidasi berwarna abu-abu gelap.

- **Sebaran**

Dijumpai pada topografi perbukitan yang sebarannya dipengaruhi oleh struktur geologi regional di Daerah Dabra Distrik Mamberamo Hulu.

- **Pemanfaatan**

Pemanfaatan mineral stibnit sebagai bahan campuran non logam tahan api pada plastik, tekstil, dan karet, campuran logam *alloy*.

### **3. Tembaga dan Besi**

- **Kenampakan Fisik**

Dijumpai pada topografi perbukitan yang menyebar ke arah timur barat dan dipengaruhi oleh gangguan struktur geologi dengan arah tidak beraturan, mengisi rongga rekahan batuan intrusi dengan arah sebaran relatif baratlaut-tenggara. Indikasi logam membentuk mineral hematit, magnetit, goetit, pirit, kalkopirit, bornit dan kalkosit.

- **Sebaran**

Keterdapatannya indikasi logam tembaga dijumpai pada topografi perbukitan dan masih termasuk daerah Dabra Distrik Mamberamo Hulu

- **Pemanfaatan**

Bahan galian tembaga dan besi dapat digunakan sebagai bahan baku industri logam dan memiliki klasifikasi industri barang ekspor.

### **4. Timah Hitam**

- **Kenampakan Fisik**

Logam timah hitam dijumpai pada sona alterasi berwarna coklat sampai coklat kehitaman. Bahan galian timah hitam memiliki kemiripan genetik dengan

seng yang disebabkan oleh proses pembentukan magmatisme dalam bentuk persenyawaan sulfida dan mengikuti rekahan batuan umumnya dikategorikan sebagai endapan urat.

- **Sebaran**

Keterdapatannya indikasi logam timah hitam dijumpai pada topografi perbukitan yang sebarannya dipengaruhi oleh struktur geologi regional.

- **Pemanfaatan**

Bahan galian timah hitam termasuk semi konduktor yang baik dan digunakan sebagai bahan baku industri baterai, pembungkus kabel, amunisi, campuran logam (*bearing metal*, tipe metal solder), industri cat, industri keramik, industri kimia dan industri nuklir.

## 5. Seng

- **Kenampakan Fisik**

Indikasi bahan galian logam seng (Zn) dijumpai pada rekahan batuan intermedit yang berasosiasi dengan zona alterasi sedang berwarna kecoklatan sampai coklat abu-abu. Umumnya endapan seng dijumpai sebagai akumulasi mineral magmatik pembentuk logam sulfida, oleh sebab itu kuantitas kadarnya sangat tergantung mineral ikutan lainnya. Endapan termasuk unsur yang memiliki afinitas yang rendah dan bersenyawa dengan belerang.

- **Sebaran**

Keterdapatannya indikasi logam seng dijumpai pada zona struktur geologi pada topografi perbukitan.

- **Pemanfaatan**

Bahan galian seng digunakan sebagai bahan baku industri pelapisan dan pelapisan seng pada baja untuk mencegah perkaratan merupakan aplikasi utama seng. Aplikasi-aplikasi lainnya meliputi penggunaannya pada baterai dan campuran logam.

#### **5.4 Pengelolaan Sumberdaya Mineral Logam**

Untuk memudahkan pengelolaannya, jenis sumberdaya mineral logam yang terdapat di Kabupaten Mamberamo Raya terbagi dua, yaitu primer (yang berasosiasi dengan batuan) dan emas sekunder (yang terakumulasi sebagai endapan pasir dan tanah).

Pengolahan paling sederhana dan murah pada emas sekunder maupun primer dikenal dengan proses amalgam atau pengolahan batuan emas dengan menggunakan mesin tromol. Pengolahan ini biasanya digunakan oleh para penambang dalam skala kecil. Dalam pengolahan batuan emas menggunakan mesin tromol alat yang paling dibutuhkan untuk pengolahannya adalah sebuah mesin tromol yang fungsinya sebagai penghancur dan penangkap emas dari bahan batuan emas dan alat ini terbuat dari drum besi.

Hasil pengolahan emas dalam mesin tromol dilanjutkan dengan proses penyulingan air raksa dari merkuri. Karena ingin cepat mendapatkan butiran emas biasanya langsung membakar kandungan logam emas yang masih

bercampur dengan merkuri sehingga merkuri tersebut berubah menjadi asap atau gas. Bagi yang menghirup asap atau gas, akan langsung merasakan dampaknya yang bisa membahayakan diri anda sendiri. Dampak pencemarannya adalah hasil pengolahan dan penyulingan yang masih mengandung merkuri dengan membuang ke aliran sungai atau tanah.

## 1. Batubara

- **Kenampakan Fisik**

**Haya-Sikari-Krusta-Kasonaweja.**Indikasi dua lapisan batubara-lignit-gambut dengan kemiringan relatif  $10^{\circ}$  -  $15^{\circ}$  dan  $35^{\circ}$ - $40^{\circ}$ , menyebar ke arah Timur –Tenggara – Baratlaut dan dipengaruhi oleh struktur geologi. Batuan pengapit atas dan pengapit bawah dari lapisan ini adalah lempung, batulanau berwarna kelabu tua sampai kehitaman berbentuk melensa dan berselingan dengan batupasir halus. Nilai kalori berkisar 3000 Kal/g sampai 4890,50 Kal/g (Tabel 3), (Tabel 4) dan (Tabel 5).

Tabel 3. Nilai Kalori dan proksimat Batubara Daerah Haya (Distrik Roufaer)

Kode Sampel	Nilai Kalori (Kal/g)	Total Sulfur (%)	Ash (%)	Moisture (%)	Volatile Matter (%)
20/RF/HY	4890,50	0,92	6,50	12,82	45,45
21/RF/HY	3050,00	0,69	49,63	11,19	23,98
22/RC/HY	4175,76	1,45	6,04	15,98	55,47
23/RC/HY	4710,10	0,71	7,07	15,27	46,59

Tabel 4. Nilai Kalori dan proksimat Batubara Daerah Sikari (Distrik Rouffaer)

Kode Sampel	Nilai Kalori (Kal/g)	Sulfur Total (%)	Ash (%)	Moisture (%)	Volatile Matter (%)
25/RC/SK	4960,79	1,00	6,75	13,30	46,20

26/RC/SK	4550,77	0,76	10,20	13,70	43,89
29/RC/SK	5000,0	0,75	6,45	15,45	43,25

Tabel 5. Nilai Kalori dan proksimat Batubara Kasonaweja (Distrik Mamberamo Tengah)

Kode Sampel	Nilai Kalori (Kal/g)	Sulfur Total (%)	Ash (%)	Moisture (%)	Volatile Matter (%)
35/RC/KSW	2800,72	0,73	48,93	11,24	24,20
39/RC/KSW	2700,0	0,72	52,59	11,21	22,90
45/RC/KSW	3125,0	0,74	39,69	9,51	30,36

### Pemanfaatan

Dikembangkan untuk kebutuhan industry yang membutuhkan bahan bakar berkalori rendah dan industri rumah tangga.

## 5.5 Pengelolaan Batubara

- a. Batubara yang menyebar di lokasi Haya memiliki *range* kalori batubara antara 4000 kal/g sampai 5000 kal/g atau rata-rata 4700 Kal/g (4666,71), kalori batubara Daerah Sikari antara angka 4800 kal/g sampai 5000 kal/g atau rata-rata 4800 Kal/g (4837,187 Kal/g) dan batubara Daerah Kasonaweja terletak pada angka 2.500 kal/g sampai 3.000 kal/g atau rata-rata 2.800 Kal/g (2875,24). Umumnya batubara tersebut dapat dipergunakan untuk kebutuhan rumah tangga dan industri rumah tangga. Salah satu industri rumah tangga yang dapat berkembang adalah pembuatan batu bata dinding dan genteng, dimana proses pembakaran lempungnya membutuhkan bahan bakar. Namun terlebih dahulu diadakan penyuluhan tentang proses pembuatan batu bata dinding dan genteng serta pemanfaatan tungku batubara.

- b. Kelebihan batubara di Kabupaten Mamberamo Raya adalah rendahnya komposisi sulfur yang dapat memenuhi standar pabrik yaitu nilai total sulfur relatif kecil (0,942%) dan bila dibandingkan dengan standar pabrik yaitu maksimum lebih kecil dari 1% ( $\leq 1\%$ ). Sebagai acuan, beberapa lokasi bahan galian batubara di Provinsi Sulawesi Selatan memiliki kalori cukup tinggi (5000 kkal/kg sampai 7000 kkal/kg), namun nilai total sulfurnya antara 2,9% sampai 3,71%. Hal ini tentu menambah biaya operasional untuk proses desulfurisasi.
- c. Berikut suatu kajian ilmiah terhadap batubara berkalori rendah (<4200 kkal/kg). Perbandingan penggunaan batubara sebagai kebutuhan energi primer dunia adalah 27% dan energi listrik dunia sekitar 41%. Prosentase pembangkit listrik berbahan bakar batubara jauh lebih tinggi, misalnya di Afrika Selatan (93%), Polandia (92%), China (79%) dan Australia (77%) (IEA, 2011 dalam Miftahul dkk, 2012).
- d. Pemakaian batubara untuk bahan bakar pembangkit listrik di Indonesia juga semakin meningkat dan mengarah pada pemakaian batubara peringkat rendah atau lignit yang mempunyai kadar sekitar 4200 kkal/g (*gross as received* atau disingkat GAR). Namun demikian PLTU (pembangkit Listrik Tenaga Uap) batubara yang ada saat ini masih belum bisa menggunakan semua lignit yang tersedia, karena beberapa lignit di Inonesia mempunyai kalori kurang dari 4200 kkal/kg. Sebagai contoh batubara pendopo (seam Benuang) di Sumatera Selatan mempunyai nilai kalori rata-rata 2.600 kkal/kg (GAR) (Lemigas, 2010). Ketimpangan antara kualitas batubara lokal dengan spesifikasi batubara PLTU nampak nyata di Aceh. PLTU Nagan Raya Aceh didesain untuk batubara dengan nilai kalori 4200 kkal/kg (GAR) padahal sebagian batubara Aceh mempunyai nilai kalori kurang dari 4200 kkal/kg (GAR)(Surya,2010).

Manfaat lainnya dari bahan galian batubara yang dijumpai dari wilayah Kabupaten Mamberamo Raya ini adalah dapat digunakan sebagai briket batubara. Ada beberapa keunggulan dalam briket batubara di banding lainnya diantaranya yaitu :

Briket batubara dapat digunakan sebagai energi alternatif, bisa berfungsi untuk pengering tembakau, coklat, kopi sebagai pemanas dalam peternakan ayam, pengeringan ikan, pembakaran industri tahu, tembikar serta banyak lagi manfaat dari briket.

