

ISBN : 978-602-19765-3-1



SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN XI

FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA



PROSIDING

MENUJU KEMANDIRIAN BANGSA DENGAN PERCEPATAN
PRODUKSI ENERGI DAN INDUSTRI MINERAL DALAM MENDUKUNG MEA

Yogyakarta, 3 - 4 November 2016



FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condong Catur, Yogyakarta
Gedung Arie F. Lasut Lt. I telp. (0274) 487814 email : semnas_ftm@upnyk.ac.id





Seminar Nasional Kebumian XI, Yogyakarta, 3 – 4 November 2016

Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta

NO. ISBN 978-602-19765-3-1

SUSUNAN PANITIA SEMINAR NASIONAL KEBUMIAN XI
"Menuju Kemandirian Bangsa Dengan Percepatan Produksi Energi Dan Industri
Mineral Dalam Mendukung MEA "

Penanggung Jawab : Dr. Ir. Suharsono, MT
Ketua : Dr. Ir. Harry Budiharajo, MT
Wakil Ketua : Wahyu Widayat, ST., MT
Sekretaris : M. Th. Kristiati.EA, ST, MT
Bendahara : Ir. Peter Eka Rosadi, MT

ISBN : 978-602-19765-3-1

Tim Reviewer :
Ketua : Dr. Suranto, ST.,MT. (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Anggota : 1. Prof. Dr. Ir. Sismanto, M. Sc. (Universitas Gadjah Mada)
2. Dr. Ir. Asep Kurnia Permadi, M.Sc. (Institut Teknologi Bandung)
3. Dr. Muslim Abdurrahman, ST., MT. (Universitas Islam Riau)
4. Dr. Edy Nursanto, ST., MT. (UPN "Veteran" Yogyakarta)
5. Dr. Ir. Joko Susilo, MT. (UPN "Veteran" Yogyakarta)
6. Dr. Ir. Edi Winarno, MT. (UPN "Veteran" Yogyakarta)
7. Dr. Ir. Andi Sungkowo, MT. (UPN "Veteran" Yogyakarta)

Editor : Ratna Widyaningsih, ST, M.Eng
Penyunting : Ika Wahyuning Widiarti, S.Si, M. Eng
Desain Sampul dan Tata Letak : Hafiz Hamdalah, ST, M.Sc
Penerbit : Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional
"Veteran" Yogyakarta

Redaksi :

Jl. SWK 104, Lingkar Utara Condong Catur Yogyakarta
Gd. Arie F. Lasut Lt.1
Tel p : 0274 487814
Email : ftm@upnyk.ac.id

Distributor Tunggal :
Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104, Lingkar Utara Condong Catur Yogyakarta
Gd. Arie F. Lasut Lt.1
Tel p : 0274 487814
Email : ftm@upnyk.ac.id

Cetakan Pertama, November 2016

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit



KATA PENGANTAR

Ungkapan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa adalah satu kalimat yang paling pantas kami panjatkan atas terlaksananya kegiatan Seminar Nasional Kebumian XI Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta dengan tema "***Menuju Kemandirian Bangsa dengan Percepatan Produksi Energi dan Industri Mineral dalam Mendukung MEA***"

Kami bangga dan bersyukur atas sedemikian besarnya tanggapan pemerhati kebumian, dan rekan-rekan akademisi yang ditunjukkan oleh masuknya sebanyak 47 makalah di meja panitia, hanya dalam rentang waktu satu bulan sejak diumumkannya penerimaan makalah.

Namun demikian mengingat keterbatasan waktu dan tempat, dengan menyesal panitia tidak dapat mengakomodir semua makalah untuk dimuat dalam prosiding ini. Mudah-mudahan pada penyelenggaraan seminar mendatang yang kami agendakan rutin setiap tahunnya mampu menampung lebih banyak lagi sumbangan makalah para pemerhati kebumian

Dengan telah terbitnya prosiding ini, kami mengucapkan banyak terima kasih kepada Rektor UPN "Veteran" Yogyakarta dan Dekan FTM serta berbagai pihak yang telah mendukung terselenggaranya kegiatan ini

Yogyakarta, November 2016

Panitia



DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
PENERBIT.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
A. EKSPLOKASI DAN EKSPLOITASI MINERAL	1
1. Ekplorasi Zona Mineralisasi Sulfida Menggunakan Inversi Ip Metode Leastsquare Di Kecamatan Cibaliung, Kabupaten Pandeglan, Propinsi Banten	1
2. Pengaruh Ground Vibration Blasting Terhadap Probabilitas Kelongsoran Dengan Menggunakan Analisis Statistik Regresi Di Pt. X.....	8
3. Distribusi Dan Kadar Hg Pada Air Sungai Dan Air Sumur Di Sekitar Lokasi Penambangan Emas Rakyat Daerah Paningkaban, Kecamatan Gumelar, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah	21
4. Pendekatan Metode GIS Terhadap Optimasi Sumberdaya Sisa Batubara Dan Pemanfaatan Lahan Bekas Tambang Pada Perusahaan Batubara Di Propinsi Kalimantan Selatan (Studi Kasus Pada Pt Borneo Indobara)	27
5. Aplikasi Data Citra Landsat 8 Dalam Pemetaan Sebaran Potensi Kelompok Mineral Alterasi Di Pulau Bangka Bagian Selatan.....	37
6. Evaluasi Teknis Sump Dan Sistem Pemompaan Blok S-5 Pit Selatan Pt Pamapersada Nusantara Distrik Kcmb, Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan..	44
7. Identifikasi Potensi Longsoran Batuan Menggunakan Pendekatan Metode Slope Mass Rating (SMR) Pada Lereng Bekas Tambang Batubara, Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan.....	52
8. Sistem Pengendalian Air Untuk Menambang Batubara Dibawah Aliran Sungai (Studi Kasus).....	60
9. Model Penilaian Resiko Eksplorasi Endapan Emas Epitermal Di Daerah Arinem Kabupaten Garut Provinsi Jawa Barat Menggunakan Kuantifikasi Variabel Geologi.....	66
10. Evaluasi Dimensi Saluran Drainase Untuk Mereduksi Genangan Air Pada Lantai Jenjang Dan Ramp Kuari D Batugamping Pt Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Citeureup.....	77
11. Analisa Kestabilan Lereng dalam Penanganan Gejala Longsoran pada Lereng Tambang PT. Mofatama Bangun Nusa di Desa Sungai Danau Kecamatan Satui Kabupaten Tanah Bumbu Propinsi Kalimantan Selatan	83
12. The Accuracy Of Ore Reserves Estimation	90
13. Biostratigrafi Nanoplankton Pada Lintasan Kaliasin Daerah Pinggir Dan Sekitarnya, Kecamatan Lengkong Nganjuk, Jawa Timur.....	97



