



MTG

JURNAL ILMIAH MAGISTER TEKNIK GEOLOGI

MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA

Jurnal Ilmiah MTG | Volume 8 | No. 2 | Yogyakarta, Juli 2017

INTERPRETASI JENIS-JENIS URAT KUARSA BERDASARKAN ANALISIS STRUKTUR DI DAERAH TEGALOMBO DAN SEKITARNYA, KABUPATEN PACITAN, PROVINSI JAWA TIMUR

Oleh:

Leonardo Damanik¹, Heru Sigit Purwanto², Sutarto²

¹ Mahasiswa Magister Teknik Geologi, FTM UPN "Veteran" Yogyakarta

² Dosen Pengajar Teknik Geologi, FTM UPN "Veteran" Yogyakarta

ABSTRAK

Secara regional suatu sistem struktur di daerah-daerah busur magmatik akan terbentuk intrusi-intrusi baik yang mengisi daerah bukaan maupun membentuk bukaan yang baru, sehingga pada daerah-daerah struktur mayor akan terjadi aktivitas yang berhubungan dengan urat-urat kuarsa yang terbentuk. Urat kuarsa pada prinsipnya terbentuk oleh larutan yang bersifat mengisi rekahan, oleh sebab itu pola urat kuarsa yang terbentuk akan mengikuti pola rekahan/kekar. Struktur geologi di daerah Pegunungan Selatan Jawa bagian timur tidak terlepas dari pengaruh tumbukan antar lempeng Indo-Australia di sebelah selatan yang merupakan jenis subduksi ortogonal dengan arah tegasan relatif utara-selatan. Hasil dari tegasan tersebut membentuk rekahan-rekahan dengan arah baratlaut-tenggara, timurlaut-baratdaya, dan utara-selatan. Adanya aktivitas tektonik di Pulau Jawa yang terjadi sedikitnya dua kali selama Oligosen hingga Pliosen dengan arah tegasan utama yang berbeda memungkinkan terbentuknya pola struktur yang kompleks sekaligus mengakibatkan aktivitas magmatisme yang berbeda pula. Fenomena tersebut akan menghasilkan jenis-jenis urat kuarsa yang berbeda terkait struktur dan genesanya.

Penelitian ini dilakukan dengan maksud mengumpulkan data pengukuran struktur sebanyak-banyaknya terutama pada batuan-batuan yang berumur Oligosen-Pliosen. Data pengukuran struktur tersebut dianalisis untuk mengetahui pola arah-arah kekar maupun urat, pengamatan tekstur, dan hubungan *cross-cutting* antar urat, sehingga dapat membagi jenis-jenis urat kuarsa dan menghasilkan gambaran model genesis dari jenis-jenis urat kuarsa di daerah penelitian. Secara administratif penelitian terletak di daerah Tegalombo, Kecamatan Tegalombo, Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur. Secara geografis berada dalam zona $8^{\circ} 3' 37,9''$ LS - $8^{\circ} 5' 15,5''$ LS dan $111^{\circ} 15' 47,5''$ BT - $111^{\circ} 17' 58,3''$ BT atau dalam zona UTM 49S: N 529000 mE - N 533000 mE dan S 9106000 mE - S 9109000 mE, dengan luas daerah penelitian adalah 12 km².

Geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi tiga yaitu: Satuan Pegunungan Vulkanik yang mendominasi di daerah telitian dengan kemiringan lereng agak curam-curam, Satuan Lembah Vulkanik dengan kemiringan lereng miring-curam, dan Satuan Lembah Struktural dengan kelurusan relatif timurlaut-baratdaya mempunyai kemiringan lereng miring-sangat curam. Volkanostratigrafi daerah penelitian terdiri atas lima unit satuan dari tua ke muda, yaitu: Satuan Andesit Lava Mandalika berumur Oligosen-Miosen Awal, menjari dengan Satuan Breksi Polimik Mandalika berumur Miosen Awal, Diterobos Satuan Intrusi Dasit berumur Miosen Awal-Tengah, Satuan Intrusi Andesit Hornblende berumur Miosen Tengah-Akhir, dan Satuan Andesit Piroksen berumur Miosen Akhir-Pliosen.

Jenis-jenis urat-urat kuarsa di daerah penelitian dibagi menjadi empat yang cenderung mengikuti pola arah kekar. Hasil analisis struktur dan pengamatan tekstur serta hubungan *cross-cutting* antar urat, yaitu: (1) urat kuarsa I jenis tekan berarah $N120^{\circ}E-N130^{\circ}E$, (2) urat kuarsa II jenis tarik berarah $N160^{\circ}E-N170^{\circ}E$, (3) urat kuarsa III jenis tekan berarah $N220^{\circ}E-N230^{\circ}E$, dan (4) urat kuarsa IV jenis tarik berarah $N185^{\circ}E-N195^{\circ}E$. Urat-urat kuarsa I dan II diperkirakan terbentuk pada Miosen Tengah, sedangkan urat-urat kuarsa III dan IV diperkirakan terbentuk pada kala Miosen Akhir.

Kata kunci: Formasi Mandalika, Kekar, Urat Kuarsa, *Cross-cutting*

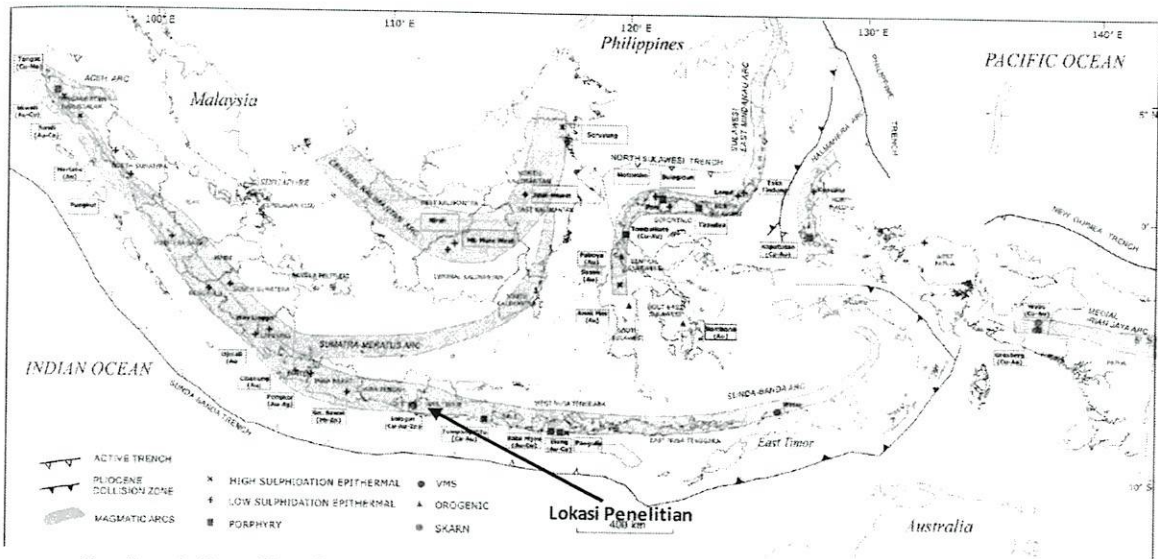
PENDAHULUAN

Keberadaan mineralisasi yang dijumpai pada umumnya terdapat pada jalur busur magmatik yang merupakan hasil dari aktivitas tektonik. Mineralisasi emas dan tembaga di Indonesia terbentuk di dalam busur-busur magma andesitik yang berumur Kapur-Pliosen (Carlile & Mitchell, 1994) (Gambar 1), dimana salah satu busur magma andesitik tersebut adalah busur Sunda-Banda berumur Neogen yang mengandung emas 20% dan tembaga 14%. Menurut Carlile dan Mitchell (1994), tipe mineralisasi emas dan tembaga di bagian barat busur Sunda-Banda seperti Pulau Jawa dan Pulau Sumatra lebih dominan berupa sistem urat epitermal sulfida rendah.