#### Manfaat dan keuntungan memasak dengan Briket (Arang) Batubata

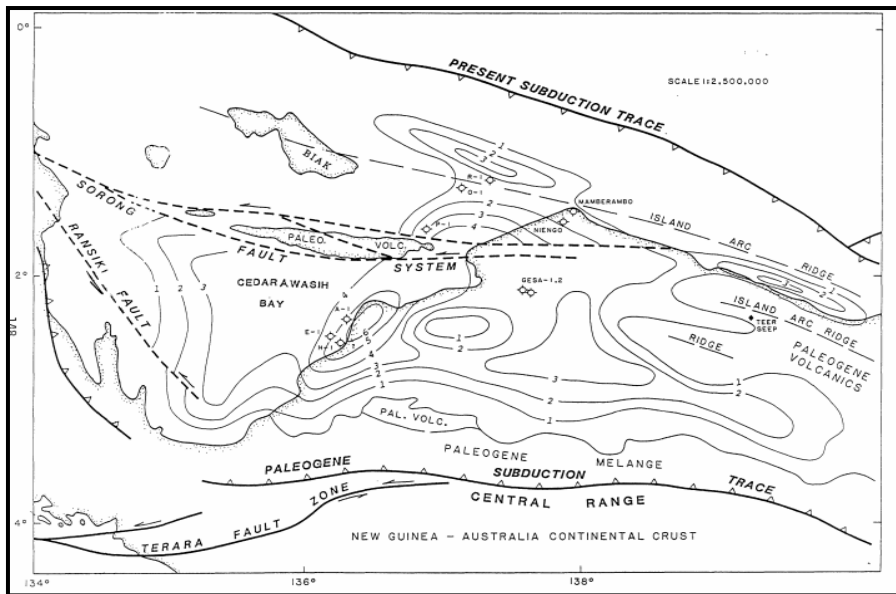
- Lebih irit dan hemat
- Panas dari nyala briket relatif lebih tinggi
- Nyala briket lebih bersih (tidak berjelaga)
- Daya tahan nyala briket cukup lama tidak berbau dan tidak berasap
- Rasa, bau dan aroma dari masakan yang dimasak tetap asli/orisinil
- Aman dan tidak meledak

Briket Batubara akan menunjang program Pemerintah dalam:

- Konservasi hutan
- Konservasi dan diversifikasi energy
- Menghemat devisa Negara
- Memperluan kesempatan berusaha dan lapangan kerja baru
- Mengentaskan masyarakat dari kemiskinan

## **2. Energi Gas**

Laporan AED Oil Limited (2011) menyebutkan bahwa kegiatan eksplorasi dengan metode seismik telah dilakukan sejak tahun 1923 sampai dengan 1958 oleh Perusahaan Shell Group dengan melakukan pemboran pada tiga titik sumur, yaitu: (1) Mamberamo-1 (2) Niego-1 dan (3) Gesa-2. Pemboran di sumur Mamberamo-1 yang kemungkinan dilakukan pada Daerah Rombebai (Distrik Mamberamo Hilir) dan Distrik Sawai yang bertujuan untuk korelasi geologi antara lapisan batuan Cekungan Waropen dan batuan Formasi mamberamo Sedangkan pada sumur Niego-1 dan Gesa-2 bertujuan untuk mengetahui kandungan gas methane dan hidrokarbon (Gambar 6). Beberapa perusahaan yang melakukan kegiatan eksplorasi pada saat itu, antara lain: Shell, Philips dan Arco (Kingston J, 1988).



Gambar 6. Unsur tektonik dan batuan sedimen Cekungan Waropen (Hamilton, 1979 vide Kingston J, 1988)

### 3. Energi Air

Sungai Mamberamo sebagai sumber daya energi terbarukan, potensi hydropower di sungai ini cukup tinggi, mencapai 142,9 miliar m<sup>3</sup> atau dapat

dikembangkan menjadi PLTA berkapasitas 10 .000 sampai 14.000 MW. Analisis morpho-hidrologi memberikan informasi potensi energi listrik dari Sub DAS Vanderwal (Sungai Mamberamo) dengan potensi energi listrik antara 11 Mwatt sampai 78 Mwatt dengan total energi 217 MWatt.

## **BAB 6**

### **GEOKIMIA LINGKUNGAN UNTUK WILAYAH PENGELOLAAN SUMBERDAYA MINERAL**

Telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya tentang kondisi morfologi, litologi, struktur geologi dan jenis sumberdaya mineral yang menjadi landasan pemikiran dalam mewujudkan pengembangan dan pengelolaan berkesinambungan.

Ada tiga aspek penting yang memerlukan pengajian mendalam yaitu : Lahan tempat tersingkapnya sumberdaya mineral, aspek kebencanaan geologi dan DAS Mamberamo.

Perencanaan pemanfaatan lahan dibuat dengan mempertimbangkan kondisi geologi permukaan dan bawah permukaan. Litologi, morfologi dan struktur geologi menjadi penting sehubungan dengan potensi bencana geologi dan tersedianya sumberdaya mineral dan energi menjadi pertimbangan perencanaan. Karena itu konservasi bukan menjadi jaminan yang baik dalam perencanaan tanpa mempertimbangan kandungan sumberdaya mineral yang ada di bawah permukaan mempunyai nilai strategis.

Salah satunya fungsi peranan geologi dalam perencanaan pemanfaatan lahan adalah tersedianya database kebencanaan geologi yang berfungsi dalam mengantisipasi dampak bencana dan mewujudkan tata ruang kawasan yang lebih baik dan aman. Untuk memudahkan langkah perencanaan tata ruang sumberdaya mineral adalah terbentuknya konsep dasar berbasis mitigasi bencana geologi. Salah satu bentuk pendekatan dilakukannya langkah-langkah kegiatan dan penyediaan data dasar geologi spasial, terutama yang berkaitan dengan jenis dan potensi bencana geologi.

Geologi spasial sebagai elemen dasar berfungsi dalam perencanaan penyediaan dan pengembangan infrastruktur yang merupakan kegiatan penting mendukung pengelolaan sumberdaya mineral logam, mineral non logam termasuk batuan serta energi.

Pentingnya posisi DAS Mamberamo sebagai unit perencanaan yang utuh merupakan konsekuensi logis untuk menjaga kesinambungan pemanfaatan sumberdaya mineral, morfologi dan air. Pengelolaan secara terpadu, diperlukan perencanaan secara terpadu, menyeluruh, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan dengan mempertimbangkan DAS Mamberamo sebagai suatu unit pengelolaan secara menyeluruh hulu sampai hilir.

## **6.1 SIFAT BATUAN DAN TANAH**

Perencanaan wilayah memfokuskan geologi sebagai sarana untuk pengambilan keputusan atau kebijakan mengenai arahan penggunaan lahan sesuai dengan data-data dan informasi yang lengkap dan akurat berdasarkan aspek-aspek geokimia lingkungan. Dalam proses perancangan suatu wilayah, perencana harus mempertimbangkan keadaan-keadaan geologi yang ada di dalam wilayah tersebut. Karena, keadaan geologi tersebut mencerminkan kekuatan aspek-aspek lingkungan yang ada di wilayah tersebut, yaitu morfologi, litologi, topografi (relief muka bumi), klimatologi (iklim), stratigrafi (lapisan batuan), Hidrogeologi (hubungan air, batuan, dan tanah), dan bahaya Geologi.

Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa sifat fisik batuan yang menjadi acuan adalah batulanau, batulempung, batupasir yang memiliki kekerasan yang berbeda. Ini pula dirumitkan dengan pengaruh struktur geologi yang membentuk bidang batas batuan dan pada akhirnya menjadi sumber kerawanan bencana.

## **6.2 POLA STRUKTUR GEOLOGI**

Sistem Sesar Mamberamo Raya merupakan strike–slip bergerak mengiri sebagai hasil interaksi antara Lempeng Australia–India di Selatan dan lempeng–lempeng di sebelah Utara (Visser dan Hermes, 1962; Hamilton, 1979; Dow dan Sukamto, 1984; Pieters *et al.*, 1983). Pergerakan Sesar Mamberamo

Raya ditunjukkan oleh kehadiran struktur yang relatif tegak dan menyamping dan jenis batuan yang memiliki sejarah geologi yang berbeda–beda. Pergerakan Sesar Mamberamo Raya yang terjadi di sepanjang Sistem Sesar Mamberamo Raya itu kemungkinan berlangsung dari Miosen Akhir sampai Pliosen dan setelah itu terjadi pensesaran disertai pengangkatan wilayah bagian Utara dan Timur Kepala Burung pada Kala Pliosen dan Kuartar.

## **6.3 PERANAN STAKEHOLDER**

Keberhasilan penataan ruang akan ditentukan oleh seberapa besar masyarakat dapat terlibat dalam kegiatan perencanaan, pemanfaatan ruang, dan pengendalian pemanfaatan ruang yang difasilitasi oleh Pemerintah. Sebagai tahapan pertama dari penataan ruang, maka perencanaan memegang peran strategis dan vital untuk dapat menentukan keberhasilan pemanfaatan dan pengendalian pemanfaatan ruang. Perencanaan yang partisipatif memberikan peluang yang lebih besar untuk terciptanya pemanfaatan ruang yang terpadu dan sinergis, serta pengendalian pemanfaatan ruang yang efektif dan efisien. Tulisan ini baru mencoba menguraikan proses partisipatif dalam tahapan perencanaan tata ruang saja, beserta apa peran dan kontribusi yang dapat dilakukan oleh para perencana.

## **6.4 KOORDINASI, INTEGRASI DAN KOMUNIKASI**

Upaya pengintegrasian antara rencana tata ruang dan rencana pembangunan daerah, namun upaya ini memerlukan pelaksanaan secara maksimal dikarenakan adanya kendala, teknis dan non teknis, serta ketersediaan anggaran

### **SASARAN DASAR PENGELOLAAN SUMBERDAYA MINERAL LOGAM DAN NON LOGAM**

Keterbatasan kesampaian lokasi yang memiliki kesulitan tinggi untuk dijangkau dan indikasi mineralogi merupakan kemungkinan besar bahwa masih banyak sumberdaya mineral yang belum diidentifikasi. Oleh karena itu inventarisasi keberadaan sumberdaya mineral termasuk batuan untuk skala makro dan skala mikro serta peran masyarakat adalah bagian penting dalam pencaharian mineral mengingat kondisi geografis dan hirarki tanah. Fungsi pemerintah dalam melibatkan keikutsertaan masyarakat menjadi sangat penting dalam mengsosialisasikan keberadaan sumberdaya mineral, penambangan rakyat yang ramah lingkungan, dampak penambangan. Selanjutnya melakukan monitoring dan melokalisir penambangan kaitannya dengan tata ruang dan lingkungan serta pendapatan asli daerah. Kegiatan monitoring pada saat ini sangat berbeda dengan monitoring pada masa masih berlakunya UU No 11 Tahun 1967. Era informasi dan reformasi peraturan pertambangan mempercepat pemahaman masyarakat tentang nilai jual suatu bahan galian logam, misalnya emas. Permasalahan muncul ketika masyarakat mulai mengelola sendiri lahannya tanpa menghiraukan dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat masuknya bahan kimia dan rusaknya topografi.

## ASPEK GEOKIMIA LINGKUNGAN

Mengukur tingkat kebencanaan geologi suatu daerah memerlukan peran mitigasi dalam skala yang lebih luas dan bidang prioritas. Perbandingan luasan kebencanaan menjadi acuan sonasi dan perbandingan dalam pengembangan wilayah. Informasi geologi dan rekomendasi yang lebih terinci untuk perencanaan tata ruangnya, utamanya pengkodean jenis bangunan atau garis batas yang jelas, khususnya pada suatu wilayah yang berbahaya, yang perlu ditangani menggunakan penerapan peraturan tertentu, atau bahkan daerah yang sama sekali harus dihindari untuk penggunaan tertentu. Memenuhi aspek kebencanaan geologi diisyaratkan sebagai tersedianya data litologi, struktur geologi, morfologi dan klasifikasi kemiringan lereng. Ketersediaan data tentunya mempertimbangan penggunaan yang mudah dan dapat diakses dari berbagai instansi pengguna, dalam hal ini komputerisasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Data dan peta menjelaskan aspek kebencanaan geologi berdasarkan kontrol morfologi, kemiringan lereng, litologi dan struktur geologi. Tentunya masih memerlukan tambahan data lain seperti kajian klimatologi, resiko gempa dan sumber data lain yang dapat dipadukan sebagai bencana geologi.

Berpindahnya material merupakan awal terbentuknya massa yang tidak padu sehingga rentan dengan perubahan muka topografi, hal ini pula sebagai sumber bencana geologi jatuhan, rayapan dan *sliding*. Jatuhan batuan (*rock fall*) adalah perpindahan massa batuan tanpa melalui bidang gesek dan umumnya bersifat lokal pada komposisi batuan yang sangat lunak. Rayapan adalah perpindahan massa batuan, tanah yang terjadi secara perlahan-lahan mengikuti bentuk kemiringan topografi. Zona rayapan ini dapat membengaruhi terjadinya kestabilan lereng sehingga akan menyebabkan gerakan tanah dan mengakibatkan tanah disekitarnya menjadi longsor. *Sliding* adalah perpindahan massa batuan, tanah yang mengikuti bidang

gelincir, dan umumnya ada daerah jenuh air, dan umumnya bertipe longsor maupun erosi akibat pengikisan air.

