

## GEOLOGI DAN PROVENAN BATUPASIR PADA SATUAN BREKSI KALIGESING DAERAH SENDANGSARI DAN SEKITARNYA, KECAMATAN PENGASIH, KABUPATEN KULON PROGO, PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Sapto Kis Daryono, Achmad Subandrio, Efrilia Mahdilah

Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Jl. Padjajaran 104 (Lingkar Utara), Condongcatur, D.I. Yogyakarta 55283

E-mail: kisdaryono36@yahoo.com

### ABSTRAK

Lokasi penelitian secara administratif berada di Desa Sendangsari dan sekitarnya, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Secara geografis lokasi penelitian berada pada koordinat (UTM-WGS 84 zona 49 S) 401680 mE--406830 mE dan 9134250 mN--9139270 mN. Kehadiran berbagai batuan di Pegunungan Kulon Progo dipengaruhi oleh serangkaian peristiwa tektonis yang telah terjadi sebelum, selama dan setelah pembentukannya yang menghasilkan karakteristik batuan yang berbeda. Formasi Kaligesing menjadi fokus dalam penelitian ini dan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat batupasir yang terdapat pada satuan breksi Kaligesing, batupasir tersebut dapat mencerminkan dari mana batuan asal sebelumnya. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi dan *provenance* batupasir satuan breksi Kaligesing. Kondisi geologi meliputi geomorfologi, stratigrafi dan struktur geologi daerah penelitian. Stratigrafi daerah penelitian di bagi menjadi tujuh satuan litostratigrafi tidak resmi yaitu dari tua ke muda sebagai berikut: satuan batupasir-kuarsa Nanggulan (Eosen Akhir-Oligosen Awal), satuan lava-andesit Kaligesing (Oligosen Akhir--Miosen Awal), satuan breksi Kaligesing (Oligosen Akhir--Miosen Awal), satuan batugamping-terumbu Jonggrangan (Miosen Awal--Miosen Tengah), satuan batugamping-klastik Sentolo (Miosen Tengah--Miosen Akhir), satuan andesit Hargowilis (Oligosen Akhir--Miosen Awal, dan satuan endapan aluvial (Holosen). Struktur geologi berupa kekar berpasangan memiliki arah tegasan utama baratdaya—timurlaut dan barat—timur. Struktur sesar yang dijumpai pada daerah penelitian berupa dua sesar mendatar-kanan, sesar mendatar-kiri, dan sesar naik. Struktur antiklin dengan sumbu lipatan berarah baratlaut--tenggara. Analisis provenan dan tatanan tektonik berdasarkan diagram segitiga Dickinson dan Suczek (1985) dan (1979) menggunakan komponen fisik dari sayatan tipis petrografi. Analisis iklim purba dan kondisi relief menggunakan diagram Suttner dkk., (1981) dan diagram plot log-ratio *semi-quantitative weathering index* mengacu Weltje dkk., (1998). Batupasir satuan breksi Kaligesing secara umum termasuk jenis *feldspatic wacke* dan *lithic arenite*. Berdasarkan komposisi mineral yang diamati batupasir tersebut berasal dari batuan beku vulkanik dan plutonik ditunjukkan oleh butiran feldspar yang dominan dan sedikit butiran kuarsa monokristalin. Berdasarkan tatanan tektonik batuan sumber, batupasir satuan breksi Kaligesing berasal dari tatanan tektonik zona *magmatic arc* dengan subzona *transitional arc*. Iklim yang terjadi pada masa lampau (*paleoclimate*) adalah iklim kering (*arid*) dengan relief berupa pegunungan (*mountains*) dan tingkat pelapukan yang rendah.

**Kata Kunci:** breksi, Kaligesing, batupasir, provenan

### PENDAHULUAN

Cekungan Kulon Progo secara fisiografi merupakan bagian dari dari Zona Depresi Tengah (van Bemmelen, 1949). Kulon Progo tersusun dari berbagai jenis batuan yang berumur dari tersier mulai dari Eosen sampai Miosen (Pringgoprawiro dkk., 1987). Kehadiran berbagai batuan di Pegunungan Kulon Progo tentunya dipengaruhi oleh serangkaian peristiwa tektonis yang telah terjadi sebelum, selama dan setelah pembentukannya yang kemudian menghasilkan karakteristik batuan yang menarik untuk diteliti.

Formasi Kaligesing (Pringgoprawiro, H., dan Riyanto, 1987) merupakan salah satu formasi di Kulon Progo yang tersusun dari batuan sedimen dan batuan gunung api. Formasi Kaligesing menjadi fokus dalam penelitian ini dan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat batupasir yang hadir pada satuan breksi Kaligesing. Batupasir tersebut tersusun dari berbagai jenis komposisi yang berasal dari batuan asal sebelumnya bisa berupa batuan beku/metamorf, atau hanya berupa rombakan dari sedimen sebelumnya (*reworked sediments*), guna mengetahui batuan asalnya diperlukan analisis mengenai asal batuan sedimen atau dikenal dengan istilah analisis *provenance*. Belum adanya penelitian mengenai provenan pada Formasi Kaligesing tersebut sehingga penelitian ini diharapkan dapat menambah kejelasan mengenai permasalahan provenan pada sedimen daerah Kulon Progo. Lokasi penelitian berada di Desa Sendangsari, Kec. Pengasih, Kab. Kulon Progo, Prov. D.I. Yogyakarta. Luasan daerah 25 km<sup>2</sup> (5 km x 5 km) dengan skala peta 1:10.000. Secara geografis lokasi penelitian berada pada koordinat (UTM-WGS 84 zona 49 S) 401680 mE--406830 mE dan 9134250 mN--9139270 mN.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode pemetaan geologi semi detail dengan cara pengumpulan data geologi seperti deskripsi batuan, pengukuran kedudukan batuan dan struktur geologi, serta pengambilan sampel batuan dengan menggunakan *metode purposive sampling*. *Metode purposive sampling* merupakan teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu untuk mewakili semua batuan yang terdapat pada daerah telitian. dan analisis laboratorium meliputi analisa struktur geologi, analisis petrografi deskripsi batuan dan analisis petrografi provenan, serta analisis mikropaleontologi.

## GEOLOGI KULON PROGO

### Fisiografi Kulon Progo

Berdasarkan pembagian zona fisiografi daerah Kulon Progo termasuk bagian dari Zona Depresi Tengah (van Bemmelen, 1949). Di bagian utara dan timur, kompleks pegunungan ini dibatasi oleh lembah Progo, di bagian selatan dan barat dibatasi oleh dataran pantai Jawa Tengah. Sedangkan di bagian barat laut pegunungan ini berhubungan dengan deretan Pegunungan Serayu. Dome Kulon Progo ini mempunyai puncak yang datar. Bagian puncak yang datar ini dikenal sebagai "*Jonggrangan Plateau*" yang tertutup oleh batugamping koral dan napal dengan memberikan kenampakan topografi "karst".

### Stratigrafi Kulon Progo

Tatanan stratigrafi daerah Pegunungan Kulon Progo dapat dibedakan dalam kelompok batuan sedimen dan kelompok batuan gunung api. Stratigrafi Pegunungan Kulon Progo yang ditinjau berdasarkan literatur dan hasil penelitian yang telah dijadikan parameter menurut Van Bemmelen (1949) dan Pringgoprawiro (1987). Stratigrafi regional Kulon Progo tersusun oleh formasi-formasi batuan yang diurutkan dari tua ke muda, yaitu sebagai berikut:

#### 1. Formasi Nanggulan

Rahardjo (1977) menyebutkan bahwa formasi Nanggulan disusun oleh material silisiklastika dan organik, dan sebagian mengandung material karbonat yaitu berupa batupasir dengan sisipan lignit, napal pasir, batulempung dengan konkresi limonit, sisipan napal dan batugamping, batupasir dan tuf. Formasi ini diperkirakan memiliki ketebalan sekitar 350 m dan terdendapkan pada lingkungan litoral yang berumur Eosen menurut Pringgoprawiro (1987).

#### 2. Formasi Andesit Tua

Formasi Andesit Tua tersusun dari litologi breksi vulkanik dengan fragmen andesit, lapilli tuf, tuf, lapili breksi, sisipan aliran lava andesit, aglomerat, serta batupasir vulkanik yang tersingkap di banyak lokasi di daerah Kulon Progo. Pringgoprawiro dan Riyanto (1987) merevisi penamaan Formasi Andesit Tua menjadi dua Formasi yaitu Formasi Kaligesing berfasies darat dan Formasi Dukuh yang diendapkan di lingkungan laut atau fasies marin. Formasi Kaligesing dicirikan oleh breksi vulkanik dengan sisipan lava-andesit, dan batupasir tufaan. Sedangkan Formasi Dukuh terdiri dari breksi polimik dengan fragmen andesit, batupasir, batulempung, dan batugamping bioklastik. Analisis fosil foraminifera planktonik menunjukkan umur Formasi ini adalah Oligosen Akhir hingga Miosen Awal (N3-N5) (Pringgoprawiro, H., dan Riyanto, 1987).

#### 3. Formasi Jonggrangan

Di atas Formasi Andesit Tua diendapkan Formasi Jonggrangan secara tidak selaras (van Bemmelen, 1949). Formasi ini secara umum, bagian bawah terdiri dari konglomerat, napal tufan, dan batupasir gampingan dengan kandungan moluska serta batulempung dengan sisipan lignit. Di bagian atas, komposisi formasi ini berupa batugamping berlapis dan batugamping koral (Rahardjo, 1977). Berumur Miosen Bawah-Miosen Tengah. Formasi ini di bagian bawah menjemari dengan bagian bawah Formasi Sentolo.

#### 4. Formasi Sentolo

Di atas Formasi Andesit Tua, selain Formasi Jonggrangan, diendapkan juga secara tidak selaras Formasi Sentolo. Terdiri dari batugamping dan batupasir napalan. Batugamping terumbu dijumpai secara lokal, menunjukkan umur yang sama dengan formasi Jonggrangan, tetapi di beberapa tempat umur Formasi Sentolo adalah lebih muda (Pringgoprawiro, 1969).

#### 5. Endapan Aluvial

Di atas Formasi Sentolo diendapkan secara tidak selaras endapan aluvial dan endapan vulkanik kuartar yaitu endapan hasil letusan gunung Merapi yang terdiri tuff, tuff lapili, breksi, aglomerat dan lava andesit. Endapan Aluvial pada daerah Kulon Progo terbentuk dari material longsoran dan lapukkan yang kemudian tertransportasi dengan media air, satuan endapan ini terbentuk pada beberapa lembah, dataran, serta tepi sungai, serta endapan di pantai Selatan.

## Struktur Geologi Regional

Menurut Rahardjo, dkk. (1995) evolusi tektonik Pegunungan Kulon Progo mengalami tiga kali fase tektonik yaitu:

1. Fase tektonik Oligosen Awal--Oligosen Akhir, terjadi proses pengangkatan daerah Kulon Progo yang dicirikan oleh ketidakselarasan antara Formasi Nanggulan yang diendapkan di darat. Fase tektonik ini juga mengaktifkan vulkanisme di daerah tersebut, yang tersusun oleh beberapa sumber erupsi.
2. Fase tektonik Miosen Awal, terjadi fase tektonik kedua berupa penurunan daerah Kulon Progo dicirikan oleh berubahnya lingkungan pengendapan, yaitu dari Formasi Andesit Tua yang diendapkan di darat menjadi Formasi Jonggrangan yang diendapkan di laut dangkal.

3. Fase Tektonik Pliosen-Pleistosen berupa pengangkatan. Proses ditandai oleh berakhirnya pengendapan Formasi Sentolo di laut dan diganti oleh sedimentasi darat berupa aluvial & endapan gunung api kuartar.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Geomorfologi

Pembagian bentuk lahan mengacu pada aspek--aspek geomorfologi diantaranya aspek morfologi mencakup aspek morfometri dan aspek morfografi, dan aspek morfogenesis mencakup aspek morfostruktur aktif, aspek morfostruktur pasif, dan aspek morfodinamik (Verstappen., 1983). Geomorfologi daerah penelitian didominasi oleh perbukitan, dataran tinggi hingga dataran rendah dengan interval ketinggian antara 25--550 mdpl. Titik terendah terdapat pada aliran sungai serang di Desa Sendangsari sedangkan titik tertinggi pada daerah perbukitan di Desa Hargowilis. Pembagian bentuk lahan mengikuti klasifikasi van Zuidam (1983) dan modifikasi. Bentuk asal pada daerah penelitian terbagi menjadi lima bentuk asal, yaitu bentuk asal vulkanik, denudasional, fluvial, dan antropogenik. Dari bentuk asalnya dibagi menjadi delapan bentuk lahan, yaitu Bukit Intrusi (V1), Perbukitan Terkikis (D1), Lereng Bergelombang (D2), Bukit Sisa (D3), Sungai (F1), Dataran Aluvial (F2), dan Waduk (P1).