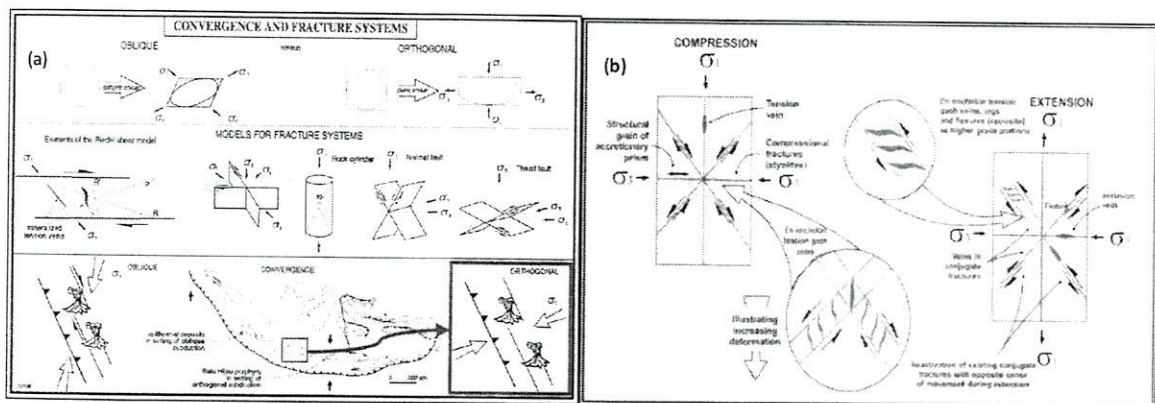
Struktur merupakan salah satu faktor penting dalam mineralisasi karena sebagai tempat terbentuknya endapan mineral bijih yang sangat ekonomis, dimana larutan hidrotermal akan mengisi rekahan-rekahan pada batuan membentuk suatu sistem struktur tertentu dan tergantung dari gaya yang menyebabkannya. Jensen dan Bateman (1981) mengatakan bahwa pembentukan mineralisasi dapat berupa pengisian celah atau rongga dalam batuan. Hal tersebut menunjukkan bahwa salah satu faktor pengontrol terbentuknya sistem hidrotermal adalah adanya permeabilitas batuan (Browne, 1991). Oleh karena itu, struktur geologi dapat berfungsi sebagai media saluran dan tempat pengendapan mineral bijih, khususnya struktur-struktur yang terbentuk bersamaan dengan proses mineralisasi (Williams, 1996; dan Corbett & Leach, 1997).

Kekar atau rekahan merupakan jenis struktur geologi dalam bentuk bidang pecah yang dapat bersifat kompresi juga dapat bersifat ekstensi. Karena bidang ini memisahkan batuan menjadi bagian-bagian terpisah, maka struktur ini dapat menjadi jalan untuk dilalui oleh larutan beserta material lainnya dari bawah permukaan, dimana struktur kekar yang diisi oleh larutan sisa magmatik dan material lainnya biasanya disebut dengan urat kuarsa. Hal tersebut berkaitan erat dengan proses mineralisasi, atau dapat dikatakan bahwa mineralisasi dapat diidentifikasi melalui sifat dan kehadiran kekar maupun urat kuarsa pada batuan. Dengan demikian, sekali lagi dapat dikatakan bahwa struktur kekar pada batuan sebagai media pembawa mineral logam menjadi sangat penting untuk dianalisis.

Struktur geologi dan mineralisasi di daerah Jawa Timur tidak terlepas dari pengaruh tumbukan antar lempeng Indo-Australia di sebelah selatan. Tumbukan antar lempeng jenis subduksi ortogonal ini menyebabkan terbentuknya busur-busur magmatik di sepanjang Pulau Jawa dan menghasilkan sistem rekahan-rekahan pada batuan yang dapat mengontrol pembentukan urat kuarsa dalam suatu sistem (Corbett & Leach, 1997) (Gambar 2). Salah satu daerah di Jawa Timur yang mengandung potensi mineralisasi pada lingkungan tektonik seperti disebut di atas adalah Pacitan, yang secara fisiografi daerah ini termasuk ke dalam Zona Pegunungan Selatan bagian Timur (Bemmelen, 1949).

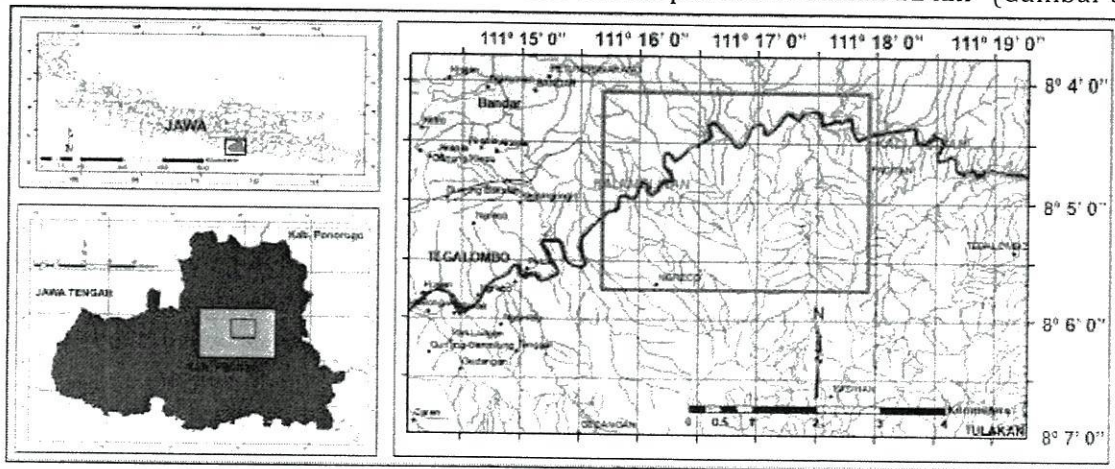


Gambar 1. Peta distribusi busur magmatik dan aneka tipe endapan mineral di Indonesia (dimodifikasi oleh Carlile & Mitchell, 1994; dalam Setiadji & Maryono, 2012; dan Sutarto, 2016).



Gambar 2. (a) Sistem rekahan dan subduksi konvergen oblik dan ortogonal, (b) Sistem urat pada seting tektonik subduksi konvergen ortogonal (Corbett & Leach, 1997).

Daerah penelitian merupakan bagian dari zona Pegunungan Selatan bagian timur secara administratif terletak di daerah Tegalombo, Kecamatan Tegalombo, Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur. Secara geografis berada dalam zona $8^{\circ} 3' 37,9''$ LS - $8^{\circ} 5' 15,5''$ LS dan $111^{\circ} 15' 47,5''$ BT - $111^{\circ} 17' 58,3''$ BT atau dalam zona UTM 49S: N 529000 mE - N 533000 mE dan S 9106000 mE - S 9109000 mE. Luas daerah penelitian adalah 12 km^2 (Gambar 3).



Gambar 3. Peta Lokasi Daerah Penelitian (kotak warna merah menunjukkan wilayah daerah penelitian).

