

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK KANDUNGAN UNSUR TEMBAGA (Cu) PADA PIT.X
KECAMATAN WETAR UTARA KABUPATEN MALUKU BARATDAYA
PROVINSI MALUKU**

Disusun dan diajukan oleh

BYBELLY ISRAELIA KAKERISSA

D061171512



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KARAKTERISTIK KANDUNGAN UNSUR TEMBAGA (Cu) PADA PIT.X
KECAMATAN WETAR UTARA KABUPATEN MALUKU BARATDAYA
PROVINSI MALUKU

Disusun dan diajukan oleh :

BYBELLY ISRAELIA KAKERISSA
D061171512

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 3 Oktober 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Ilham Alimuddin, S.T., MGIS, Ph.D
NIP. 19690825 199903 1 001



Safruddin, S.T., M.Eng
NIP. 19890207 202005 3 001

Mengetahui

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng
NIP. 19771214 200501 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bybelly Israelia Kakerissa
NIM : D061171512
Program Studi : Teknik Geologi
Jejang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

*Karakteristik Kandungan Unsur Tembaga (Cu) Pada PIT.X Kecamatan Wetar
Utara Kabupaten Maluku Baratdaya Provinsi Maluku*

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Laporan Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan Laporan Skripsi ini karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 10 Oktober 2022

Yang menyatakan


Bybelly Israelia Kakerissa

SARI

Daerah Penelitian terletak di Pulau Wetar, Kecamatan Wetar Utara, Kabupaten Maluku Baratdaya, Provinsi Maluku. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui alterasi dan mineralisasi serta sebaran kelimpahan kadar tembaga pada daerah penelitian. Metode yang digunakan yaitu penelitian secara langsung di lapangan, analisis laboratorium yaitu petrografi, mineragrafi dan *assay*. Untuk penentuan distribusi unsur digunakan metode interpolasi yaitu kriging. Endapan mineral pada daerah penelitian yaitu endapan bijih sulfida dominan bijih pirit dan bijih tembaga. Berdasarkan hasil analisis, diketahui alterasi yang dijumpai pada daerah penelitian yaitu alterasi serisitik dengan dominasi mineral ubahan serisit dan asosiasi alterasinya yaitu kuarsa-serisit-pirit. Hasil analisis mineragrafi dijumpai mineral-mineral sulfida dominan Fe dan Cu yaitu pirit, kalkopirit, kovelit, kalkosit, dan tenantit. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, diketahui kadar unsur tembaga (Cu) pada daerah penelitian mencapai 7% dan yang paling rendah yaitu <0,1% dengan distribusi lateral terkonsentrasi pada bagian timurlaut daerah penelitian. Tingginya kadar tembaga (Cu) disebabkan oleh kandungan mineral tembaga dimana setiap mineral tembaga mempunyai kadar yang berbeda.

Kata Kunci : Mineral, Tembaga, Alterasi, Mineralisasi, Distribusi

ABSTRACT

The Research Area is located on Wetar Island, North Wetar District, Southwest Maluku Regency, Maluku Province. The purpose of this study was to determine the alteration, mineralization and the distribution of copper element abundance in the study area. The methods used are direct research in the field, laboratory analysis, petrography, mineragraphy and assay. For the determination of the distribution of elements, the interpolation method is used, namely kriging. Mineral deposits in the study area are sulfide ore deposits predominantly pyrite ore and copper ore. Based on the results of the analysis, the alterations found in the study area are sericitic alterations with the dominance of mineral changes in sericite, and alteration association quartz-sericite-pyrite. The results of mineragraphic analysis found that the dominant sulfide minerals of Fe and Cu, namely pyrite, chalcopyrite, kovelite, calcocyste, and tenantite. Based on the results of the assay analysis, it is known that the level percent of copper elements (Cu) in the study area reached 7% and the lowest was <0.1% with a linear distribution concentrated in the northeastern of the study area. The high level percent of copper (Cu) is caused by the mineral content of copper where each copper mineral has a different percent of copper element.

Key Words : *Minerals, Copper, Alteration, Mineralization, Distribution*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur dikembalikan kepada Tuhan Yesus Kristus yang oleh karena Berkat dan KemurahanNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul **“Karakteristik Kandungan Unsur Tembaga (Cu) pada PIT.X Kecamatan Wetar Utara Kabupaten Maluku Baratdaya Provinsi Maluku”**.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu penulis dalam menyusun laporan penelitian ini, antara lain :

1. Bapak Dr.Eng. Hendra Pachri, S.T.,M.Eng, sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. Bapak Ilham Alimuddin,S.T, MGIS, PhD, dan Bapak Safruddin, S.T., M.Eng, sebagai Dosen Pembimbing yang telah membimbing, memberikan saran serta masukan dalam penyusunan skripsi.
3. Bapak Prof.Dr. Eng.Asri Jaya HS, S.T.,M.T dan Bapak Dr.Adi Tonggiroh, S.T.,M.T, sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan saran, masukan pada saat dilaksanakannya seminar hasil.
4. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingannya.
5. Seluruh Staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bantuannya.

6. Pimpinan PT.Batutua Tembaga Raya dan PT.Batutua Kharisma Permai serta seluruh staf perusahaan, atas kesempatan yang diberikan kepada penulis dalam melakukan penelitian.
7. Departmen Mining Geology PT.Batutua Kharisma Permai, semua *Geos* yang telah membimbing, mengarahkan, dan kesempatan untuk belajar banyak.
8. Ibu dan almarhum ayah, atas dukungan doa, materi dan kasih sayang kepada penulis. Serta keluarga besar yang selalu mendukung.
9. Saudara-saudari mahasiswa Teknik Geologi Angkatan 2017 (R17PTORZ) atas segala bantuan dan dukungannya.
10. Allika, Zulfahmi, Jusriani, Utami, Farhan, Gracia Tuamelly, Glady Tetelepta, Lisa Lamba, Vally Gaspersz, Allgreat Salamena, Julidya Adoe, sebagai sahabat yang selalu memberikan masukan dan dukungan
11. Michael, yang selalu memberikan dukungan dan doa.

Dalam laporan skripsi ini penulis menyadari masih memiliki kekurangan baik dalam penulisan maupun penyusunan, oleh karenanya penulis terbuka untuk kritik dan saran yang bersifat membangun untuk memperbaiki tulisan selanjutnya.

Makassar, September 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SARI	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi

BAB I

PENDAHULUAN.....	12
1.1 Latar Belakang	13
1.2 Maksud dan Tujuan.....	13
1.3 Rumusan Masalah.....	13
1.4 Waktu dan Lokasi Penelitian	13
1.5 Manfaat Penelitian	13

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA	15
2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian.....	15
2.1.1 Geomorfologi	15
2.1.2 Stratigrafi	16
2.1.3 Struktur	18
2.2 Endapan Volcanogenic Massive Sulfide (VMS)	20
2.2.1 Lingkungan Pembentukan.....	22
2.2.2 <i>Hydrothermal Vent</i>	25
2.2.3 Karakteristik Endapan VMS	27
2.2.4 Klasifikasi Endapan VMS.....	27
2.3 Alterasi dan Mineralisasi.....	31
2.3.1 Alterasi Hidrotermal.....	31
2.3.2 Mineralisasi Endapan VMS	34
2.3.2.1 Mineralisasi Bijih Tembaga	34
2.4 Metode Interpolasi	36
2.4.1 Metode Kriging	37

BAB III

METODE PENELITIAN	38
3.1 Metode Penelitian	38

3.2 Tahapan Penelitian	39
3.2.1 Tahap Persiapan	40
3.2.2 Tahap Pengambilan Data	40
3.2.3 Tahap Pengolahan Data	40
3.2.4 Tahap Analisis Data	44
3.2.5 Tahap Penyusunan Laporan	45

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Geologi Daerah Penelitian	47
4.1.1 Litologi Daerah Penelitian	48
4.1.1.1 Dasit Porfiri	48
4.1.1.2 Tufa	50
4.1.1.3 Dasit	53
4.1.2 Endapan Daerah Penelitian	56
4.2 Alterasi dan Mineralisasi Daerah Penelitian	57
4.2.1 Alterasi Hidrotermal Daerah Penelitian	57
4.2.2 Mineralisasi Daerah Penelitian	60
4.3 Distribusi Kadar Unsur Tembaga Daerah Penelitian	67
4.4 Karakteristik Geokimia Unsur Tembaga Daerah Penelitian	70

BAB V

PENUTUP	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran	77

DAFTAR PUSTAKA	78
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN :

- Deskripsi Mineragrafi
- Deskripsi Petrografi
- Peta Stasiun
- Peta Geologi Regional
- Peta Distribusi Lateral Unsur Tembaga (Cu)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Tunjuk Lokasi Daerah Penelitian	14
Gambar 2.1 Peta Geologi Lembar Wetar Timur	17
Gambar 2.2 Penampang Banda orogen	19
Gambar 2.3 Tektonik <i>Banda Arc</i>	19
Gambar 2.4 Model Umum Pembentukan Endapan VMS	20
Gambar 2.5 Penampang Endapan VMS	21
Gambar 2.6 Pembentukan <i>Back Arc Basin</i>	23
Gambar 2.7 Lingkungan Pembentukan Endapan VMS.....	24
Gambar 2.8 Penampang Tektonik Pembentukan Endapan VMS.....	24
Gambar 2.9 <i>Black Smoker</i> dan <i>White Smoker</i>	26
Gambar 2.10 <i>Black Smoker</i> dan <i>White Smoker</i>	26
Gambar 2.11 Penampang Model Endapan VMS Tipe Kuroko	28
Gambar 2.12 Penampang Model Endapan VMS Tipe Cyprus.....	29
Gambar 2.13 Model Endapan VMS Tipe Besshi	30
Gambar 2.14 Tipe Alterasi Pada Endapan VMS	32
Gambar 2.15 Model Representatif Zona Alterasi Endapan VMS	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	46
Gambar 4.1 Kolom Stratigrafi Pulau Wetar	47
Gambar 4.2 Kenampakan Singkapan Dasit Porfiri	48
Gambar 4.3 Klasifikasi Batuan Beku (Travis,1950)	49
Gambar 4.4 Kenampakan Mikroskopis Dasit Porfiri	49
Gambar 4.5 Kenampakan Singkapan Tufa.....	50
Gambar 4.6 Kenampakan Tufa pada Stasiun 23	51
Gambar 4.7 Kenampakan Mikroskopis Tufa pada Stasiun 23	51
Gambar 4.8 Kenampakan Tufa pada Stasiun 24	51
Gambar 4.9 Kenampakan Mikroskopis Tufa pada Stasiun 24	52
Gambar 4.10 Klasifikasi Batuan Prioklastik Fisher (1966).....	52
Gambar 4.11 Singkapan Dasit.....	52
Gambar 4.12 Kenampakan Dasit pada Stasiun 18	52

Gambar 4.13 Klasifikasi Batuan Beku (Travis,1950)	54
Gambar 4.14 Mikroskopis Dasit.....	54
Gambar 4.15 Kenampakan Lahar	56
Gambar 4.16 Kenampakan Material Lahar	56
Gambar 4.17 Kenampakan Dasit Porfiri Alterasi Serisitik	58
Gambar 4.18 Mikroskopis Alterasi Serisitik Stasiun 1	58
Gambar 4.19 Mikroskopis Alterasi Serisitik Stasiun 2	59
Gambar 4.20 Penampang Ideal Lapisan Mineral Gang.....	61
Gambar 4.21 Penampang Keterdapatan <i>Massive Pyrite</i>	61
Gambar 4.22 Singkapan Endapan Masif Pirit	62
Gambar 4.23 Kenampakan Endapan Masif Pirit	62
Gambar 4.24 Mikroskopis Endapan Masif Pirit Stasiun 46	62
Gambar 4.25 Mikroskopis Masif Pirit Stasiun 12	63
Gambar 4.26 Singkapan Endapan Bijih Tembaga	64
Gambar 4.27 Kenampakan Endapan Bijih Stasiun 11	64
Gambar 4.28 Mikroskopis Endapan Bijih Sulfida Stasiun 38.....	64
Gambar 4.29 Mikroskopis Endapan Bijih Sulfida Stasiun 40.....	65
Gambar 4.30 Mineralisasi pada Singkapan Dasit Porfiri Stasiun 1	66
Gambar 4.31 Mikroskopis Endapan Bijih pada Dasit Porfiri.....	66
Gambar 4.32 Grafik Perbandingan Unsur Tembaga(Cu) dan Besi (Fe)	70
Gambar 4.33 Grafik Perbandingan Unsur Tembaga(Cu) dan <i>Zinc</i> (Zn).....	71
Gambar 4.34 Grafik Perbandingan Unsur Tembaga(Cu) dan Arsen (As)	71
Gambar 4.35 Grafik Perbandingan Unsur Tembaga(Cu) dan Antimon (Sb).....	72
Gambar 4.35 Grafik Perbandingan Unsur Arsen (As) dan Perak (Ag)	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Mineral Tembaga dan Presentase Tembagaanya	36
Tabel 4.1 Hasil Analisis Assay Unsur Tembaga	69
Tabel 4.2 Hasil Analisis Assay.....	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya geologi seperti sumber daya mineral yang tersebar di seluruh Indonesia dengan jenis dan potensi sumber daya mineral yang berbeda-beda yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia. Salah satu sumber daya mineral yang dimiliki Indonesia yaitu sumber daya alam logam seperti tembaga. Salah satu lokasi keterdapatan mineral bijih tembaga yaitu pada Pulau Wetar dimana secara regional, Pulau Wetar merupakan bagian dari *ring of fire* yang terletak pada rangkaian gunungapi Banda dengan pembentukan morfologi pada pulau ini dikontrol oleh litologi batuan vulkanik dan endapan mineral bijih yang dijumpai yaitu endapan mineral-mineral sulfida. Seiring dengan terus meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan akan sumber daya mineral pun semakin meningkat. Menurut *World Bureau of Metal Statistic*, Produksi tembaga Indonesia telah menurun secara bertahap sejak tahun 2016, dari 695.900 metrik ton menjadi 400.200 pada tahun 2019, namun pertambangan di Indonesia terus berupaya dalam proses eksplorasi dan memaksimalkan cadangan yang ada. Dalam mengidentifikasi daerah yang memiliki potensi tersebut, salah satunya dapat dilakukan analisis geologi dan geokimia. Hal inilah yang melatarbelakangi penulis melakukan penelitian Tugas Akhir yang berjudul **Karakteristik Kandungan Unsur Tembaga (Cu) pada PIT.X Kecamatan Wetar Kabupaten Maluku Baratdaya Provinsi Maluku.**

1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui distribusi atau sebaran unsur tembaga pada daerah penelitian. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu mengetahui mineral alterasi dan mineralisasi serta sebaran kelimpahan kadar tembaga pada daerah penelitian.

1.3 Rumusan Masalah

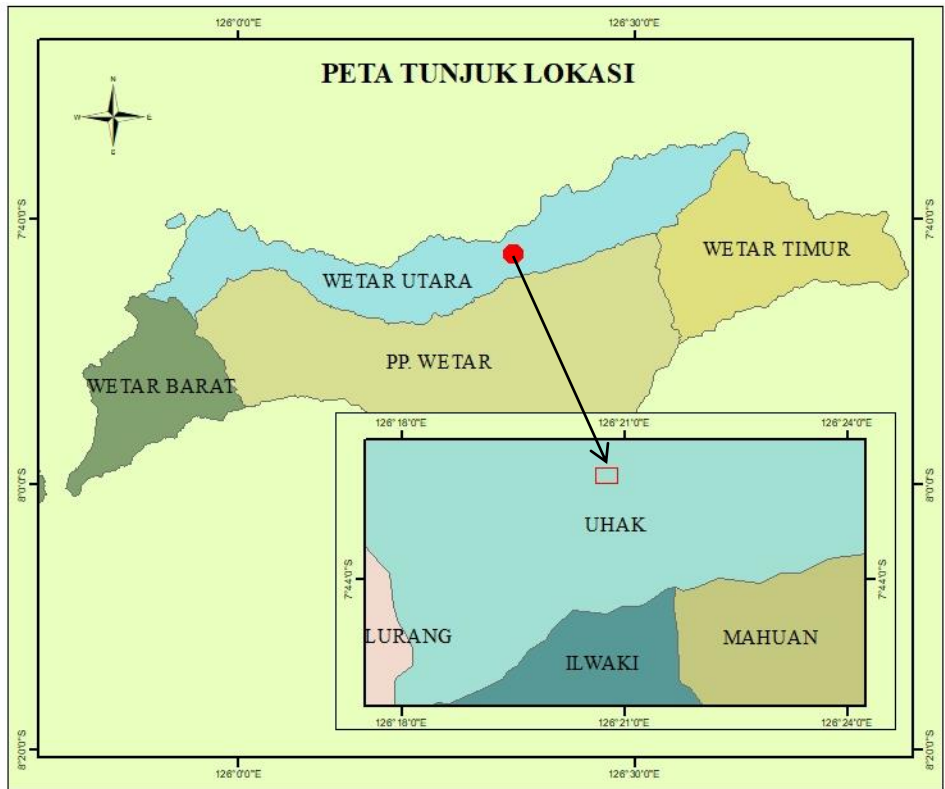
1. Mengetahui mineral alterasi pada daerah penelitian
2. Mengetahui jenis mineral bijih pada daerah penelitian
3. Mengetahui distribusi kadar tembaga (Cu) pada daerah penelitian

1.4 Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 1 bulan 2 minggu yaitu pada bulan januari-februari 2022. Penelitian dilakukan di PT.Batutua Kharisma Permai, Pulau Wetar, Kecamatan Wetar Utara, Kabupaten Maluku Baratdaya, Provinsi Maluku.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat dijadikan sebagai dasar atau acuan dalam melakukan tahapan eksplorasi lebih lanjut. Penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat untuk mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya fokus ilmu sumberdaya mineral.



Gambar 1.1 Peta Tunjuk Lokasi Daerah Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian

2.1.1 Geomorfologi

Topografi Pulau Wetar terlihat berupa pegunungan dan perbukitan yang menjulang, memiliki dinding curam dan tajam, terbentuk sebagai hasil proses fluvial dan tektonik yang terjadi selama Miosen- Pliosen. Perbukitan terjal tersebut berada di tengah pulau sementara daratan pantai terlihat sempit dan tidak memiliki pasir pantai melainkan bebatuan.