Gambar 1. Foto Bentuk Lahan Daerah Penelitian

### Stratigrafi

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan analisis laboratorium satuan batuan di daerah penelitian dari tua ke muda adalah sebagai berikut:

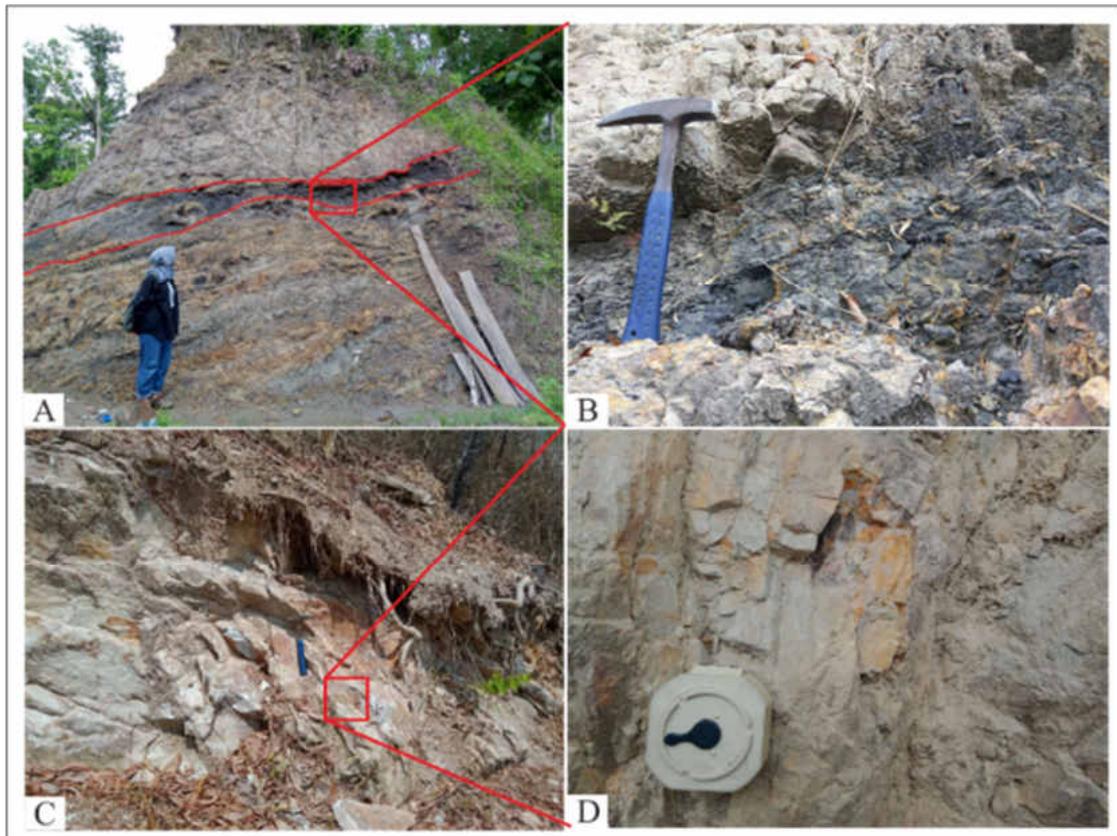
#### 1. Satuan Batupasir-Kuarsa Nanggulan

Berdasarkan pengamatan di lapangan, satuan ini terdiri atas batupasir kuarsa dan batupasir kuarsa sisipan lignit. Dengan dominasi batupasir-kuarsa. Lingkungan pengendapan berupa Neritik tepi (Barker, 1970) berdasarkan dari kehadiran fosil bentonik *Cibicides lobatulus*, *Streblus beccari*, *Elphidium sp.* Berdasarkan analisa mikropaleontologi pada batupasir dengan kehadiran fosil *Globorotalia spinulosa*, *Globigerina boweri*, *Globigerina ouachitaensis*, *Globigerina tripartita*, *Globigerina ampliapertura*, *Globigerina collactea* di dapatkan kisaran umur pada batuan ini adalah P15-P18 atau Eosen Tengah--Oligosen awal (Blow, 1969). Hubungan stratigrafi dengan satuan lava-andesit Kaligesing dan satuan breksi Kaligesing adalah tidak selaras jenis *angular unconformity*.

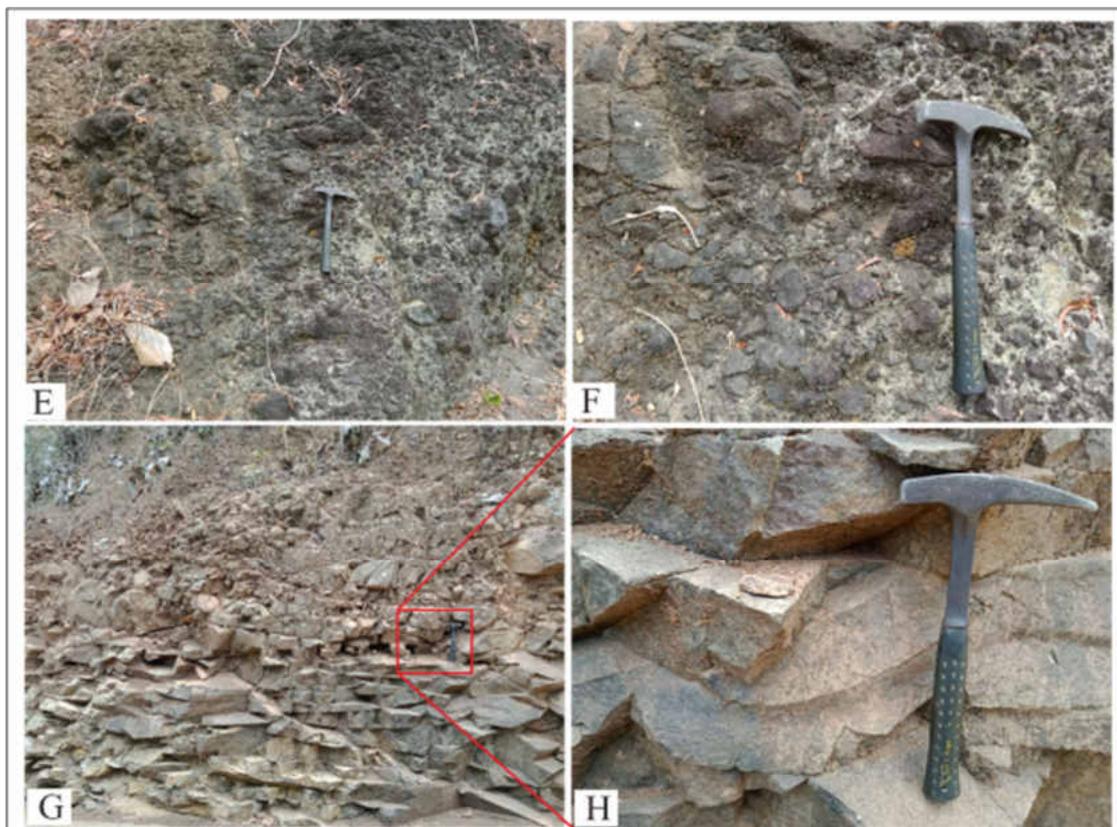
#### 2. Satuan Lava-Andesit Kaligesing

Berdasarkan pengamatan di lapangan, pada satuan ini didominasi oleh litologi lava andesit struktur masif, *sheeting joint*, autobreksia, hialoklastit dan vesikuler. Lingkungan pengendapan berdasarkan dari hadirnya struktur autobreksia dan hialoklastit serta adanya pelamparan lava yang luas sehingga disimpulkan bahwa lingkungan pengendapan satuan lava-andesit Kaligesing pada lingkungan darat hingga laut dangkal (neritik tepi) dimana arus pasang surut sangat aktif terjadi sehingga batas laut dan daratan masih susah ditentukan dan berdasarkan fasies gunung api merupakan fasies proksimal. Hal tersebut didukung dengan adanya struktur autobreksia dan hialoklastik, umur menurut Pringgoprawiro dkk. (1987) Oligosen Akhir--Miosen Awal. satuan lava-andesit Kaligesing memiliki hubungan stratigrafi menjari dengan satuan

breksi Kaligesing, dan hubungan intrusi dengan satuan andesit Hargowilis, serta hubungan tidak selaras jenis *angular unconformity* dengan satuan batugamping-terumbu Jonggrangan.



**Gambar 1** Ciri Litologi pada Satuan Batupasir-Kuarsa Nanggulan (A) Singkapan Batupasir-Kuarsa Sisipan Lignit dengan Struktur Sedimen Perlapisan LP 78 (B) *Close Up* Lignit (C) Singkapan Batupasir-Kuarsa LP 80 (D) *Close Up* Batupasir-Kuarsa



**Gambar 2** Ciri Litologi pada Satuan Lava-Andesit Kaligesing

### 3. Satuan Breksi Kaligesing

Berdasarkan pengamatan di lapangan, satuan ini terdiri atas breksi monomik dengan fragmen andesit, lava andesit, perselingan breksi lava, batulapili dengan sisipan batupasir. Litologi yang mendominasi adalah breksi monomik dengan fragmen andesit dengan struktur masif. Lingkungan pengendapan laut dangkal atau neritik tepi berdasarkan dari adanya struktur hialklastit pada lava, dan berdasarkan fasies gunung api merupakan fasies proksimal. Umur menurut Pringgoprawiro dkk. (1987) Oligosen Akhir--Miosen Awal. Memiliki hubungan stratigrafi menjari dengan satuan lava andesit Kaligesing, hubungan stratigrafi tidak selaras jenis *angular unconformity* dengan satuan batugamping-klastik Sentolo.



Gambar 3 Ciri Litologi Satuan Breksi Kaligesing

### 4. Litodem Andesit Hargowilis

Berdasarkan pengamatan di lapangan, litodem ini terdiri atas batuan beku andesit dengan struktur masif dan *sheeting joint* dengan karakteristik berwarna segar abu-abu kehitaman; warna lapuk abu-abu kecokelatan; derajat kristalin hipokristalin; derajat granularitas fanerik sedang (1-2 mm); bentuk kristal subhedral; relasi inequigranular porfiritik; dengan komposisi mineral plagioklas 30% piroksen 15% kuarsa 6% hornblende 20% opak 10% feldspar 5% masa dasar 14% ; struktur masif. Umur menurut Pringgoprawiro dkk. (1987) Oligosen Akhir--Miosen Awal.

### 5. Satuan Batugamping-Terumbu Jonggrangan

Berdasarkan pengamatan di lapangan, satuan ini terdiri batugamping terumbu dan batugamping klastik kalkarenit dan kasilutit. Litologi yang mendominasi adalah batugamping terumbu. Dengan karakteristik berwarna segar *cream*; warna lapuk coklat kehitaman; tekstur amorf; komposisi monomineralik karbonat; struktur *fossiliferous*. Lingkungan pengendapan yaitu pada lingkungan neritik tepi (Barker, 1970) berdasarkan dari kehadiran fosil bentonik *Cibicides lobatulus*, *Elphidium* sp, *Discorbis* sp, *Cibicides* sp. Berdasarkan analisis foraminifera besar didapatkan fosil *Flosculinella* sp dan *Cyclocypeus* sp disimpulkan umur dari satuan batugamping-terumbu Jonggrangan berumur Tf2-Tf3 atau Miosen Tengah--Miosen Akhir berdasarkan klasifikasi Adams, (1970). satuan batugamping-terumbu Jonggrangan memiliki hubungan stratigrafi menjari dengan satuan batugamping-klastik Sentolo.

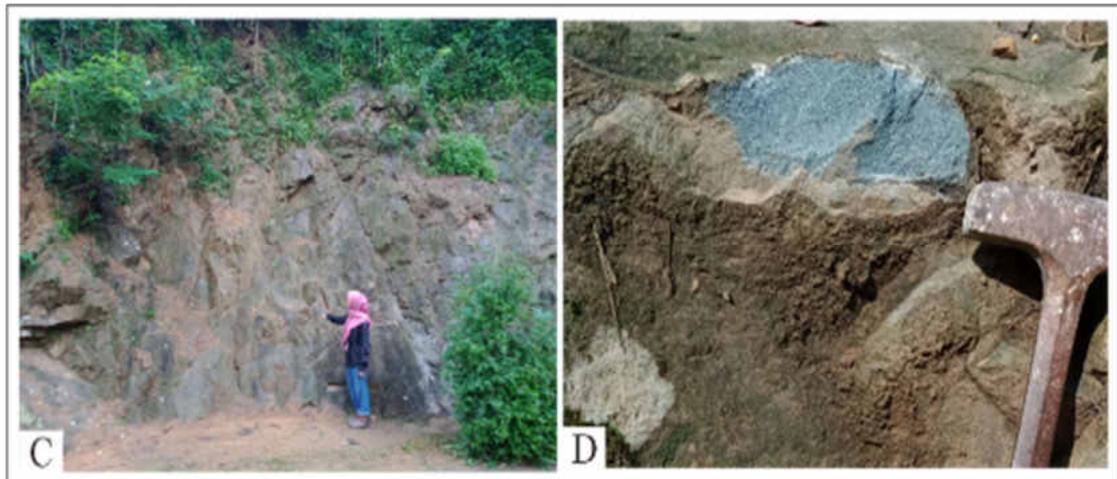
### 6. Satuan Batugamping-Klastik Sentolo

Berdasarkan pengamatan di lapangan, satuan ini terdiri atas batugamping klastik berlapis dengan ukuran lutit--rudit dan dijumpai batugamping terumbu di beberapa tempat. Litologi yang mendominasi adalah batugamping klastik kalkarenit.