Daerah Pacitan yang diketahui adanya indikasi mineralisasi tipe sistem urat epitermal sulfida rendah (Carlile & Mitchell, 1994), dengan batuan penyusun yang terbentuk di busur magmatik Sunda-Banda berupa batuan-batuan beku intrusi dan ekstrusi (Samodra, dkk., 1990), telah mengalami tektonik sebanyak tiga periode sekaligus terjadi aktivitas magmatisme sebanyak tiga kali selama Tersier yaitu jalur magmatik Eosen Akhir-Miosen Awal, jalur magmatik Miosen Akhir-Pliosen, dan jalur vulkanik Kuartar (Soeria-Atmadja, dkk., 1994). Widodo, dkk., (2002) menyatakan bahwa adanya mineralisasi di jalur Ponorogo-Pacitan pada batuan Formasi Panggang dan Mandalika yang berumur Oligosen-Miosen memiliki tipe urat. Urat-urat kuarsa di daerah Ponorogo dan sekitarnya mempunyai arah barat-laut-tenggara (NW-SE) dan timurlaut-baratdaya (NE-SW) yang berhubungan dengan interaksi lempeng konvergen subduksi pada Miosen Tengah (Hastuti, 2009). Berdasarkan analisis dinamik tegasan purba, daerah Pacitan dan sekitarnya diketahui terdapat tiga tegasan utama struktur, yaitu: Pertama, tegasan yang terjadi pada kala Miosen Awal mempunyai arah σ_1 berkisar antara 15° , $N164^{\circ}E$ - 09° , $N170^{\circ}E$ yang menyebabkan terbentuknya sesar berarah NW-SE dan struktur lipatan. Kedua, tegasan yang terjadi pada kala Miosen Tengah mempunyai arah σ_1 berkisar antara 16° , $N192^{\circ}E$ - 15° , $N196^{\circ}E$ yang menyebabkan terbentuknya sesar berarah NE-SW dan N-E. Ketiga tegasan yang terjadi pada kala Plio-Pleistosen mempunyai arah $\sigma_1 = 14^{\circ}$, $N198^{\circ}E$ yang menyebabkan teraktifnya kembali sesar-sesar yang telah terbentuk sebelumnya.

Indikasi mineralisasi di daerah Pacitan dan sekitarnya sebelumnya telah banyak diteliti dan disimpulkan bahwa mineralisasi di daerah tersebut merupakan tipe epitermal

dengan sistem urat. Menurut beberapa hasil penelitian terdahulu urat-urat kuarsa yang berumur Tersier di daerah penelitian kemungkinan memiliki jenis berbeda-beda yang berhubungan dengan aktivitas tektonik yang terjadi lebih dari satu kali selama Tersier dan menghasilkan struktur-struktur yang kompleks. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengelompokkan jenis-jenis urat kuarsa di daerah penelitian dan menentukan urutan kejadian urat-urat kuarsa di daerah penelitian. Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahwa pembentukan urat-urat kuarsa berkaitan dengan struktur rekahan pada batuan, dimana struktur rekahan di daerah penelitian merupakan produk dari aktivitas tektonik jenis subduksi ortogonal dengan arah tegasan relatif utara-selatan.

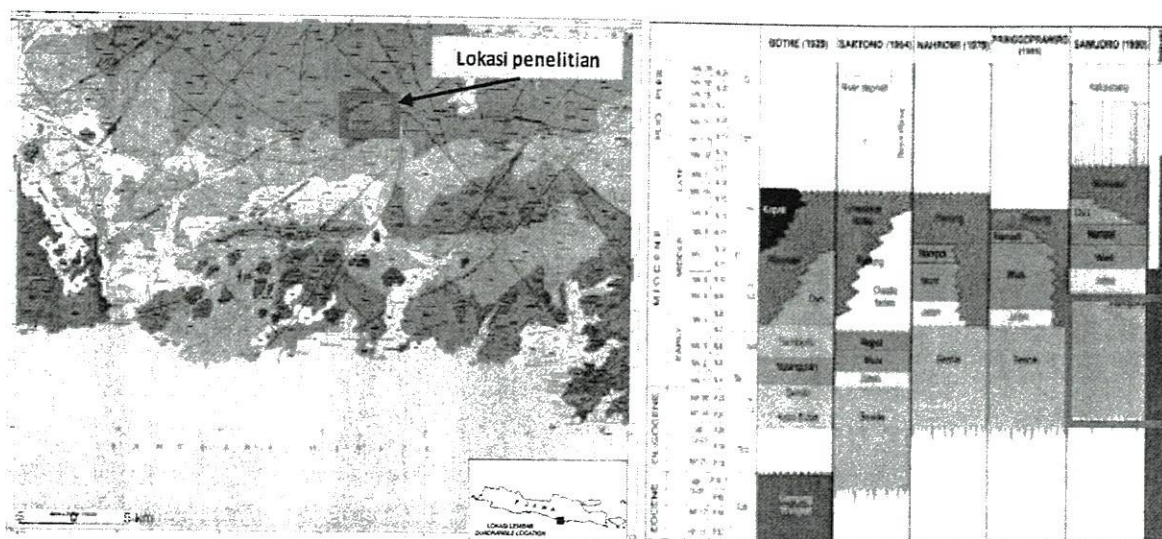
METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan adalah pengamatan lapangan dan pengukuran unsur struktur pada batuan-batuan yang berumur Oligosen-Pliosen. Data pengukuran struktur berupa kekar dan urat, keduanya dianalisis secara terpisah menggunakan metode proyeksi stereografis melalui program Dips v.5.1, sehingga dari hasil analisis stereografis dapat dilihat hubungan pola urat-urat kuarsa dengan kekar.

Pendekatan yang dilakukan untuk menentukan jenis urat kuarsa mana yang lebih dulu terbentuk atau kemudian terbentuk dilakukan dengan pengamatan hubungan *cross-cutting* (potong-memotong) antara urat kuarsa dengan urat kuarsa maupun urat kuarsa dengan kekar, selanjutnya membandingkannya dengan umur batuan untuk mengetahui umur terbentuknya urat-urat kuarsa di daerah telitian.

TINJAUAN GEOLOGI

Fisiografi daerah penelitian termasuk dalam zona Busur Pegunungan Selatan (Smyth, dkk., 2008). Kegiatan pada Busur Pegunungan Selatan meningkat pada Miosen Awal dengan fase erupsi kuat yang melibatkan pembentukan Formasi Semilir dengan distribusi abu vulkanik yang sangat luas. Formasi Semilir dan Kebobutak menurut beberapa ahli disebut dengan Formasi Besole (Sartono, 1964; Nahrowi, 1979; dan Pringgoprawiro, 1985), sedangkan dalam lembar Pacitan Formasi Besole dibagi menjadi Formasi Arjosari dan Mandalika (Samodra, dkk, 1992), dimana daerah penelitian termasuk dalam lembar Pacitan (Gambar 4).



Gambar 4. Peta geologi regional lembar Pacitan (Samodra, dkk., 1992) dan kolom kesebandingan stratigrafi Tersier Pegunungan Selatan Jawa Timur dari beberapa peneliti terdahulu. (Kotak berwarna ungu menunjukkan lokasi penelitian).

Secara regional pembentukan struktur Tersier di Jawa dapat dibagi dalam tiga periode, yaitu zaman Paleogen merupakan *extensional rifting*, zaman Neogen merupakan *compressional wrenching*, dan zaman Plio-Plistosen merupakan *compressional thrust-folding*. Menurut Purwanto (1997), berdasarkan hal tersebut di atas pada daerah penelitian pola tegasan baru mulai berlangsung sejak permulaan Miosen Awal, dimana terjadi *rifting* dan terendapkannya sedimen tebal Formasi Arjosari dan Mandalika. Kemudian terjadi regresi pada Miosen Awal, yaitu diendapkannya Formasi Jaten di lingkungan darat dengan terbentuknya sesar-sesar geser dan pembentukan struktur lipatan yang berarah barat-timur. Selanjutnya terjadi penurunan, ditandai dengan terendapkannya Formasi Wuni pada lingkungan laut dangkal-transisi, disini terjadi *compressional* pada Miosen Akhir, dengan terbentuknya sesar-sesar geser. Pada kala Plio-Plistosen adanya gaya tegasan yang menyebabkan terbentuknya sesar dengan arah barat-timur serta pembelokan struktur lipatan di bagian barat daerah penelitian ke arah baratlaut-tenggara, dimana secara regional di Jawa terjadi *compressional thrust-folding*.

