

## **BAB IV**

### **GEOLOGI DAERAH PENELITIAN**

Kajian rinci terhadap kondisi geologi di daerah Bayat dan sekitarnya, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah mencakup aspek-aspek geologi yang berkembang berupa aspek geomorfologi, aspek stratigrafi, aspek struktur geologi, aspek sejarah geologi dan juga aspek geologi tata lingkungan yang berkembang pada daerah penelitian. Hasil dari kajian ini merupakan interpretasi komprehensif dari berbagai parameter identifikasi yang dilakukan selama proses pemetaan rinci di lapangan dan juga didukung oleh analisis laboratorium yaitu analisis petrografi dan analisis paleontologi.

#### **4.1. Geomorfologi Daerah Penelitian**

Aspek - aspek yang dikaji dalam bahasan geomorfologi pada daerah penelitian terdiri atas satuan geomorfologi, pola pengaliran, proses geomorfologi (morfogenesis), stadia sungai dan stadia daerah.

##### **4.1.1. Satuan Geomorfologi**

Pembagian satuan geomorfologi daerah penelitian ditentukan melalui analisis pada peta topografi dengan melihat pola-pola kontur yang mencerminkan bentuk bentang alam (topografi). Dalam pembagian tersebut memperhatikan kerapatan dan kerenggangan kontur serta pola-pola kontur yang khas seperti pola melingkar atau membentuk suatu kelurusan. Morfometri adalah pembagian satuan geomorfologi berdasarkan pada perhitungan kemiringan lereng dan beda tinggi (van Zuidam dan van Zuidam-Cancelado, 1979). Morfogenesis dalam hal ini yaitu pembagian satuan geomorfologi yang memperhatikan sejarah pembentukan, perkembangan bentuk lahan serta proses yang terjadi padanya.

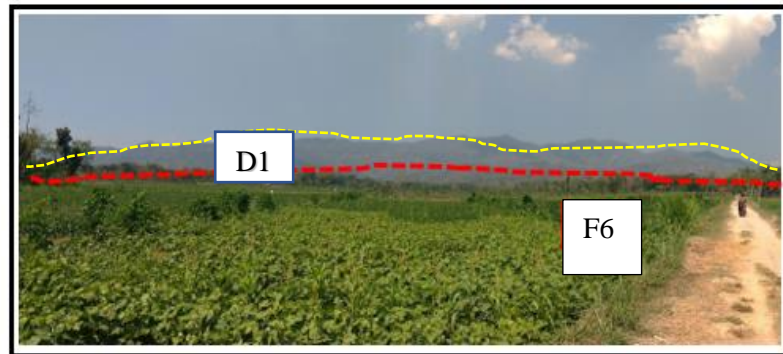
Berdasarkan hasil perhitungan kelerengan (morfometri) dan beda tinggi (Lampiran terikat 2) pada peta topografi serta memperhatikan aspek morfogenesis yang mengontrol morfologi pada daerah penelitian, maka daerah penelitian terbagi menjadi 3 satuan (Lampiran lepas 2).

**Tabel 4. 1** Satuan Geomorfologi Lokasi Penelitian

van Zuidam (1983)		van Zuidam-Cancelado (1979)		SATUAN GEOMORFOLOGI	SIMBOL	PEMERIAN
BENTUKAN ASAL	BENTUK RELIEF					
Fluvial	Topografi bergelombang lemah		fluvial terrace	F6	Satuan geomorfologi ini menempati ± 20 % dari seluruh daerah penelitian, meliputi Desa Paseban, Desa Krakitan, Desa Jotanga, Desa Wiro, Desa Tawang Rejo, Desa Talang, Desa Tegalrejo, Desa Jambakan, Desa Ngerangan, Desa Ngawen, Desa Kaligayam. Satuan ini mempunyai kemiringan rata-rata 4% dan beda tinggi 15 m. Pola pengaliran yang berkembang adalah rectangular dan dendritik, dengan litologi penyusun dominasi endapan material lepas berukuran lempung-pasir. Satuan ini dimanfaatkan sebagai permukiman dan lahan persawahan	
			Rivers beds	F1	Satuan Geomorfologi ini menempati ± 8 % dari seluruh daerah penelitian, meliputi seluruh tubuh sungai dengkek baru. Satuan ini masuk dalam pola pengaliran rectangular dan berstadia tua, dan banyak dijumpai endapan endapan <i>channeled</i> pada sisi tengah sungai.	
Denudasional	Topografi perbukitan- tersayat kuat		Pegunungan dan dataran denudasional	D1	Satuan geomorfo ini menempati ± 72 % dari seluruh daerah penelitian, meliputi Desa Mrtelu, Desa Natah, Desa Pilangrejo, Desa Ngawen, Desa Kampung, Desa Duku, Desa Gunung Gajah, Desa Jarum, Desa Ngenahan, Desa Beluk, Desa Jiwo wetan, Desa Melikan dan Desa Kaligayam, Satuan ini memiliki kemiringan rata-rata 34 % dan beda tinggi rata-rata 48 m. Pola pengaliran yang berkembang yaitu rectangular dan dendritic. satuan ini disusun oleh litologi batuan malihan dan diorit pada bagian utara, tuf dan breksi lapili pada bagian selatan, satuan ini dimanfaatkan sebagai permukiman, perkebunan dan juga tempat wisata.	

#### 4.1.1.1 Satuan Geomorfologi fluvial terrace (F6)

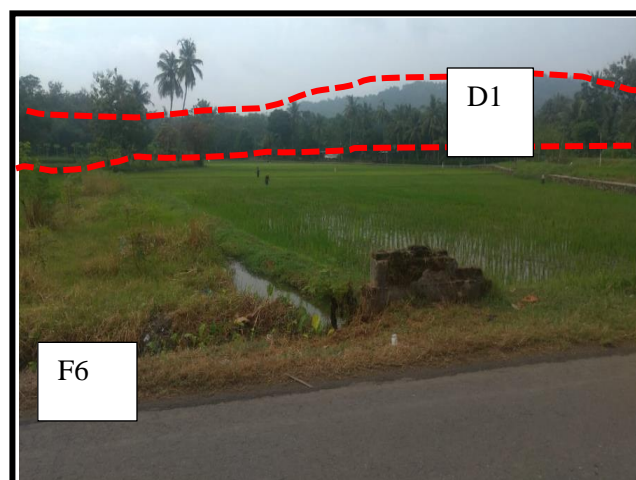
Satuan geomorfologi ini menempati ± 20 % dari seluruh daerah penelitian, meliputi Desa Paseban, Desa Krakitan, Desa Jotanga, Desa Wiro, Desa Tawang Rejo, Desa Talang, Desa Tegalrejo, Desa Jambakan, Desa Ngerangan, Desa Ngawen, Desa Kaligayam. Satuan ini mempunyai kemiringan rata-rata 4% dan beda tinggi 15 m. Pola pengaliran yang berkembang adalah rectangular dan dendritik, dengan litologi penyusun dominasi endapan material lepas berukuran lempung-pasir. Satuan ini dimanfaatkan sebagai permukiman dan lahan persawahan (Gambar 4.1).