### **A. Kontrol Morfologi**

Morfologi Dataran Rendah umumnya ditempati endapan sungai dan rawa. Sifat fisik batuan lanau, lempung, batupasir memiliki permeabilitas berbeda, tidak mampu mempercepat pembentukan kelokan sungai dan sebagai media alir air dan cekakan air di permukaan

Batuan yang menempati Morfologi Perbukitan Landai umumnya memiliki sifat fisik lunak, keras dan kompak. Di beberapa daerah dijumpai lumpur yang berasal dari potal atau batuan campur aduk dengan bongkah yang tergerus. Sebaran perbukitan yang tidak teratur, membulat disertai potal dan curam disertai longsor dijumpai S di sekitar Kasonaweja, S. Apauwar, S. Tor, S. Biri dan sebelah selatan Pegunungan Gauttier.

Pada umumnya batuan sedimen dan beku menyusun morfologi perbukitan terjal berumur geologi lebih tua daripada batuan disekitarnya serta lebih kompak dan keras. Menyebarkan di pegunungan Van Rees, Foya, Gauttier dan Siduarsi.

### **B. Sungai**

Sistem geohidrologi yang mencakup curah hujan dan batuan berpengaruh langsung terhadap meningkatnya volume air permukaan. Permeabilitas batuan penyusun Formasi Mamberamo memiliki perbedaan sifat reservoir yang cukup signifikan oleh karena terdapat perbedaan lokasi kantong air dalam satu lapisan dan mudahnya terjadi luapan pada cabang-cabang sungai. Keadaan ini menandai kurangnya infiltrasi air permukaan mengisi kantong air bawah permukaan. Sifat fisik lapisan batuan sedimen batuan lanau menutupi lapisan batupasir dibawah permukaan

memerlukan pemetaan kantong air bawah permukaan (air tanah) untuk memenuhi kebutuhan air bersih.

Karenanya pemetaan hidrogeologi perlu dilakukan dengan maksud menyediakan data dasar hidrogeologi kualitatif mengenai adanya air tanah dan produktivitas lapisan pembawa air tanah. Berdasarkan pada pemetaan hidrogeologi tersebut diharapkan para perencana pembangunan dapat melaksanakan perencanaan penyediaan air yang bersumber dari air tanah secara lebih teliti.

Di samping itu dalam kegiatan pemetaan hidrogeologi pada wilayah Mamberamo Tengah, Mamberamo Selatan perlu lebih diperhatikan, karena hal itu diperlukan untuk mengetahui secara lebih tepat lokasi daerah resapan dari suatu aliran air tanah. Juga penting sebagai upaya untuk pengisiannya kembali agar kelangsungan dari ketersediaan air tanah di suatu daerah dapat lebih terjamin.

### **C. DAS Mamberamo**

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan tertentu yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas di daratan.

Fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air, kemampuan menyalurkan air, dan ketinggian muka air tanah, serta terkait pada prasarana pengairan.

Daerah Kasonaweja-Burmeso merupakan ibukota kabupaten yang memiliki banyak sungai yang saling berpotongan yang memisahkan morfologi dataran rendah,

landai dan terjal. Sungai-sungai seperti S. Apauwar, S. Tor, S. Biri dan S. Tariku (Rouffaer) umumnya dikontrol oleh struktur geologi dan batuan berlapis. Disamping itu ada banyak sungai lain yang berpotongan satu sama lain, semuanya bermuara pada Sungai Mamberamo (Gambar 7). Ketersediaan sumberdaya mineral yang berhubungan langsung dengan cabang-cabang sungai memerlukan monitoring sifat kimia, utamanya fluktuasi logam berat.



Gambar 7. DAS Mamberamo

#### **D. Kontrol Litologi**

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan diketahui kedudukan batulempung pada daerah Burmeso relatif ke arah barat laut dengan kemiringan ke arah timur laut. Sifat mikroskopis petrografis menunjukkan bahwa sebagian dari mineral-mineral pengikat batulempung dan batulanau telah mengalami pelapukan dan pengkekar. Kondisi kerapatan kekar tersebut menunjukkan kerapuhan pada litologi ini memicu

terjadinya pelapukan intensif dan gerakan tanah, mengurangi konsentrasi terbentuknya air tanah.

## **E. Kontrol Struktur Geologi**

Jenis struktur geologi umumnya terjadi pada batuan sedimen Formasi Unk, batuan campuran aduk dan batuan metamorf. Struktur lipatan berarah Baratlaut-Tenggara sampai Timur-Barat, dengan kemiringan relatif mencapai  $30^{\circ}$ - $50^{\circ}$  dan sudut penunjaman terjal. Rekahan sebagai salah satu pengontrol kestabilan lerang, dimana batuan lunak menyusun daerah penyelidikan umumnya mengalami pengekekan, batuan tersebut mengakibatkan adanya rekahan-rekahan sehingga mudah sekali hancur dan mempercepat proses pelapukan. Batuan yang mengalami pelapukan menyebabkan terjadinya proses longoran (Gambar 8). Bidang gelincir longoran relatif akan mengikuti arah kemiringan dari bidang rekahan kekar pada batuan. Sudut bidang gelincir longoran relatif mengikuti sudut kemiringan rekahan batuan.

Sesar geser yang melewati daerah Burmeso dan sekitarnya dengan arah jurus umum berarah UtaraBaratLaut-SelatanTenggara dan Baratdaya-TimurLaut. Gerak sesar sinistral terindikasi menggeser punggung punggung bukit, melewati Formasi Unk. Sesar naik berrah umum baratlaut-tenggara, utara-selatan dan timurlaut-baratdaya dan terindikasi menyebabkan tersingkapnya batuan campuran aduk. Indikasi sesar naik tersebut dapat dilihat adanya pelapisan tegak pada batu lanau yang tersingkap di Burmeso Kasonaweja.



Gambar 8. Longsor sona sesar pada sisi jalan

## **F. Kontrol Geokimia Lingkungan**

Geokimia merupakan penjelasan bahwa lapisan bumi yang dimulai dari inti bumi sampai kerak bumi tersusun oleh berbagai komposisi kimia dengan ikatan kimia yang berbeda. Membentuk sifat zat padat cair dan gas. Proses geologi yang terjadi berjuta-juta tahun merubah komposisi kimia pada cairan magma, batuan kerak membentuk susunan struktur kimia yang dikenal sebagai mineral.

Bereaksinya komposisi kimia yang menyusun batuan, tanah dan mineral dikarenakan oleh dua faktor, pertama disebabkan oleh reaksi alamiah (*lithogenic*) dan reaksi oleh manusia (*anthropogenic*)

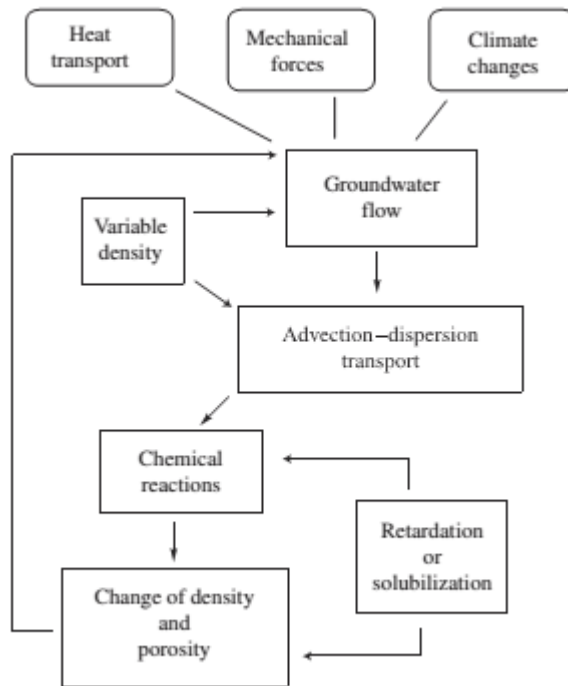
Kegiatan pengelolaan sumberdaya mineral yang berkembang skalanya menjadi usaha pertambangan selalu berkaitan dengan lingkungan habitatnya, seperti tanah, air dan tumbuh-tumbuhan. Karena itu salah satu faktor mendasar yang tidak dapat dihindari pada saat melakukan tahapan eksploitasi karena terjadinya degradasi lingkungan. Pengelolaan sumberdaya mineral yang tidak berpedoman pada prinsip-

prinsip ekologi, dapat menimbulkan kontaminasi lingkungan geokimia yaitu munculnya sifat kimia reaktif pada unsur. Sifat reaktif karena terjadi perubahan langsung dan/atau tidak langsung terhadap sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup. Sensitifitas geokimia pada unsur sangat tinggi akibat perubahan kimia mineral karena didasari pada prinsip unsur di alam yang mulanya dalam keadaan stabil dalam tanah dan batuan. Kemudian ketika terjadi pembongkaran pada batuan dan tanah maka struktur kimia unsur menjadi tidak stabil.

Jelas bahwa merubah topografi atau perubahan lingkungan yang tidak terkendali akibat penambangan membawa dampak pada terjadinya berbagai bencana yang sangat menyengsarakan masyarakat.

Secara geokimia hasil penambangan memberi pengaruh pada lingkungan karena sifat reaktif logam berat relatif kuat mengalami erosi dan terurai pada air tanah, air permukaan. Karena sifat transportasi logam berat mengalami gangguan mekanisme mobilitas yang dipengaruhi oleh perubahan aliran air tanah dan air permukaan. Apabila bereaksi dengan air hujan akan cenderung meningkatkan mobilitas unsur logam lepas yang terdapat pada tanah dan konsentrasinya meningkat.

Dampak yang sangat mudah terjadi di kalangan masyarakat dan dilakukan sendiri oleh masyarakat adalah pengolahan emas dengan proses tromol dengan menggunakan merkuri. Sifatnya sangat reaktif sehingga sungai dan tanah yang telah tercemar logam berat merkuri bukan hanya membahayakan komunitas biota yang hidup dalam perairan tersebut, tetapi juga akan membahayakan kesehatan manusia. Sifat logam berat yang persisten pada lingkungan, bersifat toksik pada konsentrasi tinggi dan cenderung terakumulasi pada biota. Senyawa metil merkuri yang merupakan hasil dari limbah penambangan emas masuk ke dalam rantai makanan, terakumulasi pada ikan dan biota sungai.



Gambar 9. Proses geokimia yang berbeda (Zhu C dan Anderson, 2002)

Secara sederhana, proses *lithogenic factor* seperti perubahan iklim, proses kompaksi mekanik batuan dan tanah, dan perubahan lapisan air tanah sebagai dispersi geokimia. Disamping itu reaksi kimia pada transportasi logam berjalan mengikuti porositas dan permeabilitas aliran air tanah dan air permukaan.

Sistem transportasi logam berat dalam lingkungan geokimia memiliki hubungan dengan kimia unsur jejak (*trace element*). Unsur jejak adalah istilah umum yang diberikan pada unsur konsentrasi rendah pada soil dan batuan, contohnya Cu, Zn, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb sebagai kation dan As, Se, Mo, B sebagai anion. Unsur jejak (*trace elements*) memiliki konsentrasi <0,1% berat, unsur minor (*minor elements*) dengan

konsentrasi (0,1-1)% berat dan unsur mayor (*major elements*) (>1% berat) (Roberts, 2004 dalam White,2011).