Daerah penelitian secara geomorfologi dibagi menjadi tiga satuan, yaitu Satuan Pegunungan Vulkanik dengan kemiringan lereng agak curam-curam yang mendominasi daerah penelitian dikontrol oleh litologi ; Satuan Lembah Vulkanik memiliki kemiringan lereng miring-curam dengan kelurusan baratlaut-tenggara di sebelah barat daerah penelitian dan utara-selatan di sebelah timur daerah penelitian; Satuan Lembah Struktural memiliki kemiringan lereng miring-sangat curam dengan kelurusan timurlaut-baratdaya hingga barat-timur yang dikontrol oleh struktur berupa sesar mendatar mengiri berada pada bagian utara daerah penelitian (Gambar 5). Stratigrafi daerah penelitian terdiri dari 5 (lima) unit satuan batuan, dari tua ke muda yaitu: Satuan Andesit Lava Mandalika, Satuan

Breksi Polimik Mandalika, Satuan Intrusi Dasit, Satuan Intrusi Andesit Hornblende, dan Satuan Andesit Piroksen (Gambar 6).

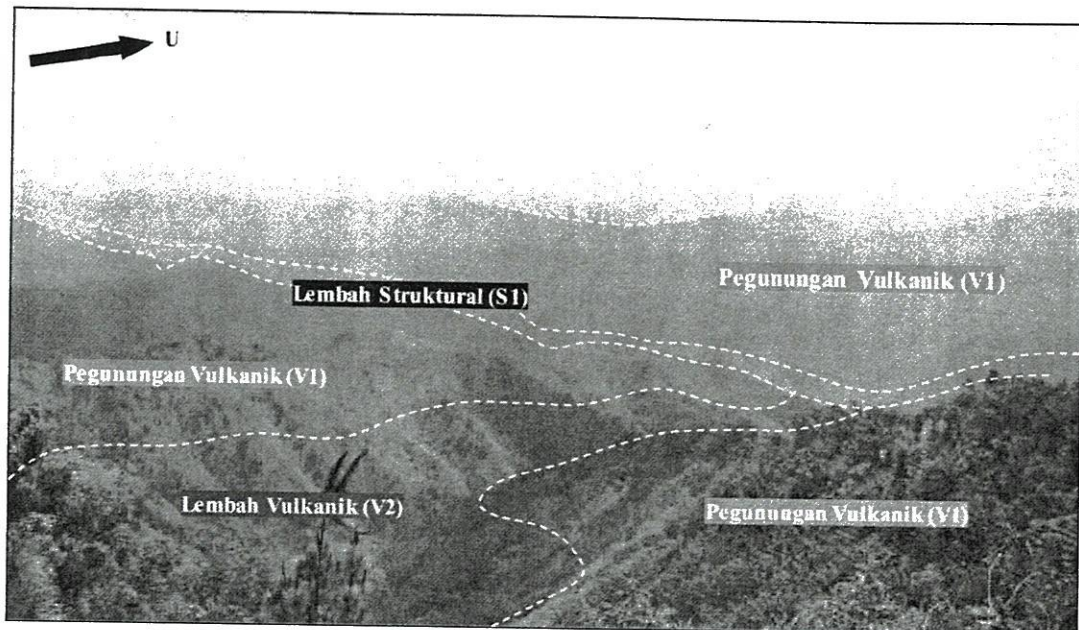
Satuan Andesit Lava Mandalika: tersusun atas batuan beku vulkanik intermediet lava andesit berumur Oligosen Akhir-Miosen Awal, mendominasi di seluruh daerah penelitian, berwarna abu-abu hingga kehijauan, masif, terkekarkan, hipokristalin, ukuran kristal afanitik, bentuk kristal subhedral-anhedral, relasi hipidiomorf equigranular, komposisi mineral berupa plagioklas, feldspar, kuarsa, hornblende, biotit, massa gelas, serta dijumpai pirit halus diseminasi, mengalami ubahan dominan propilitisasi, serta dijumpai beberapa urat kuarsa. Satuan ini berhubungan menjari dengan Satuan Breksi Polimik yang relatif lebih muda dan relatif tipis.

Satuan Breksi Polimik Mandalika: tersusun atas batuan breksi polimik berumur Miosen Awal, tersebar dengan jumlah yang sedikit di sebelah utara daerah penelitian dan setempat di bagian tengah, berwarna abu-abu hingga kekuningan, mempunyai fragmen berupa andesit, dasit, dan tuff berukuran 1-15 cm, bentuk fragmen agak menyudut, matriks berupa pasir tufan, semen silikaan, mengalami ubahan propilitisasi dan sebagian argilisasi secara setempat.

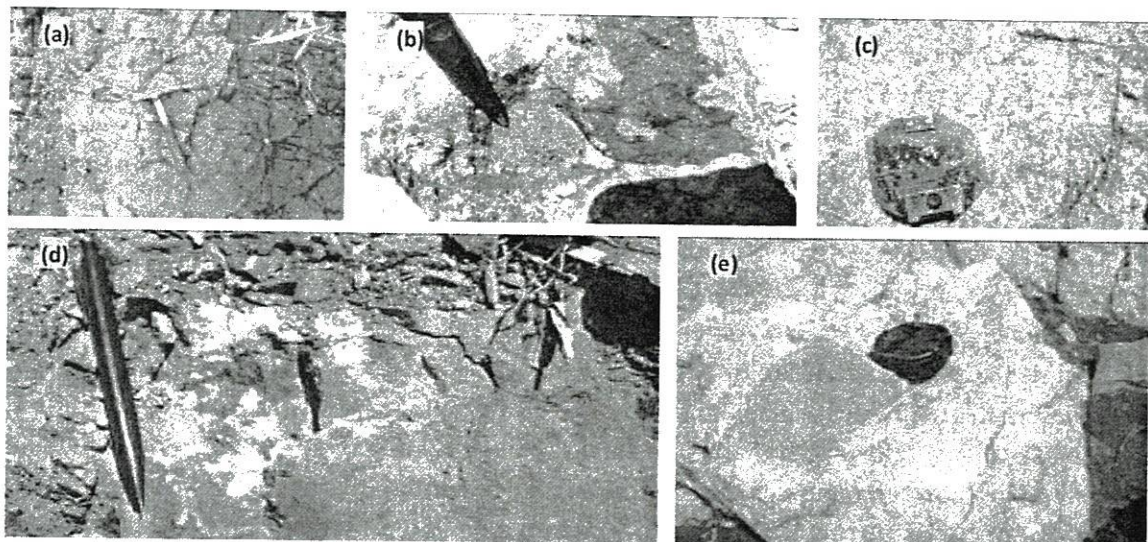
Satuan Intrusi Dasit: tersusun atas batuan intrusi berupa dasit Miosen Awal-Tengah, tersebar hampir merata di daerah penelitian menerobos Satuan Andesit Lava Mandalika dan Satuan Breksi Polimik Mandalika, berwarna abu-abu hingga kecoklatan, terkekarkan, hipokristalin, ukuran kristal fanerik sedang-kasar, bentuk kristal subhedral-euhedral, relasi hipidiomorf equigranular, komposisi mineral berupa, kuarsa, hornblende, biotit, plagioklas, feldspar, serta dijumpai mineral berupa pirit halus-kasar diseminasi dan mengisi rekahan, mengalami ubahan berupa argilisasi, silisifikasi, propilitisasi, dan dominan dijumpai urat kuarsa.

