

**KONTROL STRUKTUR GEOLOGI TERHADAP JEBAKAN TEMBAGA SEBAGAI ARAHAN  
EKSPLOITASI DI DAERAH NGERJO DAN SEKITARNYA KECAMATAN TIRTOMOYO  
KABUPATEN WONOGIRI PROPINSI JAWA TENGAH**

**STRUCTURAL GEOLOGICAL CONTROL OF COPPER DEPOSIT AS A GUIDING  
EXPLOITATION IN NGERJO AREA AND SURROUNDING TIRTOMOYO DISTRICT, WONOGIRI  
REGENCY, CENTRAL JAVA**

Dianto Isnawan<sup>1</sup>, Sukandarrumidi<sup>2</sup> dan Ign. Sudarno<sup>3</sup>

**ABSTRACT**

The aim of this research is to know the pattern and the type of faults controlling the distribution of copper deposit and to define the direction for the exploitation. The research area is Ngerjo and its vicinity, Tirtomoyo District, Wonogiri Regency, Central Java, which is topographic map scale 1 : 25.000 sheet no. 49/XLII-q. The research begins with secondary data examination, interpretation of landsat image scale 1 : 125.000, interpretation topographic map scale 1 : 25.000 and interpretation of air photograph scale 1 : 10.000. These steps are then followed by field investigation (surface geological mapping) and laboratory analyses. The data are then integrated and presented especially on geological, structural and copper deposit distribution maps. Rivers and hills in the research area exhibit certain lineament patterns, trending northwest – southeast and northeast – southwest. These landscape patterns are interpreted to be controlled by geological structures. The lithologies in the research area are grouped into 5 informal lithostratigraphic units and one deposit, from the oldest to the youngest, as follow: Panggang breccia, Semilir breccia, Nglanggran breccia, Tenggar-Ngelo andesite, Dondong dacite units and sand-gravel deposit. These rock units are the products of Tertiary (Oligocene – Miocene) volcano. The geological structure controlling the research area consists of joints, syncline and lateral faults. The copper bearing quartz veins are associated with the northwest – southeast trending sinistral faults (Ngerjo and Sekandangan faults), northeast – southwest trending dextral faults (Ngelo fault) and north – south trending sinistral faults (Dawuhan fault). The veins are generally distributed near the large (minimum diameter 1 km) and hydrothermally altered intrusion body. These facts lead to a conclusion that the copper deposit distribution is controlled by the faults trending northwest – southeast, northeast – southwest and north – south, as well as the size of hydrothermally altered intrusion body.

Key words : copper, fault, hydrothermal and intrusion

**PENGANTAR**

Mineralisasi emas dan tembaga di Indonesia terbentuk di dalam busur-busur magma andesitik yang berumur Kapur – Pliosen (Carlile & Mitchell, 1994). Salah satu busur magma andesitik tersebut adalah busur Sunda-Banda berumur Neogen yang mengandung emas 20% dan tembaga 14% dari jumlah total distribusi emas dan tembaga di seluruh Indonesia. Menurut Carlile & Mitchell (1994) mineralisasi emas dan tembaga di bagian barat busur Sunda-Banda (Pulau Jawa dan Pulau Sumatra) lebih didominasi sistem urat epitermal sulfida rendah (sistem hidrotermal).

Pembentukan mineralisasi sistem hidrotermal dapat berupa pengisian celah atau rongga dan *metasomatic replacement* dalam batuan (Jensen & Bateman, 1981). Pembentukan tersebut menunjukkan bahwa salah satu faktor pengontrol terbentuknya sistem hidrotermal adalah

<sup>1</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Geologi STTNAS Yogyakarta

<sup>2</sup> Guru Besar Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

<sup>3</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

permeabilitas batuan (Browne, 1991). Struktur geologi khususnya produk deformasi *brittle* dapat meningkatkan nilai permeabilitas batuan. Oleh karena itu struktur geologi dapat berfungsi sebagai media saluran dan tempat pengendapan jebakan mineral bijih hidrotermal, khususnya struktur geologi yang terbentuk bersamaan dengan proses mineralisasi hidrotermal (Williams, 1996 dan Corbett & Leach, 1996). Peranan struktur geologi dalam mengontrol keberadaan mineral bijih hidrotermal telah terdokumentasi dengan baik di busur Sunda-Banda, yaitu di sepanjang sesar sumatra (Harris, 1989 dan Jobson et al., 1994).