## DAFTAR PUSTAKA

- .....AED Oil Limited, 2011, *Investor Update*, AED.....
- Aladin, 2011, *Sumberdayaalam Batubara*, Penerbit Lubuk Agung, Bandung.
- Baal JV, Galis KW,Koentjaraningrat RM, 1984, *West Irian A Bibliography*, Foris Publications Dordrecht-Holland/Cinnaminson-USA
- .....*Biro Pusat Statistik Tahun 2013...*
- Butt,CRM., Morris.R.C., Piantone.P. 2003. *Nickel Laterites : A Review*,Society of Economic Geologists. Australia. 54 : 10-16.
- ....., 2012, *Tinjauan Ekonomi dan Keuangan Papua*, Kementerian Keuangan Republik Indonesia Direktorat Jenderal Perimbangan Keuangan.
- Conservation International, 2007, *Integrating Biodiversity and Hydrological Processes into Conservation Planning at the Landscape Scale, Workshop on Integrating Hydrological Biodiversity and Socio-economic Analysis for Conservation*, India
- ....., *Profil Pembangunan Papua 2013*,.....
- .... *Data Agregat Kependudukan Per Kecamatan (DAK2) Provinsi Papua, Kabupaten/Kota Mamberamo Raya Tanggal 06-12-2012*....
- Corbett, G,J., T.M. Leach. 1996. Southwest Pacific Rim gold/copper systems : structure, alteration, and mineralization . A workshop presented for the Society of Exploration Geochemists at Townville, 145pp.
- Davis,CA, Tomlison K, Stephenson T, 1991,Heavy Metals in Riber Tees Estuary Sediments, Environment Technology, Canada.
- Dube A,Zbytniewski T,K,C, Buszewski,2001,Adsorption and Migration of Heavy Metals in Soil,Polish Journal of Environmental Studies,v.10No.1
- Dow DB, Sukamto., 1984, *Later Tertiary to Quaternary Tectonics of Irian Jaya*, Episodes,v.7, no.4

Evan Anthony. M, 1993, *An Introduction Ore Geology and Industry Minerals*, 3th Edition, Blackwell Publishing, Singapore.

Gorsel JTV, 2013, *Bibliography Of The Geology Of Indonesia and Surrounding Areas*,....

Hedenquist, J. W., Arribas, A. R., dan Urien E. G., 2000, Exploration for Epithermal Gold deposits, *Economic Geology*, vol. 13, p. 245-277.

<http://www.bapedalh.papua.go.id/page/63/delta-mamberamo-di-provinsi-papua-indonesia.htm>

<http://www.alpensteel.com/article/66-105-energi-sungai-plta--waduk--bendungan/1932--pembangkit-tenaga-listrik-tenaga-air-sedunia>

Kingston John, 1988, Undiscovered Petroleum resources of Indonesia, United States Department Of The Interior Geological Survey, open-File Report.

Martin J Hughes, Stephen P Carey, And Andrew Kotsonis , Lateritic Weathering And Secondary Gold In The Victorian Gold Province, Lateritic Weathering And Secondary Gold, Geology Department, University Oj Ballarat.

Miftahu H, Gandhi K,Nining SN, Sugana, 2012, *Peluang Aplikasi Teknologi Pengeringan Batubara dan Blending Batubara di Indonesia Ditinjau Dari Segi Ekonomi dan Lingkungan*,M&E.v.10.no.3

Nordstrom DK,2011,Hydrogeochemical Processes Governing the Origin, Transport and fate of Major and trace Elements from Mine Waste and Mineralized Rock to Surface waters,Applied geochemistry,Published by Elsevier Ltd.

Robb Laurence, 2005, Introduction to ore-forming processes, Blackwell Publishing, Australia

Sawkar RH., Vasudev VN, 2009, Gold Industry In India – Resources, Reserves, Mining, Metallurgy And Environment, Jour.Geol.Soc.India,Vol.74, Sept. 2009.

Smith KS,2007,Strategis to Predict Metal Mobility in Surface mining Environments,The Geological Society of America Review Engineering geology.v.XVII.

Standar Nasional Indonesia, *Amandemen 1-SNI 13-4726-1998.ICS 73.020, Klasifikasi dan Sumberdaya mineral dan Cadangan*.Badan Standarisasi Nasional.

- Taylor, H.P., Jr., 1973, O18/O16 evidence for meteoric-hydrothermal alteration and ore deposition in the Tonopah, Comstock Lode, and Goldfield Mining Districts, Nevada: *Economic Geology*, v. 68, p. 747-764.
- Tim Sintesis Kebijakan, 2008, *Percepatan Pembangunan Pertanian Berbasis Sumber Daya*, Pengembangan Inovasi pertanian 1 (2).
- Vivo DB, Belkin HE, Lima, 2008, *Environmental Geochemistry, Site Characterization Data Analysis and case Histories*,
- Wegen GV, 1971, *Metamorphic Rocks in West Irian*, Scripta Geol. I-16, Leiden.
- White WM, 2011, *Geochemistry, Chapter VII*, Wiley-Blackwell (ISBN 978-0470656686)
- Yoteni H, Kemp, 2005, *Community based Assessment of Hydro-Ecological Processes and Its Integration Into Conservation Planning in the Mamberamo Biodiversity Corridor*, Indonesia, ...
- Zhu C, Anderson, 2002, *Environmental Application of Geochemical Modelling*, Cambridge Univ. Press

## STATISTICAL EVALUATION OF BAEDISIFU MINERALIZATION-RELATED STREAM SEDIMENT MAMBERAMO RAYA REGENCY, PAPUA PROVINCE INDONESIA

ADI TONGGIROH <sup>1)</sup>, RYOHEI TAKAHASHI <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Envi. Geochem Lab. Hasanuddin University, Makassar Indonesia Jl. Poros  
Malino KM 6 Bontomarannu 92171, Makassar, East of Sulawesi, Indonesia

<sup>2)</sup> Mineral Resources, Akita University Japan  
(Received 22 February, 2017; accepted 5 April, 2017)

**Key words** : Baedisifu, Gauttier, Stream sediment, *Proximity matrix*

**Abstract**—This study aimed to distinguish the mineralization characteristics between igneous and sedimentary rocks in the area, by applying stream sediment method and correlating statistical characteristics of the elements contained. Sphalides metal mineralization which represents by Cu is characterized by closed-relationships with Pb and Zn. The presence of those elements is typical for porphyry copper gold deposits. Based on proximity matrix and dendogram cluster membership, there are six groups of mineralization: (1) Au, W, Bi, Mo (2) As, Sn, Mo, Pb (3) Cu, Pb, Mo, Au (4) Pb, Ag (5) Mo, Au, Sn (6) Ag, Sn. There is a specific feature in these groups, where As, Mo, and Pb are clustered, and in other cluster Cu and Zn. This feature suggesting a mineralization process that produced metal associations of Au-Cu-Mo, Cu-Pb-Zn in a porphyry copper system. Proximity matrix test was also performed on samples AD/RC-02, AD/ RF-04, AD/RC-05, which resulted an indication that chip samples taken from our crop and floats (metamorphosed altered andesite-diorite boulders) taken from stream sediment, has a relationship in mineralization process, despite the different kind of the rocks.

### I. INTRODUCTION

The study area is included in the Central and Northern Range of Papua Island. Lithology of the northern range is composed by sedimentary rocks of North Irian Basin (McAdoo and Haebig, 1999) or Mamberamo Basin (Baldwin, 2012), that distributed from the highlands to low relief topography, and at the southern part, metamorphic rocks exposed in highlands topography, in relatively east-west trend. Sedimentary rocks of Unk Formation, Mamberamo Formation, and Makats Formation arrange the Northern Irian Basin. The metamorphic rocks are the members of Baedisifu metamorphic belt which distributed relatively consistent to, and contact with ultramafik

rocks of the cycloops ophiolite. In the area of the metamorphic rocks, diorite-dabase intrusions are locally exposed following the regional structure patterns (Dow and Sukanto, 1984) (Figure 1).

Waschmuth and Kunst (1986) reported that the diorite intruded the metamorphic and sedimentary units, where the outcrops occurred as a structural contacts which distributed locally.

A thick sediments covers outcrops of sandstone, siltstone and conglomerate along the Baedisifu River. Some characteristic physical features were recognized on the sedimentary rocks which were considered as indications of mineralization zones, such as changing of colors to dark grey and reddish grey, and the occurrences of irregular quartz veins, pyrite, oxidation zones, silicifications and sulphides.

During the field works, stream sediment sampling program was not easy to perform due to some obstacle factors, such as natural conditions of the Papua tropical forest, steep topography, uncertainty of the weather, difficulties to find transportation tools, and access to the remote location, which as a whole, took times. In 1991, the study area was a part of exploration concession of Battle Mountain Gold Company. This recent research is conducted through financial support of Bureau of Energy and Mineral Resources of Mamberamo Raya Regency, Papua Province. The objective of this research is to evaluate stream sediment characteristics of the Baedisifu River, and its relationships with the occurrences of gold and copper mineralizations. Morphological factors were also used to analyze the lithological conditions and drainage patterns. For the steep slope area in highlands morphology, the stream sediment sampling was have to be conducted by flying camp.

## **MATERIALS AND METHODS**

### **Materials**

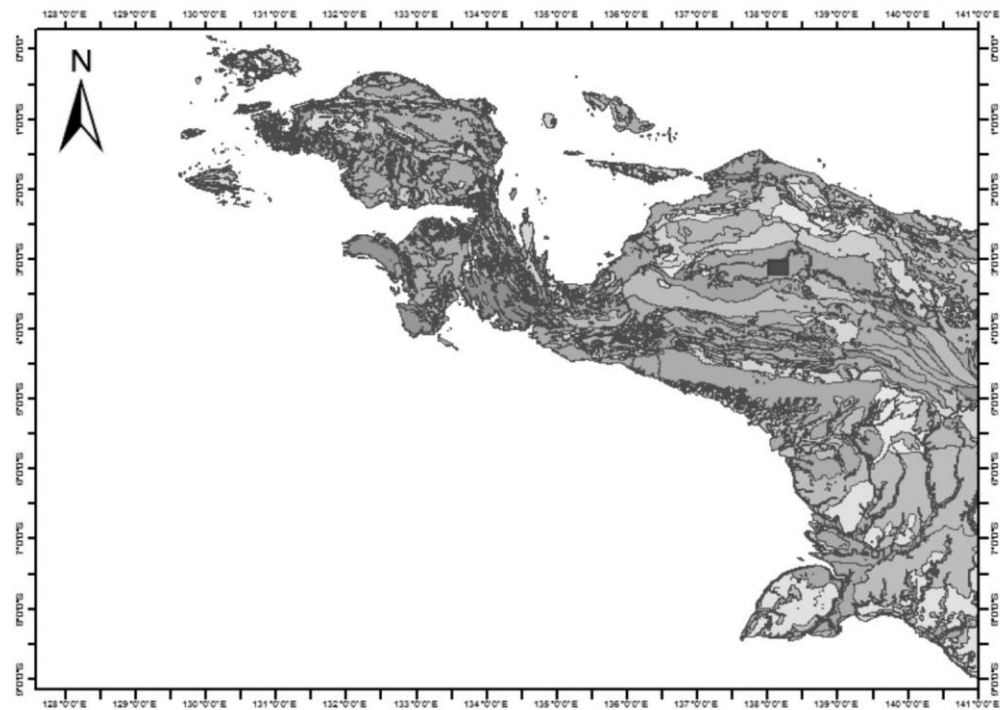
The regional stratigraphy of the study area and surroundings were characterized based on comparisons of Indo-Australian continental and Pacific-Caroline oceanic crusts stratigraphies. Stratigraphy of the continental affinity was indicated by the Bird Head (Western Papua) and the Bird Body (Central Range), while stratigraphy of the oceanic affinity was indicated by the Northern Bird Body (Northern Irian Basin). Regional geological map of Papua (*after Dow and Sukanto, 1984; Figure 1*).

At the south, the Roufaer metamorphics exposed in east-west trend, on highlands topography. The Baedisifu River is emptied to the Mamberamo River which flowing to the north. Mamberamo River is the biggest river in Papua island, which divides the Roufaer Mountain at the west and Gauttier Mountain at the east.

The are three main periods of geological history of Eastern Indonesia and northwestern part of Australian platform. The first was marked by formation of Indo-Australian continental margin

during Permian to Early Mesozoic, as a product of the Gondwanaland break-up. This was followed by a passive period of the continental margin during Late Mesozoic, and continued to Late Miocene. The later period was marked by tectonic convergent of the Indo-Australian continental margin and the Southeast Asia Arc that was took place until the end of Late Miocene. The islands in East Indonesia region were began to formed during the third period.