Satuan Intrusi Andesit Hornblende: tersusun atas batuan intrusi berupa andesit berumur Miosen Tengah-Akhir, tersebar secara setempat dalam jumlah yang sedikit di permukaan menerobos Satuan Andesit Lava, Breksi Polimik, dan Satuan Dasit, berwarna abu-abu kehijauan, terkekarkan, hipokristalin, ukuran kristal fanerik halus-sedang, bentuk kristal subhedral-euhedral, relasi hipidiomorf inequigranular porfiritik, komposisi mineral berupa plagioklas, feldspar, hornblende, kuarsa, klorit, dan sedikit pirit halus diseminasi, mengalami ubahan sebagian besar propilitisasi, dan setempat dijumpai urat kuarsa.

Satuan Intrusi Andesit Piroksen: tersusun atas batuan terobosan andesit berumur Miosen Awal-Pliosen, dijumpai dalam jumlah yang sedikit di sebelah timur daerah penelitian menerobos semua unit batuan yang lebih tua, berwarna abu-abu, dyke, terkekarkan, hipokristalin, ukuran kristal afanitik-fanerik sedang, bentuk kristal subhedral-euhedral, relasi hipidiomorf inequigranular, komposisi mineral berupa plagioklas, feldspar, piroksen, kuarsa, mengalami ubahan propilitisasi.



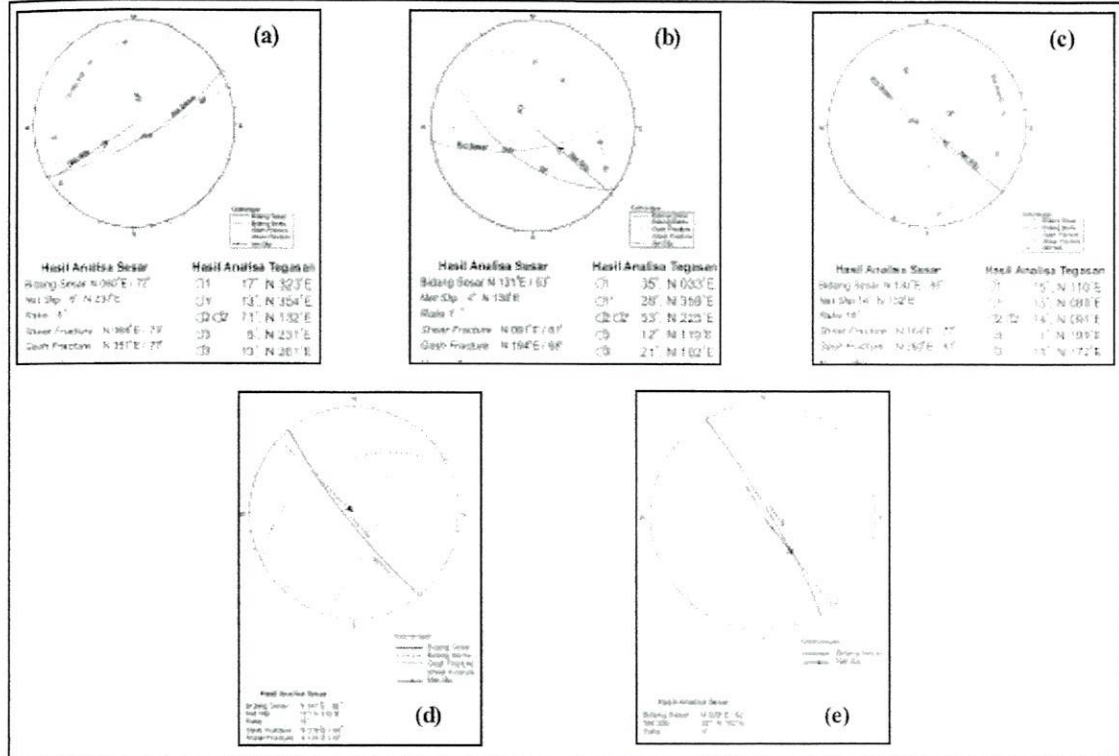
Gambar 5. Kenampakan morfologi di daerah penelitian. (Foto oleh Penulis: Damanik, 2017).



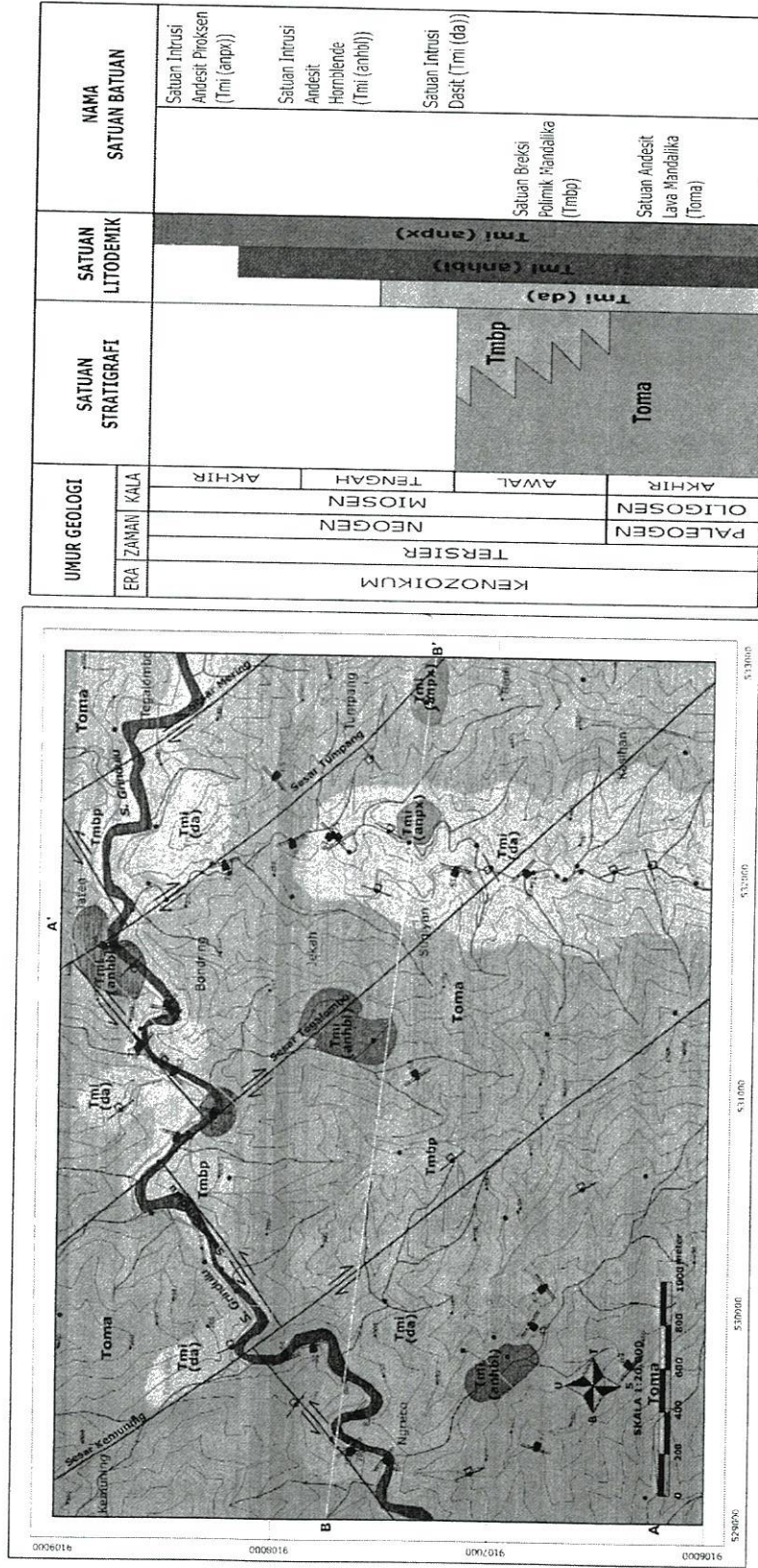
Gambar 6. Kenampakan unit-unit satuan batuan di daerah penelitian. (a) Satuan Intrusi Andesit Piroksen, (b) Satuan Intrusi Andesit Hornblende, (c) Satuan Intrusi Dasit, (d) Satuan Lava Andesit Mandalika, dan (e) Satuan Breksi Polimik Mandalika. (Foto oleh Penulis: Damanik, 2017).