Keterdapatannya jebakan mineral bijih hidrotermal di Pegunungan Selatan Jawa Timur telah dilaporkan oleh Van Bemmelen (1949), Carlile & Mitchell (1994), Prasetyanto dkk. (1997) dan Suprpto (1998). Satu di antaranya jebakan mineral bijih di daerah Ngerjo, Tirtomoyo. Eksplorasi jebakan mineral bijih di Tirtomoyo telah dilakukan sejak jaman penjajahan Belanda (1929 - 1935) hingga jaman penjajahan Jepang (1942 - 1945) dalam rangka mencari jebakan tembaga yang layak tambang. Namun demikian hingga berakhirnya perang Pasifik (1945) jebakan tembaga yang layak tambang belum juga ditemukan.

Keberadaan jebakan mineral bijih hidrotermal di Tirtomoyo dievaluasi kembali pada tahun 1958 oleh ahli geologi tambang dari Jepang (Abe, 1958) atas nama pemerintah Indonesia. Hasil evaluasi menyatakan terdapat 3 singkapan urat kuarsa yang melimpah mengandung mineral kalkopirit (mineral yang mengandung unsur Cu). Hasil tersebut memberikan ketertarikan penulis untuk meneliti pola sebaran dan struktur geologi pengontrolnya dalam rangka untuk memberikan arahan eksploitasi penambangan jebakan tembaga khususnya dari skala tambang rakyat. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola sebaran jebakan tembaga dan jenis struktur geologi pengontrolnya serta kaitannya dengan ukuran tubuh intrusi yang bermanfaat untuk arahan eksploitasi.

### **Geologi Regional**

Zona fisiografi Pegunungan Selatan Jawa Timur merupakan bagian dari busur magmatik Neogen Sunda-Banda yang banyak mengandung jebakan mineral bijih (Carlile & Mitchell, 1994). Menurut Van Bemmelen (1949) dan Sampurno & Samodra (1991) Zona fisiografi Pegunungan Selatan Jawa Timur disusun oleh batuan-batuan berumur Tersier yang terdiri dari batuan-batuan gunungapi (bagian bawah) dan batuan karbonat (bagian atas). Batuan-batuan tersebut mengalami penyesaran dengan struktur-struktur sesar dominan berarah timurlaut - baratdaya dan baratlaut - tenggara membentuk pola huruf V. Mineralisasi hidrotermal secara umum dijumpai dalam batuan-batuan gunungapi tersebut.

### **CARA PENELITIAN**

Objek yang diteliti berupa singkapan batuan di lapangan yang mengandung unsur struktur geologi dan jebakan mineral tembaga. Bentang alam juga termasuk objek yang diteliti karena dapat memberikan gambaran penyebaran struktur geologi.