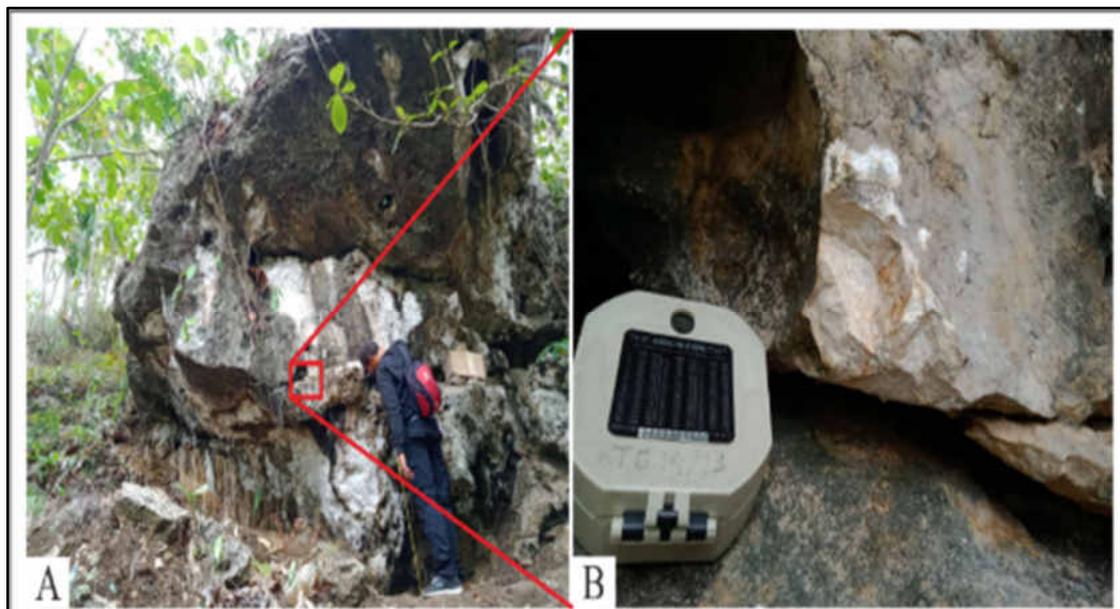
Lingkungan pengendapan yaitu pada lingkungan Neritik Tengah (Barker, 1970) berdasarkan dari kehadiran fosil bentonik *Cibicides lobatulus*, *Amphistegina gibbosa*, *Heronallena lingulat*, *Epinoides berthelotianus*, *Discorbis*. Berdasarkan analisa mikropaleontologi dengan kehadiran fosil *Globoquadrina dehisens*, *Globigerina nepenthes*, *Hastigerina aequalateralis*, *Glogerinoides immaturus*, *Globorotalia siakensis*, *Globorotalia plesiotumida*, *Globorotalia siakensis*, *Orbulina universa*, *Orbulina bilobaata*. Berdasarkan analisa dari fosil-fosil tersebut di dapatkan kisaran umur pada batuan ini adalah N14-N16, Miosen Tengah--Miosen akhir (Blow, 1969). Hubungan stratigrafi dengan endapan aluvial adalah ketidakselarasan.

#### 7. Satuan Endapan Aluvial

Berdasarkan pengamatan di lapangan, satuan ini terdiri dari material lepas, tidak dijumpai adanya perlapisan atau struktur sedimen, berada pada daerah dengan elevasi yang rendah >25 m dan telah banyak dimanfaatkan sebagai pertanian atau persawahan. Lingkungan pengendapan dari satuan endapan aluvial Sendangsari adalah darat terbentuk pada kala Holosen.



**Gambar 5** Ciri Litologi pada Satuan Andesit Hargowilis c) Singkapan Andesit LP 90 d) Close-up Andesit pada LP 90



**Gambar 6** A) Singkapan Batugamping Terumbu Kalkarenit pada LP 108 B) Close-up Litologi Kalkarenit



**Gambar 7** (a) dan (b) Singkapan Batugamping-Terumbu dan Kasilutit pada LP 8. (c) dan (d) Singkapan Batugamping Kalkarenit dengan Struktur Sedimen Perlapisan pada LP 10.



**Gambar 4** Ciri Satuan Endapan Aluvial yang Merupakan Gosong Sungai

### Struktur Geologi

Struktur geologi yang dijumpai pada daerah penelitian yaitu kekar, sesar, dan lipatan. Struktur kekar berpasangan yang didapatkan memiliki arah tegasan utama baratdaya--timurlaut dan barat--timur. Struktur sesar yang dijumpai pada daerah penelitian berupa:

1. Sesar naik Hargowilis menunjukkan arah timurlaut--baratdaya dengan nama sesar *thrust left slip Fault* (Rickard, 1972).
2. Sesar mendatar-kanan Hargotirto menunjukkan arah timurlaut--baratdaya dengan nama sesar *right slip fault* (Rickard, 1972).
3. Sesar mendatar-kanan Karang Sari menunjukkan arah barat--timur dengan nama sesar *reverse right slip fault* (Rickard, 1972).
4. Sesar mendatar-kiri Sendangsari menunjukkan arah baratdaya--timurlaut dengan nama sesar *left slip fault* (Rickard, 1972).

Struktur lipatan yang dijumpai berupa antiklin dari analisis data bidang perlapisan di daerah penelitian, didapatkan kedudukan *hinge line* yaitu  $26^{\circ}$ , N  $165^{\circ}$ E serta bidang sumbu / *hinge surface* dengan kedudukan  $N347^{\circ}$ E/ $85^{\circ}$ . Lipatan ini memiliki sumbu yang berarah relatif Baratlaut--Tenggara dengan nama lipatan *Upright Gentle Plunging Fold* (Fluety, 1964) dengan hasil analisis terlampir.

### Sejarah Geologi Daerah Penelitian

Sejarah geologi ini dimulai dari Kala Eosen hingga batuan yang telah diendapkan saat ini.

1. Dimulai dengan terendapkannya satuan batupasir-kuarsa Nanggulan pada Kala Eosen--Oligosen Awal pada lingkungan neritik tepi.
2. Pada kala Eosen Tengah--Oligosen Awal terjadi kompresi dari penunjaman baru di sebelah selatan sehingga terjadi efek kompresional, yang menyebabkan satuan batupasir-kuarsa Nanggulan terlipat.
3. Akibat subduksi tersebut menyebabkan berkembangnya vulkanisme "*Old Andesite*" sehingga terendapkan satuan lava-andesit dan satuan breksi Kaligesing yang secara tidak selaras menindih satuan batupasir-kuarsa Nanggulan dan terjadi intrusi satuan andesit Hargowilis.
4. Pada Miosen Awal terjadi pengangkatan, terjadi pelapukan dan erosi serta transportasi yang akan menjadi satuan endapan yang lebih muda.
5. Pada kala Miosen Tengah--Miosen Akhir (N14--N16) Terjadi transgresi dan terendapkan satuan batugamping-terumbu Jonggrangan dan satuan batugamping-klastik Sentolo.
6. Pada Kala Pliosen-Plistosen terjadi pengangkatan kembali daerah Kulon Progo sehingga pengendapan berhenti.
7. Pada Kala Holosen terjadi proses pelapukan, erosi, dan transportasi yang menyebabkan terendapkannya satuan Endapan Aluvial.

### PROVENAN BATUPASIR

#### Dasar Teori

Istilah kata *provenance* berasal dari bahasa Prancis, yaitu *provenir* yang berarti "berasal dari" (*to originate or to come from*) atau secara spesifik dapat diartikan sebagai studi untuk mengetahui sumber dari batuan sedimen (Pettijohn, dkk., 1987). Kemudian pengertian studi provenan dikembangkan menjadi studi untuk menyelidiki dan menentukan jenis batuan asal, serta dari mana datangnya (jarak dan arah transportasi batuan asal tersebut), sehingga dapat digunakan untuk menentukan keadaan iklim dan relief dari daerah asal batuan itu terbentuk dulunya. Dalam studi *provenance*, analisis laboratorium pada sampel batuan menggunakan diagram QFL (Dickinson dan Suczek, 1979). Komposisi mineral, tekstur dan struktur sedimen yang dihasilkan batupasir akan merekam dengan jelas bagaimana proses sedimentasi batupasir. Berdasarkan Dickinson dan Suczek (1979), kontrol tektonik batuan-batuan asal difokuskan kepada komposisi penyusun batuan berdasarkan proporsi komponen kuarsa ( $Q = \text{Quartz}$ ), felspar ( $F = \text{Feldspar}$ ) dan fragmen batuan ( $L = \text{Lithic fragment}$ ). Berdasarkan konsep ini Dickinson dan Suczek (1979) membagi tipe provenance ke dalam tiga kelas utama, yaitu *continental blocks provenance*, *recycled orogen provenance* dan *magmatic arc provenance*. Penentuan provenan juga dapat dilakukan dengan melihat variasi pada ciri genetik kuarsa. Jenis batuan asal dapat diinterpretasikan berdasarkan perbandingan antara jumlah kuarsa monokristalin dan kuarsa polikristalinnya (Basu, 1975).

#### Teknik Analisis

Pengambilan sampel batuan yang akan dianalisis menggunakan metode *purposive sampling* yang merupakan teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu untuk mewakili semua batuan yang terdapat pada daerah penelitian. Analisis Provenan batupasir dilakukan dengan menghitung butiran komposisi kuarsa (Q), felspar (F), dan fragmen batuan (L) yang berukuran  $>0.03$  mm dengan total  $>300$  butiran (Dickinson, 1985). *Plotting* persentase komposisi QFL mengacu *ternary diagram* klasifikasi Dickinson dan Suczek (1985 dan 1979). Perhitungan komposisi mineral batuan dilakukan dengan membagi setiap sayatan menjadi empat kuadran dimana setiap kuadrannya dilakukan percobaan sebanyak empat kali.

#### Sampel Batupasir

Analisis petrografi dilakukan pada tiga sampel sayatan tipis batupasir satuan breksi Kaligesing. Analisis ini menggunakan batupasir dengan status yang berbeda-beda seperti pada Tabel 1 singkapan batupasir terdapat pada Gambar 9 dan foto sayatan tipis batupasir terdapat pada lampiran secara berurutan sebagai berikut:

Tabel 1 Data sampel batupasir dari satuan breksi Kaligesing

Lokasi Pengamatan	Litologi	Status Sampel	Koordinat		Elevasi (m)
			X	Y	
LP 20	Breksi	Matriks batupasir	403672	9134428	90
LP 41	Batulapili	Sisipan batupasir	434377	9141950	73
LP 65	Batupasir	Batupasir	406565	9137974	186



Gambar 9 Singkapan Batupasir Satuan Breksi Kaligesing. (A) Breksi (Matriks Batupasir) pada LP 20 (B) Batupasir pada LP 65 (C) Singkapan Batulapili Sisipan pasir Pada LP 41 (D) Close-up Batupasir sebagai Sisipan Batulapili LP 41.