**Gambar 4. 1** Satuan Geomorfologi fluvial terrace (F6), (arah foto menghadap ke selatan) diambil dari LP 82a.

#### 4.1.1.2. Satuan Bergelombang lemah – Tersayat Lemah Denudasional (D1)

Satuan geomorfo ini menempati  $\pm 72\%$  dari seluruh daerah penelitian, meliputi Desa Mertelu, Desa Natah, Desa Pilangrejo, Desa Ngawen, Desa Kampung, Desa Dukuh, Desa Gunung Gajah. Desa Jarum, Desa Ngenahan, Desa Beluk, Desa Jiwo wetan, Desa Melikan dan Desa Kaligayam, Satuan ini memiliki kemiringan rata rata  $34\%$  dan beda tinggi rata rata  $48\text{ m}$ . Pola pengaliran yang berkembang yaitu rectangular dan dendritic. satuan ini disusun oleh litologi batuan malihan dan diorit pada bagian utara, tuf dan breksi lapili pada bagian selatan, satuan ini dimanfaatkan sebagai permukiman, perkebunan dan juga tempat wisata. (Gambar 4.2).



**Gambar 4. 2** Satuan Geomorfologi perbukitan – Tersayat kuat Denudasional D1 (arah foto menghadap Selatan) diambil dari LP 22

#### 4.1.1.4. Rivers beds (F1)

Satuan Geomorfologi ini menempati  $\pm 8\%$  dari seluruh daerah penelitian, meliputi seluruh tubuh sungai dengkek baru. Satuan ini masuk dalam pola pengaliran rectangular dan berstadia tua, dan banyak dijumpai endapan endapan channeled pada sisi tengah sungai. (Gambar 4.3).



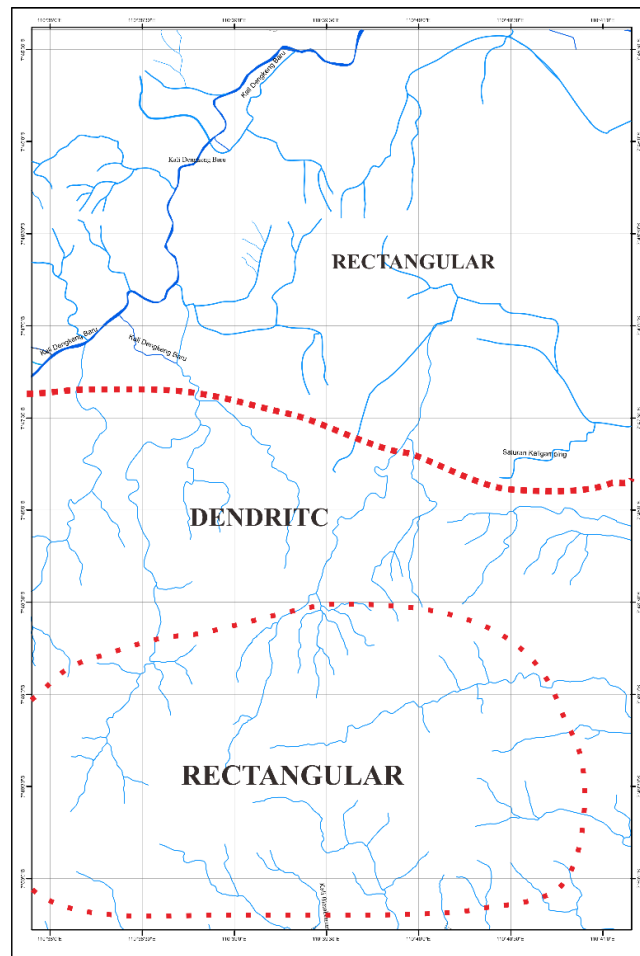
**Gambar 4.3** Satuan Geomorfologi *rivers beds* (F1) (arah foto menghadap ke utara) diambil di LP 80.

Adapun aspek-aspek yang mendukung untuk membagi satuan geomorfologi di atas yaitu pola pengaliran, morfogenesis, dan stadia daerah. Penjelasan masing-masing sebagai berikut:

#### 4.1.2. Pola Pengaliran

Pola-pola pengaliran berhubungan erat dengan topografi dan curah hujan, merupakan sifat-sifat yang paling penting untuk klasifikasi bentang alam. Pola pengaliran (*drainage pattern*) merupakan suatu pola dalam kesatuan ruang yang merupakan hasil penggabungan dari beberapa individu sungai yang saling berhubungan suatu pola dalam kesatuan ruang (Thornbury, 1969). Perkembangan dari pola pengaliran dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor

antara lain adalah kemiringan lereng, perbedaan resisten batuan, struktur geologi, proses vulkanik kuartar, serta sejarah dan stadia geomorfologi dari cekungan pola aliran (*drainage basin*). Berdasarkan dari pengamatan peta topografi maupun pengamatan di lapangan, pola pengaliran di daerah penelitian dapat dibagi menjadi dua pola pengaliran utama (Gambar 4.4)



**Gambar 4. 4** Pola pengaliran pada daerah penelitian secara umum dibagi menjadi 2 pola pengaliran, yaitu pola Retangular,dan Dendritik.

### 1. Pola Pengaliran Rectangular

Pola aliran ini dibentuk oleh percabangan sungai-sungai yang membentuk sudut siku-siku, lebih banyak dikontrol oleh faktor resistensi batuan, dan kekar. Pola

pengaliran ini meliputi  $\pm 85\%$  dari daerah penelitian. Sungai yang termasuk ke pola pengaliran ini adalah Sungai Dengkeng Baru. Pola pengaliran ini berkembang di satuan geomorfologi perbukitan – tersayat lemah denudasional hingga perbukitan - tersayat kuat struktural. Pola pengaliran ini berkembang di satuan Tuf Kebobutak hingga satuan Tuf Semilir, Satuan Lapili Semilir, Satuan Malihan Jiwo dan Satuan Breksi Nglanggeran.