Terdapat lima sesar mendatar di daerah penelitian, yaitu: sesar yang berarah relatif timurlaut-baratdaya (NE-SW) dengan pergerakan mendatar kiri (Sesar Grindulu); dan sesar-sesar yang berarah relatif baratlaut-tenggara (NW-SE) dengan pergerakan mendatar kanan (Sesar Kemuning, Sesar Tegalombo, Sesar Tumpang, dan Sesar Mering). Sesar-sesar yang

berarah barat-laut-tenggara (NW-SE) merupakan sesar-sesar yang termuda memotong sesar Grindulu yang berarah timur-laut-tenggara (Gambar 7).



Gambar 7. Stereografis sesar-sesar di daerah penelitian.

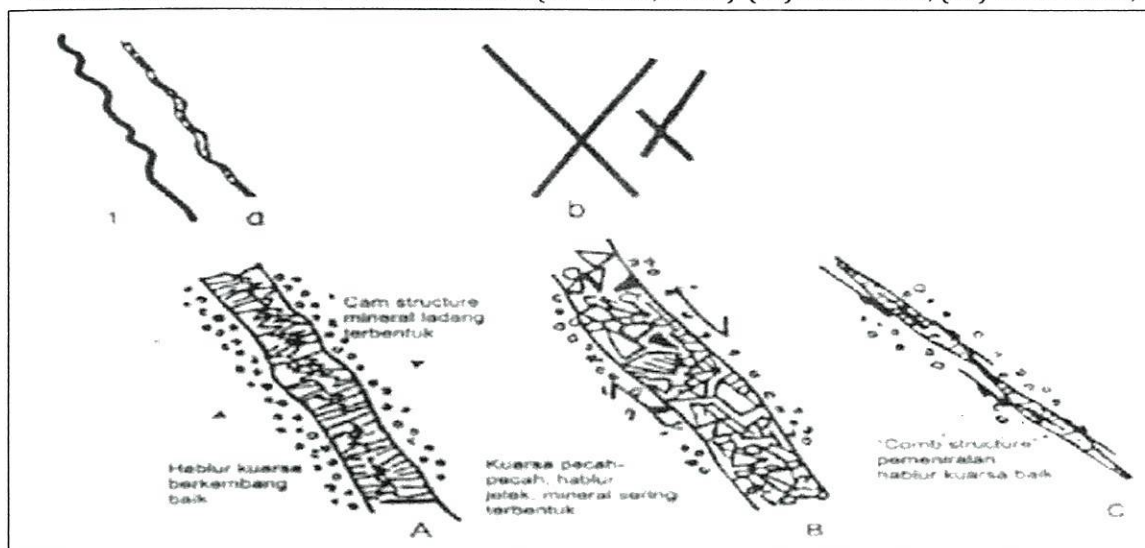


Gambar 8. Peta geologi dan kolom stratigrafi daerah penelitian (digambar oleh Penulis-Damanik, 2018; mengacu pada Samodra, dkk., 1992).

ANALISIS DAN INTERPRETASI JENIS URAT KUARSA

Urut kuarsa pada prinsipnya terbentuk oleh larutan yang bersifat mengisi rekahan, oleh sebab itu pola urat yang terbentuk akan mengikuti pola rekahan atau kekar. Bentuk urat dapat digolongkan pada *cavity filling* (Sudrajat, 1982). Pada cebakan yang mengisi rongga terjadi dua proses yaitu: pembentukan rongga dan pengisian larutan (Bateman, 1960). Urat kuarsa pada umumnya mempunyai tekstur yang menunjukkan sifat strukturnya, seperti yang dinyatakan oleh Purwanto (2002) bahwa urat hasil tegasan atau tekanan dan urat hasil tarikan di lapangan dapat dibedakan, yaitu urat hasil tegasan memiliki ciri pecah-pecah (*brecciated*), kristal tidak baik, biasanya terbentuk mineral di bagian tengah atau tepinya dan urat hasil tarikan memiliki kristal baik, membentuk tekstur sisir (*comb*), mineral terkadang berada pada tekstur sisirnya (Gambar 9).

Gambar 9. Model sifat kekar dan urat kuarsa (Purwanto, 2002). (1a) kekar tarik, (1b) kekar tekan,



(2a) urat kuarsa tarik, (2b) urat kuarsa tekan, dan (2c) urat kuarsa tekan membentuk penebalan & penipisan atau dilasi.

Data pengukuran kekar yang dikumpulkan sebanyak 451 pengukuran yang terdiri dari 362 pengukuran kekar tekan dan 89 pengukuran kekar tarik. Analisis dengan metode proyeksi stereografis diketahui terdapat dua pola umum kekar di daerah penelitian (Gambar 10a), pola pertama dengan arah umum NW-SE mempunyai tegasan utama $\sigma_1 = 6^\circ, N345^\circ E$, dan pola yang kedua dengan arah umum NE-SW mempunyai tegasan utama $\sigma_1 = 23^\circ, N189^\circ E$. Kekar pola NW-SE terdiri dari tiga arah kekar yaitu: kekar-kekar kompresi dengan arah $N120^\circ E - N130^\circ E$ (NW-SE) dan $N190^\circ E - N200^\circ E$ (NE-SW), serta kekar-kekar ekstensi dengan arah $N160^\circ E - N170^\circ E$ (NNW-SSE). Kekar pola NE-SW terdiri dari tiga arah kekar yaitu: kekar-kekar kompresi dengan arah $N220^\circ E - N230^\circ E$ (NE-SW) dan $N330^\circ E - N340^\circ E$ (NW-SE), serta kekar-kekar ekstensi dengan arah $N5^\circ E - N15^\circ E$ (NNE-SSW) (Tabel 1).