Data Petrografi dan Analisis Batupasir

Tabel 2 Tabulasi Persentase Komposisi Mineral Batupasir LP 20

Lokasi Pengamatan	Status Sampel	Nomor Kuadran	Jumlah Komposisi Mineral											Total
			Quartz		Feldspar		Lithic			Hrb	Prx	Opaq	Matriks	
			Qp	Qm	Plg	K-feld	Ls	Lv	Lm					
LP 20	Matriks pada breksi	1	0	19	37	3	0	31	0	0	10	10	20	130
		2	0	16	30	3	0	26	0	0	8	8	25	116
		3	0	15	33	6	0	23	0	0	11	9	20	117
		4	0	17	39	5	0	27	0	0	8	9	20	125
Lokasi Pengamatan	Status Sampel	Nomor Kuadran	Jumlah Komposisi Mineral (%)											Total
			Quartz		Feldspar		Lithic			Hrb	Prx	Opaq	Matriks	
			Qp	Qm	Plg	K-feld	Ls	Lv	Lm					
LP 20	Matriks pada breksi	1	0,00	14,62	28,46	2,31	0,00	23,85	0,00	0,00	7,69	7,69	15,38	100
		2	0,00	13,79	25,86	2,59	0,00	22,41	0,00	0,00	6,90	6,90	21,55	100
		3	0,00	12,82	28,21	5,13	0,00	19,66	0,00	0,00	9,40	7,69	17,09	100
		4	0,00	13,60	31,20	4,00	0,00	21,60	0,00	0,00	6,40	7,20	16,00	100

Tabel 3 Tabulasi Persentase Komposisi Mineral Batupasir LP 41

Lokasi Pengamatan	Status Sampel	Nomor Kuadran	Jumlah Komposisi Mineral											Matriks	Total
			Quartz		Feldspar		Lithic			Hrb	Prx	Opaq	Kalsit		
			Qp	Qm	Plg	K-feld	Ls	Lv	Lm						
LP 41	Sisipan pada batupapil	1	0	12	25	2	7	25	0	11	14	17	9	15	137
		2	0	14	28	9	9	36	0	11	19	15	7	5	153
		3	0	13	31	14	8	19	0	18	20	12	13	15	163
		4	0	16	28	5	8	30	0	8	19	13	6	10	143
Lokasi Pengamatan	Status Sampel	Nomor Kuadran	Jumlah Komposisi Mineral (%)											Matriks	Total
			Quartz		Feldspar		Lithic			Hrb	Prx	Opaq	Kalsit		
			Qp	Qm	Plg	K-feld	Ls	Lv	Lm						
LP 41	Sisipan pada batupapil	1	0,00	8,76	18,25	1,46	5,11	18,25	0,00	8,03	10,22	12,41	6,57	10,95	100
		2	0,00	9,15	18,30	5,88	5,88	23,53	0,00	7,19	12,42	9,80	4,58	3,27	100
		3	0,00	7,98	19,02	8,59	4,91	11,66	0,00	11,04	12,27	7,36	7,98	9,20	100
		4	0,00	11,19	19,58	3,50	5,59	20,98	0,00	5,59	13,29	9,09	4,20	6,99	100

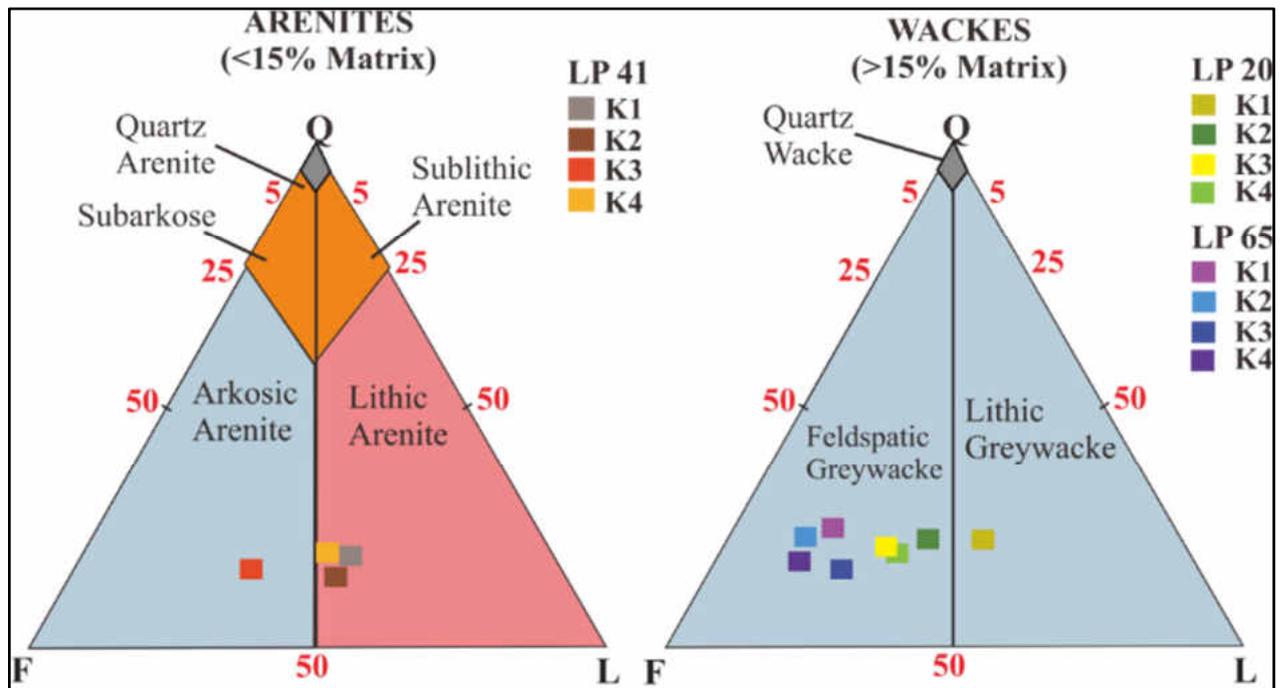
Tabel 4 Tabulasi Persentase Komposisi Mineral Batupasir LP 65

Lokasi Pengamatan	Status Sampel	Nomor Kuadran	Jumlah Komposisi Mineral											Matriks	Total
			Quartz		Feldspar		Lithic			Hrb	Prx	Opaq			
			Qp	Qm	Plg	K-feld	Ls	Lv	Lm						
LP 65	Batupasir	1	0	22	40	19	0	17	0	8	18	28	30	182	
		2	0	27	72	13	0	19	0	6	17	29	35	218	
		3	0	21	61	16	0	27	0	4	30	31	35	225	
		4	0	20	57	17	0	16	0	0	31	20	35	196	
Lokasi Pengamatan	Status Sampel	Nomor Kuadran	Jumlah Komposisi Mineral (%)											Matriks	Total
			Quartz		Feldspar		Lithic			Hrb	Prx	Opaq			
			Qp	Qm	Plg	K-feld	Ls	Lv	Lm						
LP 65	Batupasir	1	0,00	12,09	21,98	10,44	0,00	9,34	0,00	4,40	9,89	15,38	16,48	100	
		2	0,00	12,39	33,03	5,96	0,00	8,72	0,00	2,75	7,80	13,30	16,06	100	
		3	0,00	9,33	27,11	7,11	0,00	12,00	0,00	1,78	13,33	13,78	15,56	100	
		4	0,00	10,20	29,08	8,67	0,00	8,16	0,00	0,00	15,82	10,20	17,86	100	

Berdasarkan dari hasil analisis petrografi ketiga sampel batupasir tersebut didapatkan jumlah perhitungan komposisi mineral batupasir dari satuan breksi Kaligesing dan hasil perhitungan dari komposisi mineral batupasir yang telah digabungkan kemudian perhitungan diubah ke dalam bentuk persentase (%) seperti pada tabel di atas. Sampel batupasir yang dianalisis dari satuan breksi Kaligesing dengan ukuran butir pasir halus hingga pasir sangat kasar, sub-angular hingga sub-rounded, dan sortasi buruk, grain contact floating--point contact. Namun, lebih banyak *point contact* yang terdeskripsi. Klasifikasi batupasir dibuat dengan menggunakan klasifikasi Pettijohn (1975) (Gambar 10). Sampel batupasir satuan breksi Kaligesing sebagian besar adalah *feldspathic greywacke* dan *lithic arenite*. Matriks terdiri dari mineral lempung dan material sedimen berukuran <0,03 mm. Jenis semen yang teramati adalah silika.

Tabel 5 Tabulasi Presentase Komposisi QFL Penamaan Batupasir

Lokasi Pengamatan	Status Sampel	Nomor Kuadran	Jumlah Komposisi Mineral (%)			Total	Nama Batupasir (Pettijohn, 1975)
			Quartz (Q)	Feldspar (F)	Lithic (L)		
LP 20	Matriks pada breksi	1	21,11	44,44	34,44	100	Lithic Greywacke
		2	21,33	44,00	34,67	100	Feldspatic Greywacke
		3	19,48	50,65	29,87	100	Feldspatic Greywacke
		4	19,32	50,00	30,68	100	Feldspatic Greywacke
LP 41	Sisipan pada batulapili	1	17,39	36,23	46,38	100	Lithic Arenite
		2	14,58	38,54	46,88	100	Lithic Arenite
		3	15,29	52,94	31,76	100	Arkosic Arenite
		4	18,39	37,93	43,68	100	Lithic Arenite
LP 65	Batupasir	1	22,45	60,20	17,35	100	Feldspatic Greywacke
		2	20,61	64,89	14,50	100	Feldspatic Greywacke
		3	16,80	61,60	21,60	100	Feldspatic Greywacke
		4	18,18	67,27	14,55	100	Feldspatic Greywacke



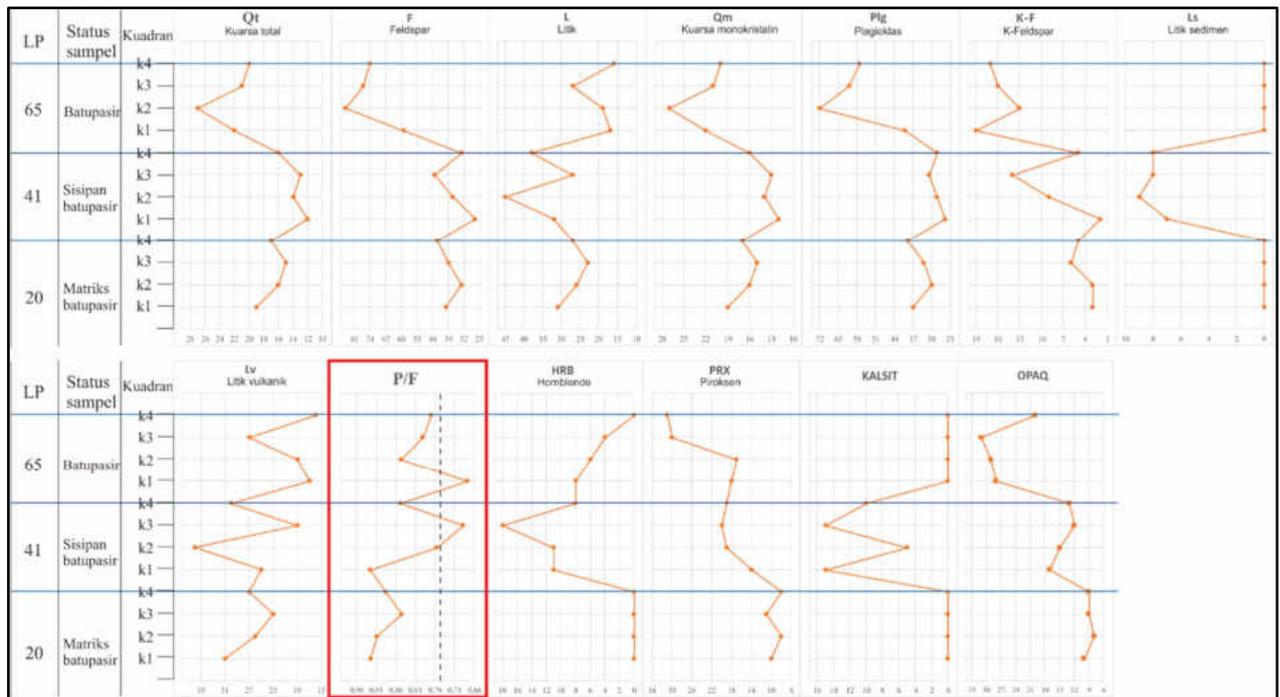
Gambar 5 Plot Diagram QFL Klasifikasi Batupasir Pettijohn (1975)

Dari hasil perhitungan komposisi mineral (terlampir) batupasir pada LP 41 memiliki matriks 3,27%--10,96% dan matriks 15,38%--21,55% pada LP 20 dan LP 65. Berdasarkan klasifikasi Pettijohn (1975), sampel batupasir termasuk dalam

kelompok *arenite* dan kelompok *wacke*. Persentase QFL pada sayatan tipis dapat dilihat pada Tabel 5 yang kemudian diplot pada diagram klasifikasi batupasir Pettijohn (1975) untuk mendapatkan nama batuan. Kuarsa adalah mineral yang paling sedikit di sampel batupasir. Persentase kuarsa yang diamati pada sampel batupasir bervariasi, mulai dari 14,58%--22,45% (Tabel 5) dengan jumlah kuarsa terbanyak terdapat pada sampel LP 65 dan butir kuarsa berbentuk *subangular* sampai *subrounded*. Kuarsa yang teridentifikasi untuk seluruh sampel batupasir hanya kuarsa monokristalin yang berasal dari batuan beku vulkanik dan plutonik.