MODEL PENILAIAN RESIKO EKSPLORASI ENDAPAN EMAS EPITERMAL DI DAERAH ARINEM KABUPATEN GARUT PROVINSI JAWA BARAT MENGGUNAKAN KUANTIFIKASI VARIABEL GEOLOGI

Nurkhamim^{1,2)}, Arifudin Idrus³⁾, Agung Harijoko³⁾, Irwan Endrayanto⁴⁾, Hartono⁵⁾

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran", Jl. SWK 104, Yogyakarta

²Mahasiswa Program Doktor Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, UGM

³Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, UGM, Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta

⁴Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, UGM

⁵PT Antam (Persero) Tbk, Gedung Antam Jl.TB. Simatupang No. 1, Tanjung Barat, Jakarta

e-mail : khamimykh@gmail.com

Abstrak

Hampir semua variabel data geologi mengandung beberapa derajat ketidakpastian. Sebagian besar keputusan dalam eksplorasi mineral didasarkan pada laporan geologi, pengukuran, perhitungan serta ketidakpastian, ketidakpastian geologi mendasari semua resiko alami dari usaha eksplorasi.

Resiko yang mempengaruhi kegiatan eksplorasi mineral, antara lain disebabkan oleh beberapa hal. Variabilitas alam yang melekat dalam proses geologi dan obyek geologi, ketidakpastian pada konseptual dan model, yang terkait dengan pengetahuan yang tidak lengkap dan interpretasi subjektif dari proses dan objek geologi. Kesalahan juga dapat terjadi ketika mengamati, mengukur atau mengevaluasi sampel atau analisis matematis dari data geologi.

Data hasil kegiatan eksplorasi, dapat dikelompokkan menjadi dua jenis data, yaitu data kuantitatif (misalnya; kadar) dan data kualitatif (data geologi). Variabel data geologi sebagian besar masih merupakan data kualitatif, sehingga antara beberapa ahli geologi tidak jarang terjadi kesalahan penilaian (assessment data subyektif). Hal ini menyebabkan salah tafsir dari hasil eksplorasi yang pada akhirnya akan berdampak pada penilaian resiko eksplorasi. Saat ini, kuantifikasi dari variabel data kualitatif sudah menjadi kewajaran dan keharusan, karena akan memudahkan untuk proses interpretasi, komunikasi dan yang paling penting terukur.

Di dalam kegiatan penilaian resiko eksplorasi emas di daerah Prospek Arinem, variabel geologi yang diteliti dan digunakan di dalam penilaian resiko eksplorasi adalah: geometri endapan, RQD atau fracture density, tingkat alterasi, proporsi mineral bijih dan spasi pengeboran. Untuk variabel data kuantitatif (kadar) menggunakan metode geostatistik, sedangkan untuk variabel data geologi kualitatif menggunakan korelasi kanonik dan regresi multivariabel.

Kata kunci: variabel data kuantitatif, variabel data kualitatif, penilaian resiko eksplorasi

PENDAHULUAN

Harga komoditas bahan tambang terutama minyak dan batubara, saat ini hingga masa tiga tahun sebelumnya cenderung stagnan pada kisaran rendah atau turun. Harga komoditas logam juga mengalami fluktuatif, tetapi *trend*-nya cenderung naik, terutama emas dan tembaga. Lembaga *Price and Water Cooper* (2014) dalam laporan tahunannya, melaporkan bahwa produk tembaga dunia pada tahun 2013 mengalami kenaikan 8%, dan harganya pun naik menjadi 9%. Demikian pula komoditas emas, produksi mengalami kenaikan sedikit dari tahun sebelumnya sebesar 2 % dan harga naik 25 %.

Produksi tembaga dan emas dunia selama ini, sebagian besar berasal dari endapan tipe porfiri (*Cu-Au*, *Au porphyry*) dan epitermal Au. Bila dilihat dari keberadaan dan jumlah lokasi penemuan endapan emas, ternyata didominasi oleh endapan epitermal

Ada perbedaan tipe mineralisasi yang umum antara di Pulau Jawa bagian barat dengan di Pulau Jawa bagian timur. Pulau Jawa bagian barat didominasi oleh tipe epitermal Au-Ag sulfidasi rendah, seperti endapan yang ditemukan di Cikotok, Cikidang, Gunung Pongkor, Arinem, sedangkan Jawa bagian timur didominasi oleh mineralisasi tipe porfiri, seperti halnya yang dijumpai di Tumpang Pitu, Jawa Timur dan Selogiri, Jawa Tengah. (Marcoux dan Milesi, 1994).



Kreuzer *et al.*, (2007) dan Kreuzer and Etheridge (2010), meneliti tentang eksplorasi pada industri pertambangan, menemukan data bahwa proporsi prospek eksplorasi yang dipublikasikan yang akhirnya menjadi tambang yang menguntungkan hanya berkisar antara 1 dalam 24 (4 %). Untuk eksplorasi *brownfields* pada suatu distrik emas yang sukses, hanya 1 dari 1.000 (0,01 %) hingga 1 dari 3.333 (0,03 %) untuk eksplorasi *greenfields* dengan target berkelas dunia. Sebuah studi dari 179 perusahaan eksplorasi junior Australia yang terdaftar di Bursa Efek Australia antara Juli 2001 hingga Juni 2006 menunjukkan tingkat keberhasilan yang sama rendah. Dari 970 proyek yang dikendalikan oleh perusahaan-perusahaan ini, hanya 10 yang berlanjut ke tahap penambangan, menunjukkan tingkat keberhasilan eksplorasi junior adalah 1 dalam 97 (± 1 %). Angka-angka ini menunjukkan bahwa, rata-rata perlu menguji setidaknya 20 sampai 100 target dipilih dalam *brownfields* dan antara 200 hingga 3.000 target dalam eksplorasi *greenfields* untuk membuat sebuah penemuan yang akhirnya menjadi tambang yang menguntungkan.

Dilihat dari kenyataan tersebut di atas, terdapat satu hal penting yang perlu mendapat perhatian, yaitu bagaimana cara menentukan tingkat keyakinan sekaligus penentuan nilai resiko pada setiap tahap eksplorasi, sehingga resiko kegagalan ke tahap berikutnya dapat diminimalisasi. Pentingnya penelitian tentang kuantifikasi nilai resiko eksplorasi ini akan memberikan gambaran yang lebih jelas dan terukur tentang peluang maupun resiko yang akan terjadi.