Some local carbonate buildups was formed as an effect of laterally facies changing. The sedimentary units include Auwewa, Darante, and Makats Formation. After a hiatus, deposition of Mamberamo Formation took place, and continued without interrupted until a small unconformity



**Fig. 1.** Regional geological map of Papua (*after Dow and Sukanto, 1984*) and the research area (not to scale).

formed in recent time. Regional stratigraphi of the Northern Papua Utara was not well-defined, and its lateral facieses relationships was less understood from outcrops observations. Almost all the sediment sources were at the southern, from massive magmatic arc and from uplift of collisional orogen. Volcanoclastics may be found in the lower parts of Auwewa and Makats Formation, but evidences indicated that erosion of continent from ogoren formation in the south supplied a hugh sediments to the Mamberamo Formation.

Stratigraphy of the Bird Body at the northern are generally consist of Pre-Tertiary ophiolite and volcanics, which were covered by Tertiary sedimentary rocks. The Pre-Tertiary basement include intermediate-basaltic volcanic rocks, ophiolite, schist, basalt, gabbro, and serpentinite. Eocene to Oligocene marine sediments which composed of coarse to fine clastic rocks, carbonaceous clastics, and vbatuan klastik kasar – halus, klastik karbonat, as well as volcanoclstics were unconformably overlying the Pre-Tertiary units.

## **MATERIALS AND METHODS**

### **Materials**

The regional stratigraphy of the study area and surroundings were characterized based on comparisons of Indo-Australian continental and Pacific-Caroline oceanic crusts stratigraphies. Stratigraphy of the continental affinity was indicated by the Bird Head (Western Papua) and the Bird Body (Central Range), while stratigraphy of the oceanic affinity was indicated by the Northern Bird Body (Northern Irian Basin). Regional geological map of Papua (*after Dow and Sukamto, 1984; Figure 1*).

At the south, the Roufaer metamorphics exposed in east-west trend, on highlands topography. The Baedisifu River is emptied to the Mamberamo River which flowing to the north. Mamberamo River is the biggest river in Papua island, which divides the Roufaer Mountain at the west and Gauttier Mountain at the east.

The are three main periods of geological history of Eastern Indonesia and northwestern part of Australian platform. The first was marked by formation of Indo-Australian continental margin during Permian to Early Mesozoic, as a product of the Gondwanaland break-up. This was followed by a passive period of the continental margin during Late Mesozoic, and continued to Late Miocene. The later period was marked by tectonic convergent of the Indo-Australian continental margin and the Southeast Asia Arc

that was took place until the end of Late Miocene. The islands in East Indonesia region were began to formed during the third period.

Some local carbonate buildups was formed as an effect of laterally facies changing. The sedimentary units include Auwewa, Darante, and Makats Formation. After a hiatus, deposition of Mamberamo Formation took place, and continued without interrupted until a small unconformity formed in recent time. Regional stratigrafi of the Northern Papua Utara was not well-defined, and its lateral facieses relationships was less understood from outcrops observations. Almost all the sediment sources were at the southern, from massive magmatic arc and from uplift of collisional orogen. Volcanoclastics may be found in the lower parts of Auwewa and Makats Formation, but evidences indicated that erosion of continent from ogoren formation in the south supplied a hugh sediments to the Mamberamo Formation.

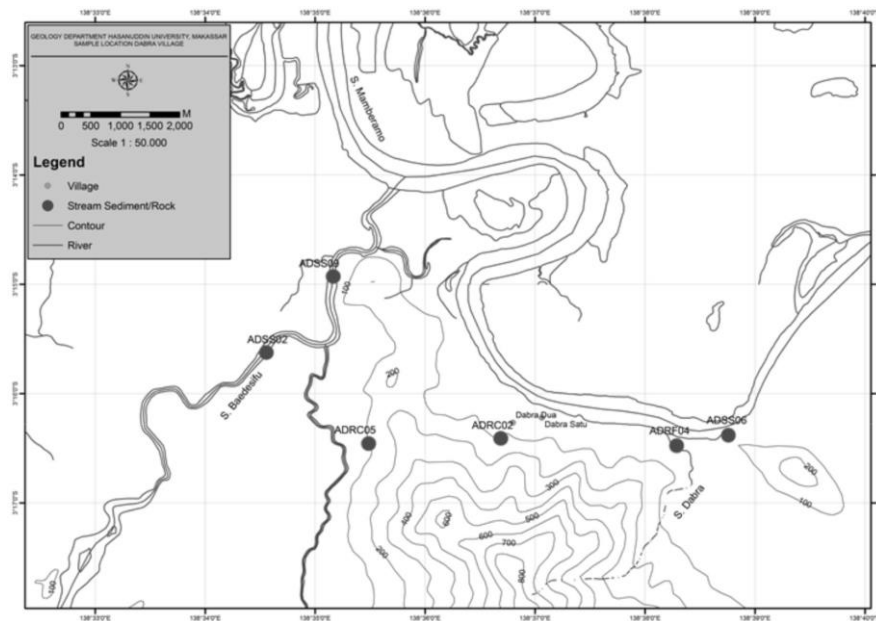
Stratigraphy of the Bird Body at the northern are generally consist of Pre-Tertiary ophiolite and volcanics, which were covered by Tertiary sedimentary rocks. The Pre-Tertiary basement include intermediate-basaltic volcanic rocks, ophiolite, schist, basalt, gabbro, and serpentinite. Eocene to Oligocene marine sediments which composed of coarse to fine clastic rocks, carbonaceous clastics, and vbatuan klastik kasar – halus, klastik karbonat, as well as volcanoclstics were unconformably overlying the Pre-Tertiary units.

## **METHODS**

Stream sediment samples were analyzed using ICP-OES, AAS and petrography methods which aimed to identify the relationships between statistical charactersitics of elements contained in the Baedisifu stream sediments with mineralizations in related lithologies. Four stream sediments samples (80 mesh) and two altered igneous rocks samples for petrographic (AD/OC-011 and AD/OC-018), and ore microscopic analyses were collected (Figure 2). For chemical analyses of X-ray fluorescence, ICP-OES and AAS methods, the samples were sent to be prepared and analyzed in a commercial research laboratory, PT. Intertek Utama Services, Jakarta.

The petrography and ore microscopy were performed in Optical Mineralogy Laboratory, Department of Geological Engineering, Hasanuddin University. From the chemical analyses, as much as 46 elements of major and trace were determined, but only elements considered associated with sulphide mineralization such as As, Pb, Mo, Cu and Zn, were statistical analyzed. Sampling of stream

sediments were conducted randomly which supported by observations of rock outcrops around the sample locations. Rock-chip samples from outcrops and rock-float samples along the river were also collected that will be used as dependent factor in statistical tests.



**Fig. 2.** Sampling point map

Statistically, stream sediment and rocks data (AD/SS-02, AD/SS-06, AD/SS-09, AD/RC-02, AD/ RF-04, AD/RC-05), were tested by hierarchy system proximity matrix method with cluster dendogram analysis using SPSS IBM v.22 software.

## **RESULTS AND DISCUSSIONS**

### **A. Geomorphology**

Geomorphology of the study area is divided in three units.

#### **1. Low Relief Morphology**

Low relief morphology unit is distributed on 100 m to 150 m above sea level (a.s.l.), with the slope less than 70°. This unit is arranged by unconsolidated sandstone which strongly weathered forming soil and aluvium, and some covered by bush and swamp. Swamps are common in this morphology unit, and meanders of Baedisifu River are

connected with other rivers such as Apauwar River, Biri River, Tor River, and Tariku River; “oxbow lake” also occurred (Figure 3).



**Fig. 3.** Meanders of Baedisifu River – Apauwar River, Biri River, Tor River, Tariku River and Mamberamo River.

## **2. Moderate Hills Morphology**

Moderate Hills Morphology unit is distributed on 150 m to 500 m a.s.l., with the slope range of  $50^{\circ}$  to  $80^{\circ}$ . In several area, this unit is strongly controlled by geological structures. Several main rivers such as Memberamo River, Apauwar River, Muwar River, and Verkam River have drainage pattern that parallel to fold structure, dan some local fault, forming the Baidesifu River. This morphology unit is arranged by stronglt weathered sandstone which covered by moderate to heavy vegetation, contact with igneous rocks occurred in places. This unit distributed broadly which includes Kasonaweja, Apauwar River, Tor River, Biri River and south of Gauttier Mountain (Figure 4).



**Fig. 4.** Morphological view of moderate hills unit, and the Mamberamo River

### **3. Steep Hills Morphology**

This unit is characterized by elevations of more than 600 m above sea level, and covering the summit of Siduarsi Mountain (830 m a.s.l.), Gauttier Mountain (2160 m a.s.l.), Foja Mountain (2193 m a.s.l.) and Van Rees Mountain. Other characteristics include very steep slopes, “V” form valleys, difficult to access, particularly around the summits, lot of water falls (Figure 5). This unit is generally arranged by older rocks which are mostly massive and harder compared to the surrounding lithologies. One of the water fall drainage entering the Baedisifu River, which eventually empties to Mamberamo River.



**Fig. 5.** Junction of Baedisifu River and Mamberamo River on the steep hills morphology unit

## **B. Geological Structure**

Geological structures develop in and around the study area include fault and fold. Mamberamo thrust forming a corridor about 100 km extending southward. A strike-slip fault also recorded in lithologies of Mamberamo Formation and underlying Pacific rocks. Field data showed that the structure patterns are irregular and generally in northeast-southwest trend. Figure 6 shows outcrop of brownish andesite that intensively jointed in generally north-south strike. The rock is weakly to moderately altered, contains chlorite; thin oxidized quartz vein also observed, with disseminated pyrite, chalcopyrite, and less covellite.



Figure 6. Joints in andesite outcrop.

### IV.3 Petrography

Andesite (AD/OC-11) brownish yellow, porfirophanitic texture, 0.06 to 0.8 mm minerals grain size, subhedral to anhedral minerals shape, greyish white interference color, mineral composition: andesine plagioclase (10 to 15%), orthoclase (10%), and hornblende (5 to 7%), alteration minerals: quartz microcrystalline (5 to 20%) and sericite (12%), plagioclase microcrystalline (60 to 70%) (Figure 7). This rock showed indication of surface alteration from a metamorphic system, which generally forms advanced argillic alteration.

Diabase (AD/OC-18) brownish yellow absorption color, brownish grey interference color, diabasic, 0.3 to 0,8 mm minerals grain size, composed by labradorite plagioclase (50%), augite pyroxene (35%), hornblende (10%), and opaques (5%). The minerals grain size of the both andesite and diabase indicate a similar effects of metamorphic grade, which initiated in andesite.

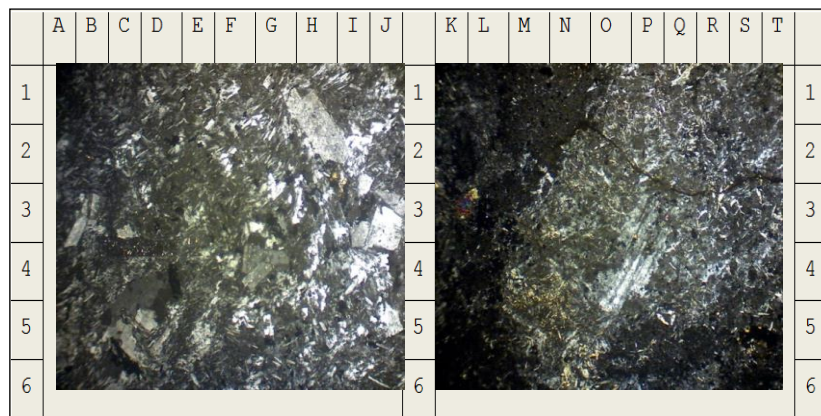


Figure 7. Photomicrograph of altered andesite, with orthoclase (5C), plagioclase (2H, 4P), hornblende (3H, 3K-L), quartz microcrystalline (2I), sericite (5M), microcrystalline plagioclase groundmass (2F, 1P).

Colloform Texture. Diorite float sample (AD/OC-09) showing dark brown grey color, strongly altered, strongly oxidizing silicified of monmorillonite, and traces of sulphides and disseminated oriented pyrite. Under the microscope, polished section showed disseminated gold, sphalerite, iron, and pyrite intergrows with chalcopyrite; a colloform textute showed, where colloidal pyrite occurred in chalcopyrite. Metamorphism and rock

deformation effects have caused the sulphide fluid and pressure to form pyrite filled space and cleavage of the rock (Figure 8).