## **2. Pola Pengaliran Dendritik**

Pola Dendritik mencerminkan resistensi batuan atau homogenitas batuan yang seragam, mempunyai bentuk menyerupai cabang-cabang pohon dan biasanya terlihat lapisan horisontal atau miring landai. Pola pengaliran ini meliputi  $\pm 15\%$  dari daerah penelitian. Sungai yang termasuk ke pola pengaliran ini adalah cabang Sungai Dengkeng Baru. Pola pengaliran ini berkembang di satuan geomorfologi perbukitan – tersayat lemah denudasional. Pola pengaliran ini berkembang di satuan Tuf Kebobutak dan Satuan Endapan Aluvial.

### **4.1.3. Proses Geomorfologi**

Proses geomorfologi adalah semua proses fisika, kimia dan biologi yang mengakibatkan perubahan kepada bentuk bumi. Proses fisika ada yang berasal dari dalam bumi (seperti penerobosan batuan beku, dan deformasi tektonik pada kerak bumi) dan yang berasal dari luar bumi (seperti penyinaran oleh matahari, hujan, salju dan juga jatuhnya meteorit ke permukaan bumi). Proses kimia seperti proses pembentukan topografi karst yang melibatkan berbagai proses kimiawi. Proses biologi seperti aktivitas hewan dan akar tumbuhan.

Media geomorfologi mempunyai kemampuan untuk memperoleh dan mengangkut material lepas di permukaan bumi. Jika media berasal dari luar bumi, tetapi masih dalam lingkungan atmosfer, disebut proses eksogen. Jika media berasal dari dalam bumi, disebut proses endogen. Media yang datang dari luar bumi seperti meteorit, disebut proses luar bumi (*extraterrestrial*).

Bentuk lahan dari proses geomorfologi dapat berupa bentuklahan hasil (yang bersifat) membangun (*constructional landform*) atau bentuklahan hasil (yang bersifat) merusak (*detructional landform*). Proses dan media dapat menghasilkan bentuklahan berbeda di satu kawasan dengan kawasan lainnya, contoh: erosi oleh aliran sungai menghasilkan lembah (pengrusakan) dan juga dapat mewujudkan delta (membangun).

Proses - proses geomorfologi yang berada pada daerah penelitian yaitu proses endogen dan eksogen, proses - proses endogenik (berasal dari dalam) tersebut meliputi aktivitas vulkanisme dimana dicirikan dengan litologi batuan piroklastik yang dijumpai dan tektonik yang dicirikan adanya struktur kekar dan sesar yang berkembang pada lokasi penelitian. Proses pelapukan dan erosi yang cukup intensif pada bentuklahan denudasional, dan erosi serta pengendapan pada bentuk lahan denudasional pada daerah penelitian.

#### **4.1.4. Stadia Sungai**

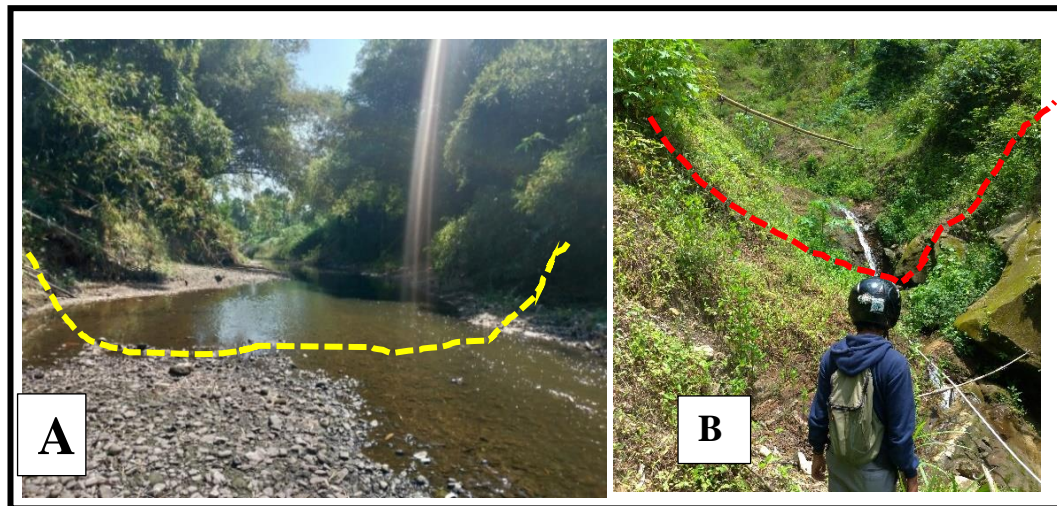
Tingkat stadia sungai dapat dibagi menjadi tiga stadia yaitu stadia muda, dewasa dan tua (Thornbury, 1969), Stadia sungai di daerah penelitian memperlihatkan stadia sungai muda – dewasa (Gambar 4.5).

Stadia muda, dicirikan oleh bentuk lembah sungai V, bentukan ini berkembang pada daerah Pegunungan Selatan (Bagian selatan daerah penelitian) yang disusun oleh batuan homogen berupa batuan piroklastik. Proses erosi vertikal lebih intensif, serta kecepatan aliran sungai relatif lebih cepat. Umumnya tidak memiliki dataran banjir dan batas antar sungai susah untuk dipisahkan, kemungkinan muncul air terjun, biasanya pada litologi yang resisten. Hal ini merupakan ciri khas pada stadia muda.

Stadia dewasa (Dibagian utara daerah penelitian) dicirikan oleh kecepatan aliran berkurang, gradien sungai sedang, dataran banjir mulai terbentuk, bentukan ini terbentuk pada bagian utara daerah penelitian, dengan kontur relatif landai. Beberapa litologi pada dasar dan tebing sungai mungkin muncul akibat erosi oleh arus sungai. Relief atau topografi tertinggi kemungkinan akan muncul pada stadia ini, erosi kesamping lebih kuat dibanding erosi vertikal pada tingkat ini sungai mencapai kedalaman paling besar,



serta lembah berbentuk U (Gambar 4. 5).