Pulau wetar memiliki panjang 110 km dengan lebar 40 km dan memiliki bentuk yang tidak beraturan dan meruncing di kedua sisi Barat dan Timur. Garis pantai terlihat berkelok tajam dan secara umum memiliki pantai yang terjal. Bathimetri pantai di sekitar Pulau Wetar adalah curam dimana kurang lebih pada jarak 50 m dari bibir pantai langsung berubah menjadi laut dalam.

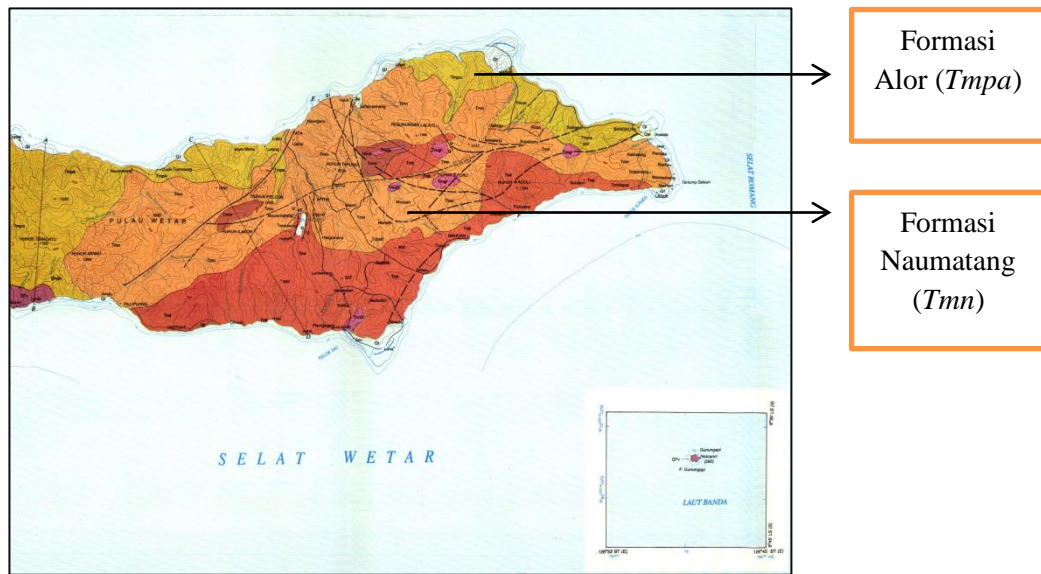
Secara umum morfologi pulau wetar didominasi oleh morfologi perbukitan bergelombang terjal-rendah, pedatan dimana sebagian besar tersusun oleh batuan vulkanik tersier, batuan vulkanik kuarter, batuan terobosan dan batuan sedimen.

Pola sungai sebagian besar mempunyai pola dendritik yang menggambarkan kesamaan litologi secara umum pada area yang luas, diperkirakan karena dominasi batuan vulkanik berumur muda dengan komposisi yang sama, yang menutupi sebagian besar Pulau Wetar menunjukkan adanya struktur geologi dengan arah relatif Utara Selatan.

2.1.2 Stratigrafi

Daerah penelitian termasuk dalam lembar Wetar Timur, Nusa Tenggara (Burhan dkk,1997). Stratigrafi regional daerah penelitian adalah bagian dari formasi Alor. Formasi Alor (Tmpa) terdapat takselaras diatas Formasi Tihu dan Batuan Gunungapi Riolit.

Formasi Alor (Tmpa) terdiri dari lava dan breksi bersusunan andesit dan basal, bersisipan batupasir dan tufa, berumur Miosen Akhir-Pliosen Awal (Y.Noya dkk,1986). **Lava**, berwarna abu-abu kehitaman, memperlihatkan struktur kekar dan kekar lapis, setempat mengalami ubahan, lava ini berupa andesit piroksin, basal olivin porfiri, dan andesit; urat kuarsa banyak dijumpai dengan tebal lebih kurang 3 cm. **Breksi**, berwarna abu-abu kehitaman, padat. komponen berukuran 0,5-15 cm, dengan fragmen menyudut tajam, sampai tanggung, bersusunan andesit, massadasar batupasir tufaan. **Batupasir**, berwarna abu-abu kehitaman, berbutir halus sampai sedang, membundar tanggung sampai menyudut tanggung; terpilah sedang, terdiri dari kepingan batuan, sedikit mineral kuarsa, feldspar, dan mineral hitam, pejal. **Tufa**, berwarna putih kecoklatan, padat, berlapis, tebal lapisan 2 – 5 cm. Umur Formasi Alor diduga Miosen Akhir-Pliosen Awal, di bagian bawah menjemari dengan Formasi Naumatang, Lokasi tipe formasi ini terletak di P.Alor (Y.Noya, dkk, 1986).



Gambar 2.1 Peta Geologi Lembar Wetar Timur (Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1997)

2.1.3 Struktur

Pulau wetar adalah bagian dari busur Banda dalam (*inner Banda Arc*) sebuah gugusan yang terdiri dari gunung berapi yang aktif dan tidak aktif yang mengelilingi Laut Banda. Sesar di daerah ini memiliki dua arah utama, yaitu timurlaut-baratdaya dan hampir timur-barat atau sejajar pulau, sesar-sesar tersebut berupa sesar geser mengiri dan sesar turun.

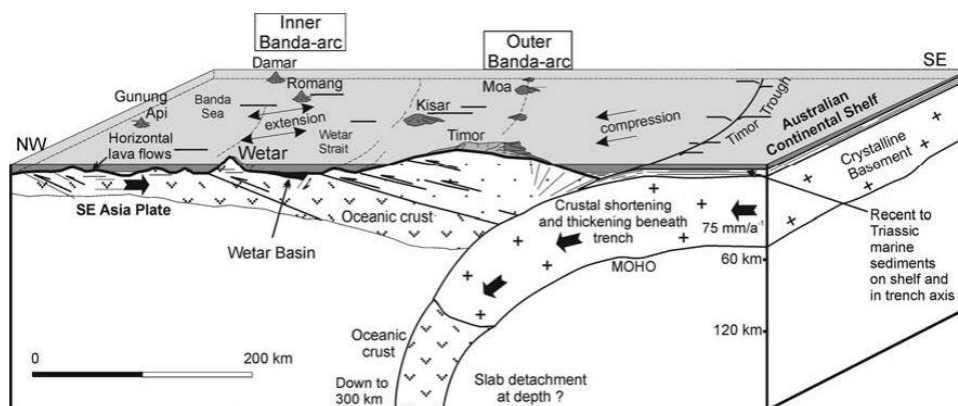
Sesar geser mengiri yang berarah timur-barat menyesarkan batuan pra-Miosen Akhir yaitu Formasi Tihu dan Batuan Gunungapi Riolit. Sedangkan sesar geser yang berarah timurlaut-baratdaya menyesarkan batuan berumur hingga Pliosen Awal.

Sesar turun berarah baratlaut-tenggara menyesarkan batuan berumur hingga Miosen Akhir. Khusus di Danau Tihu dijumpai dua buah sesar turun yang mengapit danau tersebut. Sesar tersebut diduga merupakan suatu sistem terban

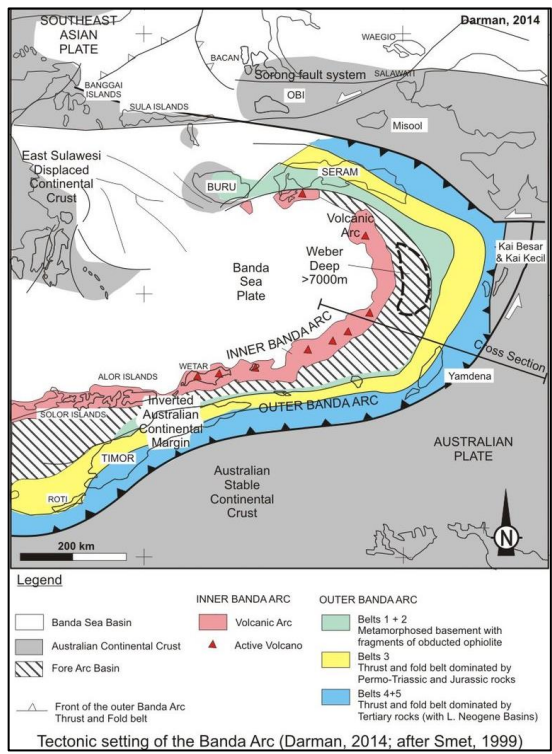
yang mungkin terjadi pasca- Miosen Akhir yang kemudian membentuk Danau Tihu.

Kegiatan gunungapi yang terjadi pada Miosen Awal- Awal Miosen Tengah telah menghasilkan Formasi Tihu dan Batuan Gunungapi Riolit; kemudian terjadi pengangkatan disertai penerobosan Diorit, Granit, Granodiorit dan Dasit pada Miosen Tengah. Pada awal Miosen Atas terjadi lagi kegiatan gunungapi yang menghasilkan batuan bersusunan dasit dan membentuk Formasi Naumatang, serta batuan bersusunan andesit sampai basal Formasi Alor. Pada kala Plio-Plistosen terjadi lagi pengangkatan, dan kemudian diperkirakan terjadi kegiatan gunungapi di Pantai Selatan bagian barat lembar, yang menghasilkan Batuan Gunungapi Tua. Ketika itu Pulau Wetar merupakan daratan lagi.