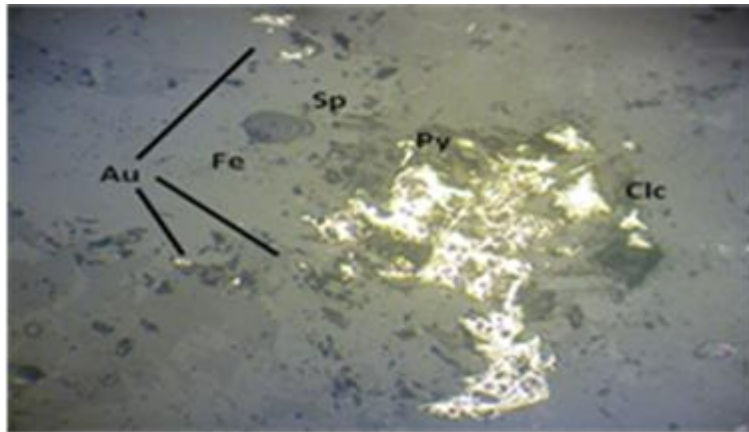


Figure 8. Photomikrograph of altered diorite (AD/OC-09), gold (Au), iron (Fe), sphalerite (sp), pyrite (py), chalcopyrite (clc).

## V. Statistics

Results of AAS and ICP-OES analyses on stream sediment, rock chip, and rock float samples are shown in Table 1.

Table 1. Results of AAS and ICP-OES analyses (in ppm)

	AD/SS-02	AD/SS-06	AD/SS-09	AD/RC-02	AD/RF-04	AD/RC-05
Au	0.02	0.02	0.13	0.02	0.02	0.02
As	4.9	2.8	4.3	3.3	5	4.3
Cu	26.2	16.6	46.6	11.6	24.4	11.0
Pb	10.3	9.5	3.8	0.5	4.9	3
Mo	0.4	0.3	2.8	0.4	0.4	0.4
Zn	6.5	5.3	7.5	2.9	4.9	2.4
Ag	0.14	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Sn	0.9	0.6	1.3	0.5	0.8	0.6
W	0.09	0.2	0.09	0.1	0.09	0.1
Bi	0.2	0.19	0.13	0.13	0.08	0.13

Proximity matrix analysis on rock and stream sediment samples, resulted squared Euclidean distance of Au → Ag(0.27), W(0.57), Bi(0.89), Mo(7.78); As → Sn(69.01), Mo(73.53), Pb(83.8); Cu → Pb(27304.56), Mo(28801.29), Au(29261.09); Pb → Ag(240.31); Mo → Au(7.78), Ag(8.30), Sn(2.8); Ag → Sn(3.72).

This indicates that element accumulation in different kind of samples will offer many possibilities of mineralization group. Distance of As is shorter relative to Cu which has bigger Euclidean distance to metals, that indicates that mineralization occurred in andesite is characterized by a closed-relationship of As with other metals of Au and Mo. Sulphide metal mineralization which represented by Cu is characterized by closed-relationship of Pb and Zn. The presence of these elements is typical for porphyry copper gold deposit. Based on proximity matrix and dendrogram cluster membership, there are six groups of mineralization: (1) Au, W, Bi, Mo (2) As, Sn, Mo, Pb (3) Cu, Pb, Mo, Au (4) Pb, Ag (5) Mo,Au, Sn (6) Ag, Sn (Figure 8). There is difference of cluster in those groups, where As, Mo, Pb are clustered in one group, and Cu and Zn clustered in other group. This indicates a mineralization process of Au-Cu-Mo, Cu-Pb-Zn metals of a porphyry copper system (Figure 9).

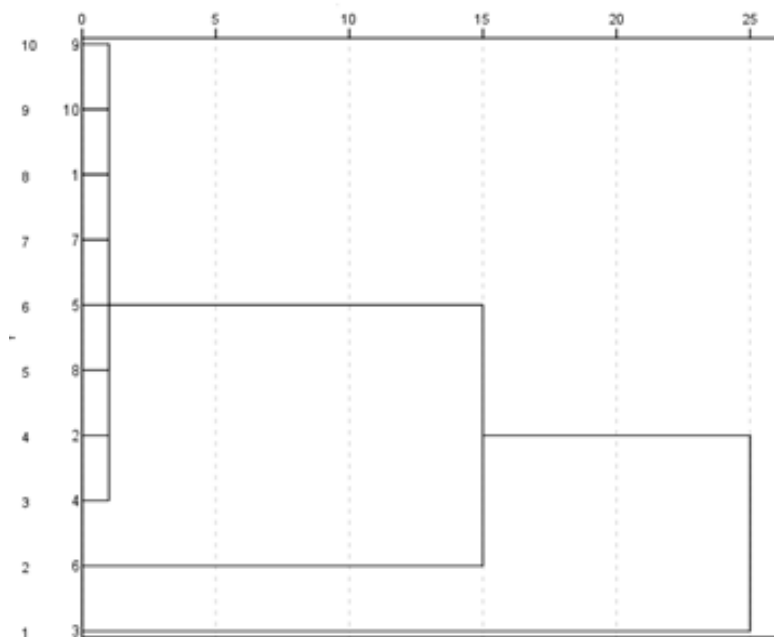


Figure 9. Dendrogram showing relationships stream sediment (SS), rock chip (RC), rock float (RF) samples, and element clusters.

Proximity matrix analysis was also performed on samples AD/RC-02, AD/RF-04, AD/RC-05 and elements Au, As, Cu, Pb, Mo, Zn, Ag, Sn, W, Bi. Squared Euclidean distance resulted four clusters of elements distances, as follows: (1) Au→Ag(0.0) Mo(0.0) Pb(0.0) (2) Cu→ Mo(4.0) Ag(2.0) Sn(0.16) (3) Pb→Cu(7.42) Zn(1.19) (4) Mo→Ag(0.0)

Au(2.0). It shows that chip sample taken from outcrop (andesite) as well as river float sample (metamorphosed altered andesite boulder), have a relationship in mineralization process, although they are different in lithology. Element Mo are more regularly dispersed in the rock samples compared to As and Cu, and this is also indicated by the dendrogram in Figure 10. The element Mo is singularly positioned from the As, Mo, Pb and Cu cluster.

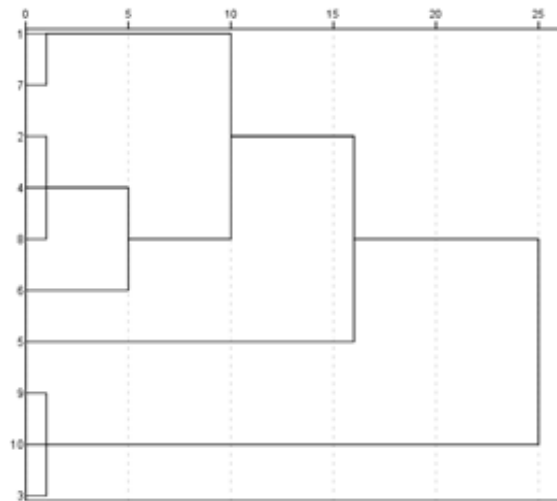


Figure 10. Dendrogram showing relationship between cluster of rock samples and cluster of elements As, Mo, Pb, Ca, Zn.

## VI. Conclusion

The research are is included in the Gaultier Highlands, where its mineralization is a part of Central Papua mineralization system. The mineralization is extended to the northern and southern parts, which are covered by Mamberamo sediments. Stream sediment evaluations indicated that there is a spot of intrusion that exposed and forming a low to moderate morphology. The characteristics of intrusion and mineralization indicate a metamorphosed perypheral porphyry copper deposit. Statistical analysis

suggested that andesite, diabase, diorite indicate a similar metamorphic deformation system on the Au-Cu-Mo and Cu-Pb-Zn mineralization.

## References

- [1] Mc Adoo RL, Haebig JC, 1999, Tectonic Elements of The North Irian Basin, IPA Proceeding 27th.
- [2] Baal JV, Galis KW, Koentjaraningrat RM, 1984, West Irian A Bibliography, Foris Publications Dordrecht-Holland/Cinnaminson-USA.
- [3] Baldwin SL, Fitzgerald PG, Webb LE, 2012, Tectonic of the New Guinea Region, Earth Planet Sci.
- [4] Dow DB, Sukanto., 1984, Later Tertiary to Quaternary Tectonics of Irian Jaya, Episodes, v.7, no.4
- [5] Nude PM, Asigri JM, Yidana SM, Arhin E, foli G, Kutu JM, 2012, Identifying Pathfinder Elements for Gold in Multi-Element Soil Geochemical Data from the Wa-Lawra Belt, Northwest Ghana; A Multivariate Statistical Approach, International Journal of Geoscience, Scientific Research
- [6] Sillitoe RH, 2010, Porphyry Copper Systems, Economic Geology, v. 105, England
- [7] Waschmuth, W. dan Kunst, F. (1986), Wrench Fault Tectonics in Northern Irian Jaya, Proceedings of IPA.
- [8] Williams PJ, Barton MD, Johnson DA, Fontbote L, Haller A, Mark G, Oliver NHS, 2005, Iron Oxide Copper-Gold Deposits : Geology, Space-Time Distribution, and Possible Modes of Origin, Economic Geology 100th Anniversary Volume.

# **GEOLOGICAL STUDY AND REGIONAL DEVELOPMENT OF MAMBERAMO RAYA DISTRICT OF PAPUA PROVINCE, INDONESIA**

**Adi Tonggiroh, Asri Jaya HS, Ulva Ria Irfan**

Geological Engineering Department, Hasanuddin University, Jl. Poros Malino KM.6,  
Gowa 92171, South Sulawesi, Indonesia  
Email address: adi\_unhas@yahoo.com

## ***Abstract***

The government of Mamberamo Raya district was established through Act No. 19 of 2007 dated 15 March 2007 as part of the administrative area of Papua Province. The administrative age of this district is relatively young requires hard work of all components in facing development challenges so that necessary strategic steps of vision and mission of regional development to achieve ideal conditions of spatial which as direction of the desired embodiment in the future. Regional development covers all technical aspects including the geological aspect that the area is located on the morphology of the mountains and Mamberamo watershed. Strategic steps require policy as an action to achieve the goal with the elaboration of operational steps to realize the welfare of peoples equally and sustainably according to the potential physiogeography of Mamberamo watershed. The geological aspect as the consideration of technical that this region belongs to the regional tectonic which is divided into the difference of fault in the north there is Yapen fault and in the south is Mamberamo-Gauttier Fault and also a consideration on the stratigraphic structure of various rock types including the dominance of sedimentary rocks. This study examines geological aspects as an element of earth science in spatial planning in Mamberamo district, especially Kasonaweja and Burmeso. The analysis is presented based on field data, in the form of geographical map data of geological structure, geological map, and earthquake data described by cluster pattern indicating regional motion relationship and rock characteristics that make up Mamberamo watershed. It finds land characteristics controlled by geological structures, rock arrangements and landforms in response to landslide, flood and seismic changes.

*Keywords: geological aspect, Gauttier Faut, Kasonaweja, Burmeso, Mamberamo*

## **I. Introduction**

Mamberamo River is a main river with a length of 670 km, as the largest and longest river in Papua province that flows from south to north to the Pacific Ocean, the river flows between Burmeso and Kasonaweja areas.

Mamberamo Raya district, Papua Province was established under Act No. 19, 2007 (15 March 2007) with an area of 23.813.91 km<sup>2</sup> (BPS, 2013) or 16.852.16 km<sup>2</sup> or

31.136.85 km<sup>2</sup> (in various sources). The boundaries of Mamberamo Raya as follows: North - Pacific Ocean, South - Puncak Jaya and Tolikara, West - Waropen and Yapen, East - Sarmi.

Although there are differences in the size of region, this district is very broad for a district government size with a population of 18.365 people (BPS, 2013) especially since the geology of the district connects mountain to coastal morphologies. Generally, land use in the area of Mamberamo Raya district consists of primary forests, secondary forests, primary mangroves, secondary mangroves, primary swamp forests, secondary swamp forests, community gardens, dry land farming, shrubs, and open land.