Keberadaan urat-urat kuarsa di daerah penelitian cukup banyak dijumpai, baik urat kuarsa bersifat tekan (*compression*) maupun urat kuarsa bersifat tarik (*tension*), kisaran

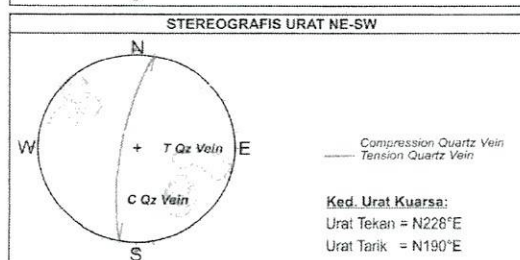
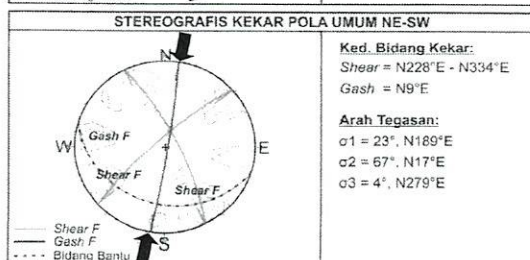
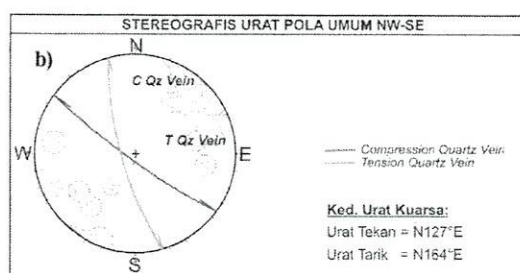
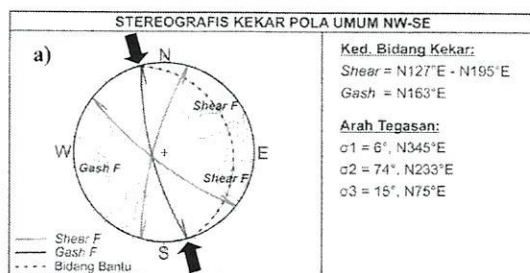
tebal dari 1 sampai 20 cm. Urat-urat kuarsa di daerah penelitian cenderung mengikuti pola arah struktur kekar. Analisis metode proyeksi stereografis terhadap data pengukuran urat diketahui terdapat dua pola umum urat (Gambar 10b). Kedua pola tersebut masing-masing terdiri dari dua arah urat, sehingga terdapat empat jenis urat kuarsa di daerah penelitian yaitu: (1) urat kuarsa jenis tekan dengan arah $N120^{\circ}E - N130^{\circ}E$, (2) urat kuarsa jenis tarik dengan arah $N160^{\circ}E - N170^{\circ}E$, (3) urat kuarsa jenis tekan dengan arah $N220^{\circ}E - N230^{\circ}E$, dan (4) urat kuarsa jenis tarik dengan arah $N185^{\circ}E - N195^{\circ}E$ (Tabel 2).

Tabel 1. Hasil pengukuran kekar tekan dan kekar tarik di daerah penelitian.

No	Pola Umum Kekar	Arah Kekar	Kedudukan	Jenis	Perkiraan Umur
1.	Baratlaut-Tenggara (NW-SE)	Baratlaut-Tenggara (NW-SE)	$N120^{\circ}E - N130^{\circ}E$	Tekan	Miosen Tengah
2.		Timurlaut-Baratdaya (NE-SW)	$N190^{\circ}E - N200^{\circ}E$	Tekan	
3.		Utara baratlaut-Selatan tenggara (NNW-SSE)	$N160^{\circ}E - N170^{\circ}E$	Tarik	
4.	Timurlaut-Baratdaya (NE-SW)	Timurlaut-Baratdaya (NE-SW)	$N220^{\circ}E - N230^{\circ}E$	Tekan	Miosen Akhir
5.		Baratlaut-Tenggara (NW-SE)	$N330^{\circ}E - N340^{\circ}E$	Tekan	
6.		Utara timurlaut-Selatan baratdaya (NNE-SSW)	$N5^{\circ}E - N15^{\circ}E$	Tarik	

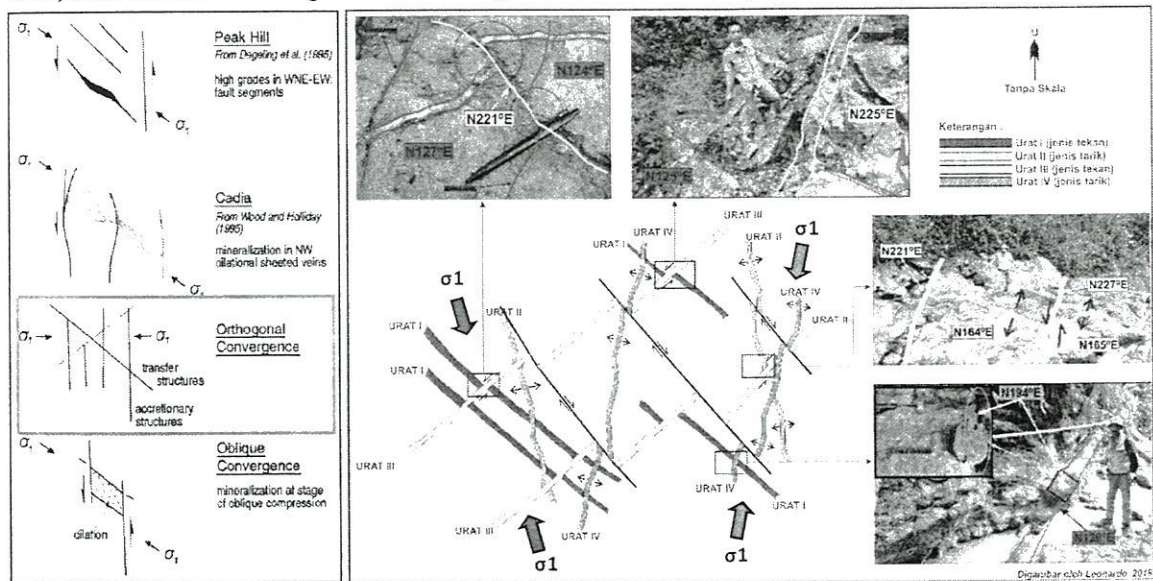
Tabel 2. Hasil pengukuran urat tekan dan urat tarik di daerah penelitian.

No	Pola Umum Urat	Arah Urat	Kedudukan	Jenis	Perkiraan Umur
1.	Baratlaut-Tenggara (NW-SE)	Baratlaut-Tenggara (NW-SE)	$N120^{\circ}E - N130^{\circ}E$	Tekan	Miosen Tengah
2.		Utara baratlaut-Selatan tenggara (NNW-SSE)	$N160^{\circ}E - N170^{\circ}E$	Tarik	
3.	Timurlaut-Baratdaya (NE-SW)	Timurlaut-Baratdaya (NE-SW)	$N220^{\circ}E - N230^{\circ}E$	Tekan	Miosen Akhir
4.		Utara timurlaut-Selatan baratdaya (NNE-SSW)	$N185^{\circ}E - N195^{\circ}E$	Tarik	



Gambar 10. a) Proyeksi stereografis kekar, dan b) Proyeksi stereografis urat kuarsa.

Analisis struktur dengan menggunakan proyeksi stereografis terhadap data pengukuran kekar maupun ura-urat kuarsa seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa terdapat empat jenis urat di daerah telitian yang cenderung mengikuti arah kekar. Penentuan jenis-jenis urat tersebut selain itu juga dilakukan dengan mengamati teksturnya, karena tekstur urat kuarsa mencerminkan sifat strukturnya (Purwanto, 2003). Sedangkan untuk menentukan urutan pembentukannya dapat diamati dari hubungan potong-memotong antar urat kuarsa dengan urat kuarsa yang lainnya maupun antar urat kuarsa dengan kekar yang lainnya, dimana urat yang lebih muda akan memotong urat yang lebih tua dan hubungan potong-memotong tersebut terekam baik dan dapat diamati di lapangan. Penentuan urutan empat jenis urat kuarsa yang dilakukan dengan pengamatan *cross-cutting* (hubungan potong-memotong) antar jenis urat kuarsa dengan jenis urat kuarsa lainnya disajikan dalam bentuk gambar model genesis urat kuarsa (Gambar 11).



Gambar 11. Model sederhana interpretasi genesis urat-urat kuarsa berdasarkan analisis struktur dan hubungan potong-memotong antar jenis urat kuarsa di daerah penelitian. (digambar oleh Penulis: Damanik, 2018).