Pengangkatan terjadi lagi pada akhir plistosen dan kemudian diendapkan Batugamping dan Breksi Koral, pengangkatan tersebut masih berlangsung hingga sekarang (Burhan dkk,1997).

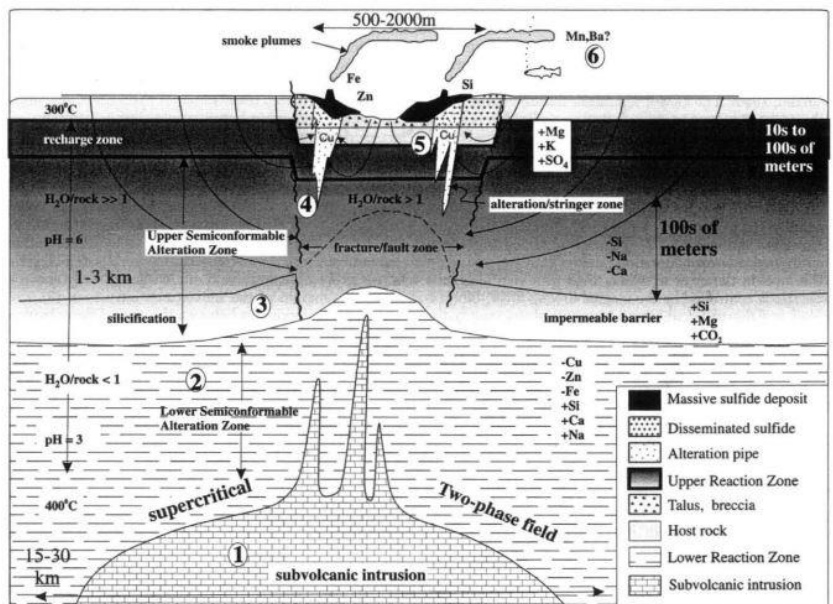


Gambar 2.2 Penampang Banda Orogen (Scotney,2005)



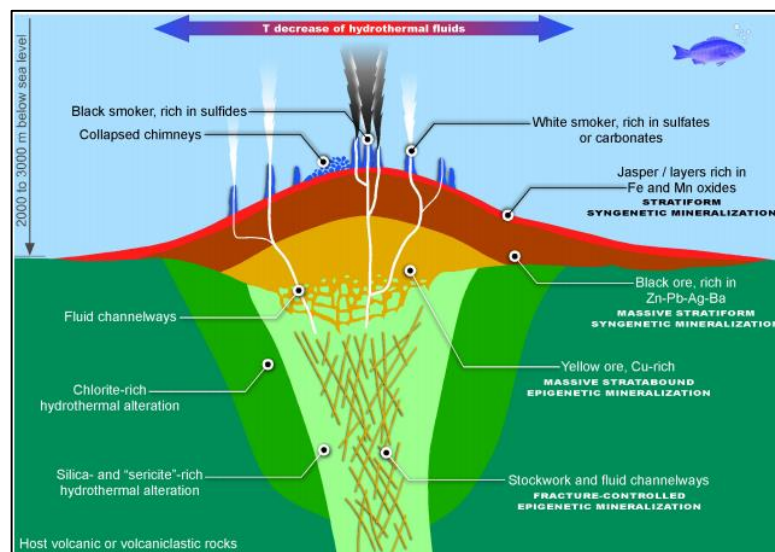
Gambar 2.3 Tektonik Banda Arc

2.2 Endapan *Volcanogenic massive sulfide (VMS)*



Gambar 2.4 Model Umum Pembentukan Endapan VMS yang Menggambarkan Komponen Dasar dari VMS Suhu Tinggi dalam Sistem Hidrotermal (Franklin et al, 2005)

Endapan mineral (*ore deposit*) adalah batuan yang mengandung satu atau lebih mineral logam (*metallic mineral*) yang akan memiliki nilai ekonomis juga ditambang, dinamakan *ore mineral* atau mineral bijih. Suatu endapan dikatakan bijih sebenarnya dilihat dari nilai ekonomisnya. Suatu endapan mineral akan terbentuk oleh serangkaian proses yang mengubah kondisi suatu batuan menjadi suatu endapan dengan kandungan mineral bijih yang disebut proses ubahan. Proses tersebut akan menghasilkan mineral logam dan mineral ubahan, struktur serta tekstur batuan yang berubah karenanya. Kebanyakan bijih yang ditambang adalah berasal dari mineral bijih yang diendapkan oleh larutan hidrotermal. Beberapa larutan hidrotermal berasal dari pelepasan air yang terkandung dalam magma saat magma naik dan mendingin. Lainnya berasal dari air meteorik atau air laut yang bersirkulasi dalam kerak. Endapan mineral yang terbentuk oleh air laut yang terpanaskan aktivitas vulkanisme, dan endapannya berbentuk senyawa sulfide, yang dinamakan *volcanogenic massive sulphide*.



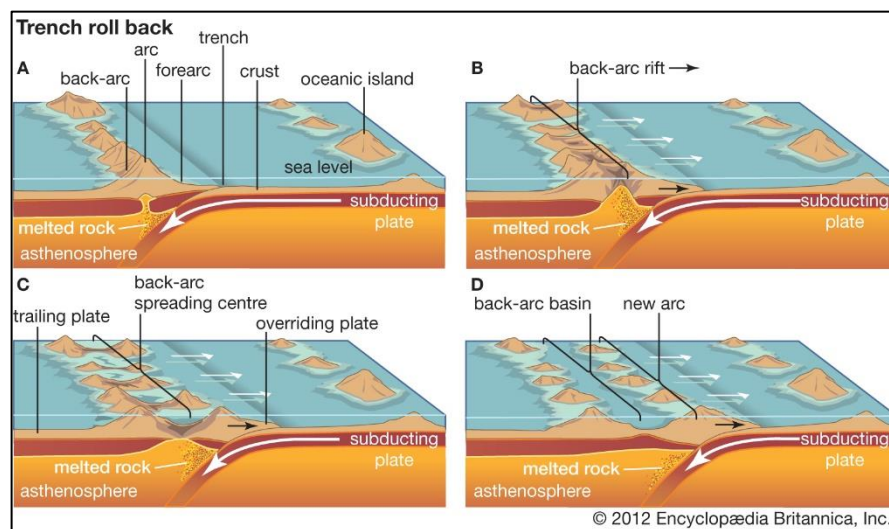
Gambar 2.5 Penampang Endapan VMS

Endapan VMS (*Volcanogenic massive sulphide*) adalah kumpulan dari mineral-mineral sulfida dalam bentuk perlapisan (*stratiform*) yang dibentuk oleh hasil presipitasi larutan hidrotermal di permukaan atau dibawah lantai samudra (*sea floor*) pada zaman purba ataupun yang masih terus berlangsung. Sistem hidrotermal di lantai samudra terdiri dari sumber panas yaitu magma, daerah *recharge*, arus sirkulasi, dan jalur pembuangan pada lantai samudra yaitu mata air panas yang tersalurkan lewat jalur berupa urat-urat dan rekahan. Proses sirkulasi dari pemanasan air laut terjadi pada kedalaman sekitar 2-8 km pada kerak oseanik, air laut yang terpanaskan tersebut kemudian mengalami proses *boiling* dan pemisahan fase (*phase separation*) dengan ditandai berkembangnya lapisan *brine* di kerak oseanik. Larutan hidrotermal yang terbentuk akan mengalami perubahan suhu, komposisi, dan konsentrasi volatil akibat beberapa proses interaksi dengan batuan sampling. Sirkulasi yang terjadi menyebabkan presipitasi urat-urat sulfida logam seperti Cu, Zn, Pb dan Fe pada suhu berkisar antara 350°-550° C serta menyebabkan terjadinya alterasi. Susunan hidrotermal yang terbentuk pada umumnya mempunyai urutan dari dalam ke luar rekahan sebagai berikut; sulfida Cu, Zn, dan sulfida Fe, sulfida *colloform*, sulfat (barit, anhidrit yang umumnya berasosiasi dengan Au). Aktivitas ini berangsur-angsur akan berhenti akibat telah terisinya rekahan-rekahan dan pori-pori yang ada.

2.2.1 Lingkungan Pembentukan

Aggarwal dan Nesbit (1984) menyebutkan bahwa endapan VMS, terbentuk di dasar laut yaitu antara batas lempeng divergen dimana *ophiolite* berasosiasi dengan endapan yang terbentuk akibat pemekaran lantai samudra (*sea floor*

spreading) dan pada batas lempeng konvergen yang berasosiasi dengan lempeng samudra. Herzig dan Hannington (1995) berpendapat bahwa endapan VMS umumnya terbentuk pada tektonik ekstensional dasar laut yaitu di lingkungan pemekaran samudera aktif (*Mid Oceanic Ridge*) dan di lingkungan *back arc basin* pada tatanan busur vulkanik. Kedua pendapat tersebut pada intinya sama. Terdapat pendapat lain juga yang mengatakan bahwa endapan VMS berasosiasi dengan kaldera submarine.