Feldspar dengan jumlah cukup bervariasi dan dominan (36,32%--67,27%) (Tabel 5). Plagioklas mendominasi daripada K-feldspar. Berbentuk *subangular* dan beberapa terbungut tekstur zoning. Rasio P/Ft (P: plagioklas, Ft: feldspar total) menunjukkan variasi yang tinggi dari 0,68--0,93. Dickinson (1970) mengusulkan bahwa material yang berasal dari medan vulkanik harus memiliki rasio P/Ft dari 0,75 hingga 1,00, yang menunjukkan bahwa sepuluh sampel batupasir dari satuan breksi Kaligesing memiliki sumber vulkanik meskipun terdapat dua titik pada sampel LP 41 (K3) dan LP 65 (K1) yang mempunyai nilai P/Ft dibawah 0,75.

Fragmen batuan (litik) adalah detrital terbanyak setelah feldspar (14,55%--46,38%) (Tabel 5). Litik batuan yang teridentifikasi yaitu litik vulkanik dan sedimen, Semua sampel memiliki litik vulkanik, namun hanya pada sampel LP 41 yang mempunyai komposisi litik sedimen. Hal tersebut dapat disebabkan karena proses transportasi dan pengendapan yang berbeda dari dua sampel lainnya. Litik batuan sedimen batupasir pada LP 41 kemungkinan telah mengalami transportasi yang cukup jauh dari sumbernya dan terendapkan kembali bersama dengan material sedimen dan fragmen batuan beku vulkanik.



**Gambar 11** Diagram Variasi Persentase Mineral Dan Fragmen Batuan, Garis Biru Horizontal Menunjukkan Batas Antar Unit Lokasi Pengamatan

### Analisis Provenan dan Tatanan Tektonik

Komposisi perhitungan batupasir yang telah dilakukan tersebut kemudian dijadikan parameter untuk dimasukkan ke diagram *triangulasi* provenan Dickinson dan Suczek (1985) dan (1979) yaitu diagram Q-F-L dan diagram Qm-F-Lt, diagram Qp-Lv-Ls, dan diagram Qm-P-KF.

#### 1. Diagram Q-F-L

Digunakan untuk menentukan tatanan tektonik pada saat endapan sedimen terbentuk. Hasil *plotting* pada diagram Q-F-L Dickinson dan Suczek (1985) semua sampel pada LP 20, LP 41, dan LP 65 menunjukkan bahwa batupasir di daerah penelitian secara umum berada pada tatanan tektonik dengan lingkungan *magmatic arc* dengan sub-zona *transitional arc*.

#### 2. Diagram Qm-F-Lt

Digunakan untuk menentukan batuan sumber dari tatanan tektonik yang lebih spesifik. Hasil *plotting* pada diagram Qm-F-Lt Dickinson dan Suczek (1985) menunjukkan bahwa sampel batupasir LP 20 dan LP 41 di daerah penelitian berada pada tatanan tektonik dengan lingkungan *magmatic arc* dengan sub-zona *transitional arc* dan terdapat dua titik sampel LP 65 kuadran 2 dan 4 yang masuk dalam lingkungan *continental block* sub-zona *basement uplift*.

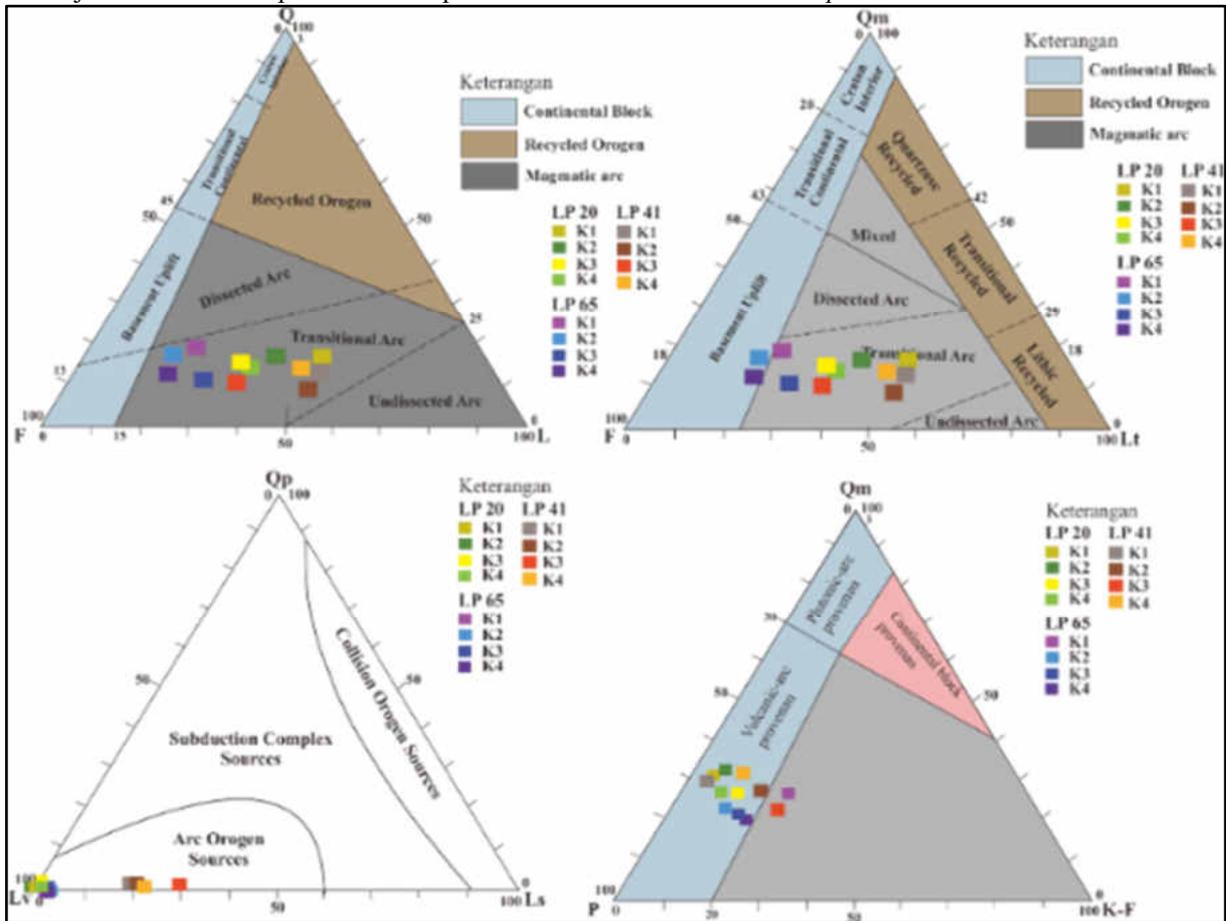
#### 3. Diagram Qp-Lv-Ls

Digunakan untuk memisahkan sumber batuan yang berasosiasi dengan *arc orogen source* atau *collision orogen source*. Hasil *plotting* pada diagram Qp-Lv-Ls Dickinson dan Suczek (1979) semua sampel pada LP 20, LP 41, dan LP 65

menunjukkan bahwa batupasir di daerah penelitian mempunyai batuan sumber yang berasosiasi dengan *arc orogen source*.

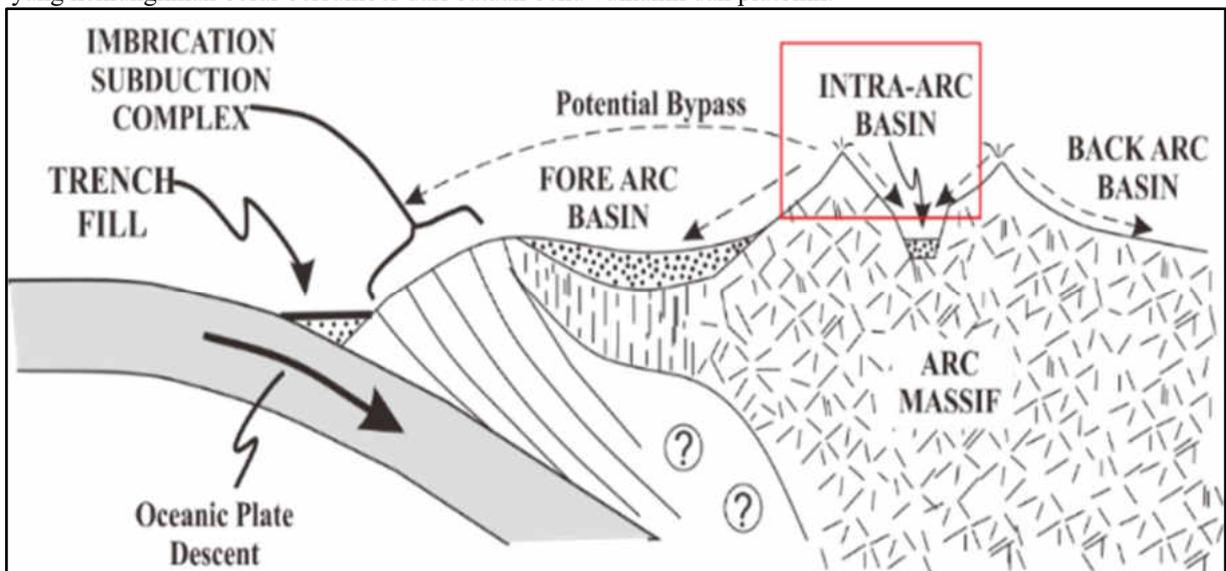
4. Diagram Qm-P-KF

Digunakan digunakan untuk menentukan batuan sumber sedimen berdasarkan jenis fefdspar yang ada pada batuan sedimen. Hasil *plotting* pada diagram Qm-P-KF Dickinson dan Suczek (1979) semua sampel pada LP 20, LP 41, dan LP 65 menunjukkan bahwa batupasir di daerah penelitian berasal dari *vulcanic-arc provenance*.



Gambar 6 Diagram Triangulasi Dickinson (1985)

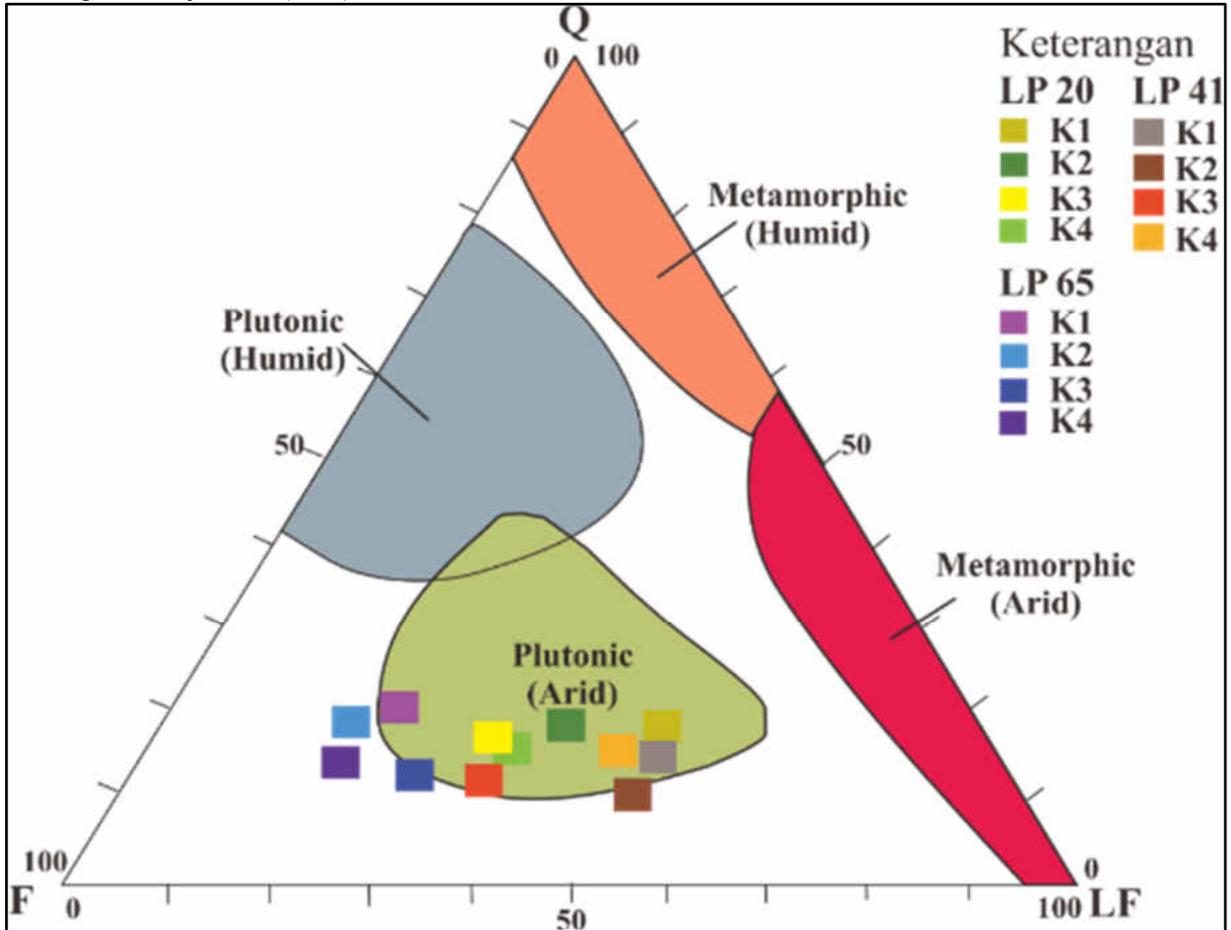
Berdasarkan dari hasil analisis provenan dengan metode petrografi menggunakan diagram (Dickinson dan Suczek, 1979 dan 1985) didapatkan hasil bahwa sampel batupasir satuan breksi Kaligesing berasal dari zona *magmatic arc* atau *vulcanic arc* yang kemungkinan besar bersumber dari batuan beku vulkanik dan plutonik.