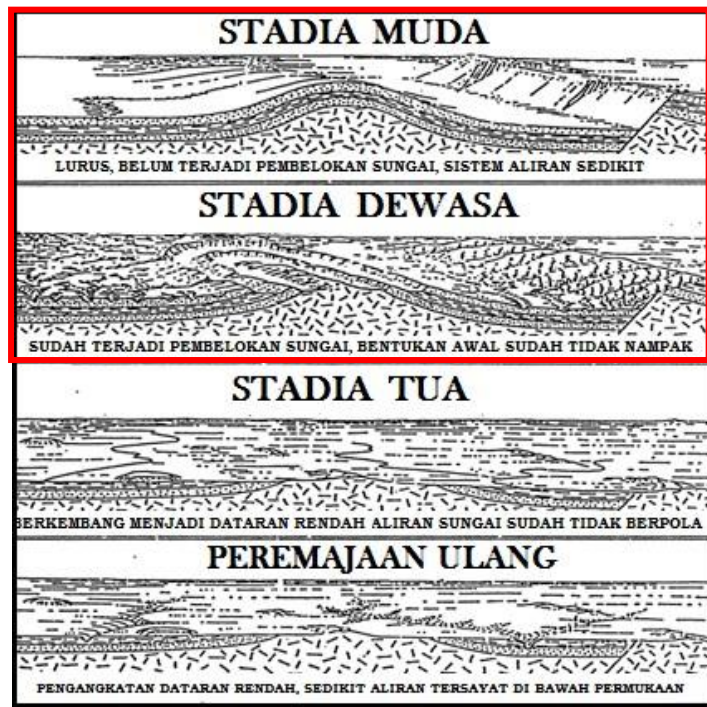
**Gambar 4. 5** A Kondisi fisik sungai daerah penelitian menunjukkan bentukan (U).  
B menunjukkan bentukan (V).

#### 4.2. Stadia Daerah

Stadia daerah merupakan gambaran tentang bagaimana suatu bentuk morfologi telah berubah dari bentuk morfologi aslinya. Tingkat kedewasaan suatu daerah dapat ditentukan dengan melihat keadaan bentang alam dan stadia sungai yang terdapat di daerah penelitian. Kondisi bentang alam di daerah penelitian secara dominan telah dipengaruhi oleh proses eksogenik yang sangat intensif, sehingga memperlihatkan adanya bukit sisa erosi akibat proses denudasional, erosi lateral lebih dominan dan morfologi relatif bergelombang - lemah.

Berdasarkan hasil perbandingan terhadap model tingkat stadia menurut Lobeck (1939), maka dapat disimpulkan secara umum stadia daerah penelitian termasuk dalam stadia muda - stadia dewasa (Gambar 4.6). Penggolongan stadia daerah ini sebagai data yang digunakan untuk membantu peneliti dalam menginterpretasi lebih jauh terhadap aspek-aspek geologi yang ada di daerah penelitian, hal ini di karenakan masing-masing tingkatan dalam stadia daerah di kontrol oleh proses-proses geologi, litologi, struktur geologi yang beragam.





**Gambar 4. 6** Stadia daerah penelitian menurut Lobeck (1939)

### 4.3. Stratigrafi Daerah Penelitian

Mengacu pada peta geologi regional lembar Surakarta Giritontro menurut Surono, (1992) dan ditambah peneliti terbaru menurut Koesoemadinata (2020) dengan tata penamaan satuan berdasarkan tatanama litostratigrafi tak resmi berdasarkan satuan batuan dan satuan litostratigrafi resmi berdasarkan Formasi. Berdasarkan hasil pemetaan geologi permukaan pengukuran penampang stratigrafi, analisis stratigrafi serta dikonfirmasi dan dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu, maka stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda meliputi:

1. Satuan malihan Jiwo
2. Satuan Batugamping *Numulites*
3. Intrusi Mikrodiorit Pendul
4. Satuan Tuf Kebobutak
5. Satuan Tuf Semilir

6. Satuan Breksi Nglangeran
7. Satuan Kalkarenit Wonosari
8. Satuan Endapan

**Tabel 4. 3** Kolom stratigrafi Surono, dkk (1969), Koesoemadinata (2020), dan statigrafi daerah penelitian.

UMUR		Statigrafi Daerah Penelitian			SATUAN	DESKRIPSI
		Surono, dkk 1969	Koesoemadinata 2020	Lokasi Penelitian 2022		
HOLOSEN	KUARTER				ENDAPAN ALUVIAL	Litologi satuan endapan lumpung - pasir kasar, satuan ini menempati ± 15,5 % daerah penelitian. Litologi satuan endapan lumpung - pasir kasar ini terdiri dari material lepas, tekstur: ukuran butir lumpung, pasir, kritis. Material tersusun oleh hasil berbagai jenis sumberan batuan yang belum terkonsolidasi.
PLISTOSEN						Satuan Kalkarenit Wonosari, penyebaran satuan ini mencakup ± 8 % dari luas daerah penelitian, tersusun dominan oleh kalkarenit berlapisi. Kalkarenit secara megaskopis memiliki ciri warna segar putih, warna lapuk kekuningan, struktur berlapisi, tekstur: ukuran butir pasir sedang, bentuk butir <i>sub rounded</i> , sertiasi baik, kemas tertutup. Satuan Kalkarenit Wonosari ini memiliki kisaran umur NR - N13 (Miosen Awal - Miosen Tengah) berdasarkan kehadiran <i>Globorotalia majori</i> , <i>Globigerina Linaperta</i> , <i>Orbulina bilobata</i> , <i>Globigerina woodi connexa</i> , <i>Globigerinoides trilobus</i> , <i>Globobulimina dufrenoyi</i> .
PLIOSEN	MIOSEN				KALKARENIT WONOSARI	
AKHIR					BREKSI NGLANGERAN	Satuan Breksi Andesi Nglangeran, penyebaran satuan ini menempati ± 6 % dari luas daerah penelitian, tersusun oleh litologi breksi andesi. Breksi andesi secara megaskopis memiliki ciri berwarna segar abu-abu, warna lapuk kecoklatan, memiliki struktur masif fragmental, tekstur klastik, ukuran butir pebble-boulder, bentuk butir sub angular, kemas terbuka, sertiasi buruk. (lampiran 3)
TENGAH					BREKSI LAPILI	Satuan Breksi Lapili Semilir, penyebaran satuan ini satuan ini menempati ± 12,5 % dari luas daerah penelitian, tersusun atas litologi tuf kasar - breksi lapili. Breksi lapili secara megaskopis memiliki ciri fisik berwarna segar abu - abu cerah, warna lapuk kekuningan, dengan struktur berlapisi. Memiliki tekstur: ukuran butir lapili (2 mm - 64 mm), bentuk butir angular, kemas terbuka, detail (lampiran 3)
AWAL					TUFF SEMILIR	Satuan Tuf Halus Semilir, penyebaran satuan ini menempati ± 10,5 % dari luas daerah penelitian, satuan ini tersusun atas tuf halus dan siltipin beksi andesi. Tuf halus secara megaskopis memiliki ciri fisik berwarna segar abu - abu cerah, warna lapuk kekuningan, struktur berlapisi, tekstur : ukuran butir tuf halus < 0.10 mm, bentuk butir angular, kemas tertutup, sertiasi baik, detail (lampiran 3)
OLIGOSEN	TERSIER				TUFF KEBOBUTAK	Satuan Tuf Kebobutak, penyebaran satuan ini menempati ± 15,5 % dari luas daerah penelitian. Satuan ini tersusun oleh tuf dan batupasir; tuf secara megaskopis memiliki ciri warna segar abu-abu, warna lapuk kecoklatan, struktur berlapisi, tekstur : ukuran butir tuf sedang, bentuk butir sub-angular, sertiasi baik, kemas tertutup. detail (lampiran 3)
EEOSEN					GAMPING NUMULTES	Satuan Batugamping Numultes, penyebaran satuan ini mencakup ± 4% dari luas daerah penelitian. Pada satuan ini tersusun oleh batugamping yang kaya akan fosil Numultes. Secara megaskopis mempunyai ciri fisik warna segar putih kekuningan dan warna lapuk abu-abu kehijauan, struktur masif, mempunyai tekstur butir -< 1 mm -> (maksudnya 1-2mm), bentuk butir sub rounded - sub angular, sertiasi buruk dan kemas terbuka, komposisi penyusutan mineral karbonat dan fosil foram.
PALEOSEN					INTRUSI DIORIT PENDUL	Jalur Diort Pendul, penyebaran satuan ini ± 14% dari luas daerah penelitian. Pada satuan ini dijumpai batuan intrusi diorit secara megaskopis memiliki ciri fisik warna segar abu-abu cerah, dan warna lapuk coklat kekuningan. Struktur masif, dengan tekstur intertek, dengan kristalisasi hipokratis, bentuk kristal euhedral- subhedral. (detail lampiran 3)
KAPUR					MALIHAN JIWO	Satuan Malihan Jiwo Pra Tersier. Penyebaran Satuan ini mencakup ± 14% dari luas daerah penelitian. Pada satuan ini dijumpai batuan metamorf yaitu sekis, filit dan marmer. detail (lampiran 3)