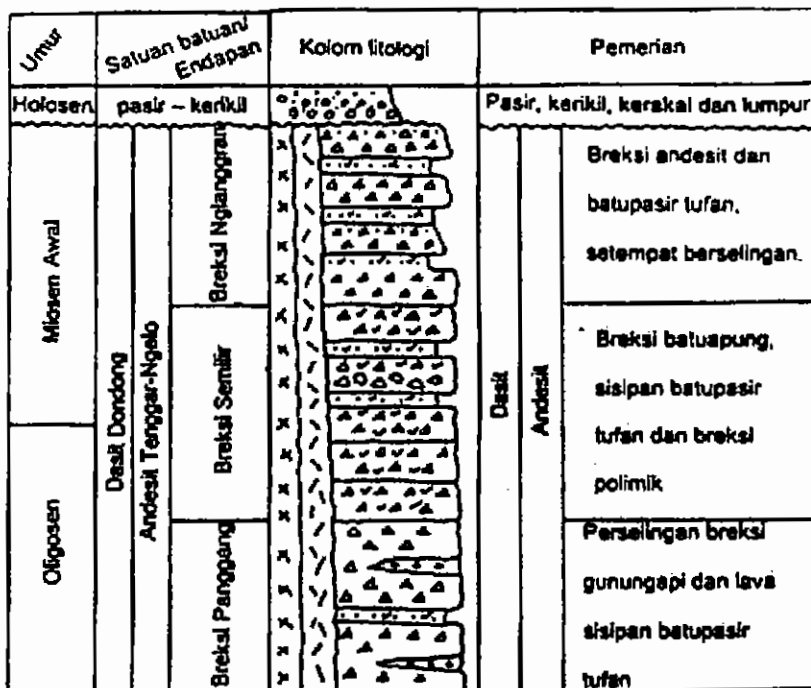
Penelitian ini diawali dengan melakukan studi putaka. Kegiatan selanjutnya adalah melakukan interpretasi citra *landsat*, foto udara dan peta topografi. Penelitian lapangan dilakukan untuk membuat peta geologi permukaan, khususnya menelusuri dan mengukur struktur geologi, memetakan sebaran jebakan mineral tembaga dan mengukur kedudukannya, serta mengambil contoh batuan dan jebakan mineral tembaga untuk penelitian laboratorium. Penelitian laboratorium meliputi analisis petrografi, mineragrafi, geokimia mineral logam dan X-RD. Hasil-hasil tersebut diintegrasikan dan disajikan dalam bentuk peta geologi dan peta hubungan struktur geologi dengan sebaran jebakan mineral tembaga.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bentang alam (sungai dan punggung/ deretan puncak bukit) daerah penelitian menunjukkan pola-pola kelurusan dengan arah-arah tertentu, yaitu : timurlaut – baratdaya dan baratlaut - tenggara. Pola-pola tersebut sesuai dengan pola struktur geologi regionalnya dan mencerminkan struktur geologi pengontrolnya.

Stratigrafi daerah penelitian dikelompokkan secara litostratigrafi tak resmi menjadi 5 satuan batuan dan 1 endapan (Gambar 1 dan 2) yaitu sebagai berikut :

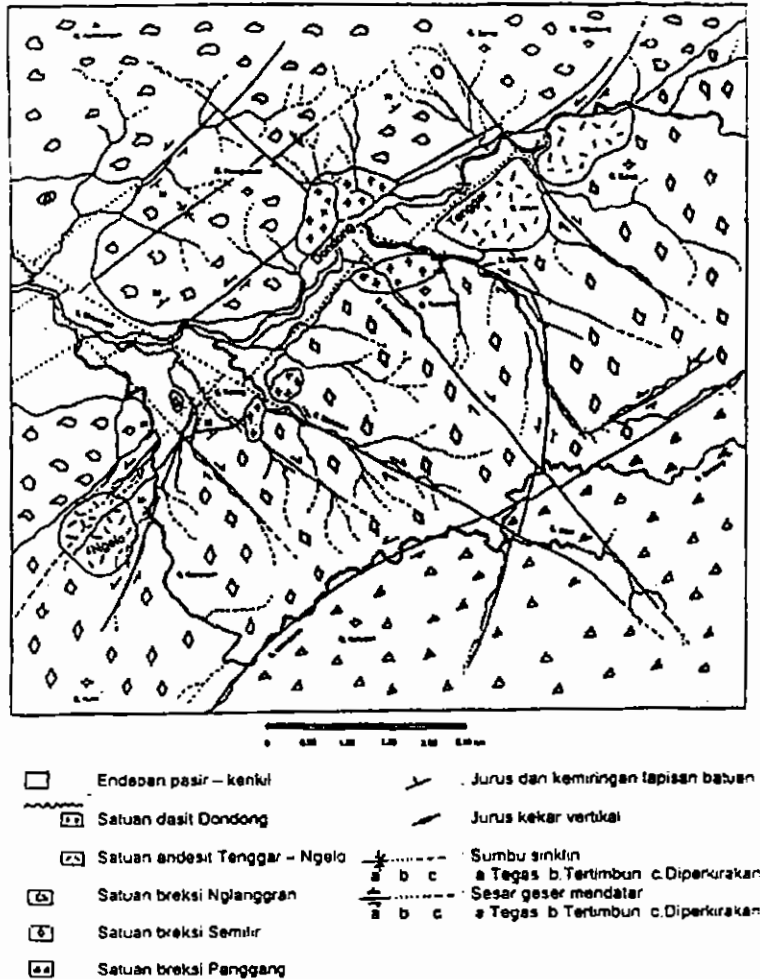
1. Satuan breksi Panggang, merupakan satuan batuan tertua yang tersusun oleh perselingan breksi gunungapi dan lava, berumur Oligo-Miosen serta diendapkan dalam lingkungan bawah laut.
2. Satuan breksi Semilir, tersusun oleh breksi batuapung, batupasir tufan dan sisipan breksi polimik, berumur Miosen Awal, diendapkan dalam lingkungan bawah laut dan menumpang secara selaras di atas satuan breksi Panggang.
3. Satuan breksi Nglanggran, tersusun oleh perselang-selingan antara breksi andesit dan batupasir tufan, berumur Miosen Awal, diendapkan dalam lingkungan bawah laut dan menumpang secara selaras di atas satuan breksi Semilir.
4. Satuan andesit Tenggar – Ngelo, merupakan tubuh intrusi andesit dangkal yang mengintrusi satuan breksi Panggang, satuan breksi Semilir dan satuan breksi Nglanggran.
5. Satuan dasit Dondong, merupakan tubuh intrusi dasit dangkal yang mengintrusi satuan breksi Panggang, satuan breksi Semilir, satuan breksi Nglanggran dan andesit Tenggar-Ngelo.
6. Endapan pasir- kerikil, merupakan hasil endapan sungai masa kini yang posisinya secara stratigrafis tidak selaras di atas satuan dasit Dondong dan diendapkan di sepanjang sungai masa kini.