Gambar 7 Pemodelan provenan dan tatanan tektonik Magmatic arc (Dickinson dan Suczek, 1979)

**Paleoclimate**

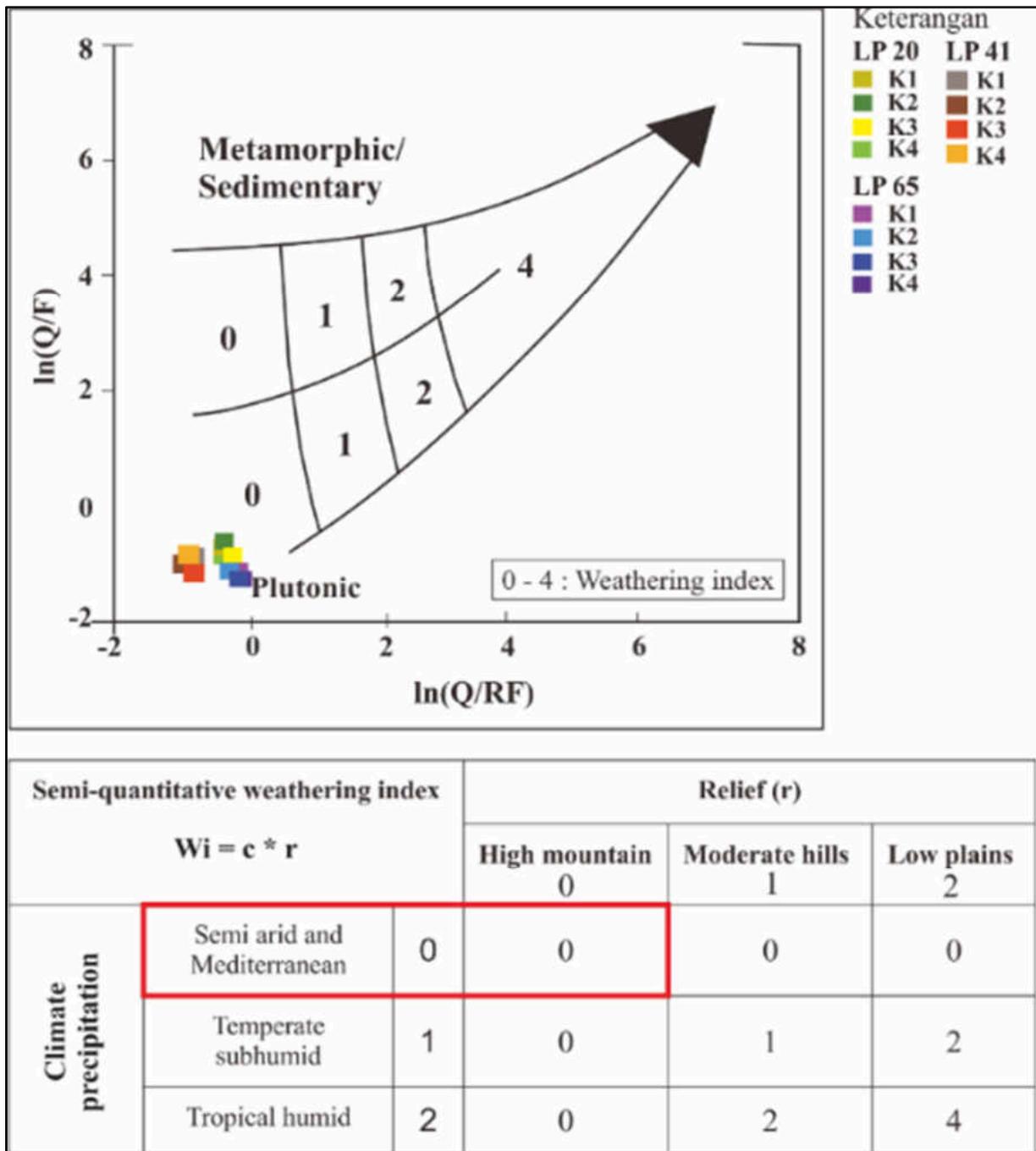
Iklim mempunyai pengaruh dalam proses geologi, terutama proses pelapukan batuan. Iklim tersebut dibagi menjadi iklim *humid* (iklim lembab) dan iklim *arid* (iklim kering). Analisis iklim purba ini menggunakan diagram dari Suttner dkk., (1981) dengan menggunakan nilai parameter (Q) *Quartz--(F) Feldspar--(RF) Rock Fragment*. Untuk mengetahui kondisi relief dan iklim batuan asal menggunakan diagram mengacu pada diagram plot log-ratio *semi-quantitative weathering index* mengacu Weltje et al., (1998).



Gambar 8 Diagram Paleoclimate (Suttner Dkk., 1981)

Tabel 6 Tabulasi perhitungan perbandingan ln Q/F dan ln Q/L

Lokasi Pengamatan	Status Sampel	Nomor Kuadran	Nama Batupasir (Pettijohn, 1975)	ln Q/F	ln Q/L
LP 20	Matriks pada breksi	1	<i>Lithic Greywacke</i>	-0,74	-0,49
		2	<i>Feldspatic Greywacke</i>	-0,72	-0,49
		3	<i>Feldspatic Greywacke</i>	-0,96	-0,43
		4	<i>Feldspatic Greywacke</i>	-0,95	-0,46
LP 41	Sisipan pada batulapili	1	<i>Lithic Arenite</i>	-0,81	-0,98
		2	<i>Lithic Arenite</i>	-0,97	-1,17
		3	<i>Arkosic Arenite</i>	-1,24	-0,73
		4	<i>Lithic Arenite</i>	-0,72	-0,86
LP 65	Batupasir	1	<i>Feldspatic Greywacke</i>	-0,99	0,26
		2	<i>Feldspatic Greywacke</i>	-1,15	0,35
		3	<i>Feldspatic Greywacke</i>	-1,30	-0,25
		4	<i>Feldspatic Greywacke</i>	-1,31	0,22



Gambar 9 Log Plot Kondisi Relief dan Iklim Batuan Asal (Weltje Dkk., 1998 dalam Zaid, 2012)

Hasil analisis *paleoclimate* batupasir dari satuan breksi Kaligesing dengan parameter Q-F-LF berdasarkan diagram Suttner dkk, 1981 didapatkan *paleoclimate* (iklim purba) berupa iklim *arid* (kering) yang berasal dari batuan plutonik. Penentuan kondisi relief daerah penelitian berdasarkan analisis sampel batupasir dengan melakukan *plotting* log-ratio  $\ln(Q/F)$  dan  $\ln(Q/RF)$  dengan parameter (Q) *Quartz*--(F) *Feldspar*--(RF) *Rock Fragment* (Weltje dkk., 1998). Hasil *plotting* menunjukkan bahwa batuan sumber berasal dari batuan plutonik yang mempunyai iklim *semi arid and mediterranean* dengan relief berupa pegunungan (*mountains*).

**DISKUSI**

Dalam penentuan provenan batupasir dari satuan breksi Kaligesing digunakan metode pengamatan petrografi dengan menggunakan metode Gazzzi--Dickinson (1979 dan 1983). Dari hasil analisis petrografi, sampel batupasir didominasi oleh komposisi feldspar (36,32%--67,27%), umumnya dijumpai K-feldspar dan plagioklas dengan dominasi mineral plagioklas. Mineral feldspar mempunyai sifat tidak tahan terhadap pelapukan. Sehingga dengan banyak mineral feldspar yang di temukan dalam sayatan batupasir menandakan bahwa batuan mengalami siklus sedimentasi pertama, berasal dari batuan beku atau batuan metamorf yang belum mengalami pelapukan secara lebih lanjut. Hal tersebut juga dibuktikan

oleh bentuk butiran yang masih berbentuk *subangular*. Komposisi fragmen mempunyai jumlah terbanyak setelah feldspar (14,55%--46,38%) hal ini mengindikasikan bahwa sumber batuan asal penyusun satuan ini berasal dari batuan beku vulkanik dan sedikit di temukan fragmen dari batuan sedimen serta tidak ditemukannya fragmen dari batuan metamorf. Komposisi kuarsa ditemukan didominasi oleh butiran monokristalin dan sedikit kuarsa polikristalin (14,58%--22,45%). Melimpahnya jumlah kuarsa monokristalin dengan sudut pemadaman lurus dapat menjelaskan sumber sedimen berasal dari batuan beku vulkanik atau plutonik (Basu dkk., 1975).

Hasil analisis pada diagram segitiga Q-F-L dan Qm-F-Lt (Dickinson, 1985) sama-sama menunjukkan hasil sampel batupasir satuan breksi Kaligesing berada pada zona *magmatic arc* dengan sub-zona *transitional arc*. Batuan pada area *transitional arc* mempunyai komposisi melimpah dari feldspar dan fragmen batuan yang berasal dari batuan vulkanik yang terbentuk dari aktifitas magmatisme, namun terdapat campuran dentritus plutonik yang kemungkinan berasal dari intrusi batuan beku yang terekspos akibat erosi pada bagian penutup gunung api. Kemudian pada plot diagram Qp-Lv-Ls menunjukkan bahwa batupasir di daerah penelitian mempunyai batuan sumber yang berasosiasi dengan *arc orogen source*. Hal ini tentu menjadi berhubungan antara batuan sumber yang berasal dari zona *magmatic arc* yang berasosiasi dengan *arc orogen source*.

Tatanan tektonik pada hasil analisis sampel batupasir dapat dibandingkan dengan tatanan tektonik pada saat perkembangan vulkanisme di jalur selatan Jawa pada 45-28 juta tahun yang lalu atau Eosen Tengah--Oligosen Awal dimana terdapat interaksi konvergen antara Lempeng Hindia--Australia (dari sebelah selatan) dengan lempeng Eurasia (dari sebelah utara) yang memicu aktivitas vulkanisme atau jalur--jalur magmatik dibagian selatan Jawa yang menghasilkan batuan vulkanik maupun plutonik.

## KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pembahasan daerah penelitian yang telah di uraikan, sehingga dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Geomorfologi daerah penelitian terbagi menjadi tujuh satuan bentuk lahan yaitu: bentuk lahan bukit intrusi (V1), bentuk lahan perbukitan terkikis (D1), lereng bergelombang (D2), bukit sisa (D3), bentuk lahan sungai (F1), bentuk lahan dataran aluvial (F2), serta bentuk lahan waduk (P1) dan pola pengaliran subdendritik.
2. Stratigrafi daerah penelitian di bagi menjadi tujuh satuan litostratigrafi tidak resmi yaitu dari tua ke muda sebagai berikut: satuan batupasir-kuarsa Nanggulan (Eosen akhir-Oligosen Awal), satuan lava-andesit Kaligesing (Oligosen Akhir--Miosen Awal), satuan breksi Kaligesing (Oligosen Akhir--Miosen Awal), satuan batugamping-terumbu Jonggrangan (Miosen Tengah--Miosen Akhir), satuan batugamping-klastik Sentolo (Miosen Tengah--Miosen Akhir), satuan andesit Hargowilis (Oligosen Akhir--Miosen Awal) dan satuan endapan aluvial (Holosen).
3. Struktur geologi yang yang ditemukan di lapangan berupa kekar berpasangan, sesar, dan lipatan. Kekar dengan arah tegasan baratdaya-timurlaut dan barat-timur. Sesar mendarat-kanan Karang Sari menunjukkan arah barat-timur. Sesar mendarat-kiri Sendangsari menunjukkan arah baratdaya-timurlaut. Sesar naik Hargowilis arah timurlaut-baratdaya. Sesar mendarat-kanan Hargotirto menunjukkan arah timurlaut-baratdaya. Antiklin dengan sumbu lipatan berarah baratlaut-tenggara.
4. Berdasarkan dari hasil analisis provenan dengan metode petrografi menggunakan diagram (Dickinson & Suczek, 1979 dan 1983) diagram segitiga Q-F-L dan Qm-F-Lt sama-sama menunjukkan hasil bahwa sampel batupasir satuan breksi Kaligesing berasal dari zona *magmatic arc* dengan sub-zona *transitional arc*. Kemudian pada plot diagram Qp-Lv-Ls menunjukkan bahwa batupasir di daerah penelitian mempunyai batuan sumber yang berasosiasi dengan *arc orogen source*. Berdasarkan analisis *paleoclimate* mempunyai iklim *arid* (kering) sampai iklim *semi arid* dan *mediterranean* (kering) dengan relief berupa pegunungan (*mountains*).