### 4.3.1. Satuan Malihan Jiwo

Satuan Malihan Jiwo merupakan satuan tertua yang tersingkap di daerah penelitian. Satuan ini tersusun atas kelompok batuan malihan diantaranya Skis, filit, dan Marmer, Satuan ini tersusun secara dominan oleh batuan metamorf filit. Berdasarkan ciri fisik batuan yang ditemukan di lapangan dengan memperhatikan tata cara penamaan satuan litostratigrafi tidak resmi yang tercantum dalam Sandi Stratigrafi Indonesia (Martodjojo dan Djuhaeni, 1996) dan mengacu pada stratigrafi regional Surono, dkk (1992), maka satuan ini diberi nama satuan

Malihan Jiwo.

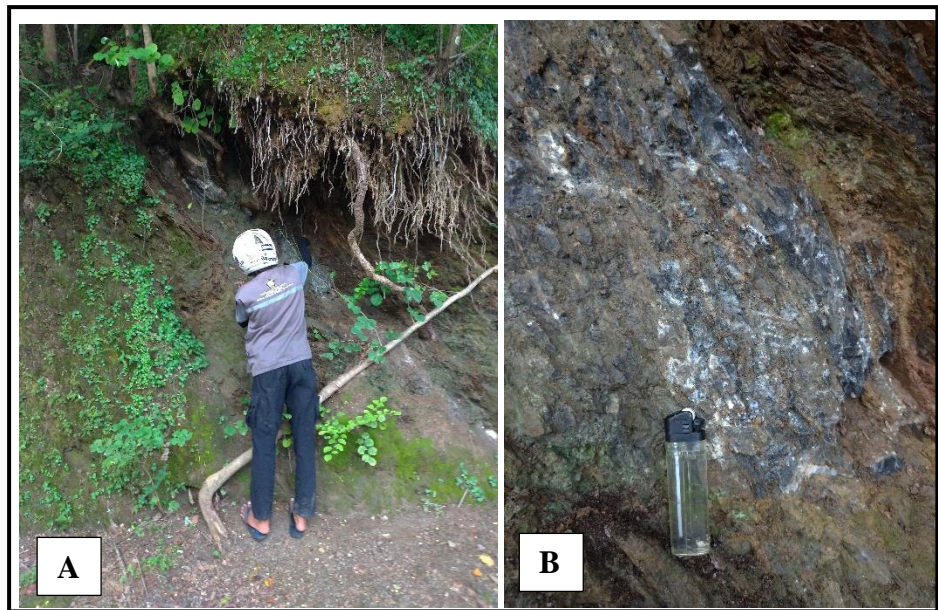
#### 4.3.1.1 Litologi Penyusun

Satuan Malihan Jiwo yang berumur Pra Tersier yang terdiri dari batuan metamorf yaitu sekis, filit dan kuarsit. Sekis memiliki ciri warna segar abu-abu kehijauan warna lapuk coklat kehitaman, struktur foliasi, tekstur kristaloblastik, bentuk kristal, euhedral-subhedral. Batuan tersusun oleh kristal/mineral berupa muskovit 48%, klorit 27%, mineral lempung 12%, kuarsa 8%, mineral opa 5% (Gambar 4.7) (Lampiran Petrografi). Filit dengan warna segar abu-abu dan warna lapuk coklat kekuningan, struktur foliasi, tekstur kristaloblastik, bentuk kristal, euhedral-subhedral, batuan tersusun oleh kristal/mineral berupa klorit 21%, mineral lempung 3%, kuarsa 5% (Gambar 4.8) (Lampiran Petrografi). Marmer dengan warna segar putih kecoklatan dan warna lapuk kehitaman, struktur non foliasi, tekstur kristaloblastik, bentuk kristal, euhedral-subhedral, batuan tersusun oleh kristal/mineral berupa kalsit dan 97%, kuarsa 3% (Gambar 4.9) (Lampiran Petrografi).