Gambar 1. Penampang stratigrafi daerah penelitian (hasil kompilasi penelitian lapangan dengan data sekunder dari Sampurno dan Samodra, 1991)

Struktur geologi daerah penelitian meliputi : kekar, sinklin dan sesar (Gambar 2). Kekar secara genesa terbagi menjadi 2, yaitu : kekar tarik (kekar Kaliwungu) dan kekar gerus (kekar Ngerjo, kekar Jarum, kekar Tenggar dan kekar Blarakan). Struktur sinklin melipat satuan

breksi Semilir dan breksi Nglanggran dan sumbunya memanjang ke arah timurlaut – baratdaya dan lewat di sekitar dusun Gunungan, sehingga dinamakan sinklin Gunungan.



Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian (Ngerjo dan sekitarnya, Tirtomoyo, Wonogiri).

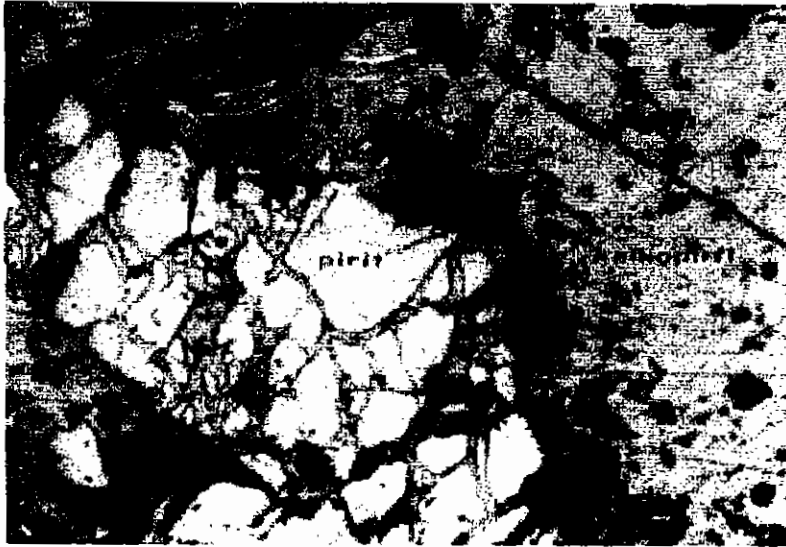
Struktur sesar dapat dikelompokkan menjadi 3 berdasarkan arahnya, yaitu : sesar berarah baratlaut – tenggara yang merupakan sesar mendatar mengangan (sesar Jarum, sesar Ngerjo, sesar Sekandangan, sesar Blarakan, sesar Klumpit dan sesar Sempon), sesar berarah timurlaut – baratdaya yang merupakan sesar mendatar mengiri (sesar Gelapampar, sesar Ngembok, sesar Ngelo, sesar Tirtomoyo, sesar Ngemplak dan sesar Janganti) dan sesar berarah utara – selatan yang merupakan sesar mendatar mengiri (sesar Dawuhan). Struktur sesar di daerah penelitian juga diidentifikasi dari interpretasi citra *landsat*. Hasil interpretasi citra *landsat* tersebut disajikan dalam Gambar 3.