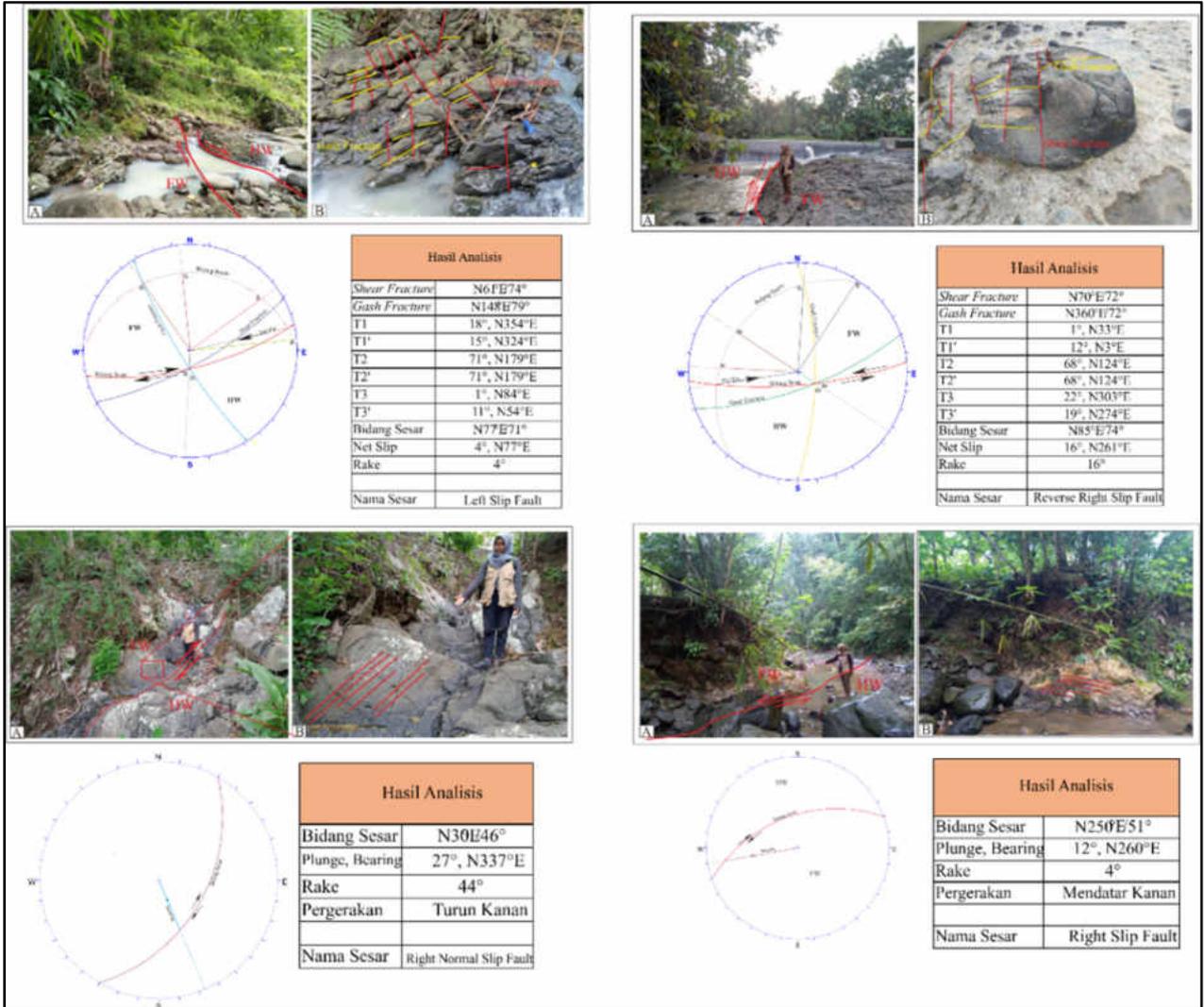
## DAFTAR PUSTAKA

- Adams, C.G., 1970., A Reconsideration of The East Indian Letter Classification of The Tertiary, *Bulletin of the British Museum of Natural History (Geology)*, V.19, P.1-137.
- Barianto, D.H., Aboud, E., Setijadji, L.D., 2009, *Structural Analysis Using Landsat TM, Gravity Data, and Paleontological Data from Tertiary Rock in Yogyakarta, Indonesia*, Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu University.
- Barker, R., 1960, *Taxonomic Note, Society of Economic Paleontologist and Mineralogist*, (T. C. P. G. S. Company (ed.)). INC. Mekasha, Winconsin.
- Basu, A., Steven, W., Young, L.I., Suttner, W., Calvin, J., dan Mack, G. H., 1975, Re-Evaluation of The Use of Undulatory Extinction and Polycrystallinity in Detrital Quartz For Provenance Interpretation, *Journal of Sedimentary Research*, Vol. 45, 873-882.
- Blow, W. H., 1969, Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy, International Conference Planktonic Microfossils 1<sup>st</sup>, *Proceedings of The First International Conference On Planktonic Microfossils (ed.)*. Geneva 1967, Proc.Leiden, E.J. Buill.
- Boggs, J.S., 2006, *Principles of Sedimentology and Stratigraphy: Fourth Edition*. Pearson Education, Inc.
- Dickinson, W.R., Suczek, C. A., 1979, Plate Tectonics and Sandstone Composition, *The American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 63, n, 12, p.21642182.

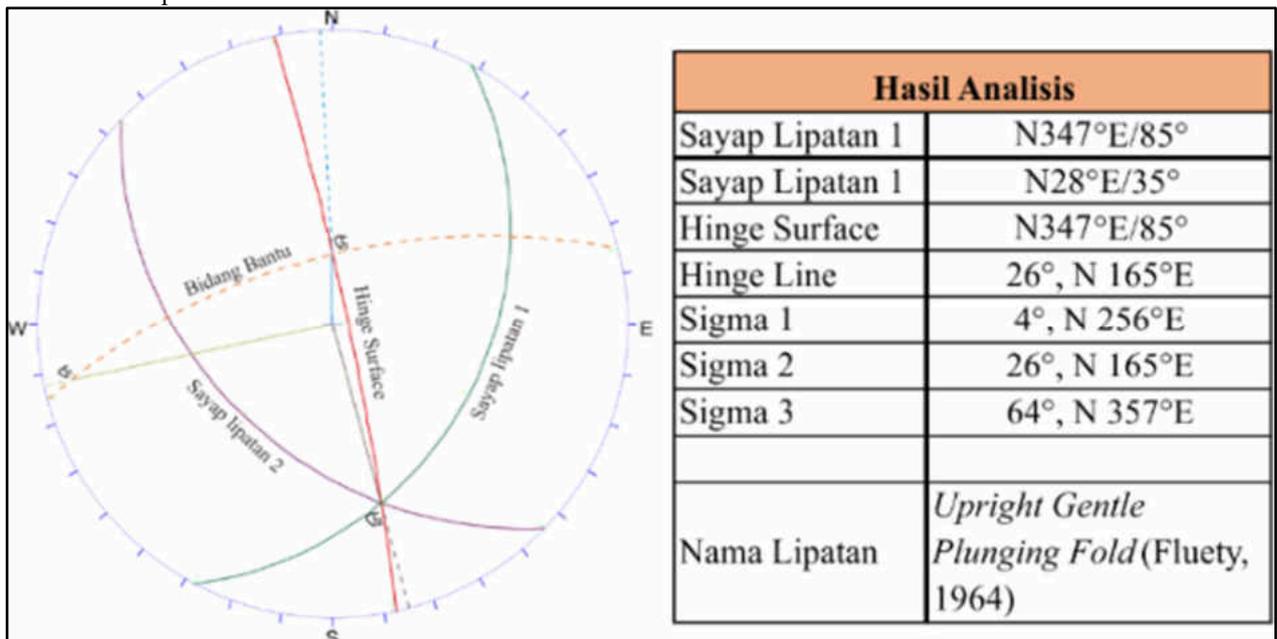
- Dickinson, W. R., 1985, *Interpreting Provenance Relation From Dendritical Modes Of Sandstone* ( in G. G. Z. (Ed.) & P. of Arenites (eds.)). D. Reidel Publishing Company.
- Djuhaeni, M., 1996, *Sandi Stratigrafi Indonesia, Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia*, Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- Fleuty, M. J., 1964, The Description of Folds, *London: Proceedings of the Geologists Association*. V.75, 461–492.
- Folk, R. L., 1974, Petrology of The Sedimentary Rocks, *Geomorphology* (Texas at A). Company Austin, Department of Geological Sciences. [https://doi.org/10.1016/0169-555x\(91\)90027-8](https://doi.org/10.1016/0169-555x(91)90027-8)
- Gilbert, Williams, H., F.J. Turner, C. M., 1954, *Petrography, An Introduction to The Study of Rock in Thin Sections*, W.H. Freeman and Company.
- Harjanto, A., 2011, Vulkanostratigrafi di Daerah Kulon Progo dan Sekitarnya, Daerah Istimewa Yogyakarta, *Jurnal Ilmiah MTG*, 4(2).
- Howard, A. D., 1967, Drainage Analysis in Geologic Interpretation : A Summation, *The American Association Petroleum Geologist Bulletin*.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E., and Siever, R., 1987, *Sand and Sandstone* (2nd Edition), Springer-Verlag.
- Pettijohn, F. J., 1975, *Sedimentary Rocks 3rd edition*, Harper and Row, publishers.
- Pringgoprawiro, H., dan Riyanto, B., 1987, Formasi Andesit Tua; Suatu Revisi, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI) XVI*.
- Pringgoprawiro, H., 1969, *On the Age of The Sentolo Formation Based on Planctonic Foraminifera*, Dept.Geol.Contr.
- Rahardjo, W., dkk., 1977, *Geological Map of The Yogyakarta Quadrangle, Java, skala 1 : 100.000*. Geological Survey of Indonesia.
- Rickard, M. J., 1972, Fault Classification Discussion, *Geological Society of America Bulletin*. V.83, Hal. 2545--2546.
- Sudradjat, A., Syafri, I., dan Budiadi, E., 2010, The Geotectonic Configuration of Kulonprogo Area, Yogyakarta, *Proceeding PIT IAGI Lombok 2010, The 39 IAGI Convention and Exhibition, Lombok*.
- Suttner, L.J., Basu, G.M., 1981, Climate and the Origin Of Quartz Arenites. *Journal of Sedimentary Petrology* 51, 1235–1246.
- Tucker, M. E., 1991, *Sedimentary Petrology-An Introduction to The Origin of Sedimentary Rocks, 2 nd edition*, Blackwell Scientific Publication.
- van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia. Vol IA : General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*, Government Printing Office.
- Van Zuidam, R. A., 1983, *Guide to Geomorphology Aerial Photographic Interpretation and Mapping*, ITC, Enschede.
- Verstappen., H. T., 1983, *Applied Geomorphology: Geomorphological Sureys for Environmental Management*, Elsevier.
- Weltje, G.J, Meijer, D.X., 1998, Stratigraphic Inversion of Siliciclastic Basin Fill: A Note of The Distinction Between Supply Signals Resulting from Tectonic and Climating Forcing, *Basin Research*.
- Widagdo, A., Pramumijoyo, S., Harijoko, A., dan Setiawan, A., 2016, Kajian Pendahuluan Kontrol Struktur Geologi terhadap Sebaran Batuan-batuan di Daerah Pengunungan Kulonprogo Yogyakarta. *Proceeding Seminar Nasional Kebumian*, 9–20.
- William R.D., dan Suczek.C.A., 1979, Plate Tectonics and Sandstone Compositions, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 63(12), 2164–2182.