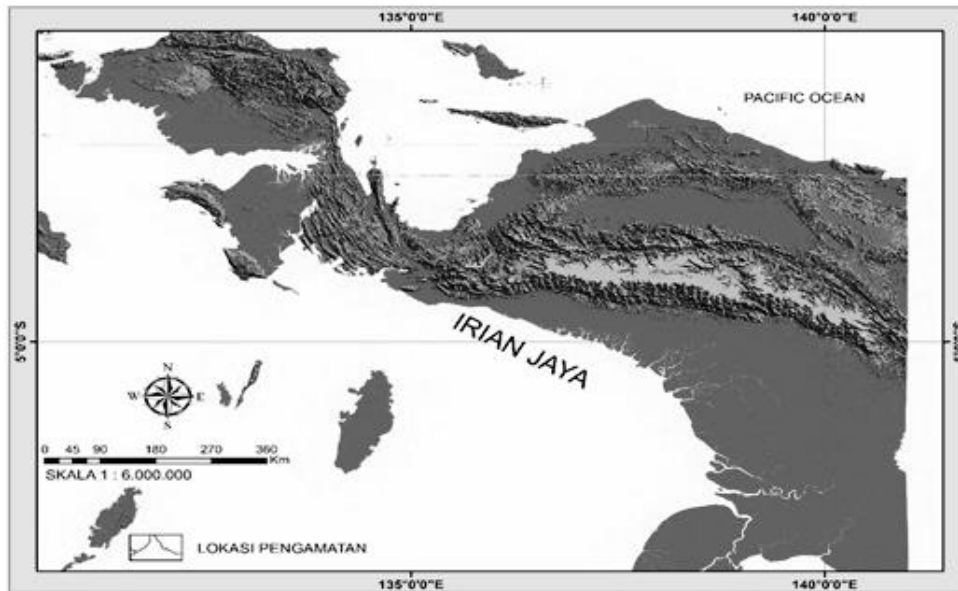
Certainly, to build a substantial district with uneven distribution of population required hard work for the government by involving stakeholders and various disciplines to build for the advancement of society. Multidisciplinary involvement is a necessity to provide much input to the government as a consideration of policies and decisions to build the physical area; this can be seen in the view of geological discipline regionally and locally to the location of the district in Mamberamo watershed and its relation to land carrying capacity, fault structures and morphological types.

## **II. Regional Geology**

Regionally, the location of Mamberamo Raya is influenced by active dynamic motion of Gauthers fault in the central part of Papua Island that impact can be seen with the emergence of several local faults that change the carrying capacity of rock. The territory of Mamberamo entered on the geology of the central mountains and the northern island of Papua with lithology in northern part composed by sediments (Formations of Unk, Mamberamo and Makats), it called North Irian basin (McAdoo and Haebig, 1999) or Mamberamo basin (Baldwin, 2002). Lithology of sediment spread following the morphology of mountains to the plains and also encountered metamorphic rock exposure in the southern part that spreads on the mountainous topography.

The condition of rocks distribution is closely related to the tectonic structure and the regional geological structure of New Guinea, which pose a sinistral shear fault structure. Northern part is fault zone of Mamberamo Raya towards East-West and in the Southern is Tarera-Aiduna (Figure 1).

This paper is based on the results of research on geological mapping, mineral resource mapping and geological structure pattern mapping in the district of Burmeso and Kasonaweja in 2016. The benefits of this research can be used as a reference in regional development planning of Mamberamo district and geological disaster mitigation.



**Figure 1.** Regional geological map of Papua  
(after Dow and Sukamto, 1984) and research site (no scale)

### III. Method

A quantitative research is done directly in the field by descriptive and measurement which include (a) morphological data collection, flow pattern recorded in the map and then followed by observation at the representative descriptive point (b) completeness of morphological data also combined with the symptoms of mass movement such as landslides, creep or fallout (c) geological structure data measurement is done on rocks that record the type of structure, and generally occur in sandstone sedimentary rocks.

Furthermore, field data is processed through making slope map through a method of landform interpretation, land use interpretation, recording on slope table, making digital slope map with *Arcgis 10.0* and *3D Analyst* tool.

The data obtained in the field, also equipped with earthquake data recording from the Agencies of Meteorology, Climatology and Geophysics and then processed using *statistica v.10* software to obtain a model form that represents the condition of field.

### IV. Results and Discussions

#### 1. Mamberamo Watershed

Mamberamo River has a catchment area of 138.877 km<sup>2</sup>. The depth of river ranges from 8 to 33 m. According to research in 1983, the water debit was able to reach 5.500 m<sup>3</sup>/sec. The landscape around this river varies.

Generally, watersheds condition in the southern part are upstream of bermeander river such as S. Apauwar, S. Tor, S. Baedasifu, S. Roufaer, S. Verkam, S. Tariku, S. Burmeso and S. Kasonaweja towards S. Mamberamo which flows to the northern whose estuary is in contact with the Pacific Ocean. A number of rivers are upstream from fault structures and downstream along the Mamberamo River. The geological structure control of Mamberamo watershed is characterized by the presence of some well-known rapids among geologists; Marina Vallen, Marvalen and Batavia. The Mamberamo River downstream into the Pacific Ocean and Yapen where it is also used as water traffic by public and government shipping.

## **2. Geomorphology**

The morphology of plains is located in the north and south of this district that separated by the mountains of Foja and Rouffaer. In northern part, the plain lies between the coastline and the mountains that extends to west-east in the central part of the district with the highest peak of 2.164 m above sea level. In southern part, the plain lies in the sedimentary basin situated above a basin flanked by the mountains of Foya and Nassau to Jayawijaya.

The southern plains lie between Mamberamo watersheds and flowed by large rivers, such as Tariku River (Rouffaer River) flowing from west to east and Taritatu River (Idenburg River) flowing from east to west. The two rivers then merge into one and become Memberamo River flowing to north through the Foja-Rouffaer Mountains.

Generally, the morphology of study area is controlled by the geological structures of fault and regional folds that characterized by a denritic flow pattern.

- **Morphology unit of lowland**

The morphology of lowland enters residential areas of Kasonaweja and Burmeso with a slope of 10% to 12%. These morphological constituent rocks consist of strongly laid sandstones and alluvial sediment deposits (Figure 2).

- **Morphology unit of hillside**

This morphology enters residential areas of Anggreso Baru and Trimuris with a slope of 15% to 20%. The constituent rocks of this region are high-decaying in contact with the mud deposits.

- **Morphological unit of steep hill**

This morphology spreads in Saromaja and Pisano areas, Van Rees, Gauttier and Siduarsi mountains were characterized by a slope of 22° to 45° degrees. Although the constituent rocks are generally old geological ages, they are compact and hard but in some places exhibit their *brittle* properties especially on fracture compiled by siltstone, mudstone, sandstone, and conglomerate, elevation 50 m to 75 m above sea level, the slope between 10% to 12%. Fracture morphology control is spreading in the Middle East Mamberamo, Mamberamo Hulu and Roufaer, west and southeast Mamberamo,

Burmeso, Kasonaweja with the general direction North-Northwest-South-Southeast and Southwest-Northeast.



**Figure 2.** Lowland morphology

### **3. Structure**

#### **Folds**

The structure of major and minor folds as anticline and syncline, the slope of wings  $30^{\circ}$  to  $50^{\circ}$ , the general direction of axis is irregular northwest-southeast to east-west, steep corner. This structure is found in sedimentary rock of Unk Formation that make up Burmeso and Kasonaweja districts.

#### **Fault**

Regional fault pattern of Roufaer-guinea-Gauttier mountain-and Van Ress affecting local faults spreads in Kasonaweja-Burmeso and the middle parts-benuki-bira lake-marvalen rapids-batavia rapids-marina valen until downstream Mamberamo.

### **4. Litology**

Distribution of sedimentary rocks consisting of claystone, sandstone, siltstone that dominate the residential area. Claystone shows the fresh color of gray-blackish, fragments: clay, matrix: clay, cement: clay, N3250E/350 in position. Sandstone, grayish-white, fragments: very coarse sand, matrix: medium sand, cement: claystone and coal insertion (lignite). Siltstone shows fresh gray to brown, fragment: silt, matrix: silt, cement: silt, strong decay.

## **5. Potential of Mineral Resources**

Result of inventory of metallic and non-metallic mineral resources by the Department of Energy and Mineral Resources of Mamberamo Raya district that mining in 2014 found some potential of excavation materials as follows:

- Fine sand, sirtu, coal, clay, gold, copper and iron, stibnit, black lead, zinc and energy.
- Coal, fine sand and clay are found in Roufaer District.
- Coal is found in Middle-East Mamberamo district.
- Sirtu (sand and stone), gems, gold, copper and iron, stibnit, lead and zinc are found in upstream Mamberamo district.
- Sirtu (sand and stone), gold, gemstone and coal are found in Central Mamberamo district.
- Indications of energy found in downstream Mamberamo and Sawai districts.

Especially the coal in the area of Mamberamo Raya district, where based on the results of laboratory analysis has a calorific value with a range of 5000 cal/gr, it is suitable as a raw material of Steam Power Plant. In addition to Steam Power Plant, the coal in Mamberamo Raya is also suitable to be made as coal briquettes which have the potential and distribution of coal in this region has a wide distribution.

Based on the potential data of metallic and nonmetallic resource above that related to the size of region, geologic location of rock variation as mineral source is estimated there are still some potency of other excavation material that has not been disclosed.

## **6. Slope**

The slope has a variable angle that is affected by rock layer resistance and the location of region within the regional fault zone. This factor plays an important role in the formation of soil movement so it should be used in planning the construction of roads and bridges.

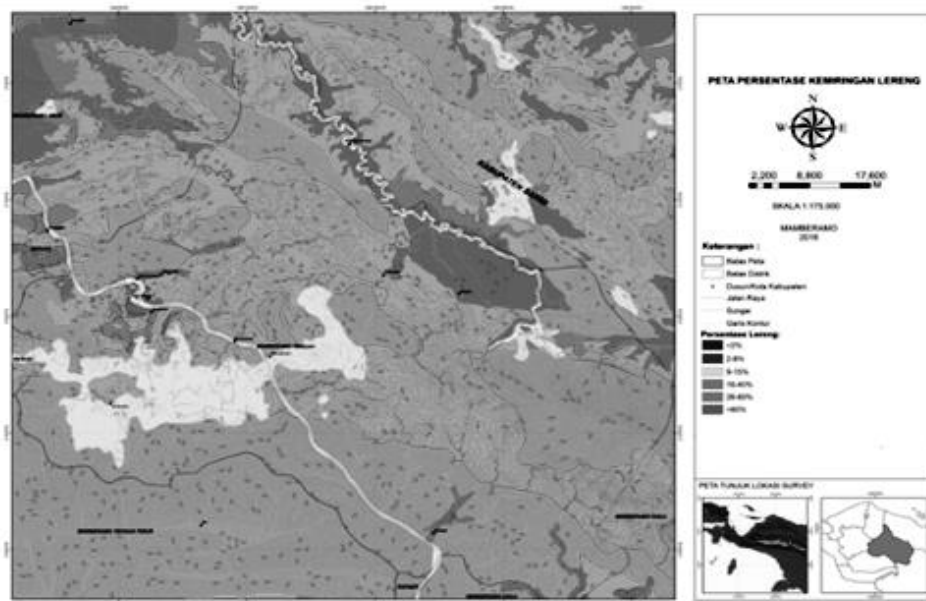
Based on the slope calculation is known that there are three slope classifications, namely: (1) steep (30% to 40%), (2) slight steep (15% to 30%), (3) ramps (8% to 15%). Generally, the steep slope has a greater gravity effect than the slight steep and ramps, which is due to the property of gravity is proportional to the sloping surface of the horizontal plane. This gravity is an absolute requirement of the process of detachment, transportation, and sedimentation (Wiradisastra, 1999).

Slope analysis of Kasonaweja-Burmeso region using morphometric parameters, quantitative assessment of landform as supporting aspects of morphographic and morphogenetic. These closely parameters are characterized by the properties of contour lines. The density of the contour lines on the map indicates that the slope is steeper and vice versa if the contour line is looser then the slope will be more ramps.