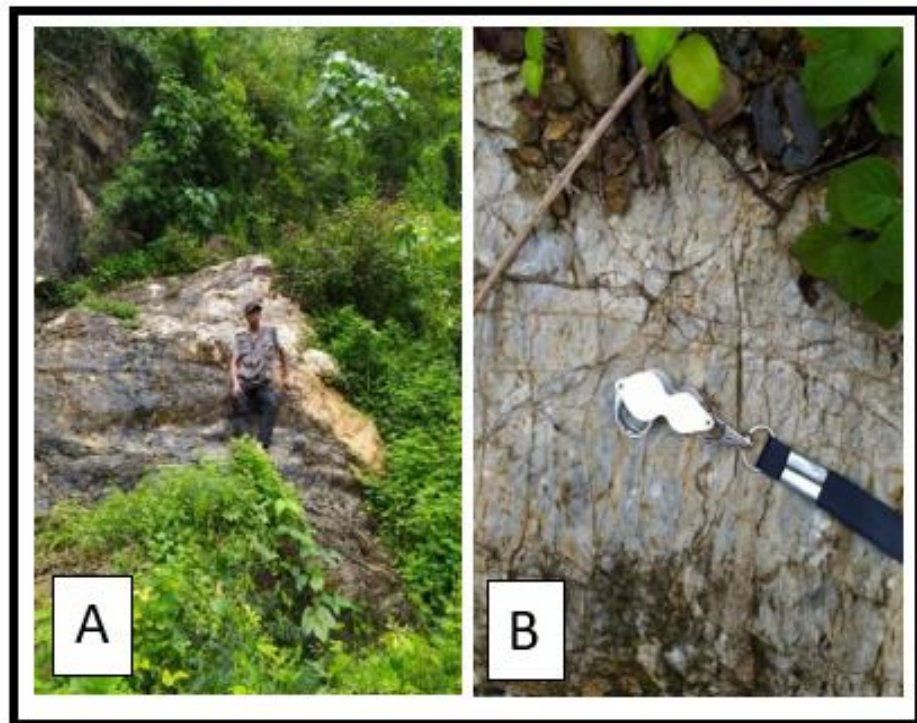


**Gambar 4. 7** Kenampakan singkapan batuan metamorf filit, B. Foto litologi filit dengan pembandingan palu pada lp 7.





**Gambar 4. 8** A. Kenampakan singkapan batuan metamorf skis pada lp 62, B. Foto litologi dengan pembanding korek api.



**Gambar 4. 9** A. Kenampakan singkapan batuan metamorf marmer, B. Foto litologi dengan pembanding loop pada Lp 50.

#### **4.3.1.2. Penyebaran dan Ketebalan**

Penyebaran Satuan malihan Jiwo ini menempati  $\pm 14\%$  dari luas daerah penelitian yang mempunyai penyebaran batuan relatif pada bagian tengah daerah penelitian, tersebar didaerah Desa Jiwo wetan, Desa Krakitan, Desa Krikilan, Desa Paseban, Desa Melikan, Desa Beluk, Desa Kebon, hingga Desa Tawangrejo, Kecamatan Bayat Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah. Di daerah penelitian satuan ini menempati satuan geomorfologi perbukitan – dataran Denudasional (D1). Berdasarkan pengukuran ketebalan di penampang geologi A – A', satuan ini mempunyai ketebalan  $\pm 200$  meter.

#### **4.3.1.3. Umur**

Identifikasi umur relatif satuan Malihan Jiwo ini tidak dapat dilakukan dengan analisa paleontologi, hal ini dikarenakan berdasarkan pengamatan di lapangan maupun analisa di laboratorium menunjukkan bahwa satuan ini tidak ditemukan adanya fosil plangtonik. Berdasarkan asumsi tersebut, maka analisis umur relatif satuan Malihan Jiwo ini dilakukan dengan cara melakukan korelasi dan kesebandingan dari penentuan umur yang dilakukan oleh peneliti terdahulu serta mengacu pada stratigrafi regional (Prasetyadi, 2007), yaitu pada Zaman Kapur Akhir. Hal itu berdasarkan penanggalan K-Ar (Tabel 4.2).

#### **4.3.1.4. Lingkungan Pengendapan**

Identifikasi lingkungan pengendapan satuan Malihan Jiwo ini tidak dapat dilakukan dengan menggunakan analisa paleontologi, hal ini berdasarkan pada pengamatan ciri fisik batuan di lapangan maupun analisis di laboratorium yang menunjukkan bahwa karakter batuan pada satuan ini tidak dijumpai fosil bentonik, maka dalam penentuan lingkungan pengendapan pada satuan Malihan Jiwo ini dilakukan berdasarkan pada data geologi regional yang menyatakan bahwa satuan Malihan Jiwo ini terbentuk pada lingkungan darat (Suroño,1992).

#### **4.3.1.5. Hubungan Stratigrafi**

Berdasarkan pada hasil pengamatan di daerah penelitian, hasil rekonstruksi penampang geologi A-A' dan B-B', serta mengacu pada stratigrafi regional (Suroso dkk, 1992), maka peneliti menarik kesimpulan bahwa hubungan stratigrafi antara satuan Malihan Jiwo dengan satuan yang berada di atasnya (Satuan Batugamping *Nummulites*) adalah tidak selaras (Tabel 4.2).

#### **4.3.2. Satuan Batugamping *Nummulites***

Satuan Batugamping *Nummulites* merupakan satuan yang tersingkap di bagian utara daerah penelitian. Satuan ini tersusun secara dominan oleh batuan batugamping yang kaya akan fosil. Berdasarkan ciri fisik batuan yang ditemukan di lapangan dengan memperhatikan tata cara penamaan satuan litostratigrafi tidak resmi yang tercantum dalam Sandi Stratigrafi Indonesia (Martodjojo dan Djuhaeni, 1996) dan mengacu pada stratigrafi regional Suroso, dkk (1992), maka satuan ini diberi nama satuan Batugamping *Nummulites*.

##### **4.3.2.1. Litologi Penyusun**

Satuan Batugamping *Nummulites* ini tersusun oleh litologi batuan sedimen yaitu batugamping yang kaya akan fosil *Nummulites*, secara megaskopis mempunyai ciri fisik warna segar putih kekuningan dan warna lapuk abu-abu kehitaman, struktur masif, tekstur meliputi ukuran butir <1 mm- <9 mm (skeletal 1-9mm). bentuk butir *sub rounded- sub angular*, sortasi buruk, kemas terbuka, komposisi penyusun mineral karbonat dan fosil foram. Secara mikroskopis. Secara umum sayatan batuan menunjukkan struktur masif. Tekstur klastik berupa ukuran butir 0,01-0,22 mm (lempung-pasir halus), bentuk butir membulat hingga menyudut tanggung, kemas tertutup, sortasi baik dan terdapat lubang-lubang (pori). Batuan tersusun oleh fosil 37%, kalsit 2%, opa 3%, lumpur karbonat 58%. Nama batuan : *Wackestone* (Dunham, 1962) (Lampiran Petrografi)..