Masalah utama yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah penentuan nilai kuantifikasi dari parameter geologi, (geometri endapan, alterasi, mineralisasi, kontrol struktur dan distribusi kadar logamnya). Karakteristik endapan mineral logam primer, umumnya bersifat lebih tak beraturan (*erratic*), anisotropi serta bentuk endapan yang kompleks. Perubahan nilai kadar (*grade distribution*), tingkat alterasi dan penyebarannya, serta perubahan bentuk dan batas geometri endapan relatif cukup besar antara satu tempat dengan tempat lain, yang dipisahkan oleh jarak tertentu. Kuantifikasi model genetik endapan sebagai salah satu dasar dalam mengkuantifikasi resiko geologi dan resiko eksplorasi sebagai langkah yang penting di dalam penelitian ini.

Tujuan utama penelitian ini yang pertama adalah mempelajari, mengidentifikasi dan menentukan variabel-variabel utama yang mempengaruhi resiko pada tahapan kegiatan eksplorasi, terutama resiko geologi (struktur, mineralisasi, geometri cebakan dan distribusi kadar). Kedua, merumuskan suatu bobot resiko dari tiap-tiap parameter yang mempengaruhi resiko, dan ketiga adalah meramalkan dan menghitung potensi resiko secara kuantitatif, sehingga besaran resiko dapat dihitung dan dikuantifikasikan.

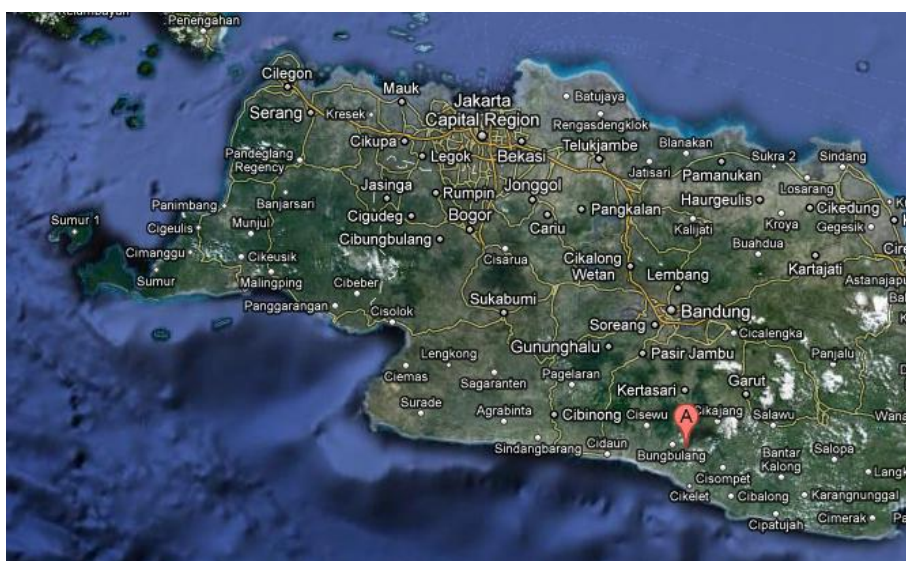
Pada penelitian ini, fokus utama kajian dan pembahasan hanya menggunakan empat parameter resiko geologi, terutama struktur geologi, tingkat alterasi, geometri endapan dan distribusi kadar. Meskipun parameter resiko lain diluar parameter resiko geologi juga besar pengaruhnya terhadap penilaian resiko eksplorasi, namun tidak dimasukkan dalam kajian tentang kuantifikasi resiko eksplorasi ini, karena sifatnya yang dinamis dan *unpredictable*, sehingga dibutuhkan pendekatan kajian dari sudut pandang yang berbeda. Parameter resiko di luar parameter geologi diperlukan sebagai data tambahan dan pendukung.

Keutamaan penelitian ini adalah dalam rangka pengembangan alternatif baru dalam hal penentuan keyakinan geologi sebagai salah satu referensi penyusunan model geologi dan model eksplorasi, terutama dengan hasil penetapan nilai resiko yang lebih akuntabel dan mudah dikomunikasikan kepada semua pihak yang berkepentingan. Hal ini juga penting kaitannya dengan tuntutan klasifikasi sumberdaya dan cadangan yang lebih akuntabel (misal; JORC dan KCMI), sehingga akan memudahkan membuat proposal proyek eksplorasi dan pencarian dana dari masyarakat.

TINJAUAN UMUM

Lokasi dan Kesempian Daerah

Prospek Arinem terletak di Kecamatan Pakenjeng, lebih kurang berjarak 30 km dari pusat kota Garut dan merupakan daerah perbukitan dengan ketinggian berkisar dari 300 m dpl hingga 700 m dpl. Untuk mencapai daerah ini dapat menggunakan jalan yang dapat dilalui dengan kendaraan ringan. Daerah tersebut dapat ditempuh melalui jalur Jakarta - Bandung - Garut dengan waktu tempuh sekitar 4 (empat) jam (Gambar 2-1 dan 2-2). Selanjutnya menuju Cikajang, kemudian ke Arinem, dengan jarak tempuh sekitar 50 km selama ± 1 (satu) jam. Apabila ditempuh dari Yogyakarta, dapat menggunakan mobil atau kereta api dari Stasiun Tugu Yogyakarta menuju Stasiun Cibatu dengan waktu tempuh ± 9 jam, dari Stasiun Cibatu dilanjutkan perjalanan dengan naik bus menuju Terminal Garut dengan waktu tempuh ± 45 menit, selanjutnya dari Terminal Garut dilanjutkan dengan perjalanan ke arah Pakenjeng dan turun di Arinem.



Gambar 2-2 Peta Lokasi Blok Arinem (Google Map, 2011)

Geologi Arinem

Deposit Arinem merupakan jebakan bijih epithermal Au-Ag-Base Metal yang terbentuk pada jalur busur vulkanik-plutonik, yang merupakan transisi antara lempeng benua dan busur kepulauan Sunda-Banda yang berasosiasi dengan zona subduksi. Deposit Arinem terdiri dari beberapa vein seperti vein Arinem (yang merupakan vein utama), vein Bantarhuni dan vein Halimun. Vein-vein tersebut umumnya berbentuk tabular yang membujur dari Utara - Selatan (Gambar 2-4) dengan arah N 335°E - N 340°E dengan kemiringan 70° - 80°. Ketebalan vein berkisar antara 3 - 10 m dengan zona setebal 20 m. Batuan bijih yang merupakan vein kuarsa putih abu-abu dengan tekstur sebagian kalsedonit, chloroform, bending, di beberapa tempat terdapat pyrite dengan butiran sedang tersebar dalam masa dasar kuarsa. Batuan-batuan tertua yang terpapar di sekitar deposit Arinem adalah tufa andesitan, breksia tufan dan lava andesit porphyritic. Unit ini adalah bagian dari Formasi Jampang yang berasal dari Late Oligocene ke Middle Miocene (Alzwar et al 1992) dan telah diintrusi oleh batuan andesit porphyritic. Mendekati permukaan, unit ini ditutupi secara gradual oleh tufa andesitan dan breksi tufan yang berusia lebih muda dari Formasi Jampang. Batuan vulkanik dari Formasi Jampang adalah wadah untuk mineralisasi di area tersebut