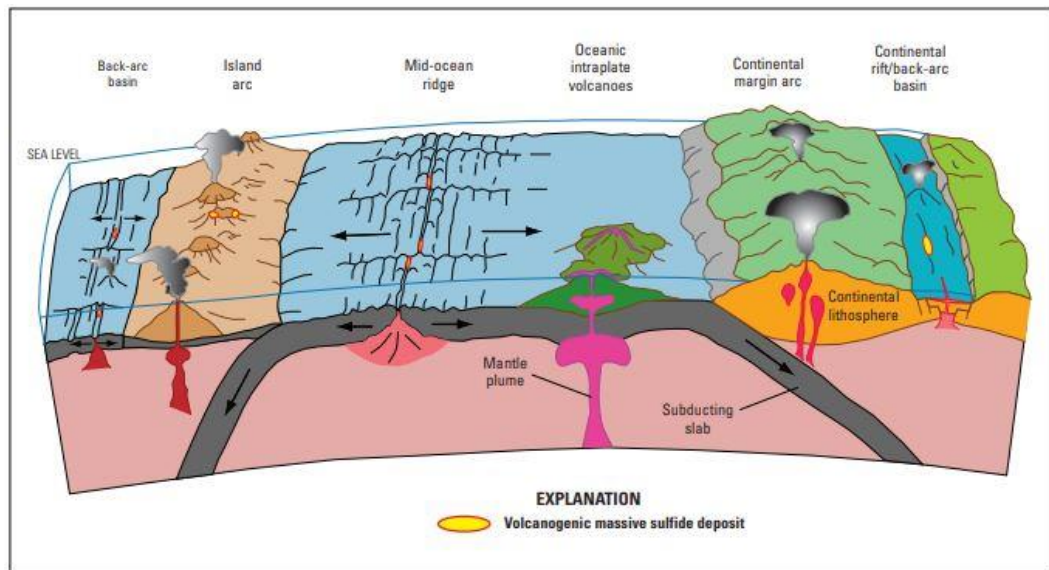


Gambar 2.6 Menunjukkan pembentukan back arc basin, dimana endapan VHMS berada pada lokasi back arc basin/cekungan belakang busur

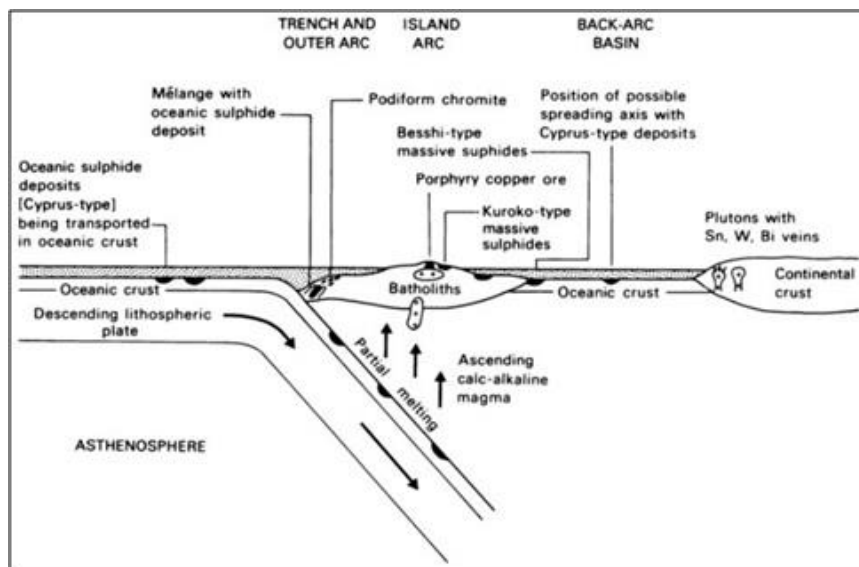
Adanya proses pemekaran lantai samudera (*sea floor spreading*) akan menghasilkan rekahan-rekahan yang baru dan siklus baru dari pengendapan urat hidrotermal dimulai. Hal ini berlangsung terus-menerus selama rentang waktu ratusan bahkan ribuan tahun yang kemudian menghasilkan tubuh bijih sulfida masif yang luas. Larutan yang mengandung logam mengalami reduksi, dengan pH 2-6 dan menerobos melalui sistem rekahan kemudian keluar di lantai samudera

dalam sebagai *hot spring* (*black dan white smokers*) pada suhu sekitar 350°- 400°

C.



Gambar 2.7 Diagram skema yang menunjukkan endapan sulfida masif vulkanogenik pada zona divergen (*mid oceanic ridge* dan *back arc basin*) dan zona konvergen (busur kepulauan yang berkaitan dengan subduksi dan busur benua). (USGS Volcanogenic Massive Sulfide Occurrence Model (2010) Dimodifikasi dari Schmincke (2004) dan Galley (2007))



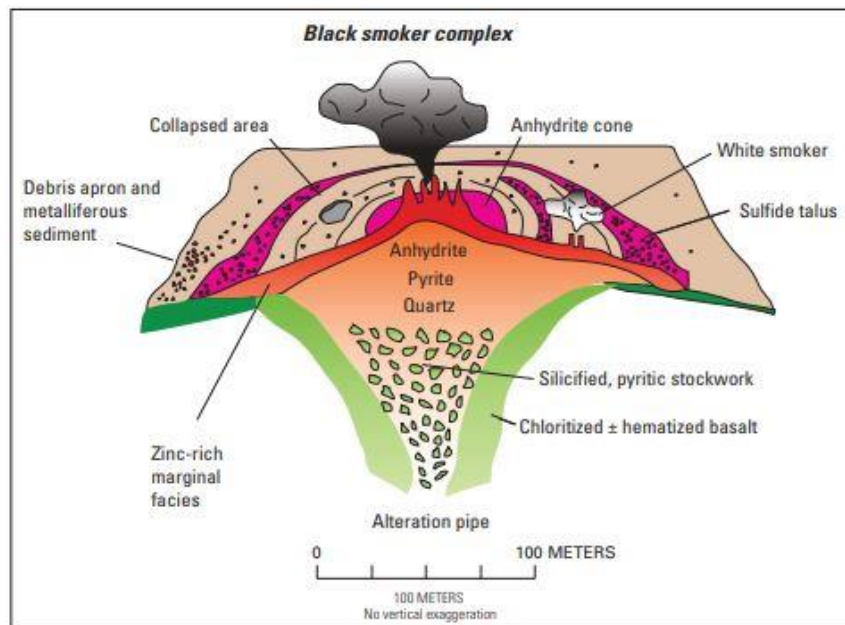
Gambar 2.8 Penampang Tektonik Pembentukan Endapan VMS

2.2.2 *Hydrothermal Vent*

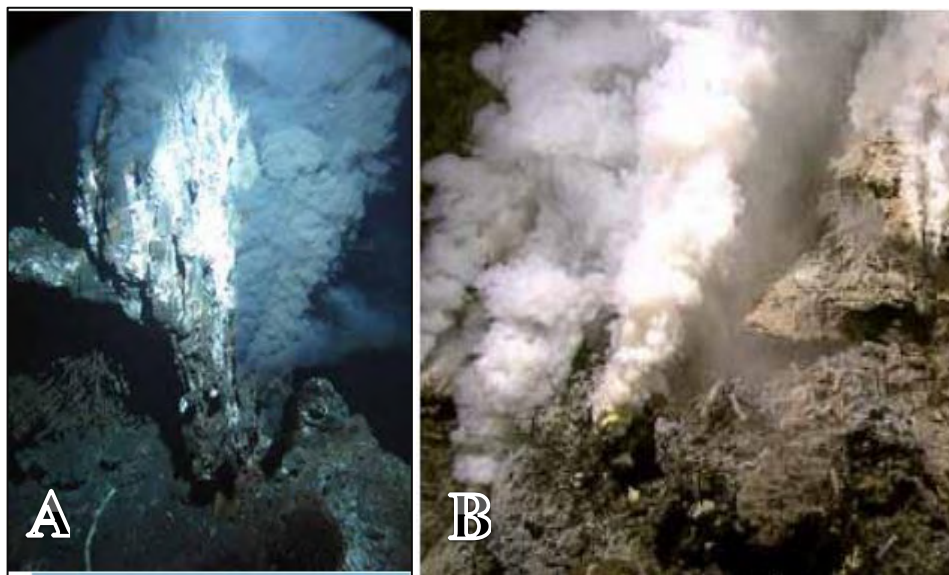
Hydrothermal vent atau cerobong asap bawah laut merupakan hasil dari peresapan air laut melalui celah di kerak samudera disekitar zona subduksi yaitu tempat dimana terdapat 2 lempeng tektonik yang menjauh satu sama lain. Air laut yang dingin akan dipanaskan oleh magma panas di perut bumi dan akan berinteraksi dengan batuan disekitar kerak bumi yang menyusun unsur-unsur tembaga, seng, besi, timah, sulfur, dan silika yang kemudian keluar melalui vent. Suhu air laut di *hydrothermal vent* mencapai lebih dari 340°C atau 700°F. Air yang keluar dari *hydrothermal vent* tidak mendidih karena adanya tekanan yang ekstrim di laut dalam, dimana *hydrothermal vent* itu terbentuk (*National Oceanic Atmospheric Administration*, 2011)

Terdapat dua tipe vent berdasarkan kandungan bahan kimianya yaitu *black smokers* dan *white smokers*. *Black smokers* merupakan *hydrothermal vent* yang mengeluarkan partikel sulfida gelap yang merupakan kelompok bahan mineral yang mengandung sulfur. *Black smokers* di laut dalam terbentuk karena adanya dorongan sirkulasi dan pemanasan air laut di kedalaman 2-8 km di kerak samudera. *White smokers* merupakan *hydrothermal vent* yang mengeluarkan asap berwarna putih karena mineral sulfida yang mengendap dalam gundukan sebelum cairan keluar melalui vent (Kelley,2001). Suhu pada cairan *white smokers* lebih dingin berkisar antara 250°-300° C dan mengalir lebih lambat dibandingkan dengan cairan *black smokers*. Ukuran cerobong *white smokers* pada umumnya lebih kecil. Warna putih berasal dari mineral yang terbentuk pada saat cairan hidrothermal keluar melalui cerobong dan bercampur dengan air laut. Saat asap

hydrothermal vent keluar, akan memicu terjadinya reaksi kimia. Sulfur dan bahan kimia lainnya yang keluar membentuk vent yang kaya akan bahan kimia dan deposit mineral didasar laut.