**Gambar 4. 10** A-B Kenampakan ciri litologi Satuan Batugamping *Nummulites* yang menunjukkan kemiringan ke arah tenggara, C. Litologi dengan pembeding kompas pada LP 59

#### 4.3.2.2. Penyebaran dan Ketebalan

Satuan Batugamping *Nummulites* ini menempati  $\pm 4\%$  luas dari daerah penelitian, terletak pada bagian utara. Berada di wilayah Desa Gunung Gajah dan Desa Kebon, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah (Gambar 4.10). Di daerah penelitian satuan ini menempati satuan geomorfologi perbukitan dan dataran denudasional (D3). Berdasarkan pengukuran ketebalan di penampang geologi B – B', satuan ini mempunyai ketebalan  $\pm 120$  meter (Lampiran 3).

#### 4.3.2.3 Umur

Identifikasi umur relatif Satuan Batugamping *Nummulites* ini didapatkan



dari hasil pengamatan fosil plangtonik (Setiawati dkk, 2013) serta kesebandingan terhadap data geologi regional. Berdasarkan dari data tersebut, ditemukan fosil *Orthophragmina javana*, *Orthophragmina dispansa*, *Orthophragmina omphalus*, *Nummulites bagelensis*, dan *N. pengaronensis* sehingga dinyatakan memiliki umur Eosen tengah – Eosen akhir (Tabel 4.3).

#### **4.3.2.4 Lingkungan Pengendapan**

Identifikasi lingkungan pengendapan satuan Batugamping *Nummulites* ini didapatkan dari hasil pengamatan fosil plangtonik (Setiawati dkk, 2013) serta kesebandingan terhadap data geologi regional. Berdasarkan dari data tersebut, satuan Batugamping *Nummulites* terbentuk pada lingkungan neritik tengah-neritik luar (20-200 m).

#### **4.3.2.5 Hubungan Stratigrafi**

Berdasarkan pada hasil pengamatan di daerah penelitian, hasil rekonstruksi penampang geologi A-A'dan B-B', serta mengacu pada stratigrafi regional (Suroño dkk,1992), maka hubungan stratigrafi antara Batugamping *Nummulites* dengan satuan yang berada di atasnya dan adalah tidakselaras (Tabel 4.2).

#### **4.3.3. Intrusi Diorit Pendul**

Satuan Intrusi Diorit merupakan satuan yang tersingkap di bagian utara daerah penelitian. Satuan ini tersusun secara dominan oleh batuan intrusi diorit. Berdasarkan ciri fisik batuan yang ditemukan di lapangan dengan memperhatikan tata cara penamaan satuan litostratigrafi tidak resmi yang tercantum dalam Sandi Stratigrafi Indonesia (Martodjojo dan Djuhaeni, 1996) dan mengacu pada stratigrafi regional Suroño, dkk (1992), maka satuan ini diberi nama satuan Intrusi Diorit Pendul.

#### 4.3.3.1. Litologi Penyusun

Intrusi Diorit Pendul memiliki warna segar abu – abu cerah, dan warna lapuk coklat kekuningan. struktur masif, dengan tekstur fanerik, derajat kristalisasi hipokristalin, bentuk kristal euhedral – subhedral, komposisi mineral yaitu terdiri dari plagioklas, biotit, hornblende dan kuarsa. Secara umum sayatan batuan menunjukkan struktur masif dengan tekstur berupa holokristalin, fanerik halus dengan ukuran mineral 1.82 mm, bentuk mineral anhedral-subhedral, relasi inequigranular (porfiritik). Batuan tersusun oleh kristal/mineral berupa plagioklas (56%), k-feldspar (6%), clinopiroksen (29%), dan mineral opa 9%. nama batuan : *Diorite* (Streckeisen, 1976) (Lampiran petrografi).



**Gambar 4. 11** Kenampakan singkapan Intrusi Diorit pada LP 41. (Arah foto menghadap ke barat)

#### 4.3.3.2. Penyebaran dan Ketebalan

Satuan Intrusi diorit ini menempati  $\pm 14\%$  dari luas daerah penelitian, tersebar pada bagian utara, tepatnya terletak pada Desa Melikan, Desa Banyuripan, Desa Krakitan, Desa Paseban, dan Gunung Gajah. Secara geologi regional ketebalan pada satuan intrusi diorit  $\pm 200$  m (Lampiran 3).

#### **4.3.3.3. Umur**

Identifikasi umur relatif Satuan Intrusi Diorit Pendul ini tidak dapat dilakukan dengan analisa paleontologi, hal ini dikarenakan berdasarkan pengamatan di lapangan maupun analisa di laboratorium menunjukkan bahwa karakter batuan pada satuan ini tidak terawetkannya fosil plangtonik. Berdasarkan asumsi tersebut, maka analisis umur relatif Intrusi Diorit Pendul ini dilakukan dengan cara melakukan kesebandingan terhadap data geologi regional. Berdasarkan kesebandingan ciri fisik batuan pada stratigrafi regional menurut (Surono,1992 dan 2008) didapatkan dari penarikan K/Ar menunjukkan bahwa Intrusi Diorit Pendul dibentuk oleh tiga episode kegiatan magmatisme, yaitu periode  $39,82 + 1,49 - 33,15 + 1,00$  jtl atau Eosen Akhir - Oligosen Awal, periode kedua  $31,29 + 0,90$  dan  $24,25 + 0,65$  jtl atau Oligosen Akhir – Miosen (Lampiran 3).

#### **4.3.3.4 Lingkungan Pengendapan**

Identifikasi lingkungan pengendapan Satuan Intrusi Diorit Pendul ini tidak dapat dilakukan dengan menggunakan analisa paleontologi, hal ini berdasarkan pada pengamatan ciri fisik batuan di lapangan maupun analisa laboratorium yang menunjukkan bahwa karakter batuan pada satuan ini tidak terawetkannya fosil bentonik, maka dalam penentuan lingkungan pengendapan pada satuan Intrusi Diorit Pendul ini dilakukan berdasarkan pada data geologi regional yang menyatakan bahwa satuan ini terbentuk pada lingkungan darat (Surono,1992).

#### **4.3.2.5. Hubungan Stratigrafi**

Berdasarkan pada hasil pengamatan di daerah penelitian, hasil rekonstruksi penampang geologi A-A', dan B-B' serta mengacu pada stratigrafi regional (Surono dkk,1992), maka peneliti menarik kesimpulan bahwa hubungan stratigrafi antara Satuan Intrusi Diorit Pendul dengan satuan yang

berada di atasnya Satuan Tuf Kebobutak adalah tidakselaras (Tabel 4.2).