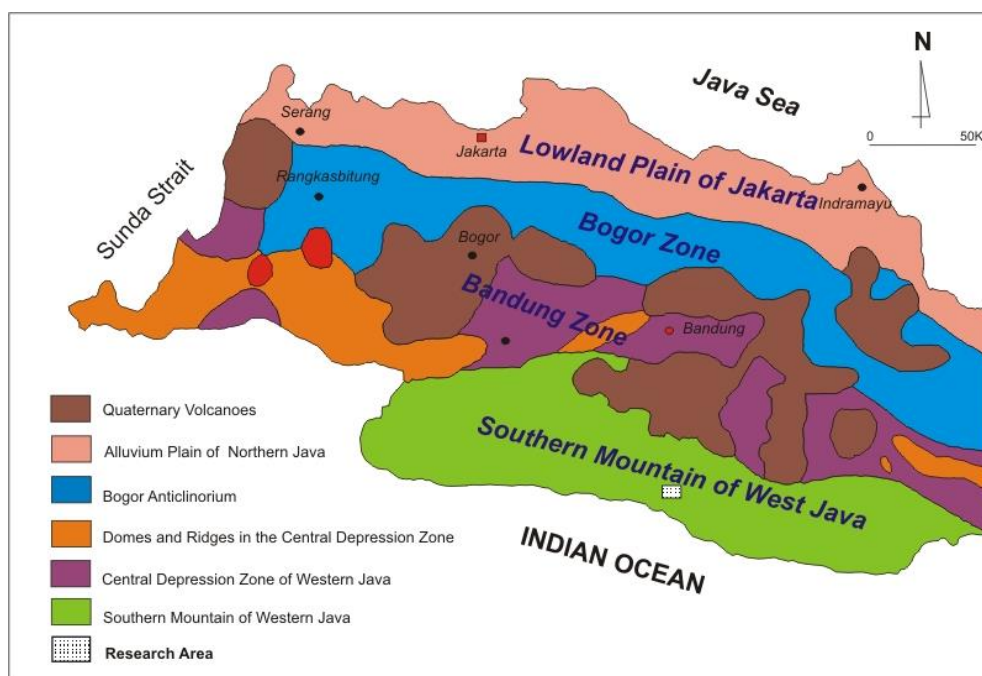
Secara geologi, batuan tertua yang tersingkap di daerah studi adalah batuan gunungapi dari Gunung Papandayan, batuan gunungapi dari Gunung Mandalagiri, batuan gunungapi tua, dan berselingan breksi dan tuf dari Formasi Jampang yang setempat telah terpropilitisasi (Alzwar,

dkk., 989). Propilitisasi ini disebabkan oleh terobosan diorit kuarsa yang berumur Miosen Tengah bagian Akhir. Setelah itu secara berangsur berubah menjadi argilik, kemudian silika serta urat kuarsa masif. Secara lebih detil dapat diketahui bahwa batuan gunungapi yang ditemukan di bagian utara umumnya berupa tuf dan lapili produk dari Gunung Papandayan, di bagian tengah berupa batuan tuf dan lava produk dari Gunung Mandalagiri, dan di bagian Selatan berupa perselingan breksi dan tuf dari Formasi Jampang, setempat di bagian Barat Laut ditemukan batuan tuf batuapungan produk dari gunungapi tua. Pada batuan yang berumur tua umumnya terdapat kekar, yang merupakan zona lemah dan dalam skala besar dapat bertindak sebagai jalur penerobosan magma (intrusi) yang akan membawa serta mineral-mineral ekonomis menuju permukaan.

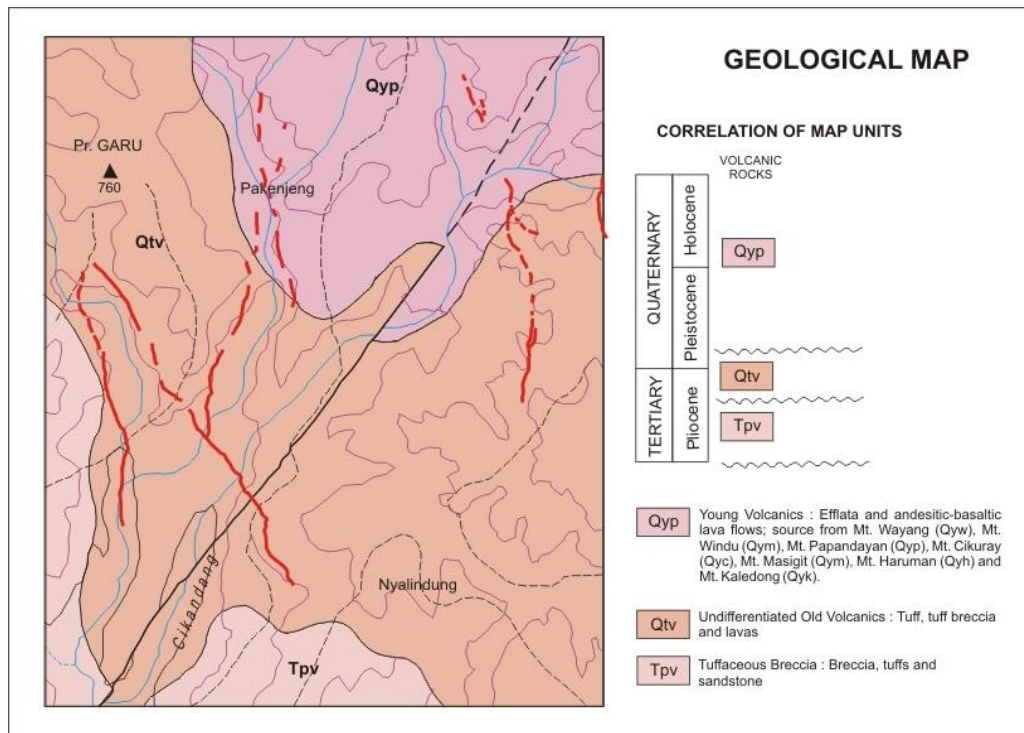
Pada daerah Blok Arinem ditemukan adanya alterasi propilitik yang berkembang luas, sedangkan alterasi argilik berkembang di sekitar zona vein kuarsa bersama alterasi silisifikasi. Zona alterasi pada daerah ini berdasarkan Buchanan (1984). Berdasarkan data dari seluruh lubang bor, alterasi yang muncul akan dimulai dengan alterasi propilitik, semakin mendekati vein kuarsa maka alterasi berubah menjadi argilik, kemudian menjadi silisifikasi.

Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian tentang kegiatan eksplorasi mineral sebelumnya, telah berhasil membuat suatu rumusan dan kesimpulan penting tentang aspek resiko di dalam kegiatan eksplorasi tersebut. Singer dan Kouda, (1999); Murtha, (2000) dalam Kreuzer dan Etheridge, (2010), telah merumuskan suatu hubungan antara kemungkinan dan konsekuensi resiko, yang menyatakan bahwa resiko dapat diukur, atau setidaknya diperkirakan, dan dapat dikurangi jika probabilitas keberhasilan dapat ditingkatkan. Kreuzer et al. (2008) dalam Kreuzer, and Etheridge, (2010), telah melakukan penelitian menggunakan kerangka pendekatan probabilitistik, dengan mengintegrasikan variabel proses kritis pembentukan deposit mineral, skala dan intensitas pengendapan logam dengan konsep dasar teori probabilitas, analisis keuangan dan keputusan.



Gambar 2-3. Fisiografi Pulau Jawa Bagian Barat (Van Bemmelen, 1948)



Gambar 2-4. Peta geologi daerah Arinem

Mc. Common, R.B., (1992), menyimpulkan bahwa parameter data geologi yang dapat dikuantifikasi berdasarkan tingkat keyakinan geologi dan keberadaan endapan adalah umur batuan, tipe endapan, tekstur atau struktur batuan, alterasi dan mineralogi, geokimia, geofisika dan asosiasi mineral.

Menurut Bárdossy dan Fodor (2001), ketidakpastian selalu membayangi pengetahuan geologi (*geoscience*) dan interpretasinya. Pada umumnya, ketidakpastian masih jarang dinyatakan atau dihitung (dikuantifikasi). Meskipun sulit karena parameter resiko eksplorasi sangat banyak, kuantifikasi resiko bukan tidak mungkin untuk dilakukan. Hasil penelitiannya berhasil merumuskan hal-hal yang menjadikan resiko pada eksplorasi mineral. Variabel yang pertama, terdiri dari variabilitas alami yang melekat pada proses-proses geologi dan obyek-obyek geologi, yang merupakan sifat alamiah dan independen (misalnya ketidakpastian tentang kontrol lokasi deposit bijih, asal fluida mineralisasi, waktu dan peristiwa deformasi, serta sifat tatanan tektoniknya). Variabel yang kedua, ketidakpastian konsep dan model, yang terkait dengan pengetahuan yang tidak lengkap dan interpretasi subyektif terhadap obyek dan proses geologi.

Hartman (1987) dan Nicholas (1992), menyimpulkan bahwa resiko di dalam eksplorasi mineral, sangat dipengaruhi oleh geometri (bentuk, ukuran, ketebalan, kemiringan dan kedalaman) serta distribusi kadar cebakan, demikian pula kondisi massa batuan daerah prospek cebakan bijih (*vein*, *hanging wall* dan *foot wall*).

Lin dan Jarrett (2009), melakukan penelitian dengan menggunakan model skoring untuk menentukan skor konsekuensi, skor peluang, skor resiko dan matriks resiko. Persamaan matematika sederhana $\ln 10^{(\log_{10} OS)}$, hingga dapat dihitung resiko biaya persatuan waktu di dalam kegiatan eksplorasi tersebut.

Winarno (2005) dalam penelitian pada endapan epitermal Au-Ag sulfidasi rendah, menyimpulkan bahwa faktor resiko (atau probabilitas keterdapatan endapan) sebagai salah satu variabel yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan eksplorasi dan penentuan tingkat keyakinan geologi.



Wiryono, dkk. (2005), melakukan penelitian tentang resiko operasional rencana penambangan emas di wilayah Arinem, Papandayan, yang disebabkan oleh jumlah cadangan, fluktuasi biaya operasional dan resiko pasar harga komoditas.

RESIKO DALAM EKSPLORASI

Penilaian aset mineral adalah suatu pekerjaan yang kompleks dan sangat subjektif yang membutuhkan penilai untuk memperhitungkan berbagai parameter input (Kreuzer and Etheridge, 2010). Penilaian karakter eksplorasi mineral mencakup semua parameter yang relevan untuk menentukan kegiatan eksplorasi secara keseluruhan dan potensi ekonomi dari aset, seperti kondisi geologi, mineralisasi, kadar dan tonase, dukungan regional, harga komoditas, kelayakan penambangan dan metalurgi, infrastruktur, keamanan kepemilikan dan resiko politik

Definisi dan Konsep Resiko

The Oxford Complete Word Finder (1993) mendefinisikan resiko sebagai "perubahan atau kemungkinan bahaya, kerugian, cedera atau konsekuensi yang merugikan lainnya", sedangkan resiko dalam suatu lingkungan operasional didefinisikan oleh Kerzner (2001) sebagai "ukuran probabilitas dan konsekuensi tidak tercapainya tujuan yang ditetapkan". The King Report on Corporate Governance (Terblanche, 2002) mendefinisikan resiko sebagai "peristiwa masa depan yang tidak pasti yang dapat mempengaruhi pencapaian tujuan program". Sebaliknya, peluang dapat dilihat sebagai kesempatan kemungkinan melakukan lebih baik daripada tujuan tertentu.

Ketidakpastian adalah ukuran dari ketidakmampuan kita untuk menetapkan suatu nilai kemungkinan dari suatu kejadian. Kuantifikasi ketidakpastian adalah perbedaan antara nilai sebenarnya (secara alamiah) terhadap perkiraan nilainya (Bárdossy dan Fodor, 2001).

Dalam arti luas, resiko didefinisikan sebagai kemungkinan suatu peristiwa yang akan terjadi, dikalikan dengan konsekuensi dari peristiwa itu harus itu terjadi (Kreuzer dan Etheridge, (2010). Hubungan ini biasanya disajikan sebagai matriks kemungkinan terhadap konsekuensi. Dalam konteks eksplorasi mineral, resiko merujuk pada kemungkinan proyek memberikan hasil keuangan yang tidak sesuai keinginan. Dalam istilah matematika, resiko ini dapat dinyatakan sebagai probabilitas kegagalan, yang nilainya sama dengan satu dikurangi probabilitas keberhasilan (1-P), (Singer dan Kouda, 1999; Murtha, 2000 dalam Kreuzer dan Etheridge, 2010).

Menurut Australia and New Zealand Risk Management Standard, (2008), resiko didefinisikan sebagai "kemungkinan terjadinya sesuatu yang akan berdampak pada tujuan", yang berarti resiko dapat bersifat positif atau negatif.