LAMPIRAN

1. Hasil Analisis Sesar



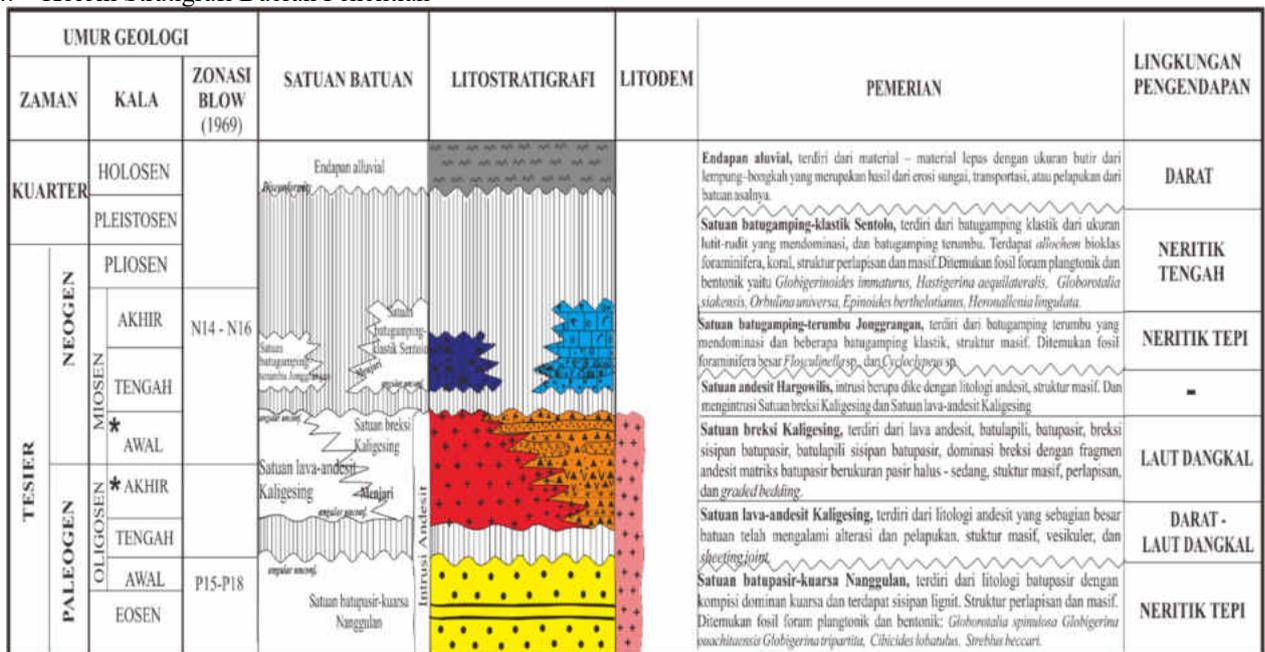
2. Analisis lipatan



3. Aspek-Aspek Geomorfologi Daerah Penelitian

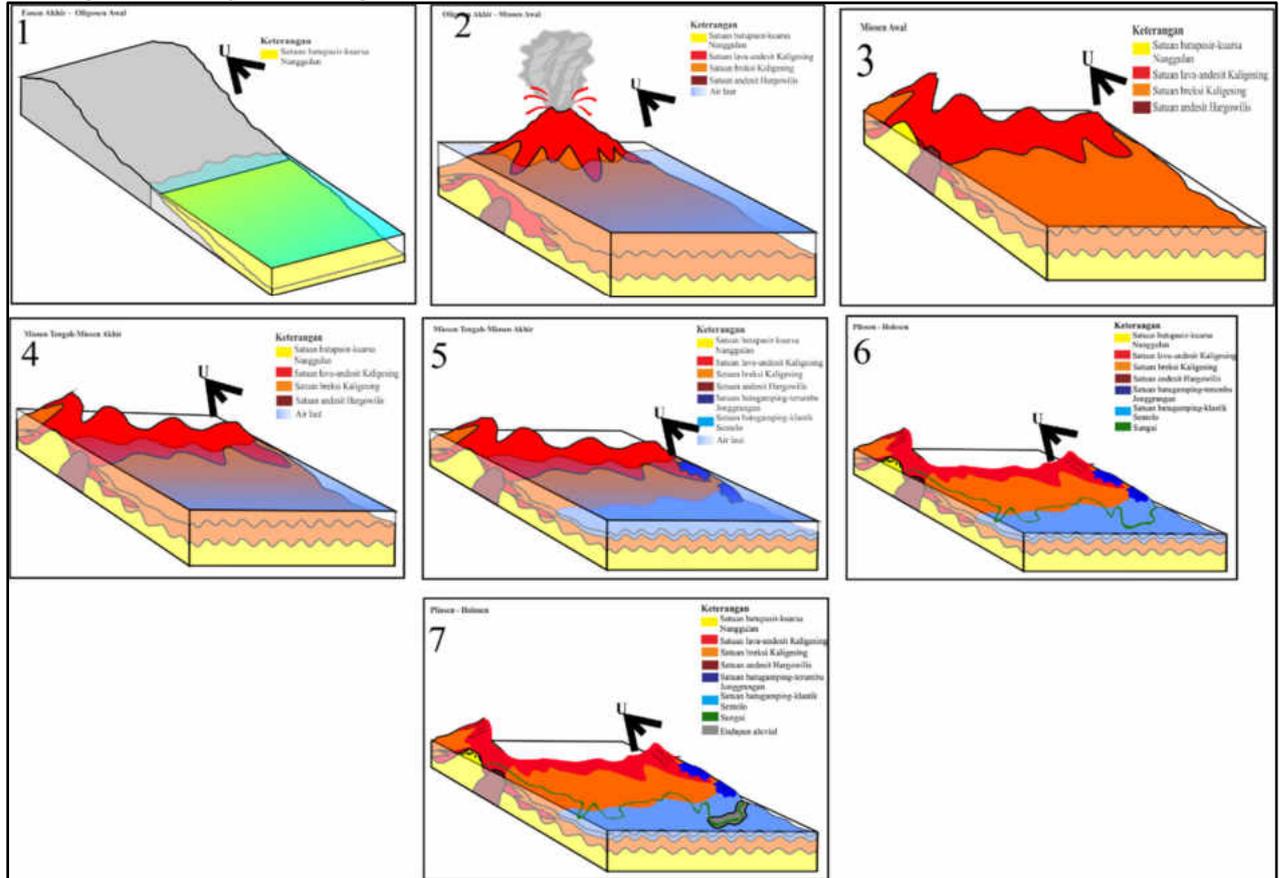
BENTUK ASAL		VULKANIK	DENUDASIONAL			FLUVIAL		ANTROPOGENIK
BENTUK LAHAN		BUKIT	PERBUKITAN	LERENG	BUKIT	SUNGAI	DATARAN	WADUK
SIMBOL		V1	D1	D2	D3	F1	F2	P1
ASPEK MORFOLOGI	MORFOGRAFI	BUKIT INTRUSI	PERBUKITAN TERKIKIS	LERENG BERGELOMBANG	BUKIT SISA	TUBUH SUNGAI	DATARAN ALLUVIAL	WADUK
	MORFOMETRI							
	LERENG	curam-landai (8-30%)	curam (20-55%)	curam-landai (8-35%)	curam-landai (8-20%)	landai (5%)	landai (2%)	agak curam-landai (2-8%)
	LUAS	5%	25%	45%	5%	5%	5%	10%
	POLA PENGALIRAN	Subdendritik	Subdendritik	Subdendritik	Subdendritik	-	-	-
	BENTUK LEMBAH	u - v	v	u - v	u - v	u-v	u	u-v
	TEMPAT MENGALIR	Bedrock stream	Bedrock stream	Bedrock stream	Bedrock stream	Bedrock stream dan alluvial stream	Aluvial stream	-
MORFOGENESA	MORFOSTRUKTUR AKTIF	Intrusi Batuan	pengangkatan dan sesar	pengangkatan dan sesar	pengangkatan dan sesar	pengangkatan dan sesar	-	kegiatan manusia
	MORFOSTRUKTUR PASIF	Batuan beku berbutir kasar - sedang, mencerminkan resistensi kuat hingga lemah	Batuan beku dan batuan sedimen berukuran kasar - halus mencerminkan resistensi kuat hingga lemah	Batuan beku, batuan sedimen, dan batugamping trumbu berukuran kasar-halus mencerminkan resistensi sedang hingga lemah	Batuan beku dan batuan sedimen berukuran sedang-halus mencerminkan resistensi sedang hingga lemah	Batuan beku dan batuan sedimen klastik berukuran bongkah-halus mencerminkan resistensi kuat-sedang hingga lemah	Endapan material lepas dari pelapukan batuan mencerminkan resistensi rendah	endapan material lepas dari pelapukan batuan mencerminkan resistensi rendah
	MORFODINAMIS	Erosi dan pelapukan	Erosi dan pelapukan	Erosi dan pelapukan	Erosi dan pelapukan	fluviatil	pelapukan dan sedimentasi	Proses erosional oleh manusia
STADIA		Dewasa	Dewasa	Dewasa - Tua	Dewasa	Tua	Dewasa	-

4. Kolom Stratigrafi Daerah Penelitian

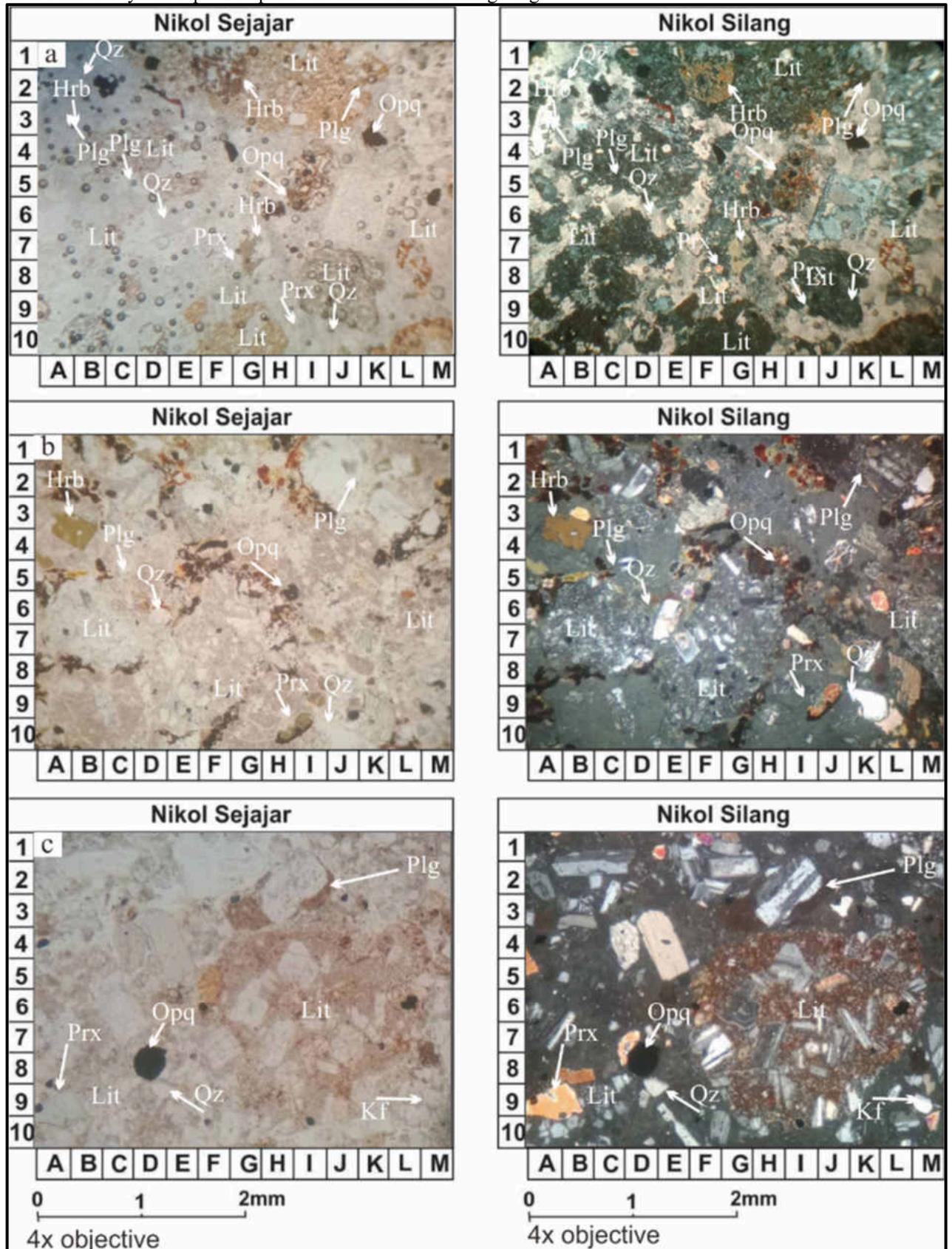


\* Harsono Pringproprawiro (1988)

5. Diagram Blok Sejarah Geologi



6. Foto Pilihan Sayatan Tipis Batupasir dari Satuan Breksi Kaligesing.



7. (a) *Lithic Greywacke*, (Perbesaran 4x). Ket.: Prx= Piroksen, Hrb= Hornblende, Lit= Litik, Opq= Mineral opak, Qz= Kuarsa, Plg= Plagioklas (b) *Lithic Arenite*, Ket.: Prx= Piroksen, Hrb= Hornblende, Lit= Litik, Opq= Mineral opak, Qz= Kuarsa, Plg= Plagioklas (c) *Feldspatic Greywacke*, Ket.: Prx= Piroksen, Hrb= Hornblende, Lit= Litik, Opq= Mineral opak, Qz= Kuarsa, Plg= Plagioklas, K-f= K-feldspar.