Mineral tembaga yang utama di daerah penelitian adalah kalkopirit (Gambar 4) yang secara mineragrafi dicirikan dengan warna kuning dan berubah menjadi berwarna biru menjadi mineral kovelit (Gambar 5). Analisis geokimia kelompok mineral bijih yang kaya kalkopirit memberikan hasil konsentrasi Cu yang relatif tinggi (120.000 ppm). Mineral tembaga tersebut ditemukan di Ngerjo, Dawuhan, Sekandangan dan Ngelo.

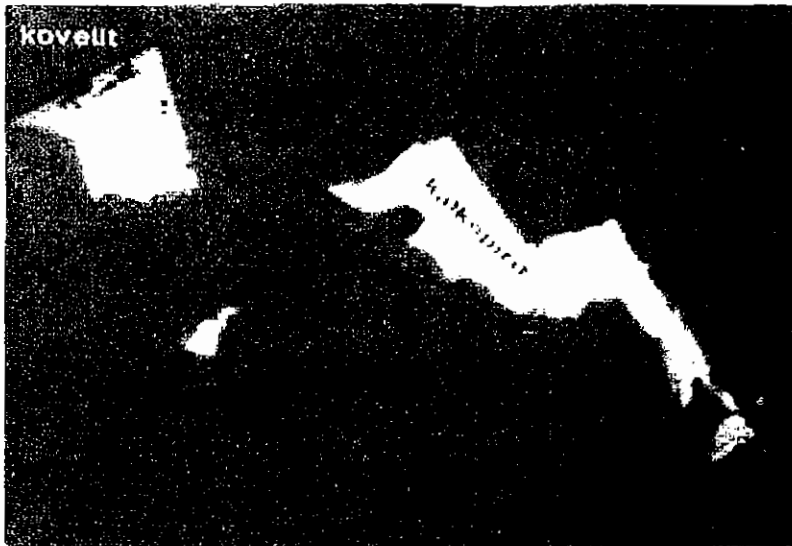


Gambar 3. Citra *landsat color composite* daerah penelitian (reproduksi sebagian dari citra *landsat 1 scanner* Jawa Tengah) dan hasil interpretasi kondisi struktur geologi daerah penelitian.

Hasil penampalan peta struktur geologi dan sebaran jebakan mineral tembaga menunjukkan bahwa jebakan mineral tembaga berasosiasi dengan struktur sesar berarah baratlaut – tenggara, sesar berarah timurlaut – baratdaya dan sesar berarah utara – selatan (Gambar 6). Sebaran jebakan tembaga tersebut terlihat juga berasosiasi dengan tubuh-tubuh intrusi yang berukuran relatif besar (diameter minimal 1 km) dan teralterasi hidrotermal (dasit Dondong dan andesit Tenggar – Ngelo).



Gambar 4. Sayatan poles sampel NG-2 yang menunjukkan kenampakan pirit retak-retak diisi oleh kalkopirit (mengandung Cu) berwarna kuning.