Pendekatan yang umum untuk mendefinisikan resiko adalah sebagai kombinasi dari probabilitas (atau kemungkinan) dan konsekuensi (atau hasil atau akibat dari paparan) dari suatu peristiwa. Hal ini menghasilkan konsep resiko sebagai berikut (Lin dan Jarrett, 2009) :

$$\text{Resiko} = \text{Probabilitas} \times \text{Konsekuensi} \dots\dots\dots 1)$$

Kunci Ketidakpastian yang mempengaruhi kegiatan eksplorasi mineral (Bárdossy dan Fodor, 2001 dalam Kreuze r and Etheridge, 2010) meliputi hal-hal sebagai beriku :

- 1) Variabilitas alami yang melekat pada proses-proses geologi dan obyek-obyek geologi yang merupakan sifat alamiah dan independen.
- 2) Ketidakpastian konsep dan model, yang terkait dengan pengetahuan yang tidak lengkap dan interpretasi subyektif terhadap obyek dan proses geologi.
- 3) Kesalahan pada saat mengambil sampel, mengamati, mengukur atau evaluasi matematis dari data geologi.



Teori Kuantifikasi

Penentuan kuantitas suatu variabel kuantitatif (misal; model geologi, model genetik), dapat dilakukan dengan metode statistik dan/atau geostatistik (Davis, 1979), sedangkan variabel kualitatif ditransformasikan menjadi variabel kuantitatif dengan metode Lingkert (Bertier dan Tenenhaus, dalam Winarno, 2005) ataupun analisis regresi.

Metode kuantifikasi variabel kualitatif dilakukan dengan jalan memetakan himpunan modalitas variabel kualitatif ke dalam bilangan riil, sehingga diperoleh suatu daerah nilai dalam domain riil.

Dimisalkan E adalah suatu himpunan dengan $card(E) = n$, yang merupakan suatu sampel berukuran n dari suatu populasi. Elemen w di dalam E dinamakan individu atau unit statistik, selanjutnya setiap w di dalam E, $w = 1, 2, \dots, n$ merupakan bobot p ($p \neq 0$).

Suatu variabel statistik disebut kuantitatif bila harga $X(w)$ adalah riil setiap w di dalam E. Suatu variabel statistik dikatakan kualitatif bila untuk setiap individu w harga $Y(w)$ terletak dalam suatu kumpulan Q sehingga $Q \in R$. Q ini merupakan daerah nilai. Elemen-elemen dari Q disebut modalitas dari Y, yaitu suatu nilai dari variabel kualitatif. Variabel Y selanjutnya dipetakan dengan formula $Y : E \rightarrow Q$,

$$W \rightarrow Y(w) = m \dots\dots\dots 2)$$

dengan Q adalah himpunan modalitas dari Y, dan m adalah modalitas yang dimiliki Y. Keadaan ini berlaku untuk asumsi bahwa paling sedikit terdapat satu individu w sebagai modalitas. Karena Y merupakan variabel kualitatif, maka diperlukan pemetaan lain :

$$\partial Q \rightarrow R, \text{ sehingga}$$

$$\partial_0 Y : E \rightarrow R \text{ adalah variabel kuantitatif.}$$

Sebagai contoh, menurut Cammon (1992) dalam Winarno (2005), parameter data geologi yang dapat dikuantifikasi berdasarkan tingkat keyakinan geologi dan keberadaan cebakan adalah umur batuan, tipe batuan, tekstur atau struktur, alterasi, mineralogi, geokimia, geofisika dan asosiasi mineral.

METODOLOGI

Aktivitas penelitian, secara keseluruhan mencakup kegiatan studi literatur, tinjauan lapangan, pengumpulan data, analisis data, simulasi dan interpretasi data serta kesimpulan.

Desk Study dan Pengumpulan Data Lapangan

Kegiatan *desk study* meliputi kajian pustaka (*textbook*, jurnal, paper), kajian penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya atau hasil penelitian yang setipe. Bahan literatur dapat diperoleh dari perpustakaan fakultas maupun jurusan dan *internet e-library*. Sebagian besar data yang akan diolah merupakan data sekunder, yaitu data inti bor hasil pengeboran dan hasil pemetaan geologi rinci, sedangkan kegiatan ke lapangan sifatnya lebih kepada penegasan (*confirmation*) sekaligus validasi data data sekunder hasil eksplorasi yang telah dilakukan.

Data hasil pengamatan di lapangan maupun data sekunder hasil eksplorasi, secara garis besar dapat dikelompokkan ke dalam dua tipe data, yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif seperti model endapan, jarak lubang bor dan/atau *drilling density*, tingkat alterasi, mineralisasi, proporsi mineral bijih dan struktur geologi (RQD, *fracture density*), sedangkan data kuantitatif antara lain geometri endapan (ketebalan, panjang, lebar, kemiringan, kedalaman dan hasil analisa kadar logam (*assay*). Data pendukung lainnya yang digunakan antara lain peta geokimia, geofisika dan model geologi.

PENGOLAHAN DATA

Tahap pengolahan data yang paling awal dilakukan adalah pengolahan data statistik, baik statistik deskriptif maupun geostatistik.



Pengolahan data kuantitatif dengan statistik deskriptif : untuk menentukan bentuk distribusi data (distribusi normal atau non-normal), sebagai masukan untuk pembuatan variogram dan perhitungan geostatistik. Parameter statistik yang dihitung adalah : rata-rata (\bar{x}), modus (M_o), Median (M_e), kemencengan (*skewness*), nilai data maksimum dan minimum (X_{maks} dan X_{min}). Selanjutnya dari hasil perhitungan ini dapat digambar grafik distribusi datanya. Melakukan perhitungan deviasi standar, varian dan koefisien variansi (CV) baik untuk distribusi kadar maupun geometri endapan.. Program bantu untuk perhitungan statistik deskriptif ini menggunakan Minitab, GS+ dan Exel.

Analisis regresi digunakan untuk mempelajari dan mengukur hubungan statistik yang terjadi antara dua atau lebih variabel. Dalam regresi sederhana dikaji dua variabel, sedangkan dalam regresi majemuk dikaji lebih dari dua variabel. Pola yang diamati adalah : diagram pencar dan pembuatan formula fungsi regresi, penetapan jenis regresi (linier atau non linier), nilai koefisien korelasi (R) dan koefisien determinasi (R^2).

Studi variografi, Varian Estimasi dan Kriging Blok

Tujuan tahap ini adalah untuk membuat suatu variogram dari data yang telah diubah dalam bentuk log normal. Studi variografi diperlukan untuk menggambarkan selisih rata-rata antara harga titik contoh pada jarak tertentu. Hal ini dapat digunakan untuk memprediksi kadar suatu titik pada jarak tertentu. Data ini penting untuk memberikan bobot nilai dalam pembobotan resiko.