Hasil dari interpretasi model genesis urat-urat kuarsa di daerah penelitian yang dibuat dari sebaran keberadaan urat-urat kuarsa di daerah penelitian menunjukkan model yang sesuai dengan sistem rekahan dan urat yang dijelaskan oleh Corbett & Leach (1997) pada seting tektonik konvergen jenis subduksi ortogonal, dimana rekahan-rekahan yang bersifat

kompresif memiliki arah relatif baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya serta rekahan-rekahan yang bersifat ekstensif mempunyai arah relatif utara-selatan. Namun secara lokal, daerah penelitian dijumpai urat-urat ekstensif dengan arah utara baratlaut-selatan tenggara (NNW-SSE) dan utara timurlaut-selatan-baratdaya (NNE-SSW), sedangkan urat-urat kompresif yang dijumpai memiliki arah baratlaut-tenggara (NW-SE) dan timurlaut-baratdaya (NE-SW). Secara tektonik dapat dikatakan daerah penelitian tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh subduksi ortogonal karena adanya sedikit gradual pada arah tegasan utamanya, juga tidak dapat dikatakan sepenuhnya dipengaruhi oleh subduksi oblik, tetapi berada di antara keduanya dengan kata lain daerah penelitian berhubungan dengan subduksi yang relatif ortogonal dan oblik.

Interpretasi umur urat-urat kuarsa ditentukan dengan korelasi terhadap kekar yang memiliki arah yang sama dengan arah urat dan menghubungkannya dengan kuantitas keberadaannya pada batuan. Urat-urat kompresif dengan arah $N120^{\circ}E-N130^{\circ}E$ (NW-SE) dan urat-urat ekstensif dengan arah $N160^{\circ}E-N170^{\circ}E$ (NNW-SSE) mempunyai pola yang sama dengan kekar-kekar dengan pola umum baratlaut-tenggara (NW-SE) banyak dijumpai pada batuan-batuan Formasi Mandalika yang berumur Oligosen Akhir-Miosen Awal dan pada batuan intrusi Dasit berumur sekitar Miosen Tengah (Samodra, 1990), sementara pada batuan intrusi andesit yang berumur Miosen Tengah-Akhir hanya dijumpai dengan jumlah sedikit, sehingga umur kekar-kekar ini diperkirakan sekitar Miosen Tengah. Sedangkan urat-urat kompresif dengan arah $N220^{\circ}E-N230^{\circ}E$ (NE-SW) dan urat-urat ekstensif dengan arah $N185^{\circ}E-N195^{\circ}E$ (NNE-SSW) mempunyai pola yang sama dengan kekar-kekar dengan pola umum timurlaut-baratdaya (NE-SW) dominan dijumpai pada setiap unit satuan batuan di daerah penelitian hingga pada batuan-batuan intrusi andesit yang berumur Miosen Akhir.

KESIMPULAN

Stratigrafi daerah penelitian terdiri atas lima unit satuan dari tua ke muda, yaitu: Satuan Andesit Lava Mandalika berumur Oligosen-Miosen Awal, menjari dengan Satuan Breksi Polimik Mandalika berumur Miosen Awal, Diterobos Satuan Intrusi Dasit berumur Miosen Tengah, Satuan Intrusi Andesit Hornblende berumur Miosen Tengah-Akhir, dan Satuan Andesit Piroksen berumur Miosen Akhir.

Jenis-jenis urat-urat kuarsa di daerah penelitian dibagi menjadi empat yang cenderung mengikuti pola arah kekar. Hasil analisis struktur dan pengamatan tekstur serta hubungan *cross-cutting* antar urat, yaitu: (1) urat kuarsa I jenis tekan berarah $N120^{\circ}E-N130^{\circ}E$, (2) urat kuarsa II jenis tarik berarah $N160^{\circ}E-N170^{\circ}E$, (3) uratkuarsa III jenis tekan berarah $N220^{\circ}E-N230^{\circ}E$, dan (4) urat kuarsa IV jenis tarik berarah $N185^{\circ}E-N195^{\circ}E$. Urat-urat kuarsa I dan II diperkirakan terbentuk pada Miosen Tengah, sedangkan urat-urat kuarsa III dan IV diperkirakan terbentuk pada kala Miosen Akhir.

Interpretasi model genesis urat-urat kuarsa di daerah penelitian berdasarkan pola struktur dan teksturnya, kemungkinan berhubungan dengan seting tektonik jenis subduksi ortogonal dan oblik ditandai dengan arah tegasan utama dengan arah $\sigma_1 = 6^{\circ}$, $N345^{\circ}E$ pada

kala Miosen Tengah kemudian mengalami gradual menjadi $\sigma_1 = 23^\circ$, N189^oE pada kala Miosen Tengah-Akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, C.I., N.A. Magetsari, dan H.S. Purwanto., 2003. Analisis Dinamik Tegasan Purba Pada Satuan Batuan Paleogen-Neogen di Daerah Pacitan dan Sekitarnya, Provinsi Jawa Timur, Ditinjau dari Studi Sesar Minor dan Kejar Tektonik. *Proc. ITB Sains & Tek*, Vol. 35 A, No. 2, h.111-127.
- Corbett, G.J., Leach, T.M., 1997. *Southwest Pacific rim gold-copper systems: structure, alteration, and mineralization*, Edisi 5/97. Short course manual, 318h.
- Damanik, L. 2018. *Paragenesa urat kuarsa daerah Tegalombo dan sekitarnya, Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur*. Tesis, Program Studi Magister Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.
- Hastuti, E.W.D., 2009. Hubungan Antara Paleosubduksi Terhadap Proses Mineralisasi di Daerah Ponorogo dan Sekitarnya, Jawa Timur. *Teknik Pertambangan UNSRI*, h.1-20.
- Jensen, M.L., Bateman, A.M., 1981. *Economic Mineral Deposits*. John Wiley & Sons, New York.
- Purwanto, H.S., 1997. *Analisis dan genesa pembentukan struktur geologi pada batuan berumur Oligosen-Miosen di daerah Pacitan dan sekitarnya, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur*. Thesis Magister Institut Teknologi Bandung. Tidak dipublikasikan.
- Purwanto, H.S., 2002. *Kontrol struktur pada mineralisasi emas di daerah Penjom dan Lubuk Mandi Semenanjung Malaysia*. Disertasi Doktor, National University of Malaysia (Universiti Kebangsaan Malaysia). Tidak dipublikasikan.
- Purwanto, H.S., Subagyo, P., dan Sutarto, 2004. Mineralisasi emas dan kontrol struktur di daerah Jendi, Jangglengan dan sekitarnya, kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. *Penelitian Hibah Pekerti, Proyek peningkatan penelitian pendidikan tinggi*, Departemen Pendidikan Nasional, LPPM, Universitas Pembangunan Nasional Veteran "Yogyakarta".
- Samodra, H., Gafoer, S., dan Tjokrosapoetro, S., 1992. Peta Geologi Lembar Pacitan Skala 1:100.000, Bidang Pemetaan Geologi Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Smyth, H.R., Hall, R., Nichols, G.J., 2008. *Cenozoic volcanic arc are history of East Java, Indonesia*.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R.C., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., Priadi, B., 1994. Tertiary magmatic belts in Java. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, Volume 9, h.13-27.
- Sudiarto, T., dan Prapto, A.S., 1995. *Laporan penyelidikan logam dasar dan logam mulia di daerah Nawangan, Pacitan dan Ngrayun, Ponorogo, Jawa Timur*. Direktorat Sumberdaya Mineral, Bandung.
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The geology of Indonesia*, The Haque Martinus Nijnhoff, Vol. IA, h.653-732.