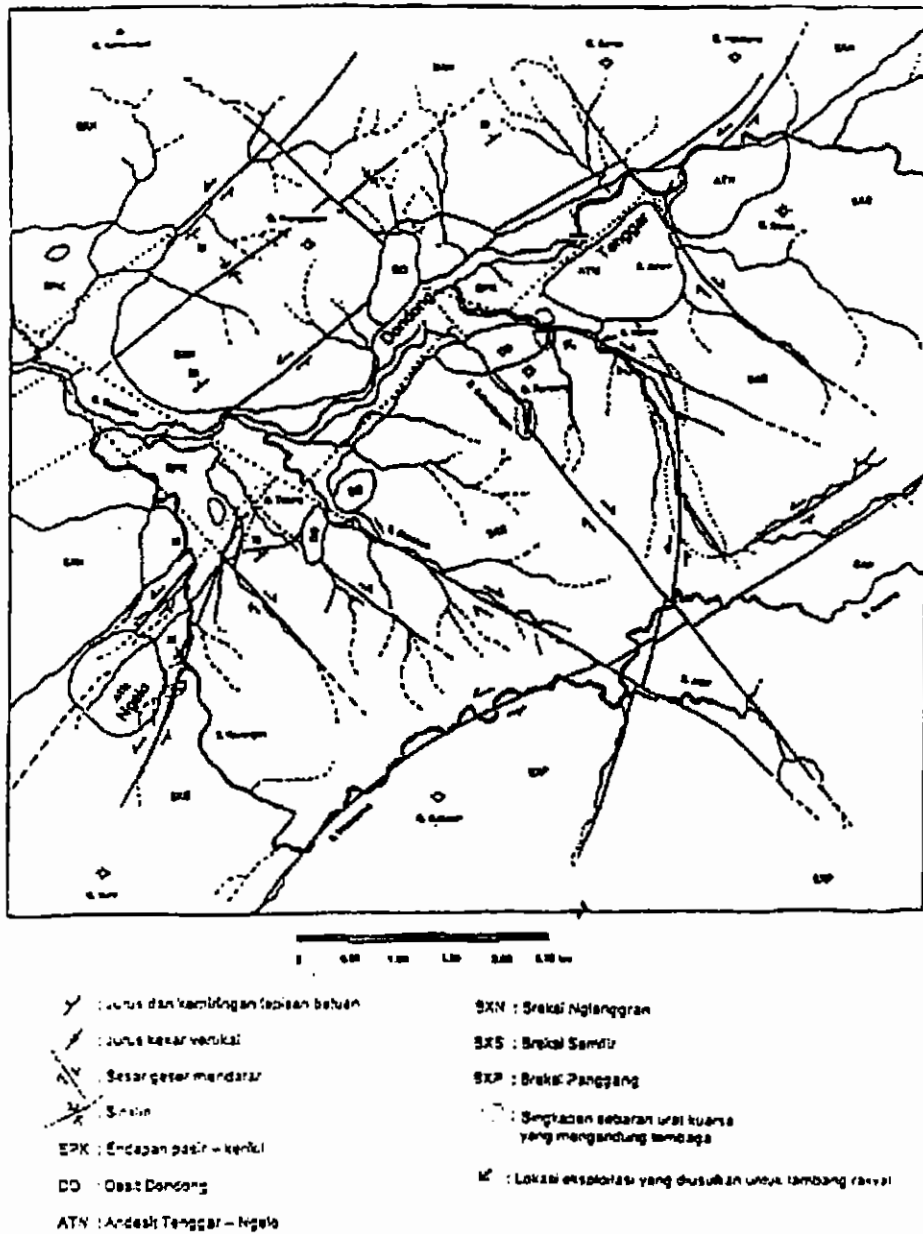


Gambar 5. Sayatan poles contoh NG-2 memperlihatkan mineral kalkopirit (kuning) terubah di bagian tepinya menjadi kovelit berwarna biru muda.

Pola urat kuarsa yang mengandung tembaga di Ngerjo secara umum berarah relatif timurlaut – baratdaya (Tabel 1). Pola tersebut membentuk hubungan sudut dengan arah sesar Ngerjo yang berarah baratlaut – tenggara. Hasil analisis hubungan sudut dan pergerakan sesar Ngerjo menyimpulkan bahwa urat kuarsa di Ngerjo mengisi rekahan *dilational* yang dihasilkan pergerakan sesar Ngerjo.

Pola urat kuarsa di Sekandangan berarah relatif utara – selatan (Tabel 1) dan pola tersebut membentuk hubungan sudut dengan arah jejak sesar Sekandangan. Hasil analisis hubungan kedudukan urat kuarsa di Sekandangan dengan pergerakan sesar Sekandangan menyimpulkan bahwa urat kuarsa di Sekandangan menempati rekahan *dilational* sesar Sekandangan.