Pengolahan data ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan (variansi) dari kesalahan (*error*) yang terjadi dalam memperkirakan kadar suatu blok endapan, yang ditunjukkan oleh harga kadar conto dalam blok atau di sekitar blok. Dengan perhitungan varian estimasi dan blok kriging akan memudahkan pemberian bobot dalam pembobotan resiko kesalahan, sesuai nilai estimasi kadar dan kesalahan estimasi dari blok kriging yang telah dimodelkan. Di dalam pengolahan data variogram hingga blok kriging digunakan program Geostatistik GS+ versi 6.1 atau yang lebih tinggi.

Kuantifikasi Variabel Kualitatif :

Identifikasi variabel kualitatif yang berkaitan dengan pemodelan geologi endapan dan resiko eksplorasi perlu dilakukan terlebih dahulu. Identifikasi variabel kualitatif ini meliputi pengukuran geometri endapan (dinyatakan dalam kriteria kompleks, sederhana dan nilai CV), kontrol struktur (nilai RQD dan/atau *fracture density*), proporsi mineral logam, tipe alterasi, distribusi kadar (dinyatakan dari nilai rata-rata dan standar deviasi, serta nilai CV) dan arak titik sampel *core drilling* dalam satuan meter, feet atau dinyatakan dalam bentuk nilai *drilling density*.

Digunakan pengkodean (*coding*) variabel kualitatif, basis data yang disyaratkan adalah data dalam bentuk biner (1 atau 0) terhadap pilihan (modalitas) pada masing-masing variabel kualitatif. Setiap variabel kualitatif hanya terdapat satu modalitas nilai biner sama dengan 1 (satu), sedangkan modalitas lainnya harus bernilai 0 (nol). Terakhir adalah menentukan regresi multivariabel variabel kualitatif beserta koefisien determinasinya (probabilitas indeks keterdapatan endapan).

Penggabungan Nilai Kuantifikasi (N_{uni}) Variabel Kuantitatif dan Variabel Kualitatif

Nilai kuantifikasi variabel kuantitatif (hasil analisis geostatistik) dan nilai kuantifikasi variabel kualitatif (hasil analisis kanonik) dapat digunakan untuk menggambarkan model genetik endapan yang sangat berguna dalam estimasi resiko eksplorasi. Kombinasi dari kedua nilai kuantifikasi tersebut akan menghasilkan nilai kuantifikasi baru (gabungan) dan probabilitas gabungan.

Penentuan Nilai Probabilitas Keterdapatan Endapan

Probabilitas keterdapatan endapan prospek berdasarkan nilai kuantifikasi variabel kuantitatif dapat dihitung dengan menggunakan formula Royle (1977) dalam Annels (1991).

$$P[Z_k^* < cog] = \Phi [D = (Z_k^* - cog)/\sigma_k^*] = 1 - P[Z_k^* > cog] \dots\dots\dots 3)$$



Dimana : D = nilai sesuai table normal
 Z_k^* = kadar estimasi *block kriging*
 cog = *cut off grade* hasil estimasi *block kriging*
 σ_k^* = standar deviasi estimasi *block kriging*

Probabilitas keterdapatan endapan berdasarkan analisis nilai variabel kualitatif dihitung dari penyimpangan nilai regresi multivariabel terhadap nilai kuantifikasi maksimum.

Matriks Resiko dan Peta Resiko

Di dalam penelitian ini variabel resiko yang berhubungan dengan resiko politik sosial, resiko politik dan resiko lingkungan tidak dimasukkan dalam kuantifikasi nilai resiko. Variabel-variabel resiko geologi yang berkaitan dengan nilai kuantifikasi dan peta penyebaran nilai kuantifikasinya, dikelompokkan dalam modalitas matriks konsekuensi dan peluang, yang selanjutnya diberi bobot. Matriks resiko yang digunakan menggunakan standar *New Zealand/Australian Standard 2008*. Secara lebih detil, metodologi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4-5

PEMBAHASAN

Selama ini, penaksiran kualitas suatu titik, atau blok dari suatu sumberdaya mineral, umumnya lebih banyak didasarkan atas data kuantitatif semata, misalnya hasil analisa kadar. Sedangkan data pendukung lainnya masih bersifat kualitatif dan belum disatukan dalam satu model terbobot, sehingga sifatnya lebih pada data pendukung saja, bukan data utama.

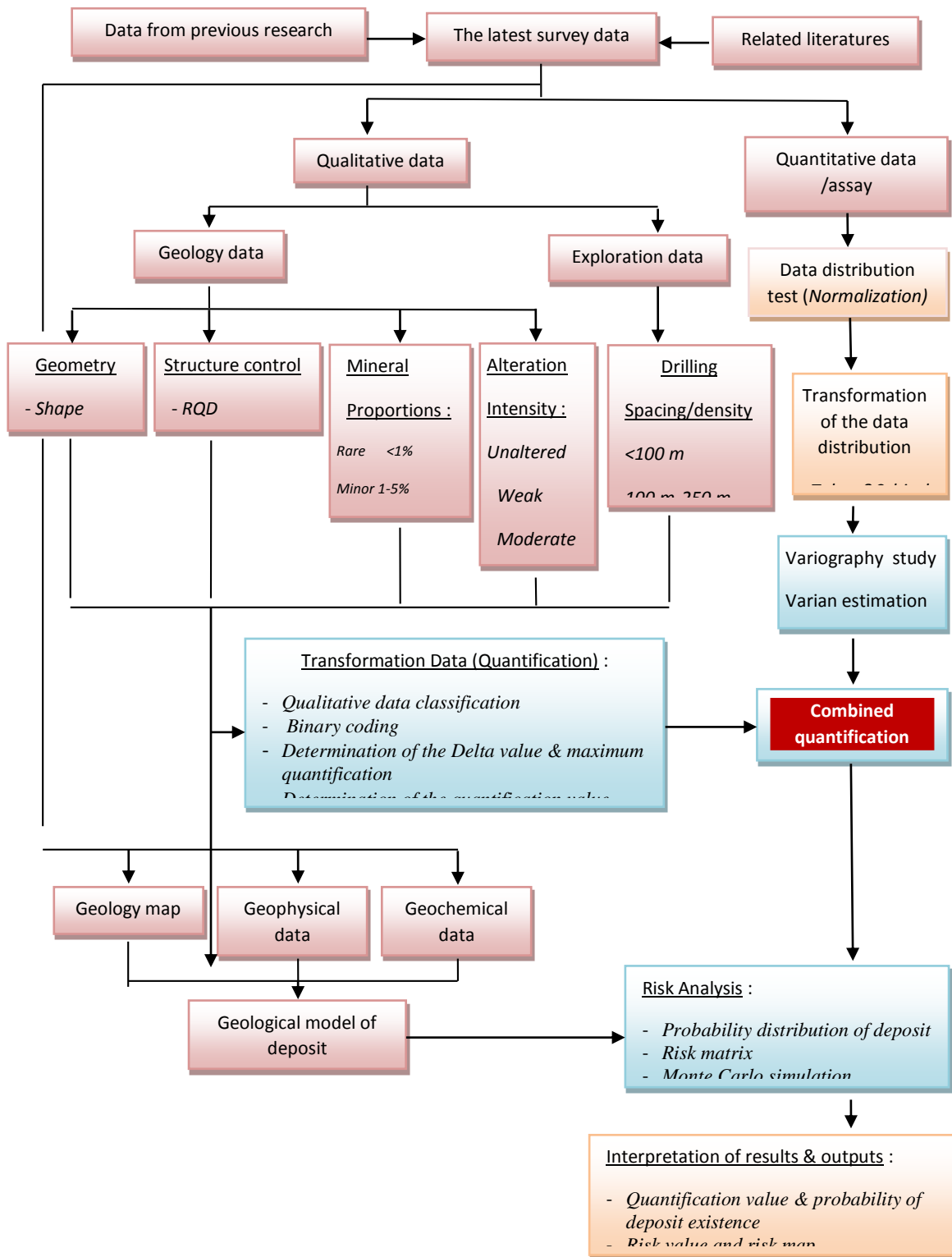
Penggunaan beberapa variabel geologi yang bersifat kualitatif untuk model kuantifikasi, memungkinkan memadukan data kuantitatif (kadar) dan data kualitatif (variabel-variabel geologi) mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap probabilitas keberhasilan sekaligus mengurangi resiko kegagalan. Kuantifikasi ini juga dapat memodelkan dan menggambarkan blok-blok penambangan dengan tingkat resiko yang berbeda.