Gambar 2.9 *Black Smoker* dan *White Smoker* (Hannington et al, 2005 dalam USGS Volcanic Massive Sulfide Occurrence Model, 2010)



Gambar 2.10 a. *Black Smoker* Boardwalk memancarkan 340° C Larutan Hidrotermal di Timurlaut Samudera Pasifik pada Kedalaman 2.200 meter (James F.Holden, Universitas Massachusetts Amherst)
b. *White Smoker* di Kawio Barat (NOAA *Okeanos Explorer Program*, 2010)

2.2.3 Karakteristik Endapan VMS

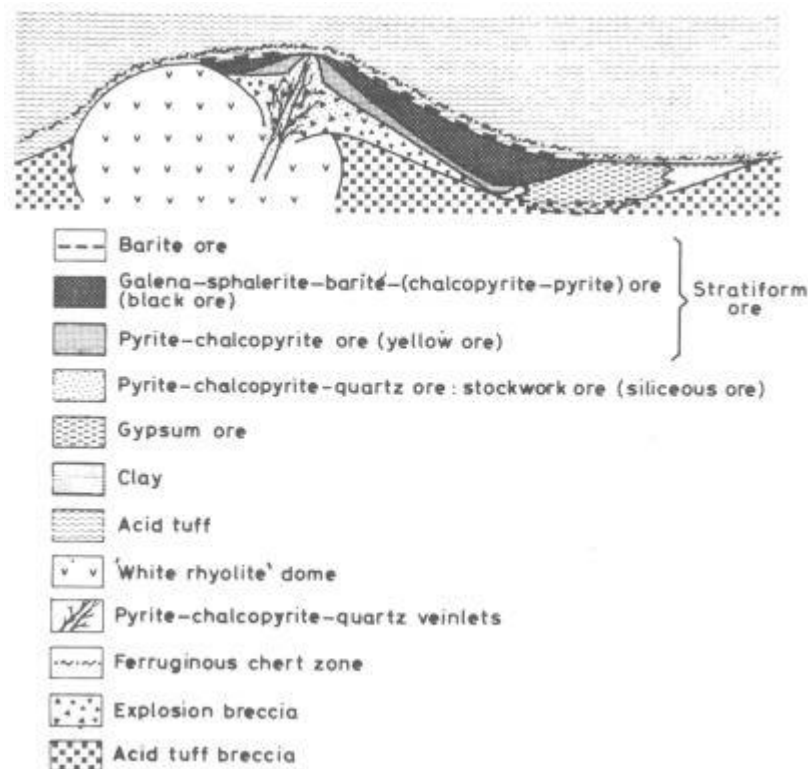
Endapan *volcanic massive sulfide* secara spasial dan temporal mempunyai hubungan yang erat dengan kegiatan vulkanisme dan batuan vulkanik dimana bijih masif yang dijumpai dalam bentuk lapisan (strata) atau menyerupainya yang mengandung lebih dari 60% mineral sulfida. Bijihnya mengandung unsur logam dasar seperti *zinc* (Zn), tembaga (Cu), dan timbal (Pb) dengan sedikit emas (Au) dan perak (Ag). Mineral bijih terbentuk berasosiasi dengan lingkungan *submarine volcano* namun juga dijumpai ada yang berasosiasi dengan *land based volcanic*. Secara ideal akan terbentuk pirit yang masif dan kalkopirit di sekitar sistem rongga *vent* dengan bentuk dari gabungan antara *chalcopyrite-sphalerite-pyrite* bergradasi menjadi fasies *sphalerite-galena* dan *galena-manganese* dan akhirnya fasies *chert-manganese-hematite*. Pada saat larutan hidrotermal yang panas bercampur dengan air laut yang dingin maka akan terbentuk mineral besi, tembaga dan *zinc sulfide* dan bercampur membentuk sebuah gumuk diatas permukaan lantai samudera. Mineral bijih juga dapat terbentuk pada rekahan yang mengalasi gumuk mineral-mineral sulfida tersebut (Lydon,1984).

2.2.4 Klasifikasi Endapan VMS

Beberapa ahli telah membuat klasifikasi dari endapan VMS. Klasifikasi yang dibuat oleh Sawkins (1990) dan Franklin, dkk (2005). Sawkins (1990) membagi endapan VMS menjadi 3 jenis endapan berdasarkan pada komposisi *host-rock* dan lingkungan tektonik yaitu *Kuroko type*, *Cyprus type*, *Besshi type*.

1. *Kuroko type*

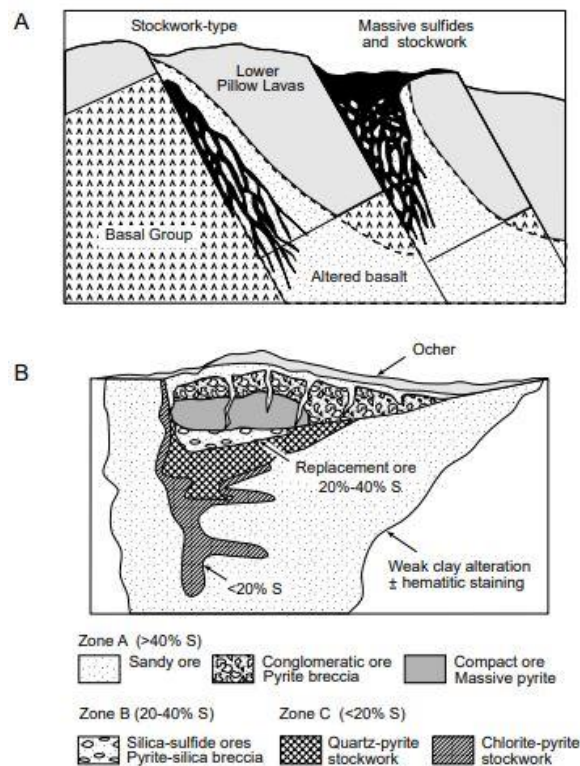
Pembahasan mengenai tipe kuroko secara detail dilaporkan oleh Ohmoto dan Skinner (1983) dan Ohmoto (1996). Endapan tipe kuroko ini terbentuk pada lingkungan cekungan busur belakang yang terbentuk akibat subduksi. Mineralogi dari tipe ini didominasi oleh sulfida (60%) terdiri dari zona masif lapisan bagian atas atau sering disebut *black ore* (pirit-sfalerit-kalkopirit-pirotit-galena-barit-tetrahidrit-tenantit- bornit) ; zona masif lapisan bagian bawah atau sering disebut sebagai *yellow ore* (pirit-kalkopirit-sfalerit-magnetit) ; zona *stockwork* (pirit-kalkopirit-emas-perak). Gypsum atau anhidrit dijumpai di beberapa *deposit*. Endapan ini merupakan sumber utama dari Pb dan Zn.



Gambar 2.11 Penampang Model Endapan VMS Tipe Kuroko di Jepang (Sato, 1997)

2. Cyprus type

Endapan tipe cyprus cenderung tidak terlalu luas dengan *grade* yang menengah dan kaya akan Cu dan Zn. Endapan ini pada umumnya berbentuk lensa atau tumpukan sulfida masif di atas sebuah urutan kelompok batuan yang disebut ofiolit dan basalt. Pada bagian bawahnya berupa zona *stockwork* yang kaya akan Cu terdiri dari urat-urat mineral sulfida –kuarsa yang saling memotong pada basalt yang terklorotisasikan. Berasosiasi dengan lingkungan tektonik pemekaran lantai samudra atau *sea floor spreading*. Penciri utama dari endapan ini adalah sedikitnya kehadiran sedimen silisiklastik.