Data collection and interpretation approach of topographic map are used as morphometric data using slope formula ( $\alpha$ ):

$$\text{slope } (\alpha) = \text{Arc Tan (high difference-scaled distance)}$$

Based on the calculation using the above formula, it is known that there is a difference of slope in the district area which is described in the form of slope map (Figure 3). Generally, the slopes distribution of flat slope, almost flat is located in the north or downstream area of Mamberamo River and in the northeast which borders Sarmi district. While, the slope of 9° to 15° spreads in Kasonaweja - Burmeso, where the spreads is limited by slight steep to steep.



**Figure 3.** Map of slope percentage of Mamberamo Raya district. (1) 0°-2° = flat to almost flat, green (2) 2°-8° = slightly angled, light green (3) 9°-15 ° = angled with higher magnitude, yellow (4) 16°-40° = slightly steep, orange (5) 26°-60 ° = steep, pink (6) 35°-55° = very steep, red (7) > 60° = very steep, purple. (no scale).

## 7. Geological Disaster Mitigation

Mitigation in disaster terminology is defined as human efforts with the main objective of reducing the risks or impacts of natural disasters caused by natural or human activities (Sudibyakto, 2011). If an event that has a potential hazard occurs in an area with a vulnerable condition, then the area can be categorized as at risk of disaster (Sadisun, 2007).

The general potential of geological disasters is tectonic movement, tropical climate, soil movement and human activities that tend to change topography. In terms of regional

geology, Mamberamo Raya district is flanked by regional fault of Gauttier located in the south and Yapen fault in the north and some local fault. Both of these regional faults are relatively active. Based on geological history, the dynamic tectonic motion of the past can be seen in the traces of local fault structures and folds recorded on sedimentary rocks. The impact of this structure, although it is local but can evolve to form a labile zone that characterized by the formation of a steep slope to a very steep, reduced rock compaction gradually change the size (fragmentation) from coarse to fine and even the size of clay and the formation of the slip due to layer changes and rock slope.

The data of soil movement potential is seen from the slope difference and seems to have a different kind of material contribution as well. Tilt of slope  $0^{\circ}$  to  $15^{\circ}$  although the topography is relatively flat but enough potency to cause sheet and groove erosions. Then, groove erosion that develops into landslides that also occur on the slope of slightly steep. The denudation process that occurs in rocks is quite active on steep conditions so it can increase the intensity of land motion. The condition of the soil movement develops on a very steep until very-very steep, which is composed by rock sediment (colluvial).

Data (1950-1990) average rainfall Mamberamo region in one year for each month is about 262.5 mm. Average rainfall above 200 mm every month and above 250 mm occurred in December, January, February, March and April (Conservation International, 2007). Based on the accumulation of rainfall data, it quite high and influential as a trigger for the emergence of symptoms of mass movement, this is correlated with field conditions where usually after the rainfall activity found real erosion. Another trigger is the change in the compactness structure of rocks that occur in silt and sand that causes the development of real erosion into large-scale erosion or gully.

The high rainfall also affects several changes in Mamberamo watershed, namely the increase in surface water volume, the rising water levels of the river branches and Mamberamo River and the erosion of river walls. The above change factor can be used as an agenda in preparing the concept of regional development, another consideration is the field data of floods in 2015 which is an unusual event by the overflowing of Mamberamo River and inundating several houses located a few meters from the riverbank.

Although the district is included in watershed and the morphology of the plains, it cannot be said that the abundance of water can meet the needs of clean water. It is well-founded that the results of some field observation points on the outcrop of sedimentary rocks with the layered structure indicate *impermeable* physical properties. Because the distribution of sedimentary rock is wide enough it is necessary to note the availability of aquifer layer as a consideration material in preparing regional development planning. Given that the availability of groundwater as a need for clean water is a major and increasing need.

## **8. Synergy**

Efforts to integrate spatial plans and regional development are undertaken by the Government of Mamberamo Raya district of Papua Province, but these efforts require maximum implementation due to constraints, technical and non-technical, and budget availability.

- **The role of stakeholder**

The success of spatial planning will be determined by how much society can be involved in planning activities, spatial use, and spatial use controls facilitated by the Government. As the first stage of spatial planning, participatory planning provides greater opportunities for the creation of integrated and synergic space utilization, as well as effective and efficient spatial controls.

- **The role of Central and Provincial governments**

Planning and development target of Mamberamo district need to synergize with various disciplines including the target of how the geology database. **First:** the coordination, integration and communication of the Government of Mamberamo Raya district of Papua Province, **Second:** Principal target of Metallic and Non-Metallic Resources Management, **Third:** Mapping vulnerable zone of geological disasters, **Fourth:** mapping ground water fluctuations, **Fifth:** performing mapping of river characteristic, chemical properties and flow patterns of Mamberamo watershed.

- **General planning**

- (1) Government efforts to open roads, should be continued by prioritizing road openings, hardening connecting the districts to the villages that allow the passage of four-wheeled vehicles (2) plan a wider Airport from now, or look for a wider airport location alternative (3) availability of economic facilities for the community in utilizing river and estuary potentials.

- **Watershed management**

The function of Mamberamo River for communities and government is as a source of livelihood of fisheries and transportation routes that connect the economy between villages, districts and other districts. Along with the development of uncontrolled land use in the upper river, it also disrupted the mechanism of river function and river hydrological behavior in Mamberamo watershed. Initially influenced by nature properties as a watershed system but gradually influenced also by humans. Therefore, a planned and integrated participatory watershed management should be undertaken in order to maintain and improve the continuity and quality of river water resources by maintaining upstream areas and their zones including: (1) plan to remove wood residual that embedded in Mamberamo river from Kasonaweja to downstream (2) plan to making dam along the riverbank in Kasonaweja - Burmeso to prevent erosion of river walls.

- **Agricultural planning**

The planning of mapping program is an early step for realizing the characteristics of the land for the determination of the type of plant, mapping of agricultural land and its designation and establishing the type of mainstay.

- **Planning of estuary and coastal areas**

Large coastal areas contain natural resources such as fisheries and mangrove forests to oil and gas so that guidance is required for the management of estuarine and coastal areas development.

Several alternative that can be conducted such as making industrial development centers, ports and shipping, tourism, agribusiness, human settlements and activities, both within the coastal and outer (upper land and high seas) systems. The development of tourism aspect is quite prospective and promising for example mangrove ecosystem tours in the form of views of various types of mangrove trees and biota supported by the thick atmosphere and Rombebai Lake tourism inhabited by various types of freshwater fish, endemic and marine biota.

- **Mineral resource management**

The management of metallic and non-metallic mineral resources including rocks involves the local community which leads to the original income of the Mamberamo Raya district of Papua Province. Despite the enactment of Act No. 23 of 2014 regarding re-withdrawing decentralized mining management authority to the Central and Provincial Governments. However, it is necessary to review and involve the local community given the geographical conditions and hierarchy of land ownership.

## **9. Conclusions**

The study concludes that (1) the application of geological-based regional development is fully undertaken (2) the provision of thematic maps containing technical information of a rock, soil, or land; information on the prevention and prevention of potential geological hazards (3) implementation of community-based mineral center development as an optimization step (4) availability of plain morphology as land that can grow agriculture and involve transmigration in developing area (5) necessary strong spatial development to geological disasters by arranging and mapping geomorphology of regional zoning according to zoning and constituent rocks (6) integrated-planning of coastal and estuarine areas requiring multi-disciplines and stakeholder integrity.

### **Thanks to :**

Mr. Dorinus Dasinapa, James Britay, Alfons Sesa for their assistance on the implementation of the research.

### **References**

- [1] Mc Adoo RL, Haebig JC, 1999, *Tectonic Elements of The North Irian Basin*, IPA Proceeding 27<sup>th</sup>.
- [2] Baldwin SL, Fitzgerald PG, Webb LE, 2012, *Tectonic of the New Guinea Region*, Earth Planet Sci.
- [3] *Biro Pusat Statistik Tahun 2013*, BPS Papua
- [4] Conservation International, 2007, *Integrating Biodiversity and Hydrological Processes into Conservation Planning at the Landscape Scale, Workshop on*

***Integrating Hydrological Biodiversity and Socio-economic Analysis for Conservation***, Indi

- [5] Dow DB, Sukamto., 1984, ***Later Tertiary to Quaternary Tectonics of Irian Jaya***, Episodes,v.7,no.4
- [6] Gunawan A, Khadiyanto G,2012, ***Kajian Aspek Bentuk Lahan dan Geologi Berdasarkan Mikrotremor dalam Perencanaan Ruang Kawasan Rawan Gempa di Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta (Studi Kasus: Kecamatan Bantul, Jetis, Imogiri, dan Kretek)***,  
Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota,Undip
- [7]Sadisun, Imam A. 2007, ***Peta Rawan Bencana: Suatu Informasi Fundamental dalam Program Pengurangan Resiko Bencana***, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan ITB, Bandung
- [8]Sudibyakto, H.A. 2011. ***Manajemen Bencana di Indonesia Kemana?***. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [9]Waschmuth, W. dan Kunst, F. (1986), ***Wrench Fault Tectonics in Northern Irian Jaya***, *Proceedings of IPA*.

---

---

## **Profil Penulis**

Dr. Adi Tonggiroh ST.MT. Menamatkan Sarjana Teknik Geologi pada Departemen Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin tahun 1993. Sejak Tahun 1994 – 1998 melakukan penelitian sumberdaya mineral logam di seluruh Provinsi di Indonesia dengan sponsor pemerintah daerah dan beberapa perusahaan asing seperti Battle Mountain Gold Corp (USA), North Mining (Australia), Aurora Gold (Australia). Melanjutkan pendidikan Magister Teknologi Ilmu Kebumihan bidang Eksplorasi Sumberdaya Mineral di ITB tamat tahun 2000, dan pada tahun yang sama menjadi dosen tetap di Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin. Selanjutnya menamatkan Program Doktor bidang Geokimia Fakultas Mipa Universitas Hasanuddin dan Griffith University Brisbane Australia, Tamat Tahun 2011. Sampai saat ini menjadi Kepala Laboratorium Kimia Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan Laboratorium Penelitian Geokimia Lingkungan, aktif melakukan penelitian geokimia mineral, geokimia lingkungan dan geokimia pantai.



# GEOKIMIA LINGKUNGAN UNTUK PENGELOLAAN SUMBERDAYA MINERAL DALAM DAS MAMBERAMO

Awalnya kegiatan penelitian eksploratif diutamakan pada bahan galian emas dan nikel di bagian utara Pulau Papua, Daerah Aliran Sungai Mamberamo, Pegunungan Cycloop, Pegunungan Siduarsi termasuk Papua Barat. Ternyata banyak dijumpai indikasi mineral logam, mineral nonlogam, energi dan gas yang tersingkap di permukaan. Yang jelas mungkin Pulau Papua sebagai cadangan terakhir sumberdaya mineral, energi dan gas.

Kegiatan inilah yang menjadi alasan bagi saya mewujudkan buku ini untuk memadukan geologi sebagai data dasar dalam perencanaan dan pengelolaan sumberdaya mineral dalam wilayah Pemerintah Kabupaten Mamberamo Raya. Dalam luas wilayah Kabupaten Mamberamo Raya 23.813,91 km<sup>2</sup> mengalir sungai terpanjang di Papua yaitu 670 km yang dikenal sebagai Daerah Aliran Sungai (DAS) Mamberamo. DAS merupakan suatu bentuk kumpulan sumberdaya: yaitu sebuah area dengan hubungan hidrologis yang terkoordinasi dan memerlukan pengelolaan penggunaan sumberdaya mineral yang optimal oleh semua pengguna, air permukaan dan air tanah.

Di samping itu, kepustakaan mengenai potensi sumberdaya mineral di Papua khususnya Mamberamo Raya yang tersedia masih sangat kurang.

Laporan-laporan penelitian sumberdaya mineral tidak tersedia di perpustakaan sedangkan banyak mahasiswa dan ilmuwan sangat memerlukan pedoman pengelolaan sumberdaya mineral dari berbagai aspek, termasuk aspek geologi.