Meskipun masih sebatas model, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam hal memecahkan salah satu masalah yang paling krusial dalam eksplorasi, yaitu tingkat keyakinan dan kepastian. Yang utama dalam penilaian kuantitatif adalah bahwa ketidakpastian tersebut dinyatakan secara eksplisit, dengan mengidentifikasi sumber-sumber ketidakpastian dan memperkecil ketidakpastian dan juga resiko. Kuantifikasi resiko juga akan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas terhadap peluang maupun kegagalan suatu proyek eksplorasi, serta peningkatan ekspektasi dan konfidensi yang lebih baik terhadap keberhasilan proyek eksplorasi maupun investasi.

KESIMPULAN

Dari penjelasan dan uraian pada bab-bab sebelumnya dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Model kuantifikasi variabel geologi kualitatif dapat digunakan bersama-sama dengan variabel kuantitatif (kadar).
- 2) Dengan kuantifikasi variabel kualitatif, akan lebih memudahkan penaksiran kualitas dan kuantitas suatu model sumberdaya ataupun blok penambangan.
- 3) Model kuantifikasi variabel geologi dapat digunakan untuk memodelkan dan mengkuantifikasi resiko.
- 4) Memudahkan mengkomunikasikan dengan berbagai pengguna dengan beragam disiplin ilmu karena resiko eksplorasi diwujudkan dalam bentuk data kuantitatif.



Gambar 4-5. Diagram alir metodologi penelitian



UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada PT. Antam Tbk. Unit Geomin, terutama Bapak Hartono, Bapak Japra, Bapak Hashari, dan seluruh staf yang tidak mungkin saya sebutkan satu-persatu, atas bantuan dan dukungannya dalam pengumpulan data di prospek Arinem PT Antam Tbk.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzwar, M., 1992, *Peta Geologi Lembar Garut Pameungpeuk, Jawa Barat, Skala 1 : 100.000*, Puslitbang Geologi Bandung.
- Arribas Jr., A., 1995, *Characteristics of High Sulfidation Epithermal Deposits, and Their Relation to Magmatic Fluid, Magmas, Fluids, and Ore Deposit*, Mineralogical Association of Canada Short Course vol.23.
- Australian Government (2008), *Risk Assessment and Management*, Department of Industry, Tourism and Resources, Commonwealth of Australia, p. 49-60.
- Bronto. S., Koswara. A, Lumbanbatu. K., 2006, *Stratigrafi gunung api daerah Bandung Selatan, Jawa Barat*, Jurnal Geologi Indonesia, vol.1 no.2, p. 89 – 101.
- Gafoer. S., Ratman. N., 1998, *Peta Geologi Lembar Jawa Bagian Barat (1:500.000)*, Dirjen Geologi & Sumberdaya Mineral, Pusat penelitian dan pengembangan geologi (P3G), Bandung.
- Geomin, 2012, *Laporan Akhir Eksplorasi Emas Daerah Papandayan Dsk Kecamatan Pakenjeng, Pamulihan, Wangunjaya, Bungbulang, Cisewu, Talegong Kabupaten Garut - Provinsi Jawa Barat*, Unit-Geomin PT Antam, Tbk, 2012, Tidak Dipublikasikan.
- Kjemperud , A., (2010), *Risk Analysis and Exploration Economics*, PPM - 4th Cambodian Workshop.
- Kreuzer, O.P. and Etheridge, M.A., (2010), *Risk and Uncertainty in Mineral Exploration: Implications For Valuing Mineral Exploration Properties*, AIG NEWS No 100, May 2010, p. 10-28.
- Mc. Gill, J.E., (2005), *Technical Risk Assessment Technique in Mineral Resource management with Special Reference to the Junior and Small Scale Mining Sectors*, University of Pretoria, Pretoria. p. 44-59.
- Price Waterhouse Coopers, (2013), *Mine Indonesia 2013: 11th Annual Review of Trends in the Indonesian Mining Industry*; http://www.pwc.com/id/en/publications_/assets/mineindonesia-2013.pdf.
- The Fraser Institute Survey, (2013), *About Country Risks and Mineral Potential*, <http://www.hotstockmarket.com/t/41226/the-fraser-institute-survey-about-country-risks-and-mineral-potential>
- Wellmann, J.F., Regenauer-Lieb, K., (2012), *Effect of Geological Data Quality on Uncertainties in Geological Models and Subsurface Flow Fields*, PROCEEDINGS, Thirty-Seventh Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California.
- Wellmann, J.F., Regenauer-Lieb, K., (2012), *Uncertainties Related to the Quality of the Observations, Data Density, Model Interpolation and Extrapolation, and Geological Concept*, CET Seminar.
- Winarno, E., (2005), *Kuantifikasi Model Genetik Endapan Emas Epitermal Cikidang PT*