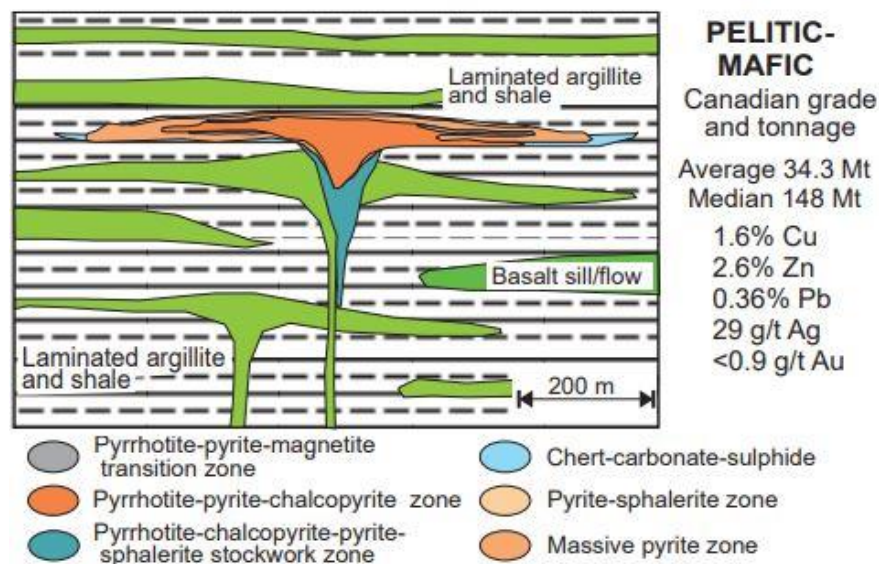


Gambar 2.12 Penampang Model Endapan VMS tipe Ciprus yang menunjukkan distribusi bijih yang berbeda jenis bijih dan mineralisasinya

- Bijih masif sulfida tipe ciprus, menunjukkan struktur patahan yang mengontrol larutan hidrotermal yang menuju permukaan dan asosiasi alterasi
- Skema komposit yang menunjukkan distribusi vertikal bijih sulfida masif tipe ciprus

3. *Besshi type*

Endapan tipe Besshi dijumpai dalam lingkungan campuran sedimen silisiklastik-vulkanik berupa serpih, *greywacke* dan batupasir. Biasanya endapan ini dijumpai pada sedimen turbidit yang diintrusi oleh *sill* berkomposisi basalt. Umumnya mempunyai kandungan Cu yang tinggi (Cu-rich) dengan kandungan Zn yang relatif rendah serta unsur litofil lainnya. Perbedaan mencolok dengan tipe lainnya yaitu endapan tipe ini membentuk lapisan sulfida masif yang kaya akan piritit dan pirit yang tipis dan memanjang secara lateral. Tipe ini terbentuk pada lingkungan busur kepulauan.



Gambar 2.13 Model Endapan VMS tipe Besshi (Galley et al,2007)

2.3 Alterasi dan Mineralisasi

2.3.1 Alterasi Hidrotermal

Bateman (1956), menyatakan bahwa larutan hidrotermal adalah suatu cairan atau fluida yang panas, kemudian bergerak naik ke permukaan dengan membawa komponen mineral logam. Fluida ini merupakan larutan sisa yang dihasilkan pada proses pembekuan magma.

Guilbert dan Park (1986) mengemukakan alterasi merupakan perubahan di dalam komposisi mineralogi suatu batuan (terutama secara fisik dan kimia), khususnya diakibatkan oleh aksi dari larutan hidrotermal. Alterasi hidrotermal merupakan konversi dari gabungan beberapa mineral. Interaksi antara larutan hidrotermal dengan batuan yang dilewati akan menyebabkan terubahnya mineral-mineral penyusun batuan sampling dan membentuk mineral alterasi. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan yang terjadi pada batuan akibat naiknya fluida hidrotermal yaitu temperatur dan tekanan pada saat reaksi berlangsung, sifat kimia larutan hidrotermal, konsentrasi larutan hidrotermal, komposisi batuan sampling, durasi aktivitas hidrotermal, dan permeabilitas. Karena perbedaan temperatur antara fluida panas (larutan hidrotermal) dengan batuan asal (*host rock*).

Derajat dan lamanya proses alterasi akan menyebabkan perbedaan intensitas alterasi dan derajat alterasi (terkait dengan stabilitas pembentukan). Stabilitas mineral primer yang mengalami alterasi sering membentuk pola alterasi pada batuan (Pirajno, 1992). Pada kesetimbangan tertentu, proses hidrotermal akan menghasilkan kumpulan mineral tertentu yang dikenal sebagai himpunan mineral

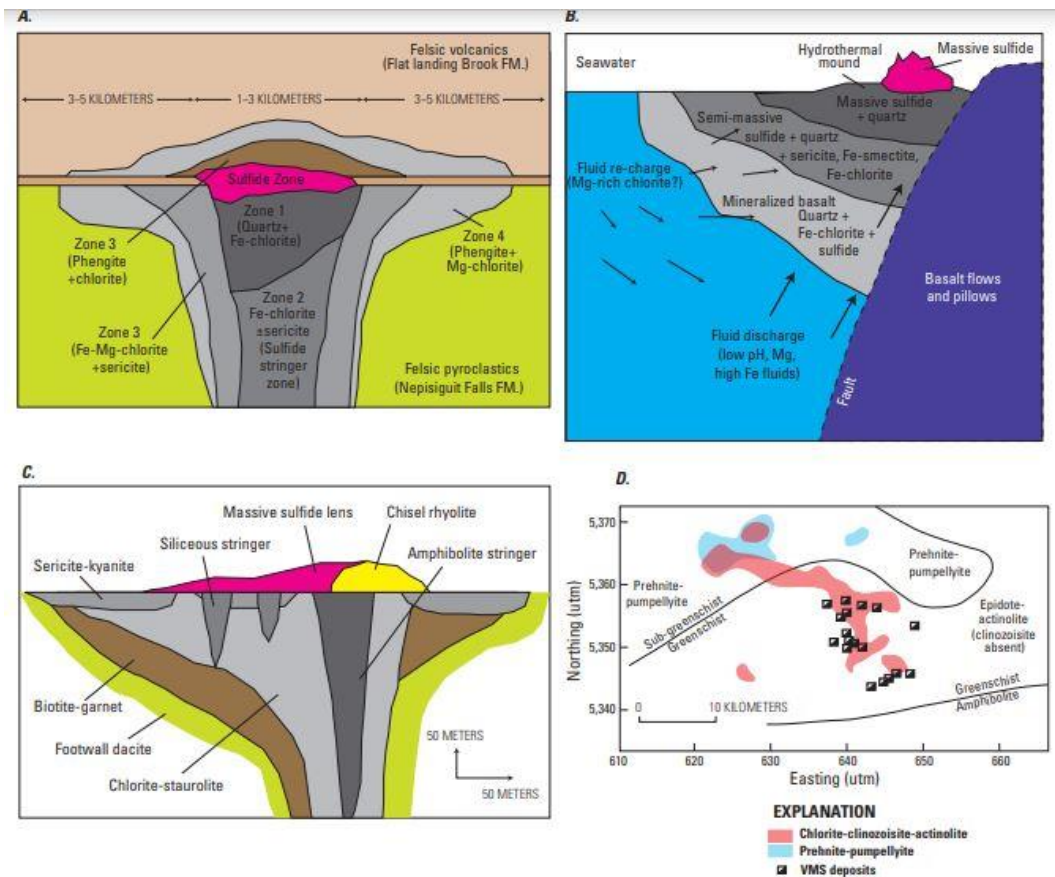
(Guilbert dan Park, 1986). Setiap himpunan mineral akan mencerminkan tipe alterasi (*type of alteration*). Satu mineral dengan mineral tertentu seringkali dijumpai bersama (asosiasi mineral), walaupun mempunyai tingkat stabilitas pembentukan yang berbeda. Area yang memperlihatkan penyebaran kesamaan himpunan mineral yang hadir dapat disatukan sebagai satu zona alterasi. *Host rock* adalah batuan yang mengandung endapan bijih atau suatu batuan yang dapat dilewati larutan, dimana endapan bijih terbentuk. Intrusi maupun batuan dindin dapat bertindak sebagai *host rock*.

Menurut Shanks (2012) dalam *Hydrothermal Alteration in Volcanogenic Massive Sulfide Occurrence Model*, zona alterasi yang umumnya dijumpai yaitu alterasi argilik, argilik lanjut, serisitik, kloritik, dan propilitik, dengan perbedaan komponen mineralnya.

[Modified from Bonnet and Corriveau, 2007. Fe, iron; K, potassium; Mg, magnesium]

Alteration type	Diagnostic minerals: unmetamorphosed deposits	Diagnostic minerals: greenschist facies	Diagnostic minerals: granulite facies
Advanced argillic	Kaolinite, alunite, opal, smectite	Kaolinite, pyrophyllite, andalusite, corundum, topaz	Sillimanite, kyanite, quartz
Argillic	Sericite, illite, smectite, pyrophyllite, opal	Sericite, illite, pyrophyllite	Sillimanite, kyanite, quartz, biotite, cordierite, garnet
Sericitic	Sericite, illite, opal	Sericite, illite, quartz	Biotite, K-feldspar, sillimanite, kyanite, quartz, cordierite, garnet
Chloritic	Chlorite, opal, quartz, sericite	Chlorite, quartz, sericite	Cordierite, orthopyroxene, orthoamphibole, phlogopite, sillimanite, kyanite
Carbonate propylitic	Carbonate (Fe, Mg), epidote, chlorite, sericite, feldspar	Carbonate (Fe, Mg), epidote, chlorite, sericite, feldspar	Carbonate, garnet, epidote, hornblende, diopside, orthopyroxene

Gambar 2.14 Tipe Alterasi pada Endapan VMS (USGS Volcanogenic Massive Sulfide Occurrence Model, 2010 dimodifikasi dari Bonner dan Corriveau, 2007)



Gambar 2.15 Model Representatif dari Zona Alterasi pada Endapan Sulfida Masif Vulkanogenik (USGS Volcanogenic Massive Sulfide Occurrence Model, 2010)

1. Alterasi argilik

Pada tipe argilik terdapat dua kemungkinan himpunan mineral yaitu muskovit-kaolinit-monmorilonit dan muskovit-klorit-monmorilonit. Himpunan mineral pada tipe argilik terbentuk pada temperatur 100°C-300°C (Pirajno,1992), fluida asam-netral dan salinitas rendah.