Secara umum pola urat kuarsa di Ngelo berarah barat – timur (Tabel 1). Pola tersebut membentuk hubungan sudut dengan arah jejak sesar Ngelo yang berarah timurlaut – baratdaya. Analisis hubungan sudut tersebut dengan arah pergerakan sesar Ngelo menyimpulkan urat kuarsa di Ngelo merupakan jebakan pengisian rekahan *dilational* sebagai akibat pergerakan sesar Ngelo.



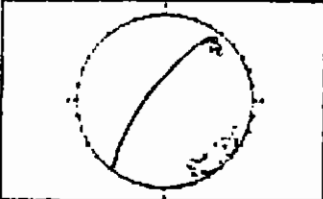
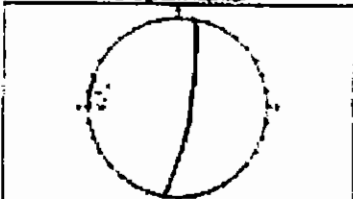
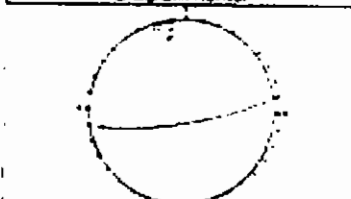
Gambar 6. Peta struktur geologi dan sebaran endapan mineral tembaga di daerah penelitian (Ngerjo dan sekitarnya, Tirtomoyo, Wonogiri)

Pola urat kuarsa di Dawuhan didasarkan pada penelaahan data sekunder menunjukkan ada 2 pola, yaitu : timurlaut – baratdaya di dekat perpotongan dengan sesar Ngerjo dan baratlaut – tenggara. Pola urat kuarsa timurlaut – baratdaya tampak lebih sesuai dikontrol oleh sesar Ngerjo. Pola urat kuarsa baratlaut – tenggara tampak dan sesuai terkontrol pergerakan sesar Dawuhan yang merupakan sesar mendatar mengiri.

Tabel 1. Kedudukan urat-yrat kuarsa di Ngerjo, Sekandangan dan Ngelo.

Daerah Ngerjo			Daerah Sekandangan			Daerah Ngelo		
No	Jurus (°)	Kemiringan (°)	No	Jurus (°)	Kemiringan (°)	No	Jurus (°)	Kemiringan (°)
1	U 215 T	78	1	U 15 T	78	1	U 75 T	80
2	U 210 T	75	2	U 10 T	75	2	U 80 T	75
3	U 218 T	80	3	U 18 T	80	3	U 82 T	85
4	U 208 T	75	4	U 5 T	75	4	U 78 T	81
5	U 245 T	85	5	U 18 T	85	5	U 76 T	82
6	U 253 T	65	6	U 13 T	65	6	U 77 T	75
7	U 215 T	80	7	U 15 T	80	7	U 75 T	76
8	U 225 T	70	8	U 5 T	70	8	U 85 T	70
9	U 220 T	82	9	U 12 T	82	9	U 72 T	82
10	U 222 T	77	10	U 20 T	77	10	U 20 T	77
11	U 218 T	75	11	U 4 T	75	11	U 74 T	75
12	U 231 T	84	12	U 5 T	84	12	U 85 T	80
13	U 237 T	78	13	U 7 T	82	13	U 87 T	82
14	U 235 T	80	14	U 5 T	80	14	U 75 T	80
15	U 232 T	75	15	U 10 T	75	15	U 70 T	75
16	U 228 T	75	16	U 8 T	85	16	U 78 T	85
17	U 235 T	80	17	U 10 T	83	17	U 80 T	83
18	U 240 T	70	18	U 12 T	79	18	U 72 T	79
19	U 210 T	78	19	U 11 T	82	19	U 81 T	82
20	U 215 T	73	20	U 15 T	78	20	U 75 T	78

Daerah Ngerjo		Daerah Sekandangan		Daerah Ngelo	
Diagram kontur		Diagram kontur		Diagram kontur	
					

Eksplorasi logam tembaga diarahkan mengikuti pola memanjang urat kuarsa yang mempunyai ketebalan minimal 40 cm dan berasosiasi dengan tubuh intrusi yang berukuran besar (diameter minimal 1 km) dan telah teralterasi hidrotermal yaitu di Ngerjo (Gambar 6).

### KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian kontrol struktur geologi terhadap jebakan tembaga sebagai arahan eksploitasi di daerah Ngerjo dan sekitarnya Kecamatan Tiromoyo Kabupaten Wonogiri Propinsi Jawa Tengah sebagai berikut :

1. Keberadaan jebakan tembaga di daerah penelitian berasosiasi dengan tubuh intrusi batuan beku yang berukuran besar dan teralterasi hidrotermal. Kesimpulan tersebut didukung fakta bahwa jebakan tembaga di Ngerjo, Sekandangan dan Ngelo berasosiasi dengan intrusi dasit Dondong dan andesit Tenggar - Ngelo yang berdiameter lebih besar dari 1 km serta teralterasi hidrotermal.
2. Sesar-sesar yang berarah baratlaut - tenggara, timurlaut - baratdaya dan utara - selatan mengontrol sebaran jebakan tembaga di sekitar tubuh batuan intrusi yang berukuran relatif besar. Kesimpulan tersebut didukung fakta di lapangan bahwa sesar Ngerjo, sesar Sekandangan (berarah baratlaut - tenggara), sesar Dawuhan (berarah utara - selatan) dan sesar Ngelo (berarah timurlaut - baratdaya) mengontrol keberadaan jebakan tembaga di sekitar tubuh intrusi dasit Dondong dan andesit Tenggar - Ngelo.

### KEPUSTAKAAN

Abe, A. 1958 *Report on the Geological Investigation of the Dawuhan Copper Deposit in the Vicinity of Tirtomoyo (Wonogiri Prefecture Surakarta, C. Java)*, unpublished, 10 pgs.



- Browne, P.R.L. 1991 Mineralogical Guide to Interpreting the Shallow Paleohydrology of Epithermal Mineral Depositing Environments. *Proc. 13<sup>th</sup> New Zealand Geothermal Workshop*, 263 – 269.
- Carlile, J.C. and Mitchell, A.H.G. 1994 9 Magmatic Arch and Associated Gold and Copper Mineralization in Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration* 50, 91-142.
- Corbett, G.J. and Leach, T.M. 1996 *Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems : Structure, Alteration and Mineralization*. Exploration Workshop Manual, 186 pgs.
- Harris, L.B. 1989 Structural Controls of Epithermal Golds Mineralization in Sumatra, Indonesia. In : J.L. Bexter (Editor). *Shear Zone, Mineralization and Basin Development : A Workshop Manual*. Hermitage Holdings Pty Ltd. Perth, 476 – 515.
- Jensen, M.L. and Bateman, A.M. 1981 *Economic Mineral Deposits*, Third Edition, John Wiley & Sons, New York.
- Jobson, D.H., Boulter, C.A. and Foster, R.P. 1994 Structural Controls and Genesis of Epithermal Gold bearing Breccias at Lebong Tandai Mine, Western Sumatra, Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration* 50, 409 – 428.
- Prasetyanto, I., Widodo, P.A. dan Wintolo, D. 1997 Mineralisasi Logam Mulia di Kecamatan Selogiri Kabupaten Wonogiri Propinsi Jawa Tengah. *Kumpulan Makalah Pertemuan Ilmiah Tahunan XXVI IAGI*, 443-453.
- Sampurno dan Samodra, H. 1991 *Peta Geologi Lembar Ponorogo, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung.
- Suprpto 1998 *Model Endapan Emas Epitermal Daerah Nglenggong Kecamatan Selogiri Kabupaten Wonogiri Jawa Tengah*. Tesis S-2 Program Studi Rekayasa Pertambangan Fakultas Pasca Sarjanan ITB, tidak dipublikasikan.
- Van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia* Vol. 1 A, Martinus Nijhoff/ The Hague.
- Williams, E.H. 1996 *Structural Geology for Mineral Exploration*. Manual of the training program for Placer Exploration Ltd.