2. Alterasi argilik lanjut

Zona argilik lanjut atau *advanced argilic* dicirikan dengan kehadiran himpunan mineral pirofilit-diaspor-andalusit-kuarsa-turmalin-enargit-luzonit

untuk temperatur tinggi yaitu 250°C-350°C, atau himpunan mineral kaolinit-alunit-kalsedon-kuarsa-pirit untuk temperatur rendah yaitu <180°C.

3. Alterasi propilitik

Zona ini dicirikan oleh kehadiran klorit disertai dengan beberapa mineral epidot, illit/serisit, kalsit, albit dan anhidrit. Terbentuk pada temperatur 200°C-300°C pada pH mendekati netral, dengan salinitas beragam, umumnya pada daerah yang mempunyai permeabilitas rendah. Terdapat empat kecenderungan himpunan mineral yang hadir pada tipe propilitik yaitu klorit-epidot-kalsit, klorit-kalsit-kaolinit, klorit-kalsit-talk, klorit-epidot.

4. Serisitik

Alterasi serisitik merupakan alterasi dengan mineral utama serisit, kuarsa dan muskovit. Mineral serisit terbentuk pada proses hidrogen metasomatis yang merupakan dasar dari alterasi serisit yang menyebabkan mineral feldspar stabil menjadi rusak dan teralterasi menjadi serisit dengan penambahan unsur H⁺, menjadi mineral phylosilikat atau kuarsa.

2.3.2 Mineralisasi Endapan VMS

Mineralisasi adalah proses pergantian unsur-unsur tertentu dari mineral yang ada pada batuan dinding digantikan oleh unsur lain yang berasal dari larutan sehingga menjadi lebih stabil. Proses ini berlangsung dengan cara pertukaran ion. Terdapat 2 bagian mineralisasi yang berbeda yaitu zona stockwork dan *massive sulfide*. Mineralisasi *massive sulfide* pada endapan VMS menghasilkan mineral-mineral sulfida masif yaitu Cu-Zn dan Pb.

2.3.2.1 Mineralisasi Bijih Tembaga (Cu)

Tembaga adalah salah satu metal yang mempunyai warna keemasan tetapi mendekati warna abu-abu, sudah ditemukan sejak zaman dahulu. Tembaga selalu menjadi material terpenting dalam dunia perindustrian, zaman sekarang sering kali digunakan untuk material yang mempunyai berat yang ringan. Tembaga mempunyai konduktivitas panas dan *electrical* yang tinggi selain itu tembaga juga mempunyai *ductility* dan *workability* yang baik dan juga tahan akan korosi yang tinggi (Habashi Fathi,1997).

Tembaga (Cu) adalah salah satu logam yang mana memiliki struktur kristal *faced-centered cubic*. Di awal peradaban, tembaga dibentuk dengan ditempa menjadi bentuk yang diinginkan atau dengan metode *smelting* dan *casting*. Banyak jenis bijih tembaga seperti *oxide (Cuprite)*, *sulfide (chalcopyrite, bournite, covellite)*, karbonat (*malachite dan azurite*), atau dalam bentuk silika (*chrysocolla*). Banyak dari jenis-jenis *ore* ini ditemukan pada permukaan bumi yang tidak terlalu dalam (Horath,2001).

Lebih dari 200 mineral mengandung tembaga didalamnya, tetapi hanya 20 saja yang mempunyai kadar *copper* yang tinggi. Tembaga mempunyai *typical chalcilic element* yaitu mineral pengotornya adalah sulfida seperti didalam mineral kalkopirit, bornit dan kalkosit. Yang kedua adalah *oxidation zone*, yaitu oksigen dan air yang membentuk tembaga oksida, *subsalts* (subkarbonat dan subsulfat) dan silikat (Habashi Fathi,1997).

Tembaga di alam umumnya berupa mineral tembaga-besi-sulfat dan tembaga-sulfat. Bijih tembaga yang paling umum adalah *sulphides, chalcocite*,

Chalcopyrite, covellite, Bornite. Konsentrasi mineral tersebut rendah dalam sebuah bijih. Umumnya *copper ore* mengandung 0,5% (*open pit mines*) hingga 1 atau 2% Cu (*underground mines*). Tembaga murni yang diproduksi dari bijih-bijih ini menggunakan metode pembentukan konsentrat, peleburan dan pemurnian. Tembaga juga didapat dari mineral yang teroksidasi, bijih dalam bentuk ini diolah dengan menggunakan metode *hydrometallurgy* (Davenport,2002).

Tabel 2.1 Mineral-Mineral Tembaga dan Persentase Tembaganya

Mineral	Rumus kimia	(%)Cu
<i>Covellite</i>	CuS	66,5
<i>Chalcocite</i>	Cu ₂ S	79,9
<i>Chalcopyrite</i>	CuFeS ₂	34,6
<i>Bornite</i>	Cu ₅ FeS ₄	63,3
<i>Cubanite</i>	CuFe ₂ S ₃	22,85
<i>Enargite</i>	Cu ₃ AsS ₄	48,21
<i>Tennantite</i>	Cu ₁₂ As ₄ S ₁₃	51,35
<i>Luzonite</i>	Cu ₃ AsS	63,85
<i>Cuprite</i>	Cu ₂ O	88,73
<i>Tenorite</i>	CuO	66,31
<i>Malachite</i>	Cu ₂ CO ₃ (OH) ₂	33,42
<i>Azurite</i>	Cu ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₂	32,75
<i>Chrysocolla</i>	CuOSiO ₂ 2H ₂	36,2
<i>Alacamite</i>	Cu ₂ Cl(OH) ₃	59,5
<i>Antlerite</i>	CuSO ₄ 2Cu(OH) ₂	53,7
<i>Brochanite</i>	CuSO ₄ 3Cu(OH) ₂	56,2

2.4 Metode Interpolasi

Menurut Anderson (2001), interpolasi adalah suatu metode atau fungsi matematika yang menduga nilai pada lokasi-lokasi yang datanya tidak tersedia. Interpolasi spasial mengasumsikan bahwa atribut data bersidat kontinyu di dalam ruang (*space*) dan atribut ini saling berhubungan (*dependence*) secara spasial. Logika dalam interpolasi spasial adalah bahwa nilai titik observasi yang berdekatan akan memiliki nilai yang sama atau mendekati dibandingkan dengan nilai di titik yang lebih jauh (Prasasti et al, 2005).

Interpolasi data spasial secara khusus bertujuan untuk interpolasi dari dua titik. Tipe interpolasi terbagi dua yaitu :

- a. Interpolasi diskret (*discrete interpolation*) adalah interpolasi yang menggunakan asumsi bahwa nilai diantara titik kontrol diketahui nilainya bukan merupakan nilai yang kontinyu. Tipe interpolasi diskret antara lain *zero-order interpolation*, *thiessen polygons*, *voronoi polygons*, dan *dirichlet cells*.
- b. Interpolasi kontinyu (*Continues Interpolation*) adalah interpolasi dengan menggunakan asumsi bahwa nilai diantara titik kontrol yang diketahui nilainya adalah kontinyu. Tipe interpolasi kontinyu antara lain; *inverse distane weightet* (IDW), *kriging*, dan *spline*.

2.4.1 Metode Kriging

Metode Kriging ditemukan oleh D.L. Krige untuk memperkirakan nilai dari bahan tambang. Asumsi dari metode ini adalah jarak dan orientasi antara sampel data menunjukkan korelasi spasial yang penting dalam hasil interpolasi. Metode Kriging digunakan oleh G. Matheron pada tahun 1960, untuk menonjolkan metode khusus dalam moving average (weighted moving average) yang meminimalkan variasi dari hasil estimasi. Metode Kriging adalah estimasi *stochastic* yang mirip dengan *Inverse Distance Weight (IDW)*, di mana menggunakan kombinasi linear dari weight untuk memperkirakan nilai di antara sampel data. Secara umum, Kriging merupakan analisis data geostatistika untuk menginterpolasikan suatu nilai kandungan mineral berdasarkan nilai-nilai yang diketahui.

Tidak seperti metode IDW, kriging memberikan ukuran *error* dan *confidence*. Metode ini menggunakan semivariogram yang merepresentasikan perbedaan spasial dan nilai diantara semua pasangan sampel data. Semivariogram juga menunjukkan bobot (*weight*) yang digunakan dalam interpolasi. Semivariogram dihitung berdasarkan sampel semivariogram dengan jarak, beda nilai dan jumlah sampel. Pada jarak yang dekat semivariogram bernilai kecil, sebaliknya pada jarak yang lebih besar, *semivariance* bernilai tinggi yang menunjukkan bahwa variasi dari nilai tidak berhubungan dengan jarak titik sampel. Kekurangan dari metode kriging yaitu tidak dapat menampilkan puncak, lembah atau nilai yang berubah secara signifikan dalam jarak yang dekat (Pramono, 2008).