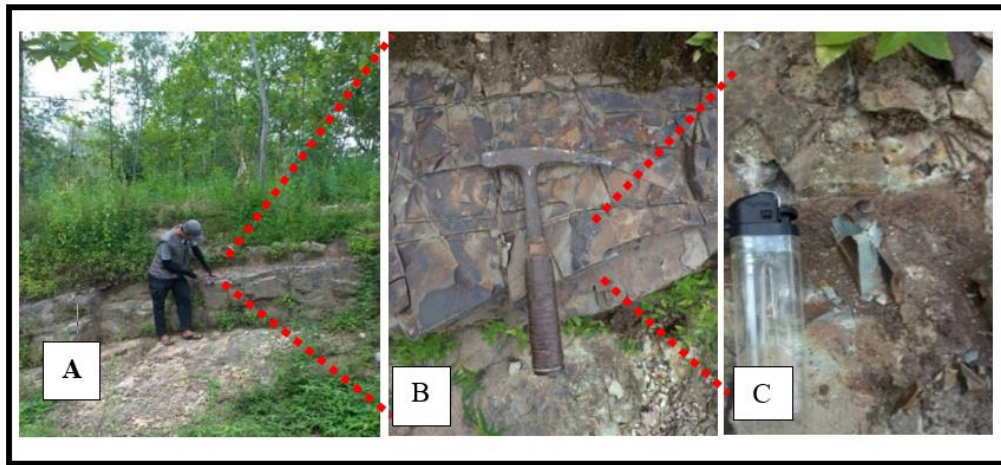
#### **4.3.4. Satuan Tuf Kebobutak**

Satuan Tuf Kebobutak merupakan satuan yang tersingkap di bagian selatan daerah penelitian. Satuan ini tersusun secara dominan oleh batuan piroklastik yaitu tuf. Berdasarkan ciri fisik batuan yang ditemukan di lapangan dengan memperhatikan tata cara penamaan satuan litostratigrafi tidak resmi yang tercantum dalam Sandi Stratigrafi Indonesia (Martodjojo dan Djuhaeni, 1996) dan mengacu pada stratigrafi regional Surono, dkk (1992), maka satuan ini diberi nama Satuan Tuf Kebobutak.

##### **4.3.4.1. Litologi Penyusun**

Satuan Tuf Kebobutak ini dominan tersusun oleh tuf halus dan batupasir. Secara megaskopis, ciri fisik dari tuf mempunyai warna segar abu-abu, warna lapuk kecoklatan, struktur berlapis, ukuran butir abu halus - kasar, ukuran butir menyudut, sortasi baik, kemas tertutup. Secara mikroskopis, sayatan menunjukkan struktur masif, tekstur berupa ukuran butir <0.10 mm, bentuk butir cenderung menyudut-menyudut tanggung, kemas tertutup, tersortasi baik. Batuan tersusun oleh kristal/mineral berupa kuarsa 10%, mineral opa 3%, dan gelas vulkanik 87%, nama batuan : *Vitric tuff* (Schmid, 1981) (Lampiran Petrografi).

Secara megaskopis, ciri fisik dari batupasir tufan mempunyai warna segar abu-abu, warna lapuk kecoklatan, struktur berlapis, ukuran butir abu sedang - kasar, ukuran butir menyudut - membulat, sortasi baik, kemas tertutup. Secara mikroskopis, Secara umum sayatan menunjukkan struktur masif, tekstur berupa ukuran butir <0.10 mm, bentuk butir cenderung menyudut-menyudut tanggung, kemas tertutup, tersortasi baik. Komposisi penyusun batuan berupa gelas vulkanik (53%), litik (11%), mineral plagioklas (11%), piroksen (2,5%), mineral opak (1,75%). nama batuan : *Vitric tuff* (Schmid, 1981) (Lampiran Petrografi).



**Gambar 4. 12** Kenampakan ciri litologi Satuan Tuf Kebobotak : a. Kenampakan singkapan Tuf Kebobotak yang menunjukkan struktur perlapisan pada LP 90.(foto diambil menghadap ke barat)

#### 4.3.4.2. Penyebaran dan Ketebalan

Penyebaran Satuan Tuf Kebobotak ini menempati  $\pm 15,5 \%$  dari luas daerah penelitian dan tersebar memanjang secara horizontal dari barat ke timur di bagian selatan daerah penelitian dengan arah kemiringan dominan relatifkeselatan (sebaran srike 110'- 140' dengan dip 10-30'). Satuan ini meliputi daerah Desa Mertelu, Desa Negerangan dan Desa Tancep, dan Tegalrejo. Pada daerah penelitian satuan ini menempati Satuan Geomorfologi Pegunungan dan dataran denudadional (D1). Ketebalan Satuan Tuf Kebobotak ini berdasarkan penampang A-A' yaitu  $\pm 670$  meter (Lampiran 3).

#### 4.3.4.3. Umur

Penentuan umur pada Tuf Kebobotak dilakukan berdasarkan pada hasil analisa paleontologi terhadap kandungan fosil foraminifera plangtonik yang terdapat pada lapisan atas, tengah, bawah. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka dapat diketahui bahwa satuan Tuf Kebobotak ini memiliki kisaran umur N2 – N4 (Oligosen Akhir – Miosen Awal) yang didasarkan atas kemunculan

akhir *Globorotalia nana* kemunculan awal *Globigerina tripartite*, *Globorotalia acostaensis*, *Globigerina binaiensis*, *Globorotalia kugleri* dan kemunculan akhir *Globigerina selli* dan *Globoquadrina dehiscens* dan *Globorotalia angulisuturalis*.

**Tabel 4. 5** Umur Formasi Kebobutak Atas, lokasi pengambilan sampel pada LP 6, Jalur Sungai Cermo, Tegalrejo. Dengan kemunculan akhir *Globigerina selli*

TOP 1

No	Satuan batupasir Kebobutak	Oligosen			Miosen													Pliosen			Kuarter						
		P18	P19	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23	
1	<i>Globigerina preabulloides</i>																										
2	<i>Globorotalia opima</i>																										
3	<i>Globigerina selli</i>																										
4	<i>Globigerina ciperoensis</i>																										
5	<i>Globigerinoides trilobus</i>																										
6																											

**Tabel 4. 4** Umur Satuan Kebobutak Atas bagian 2 lokasi pengambilan sampel pada LP 5, Jalur Sungai Cermo, Tegalrejo. Dengan kemunculan akhir *Globigerina selli*

TOP 2

No	Satuan batupasir Kebobutak	Oligosen			Miosen													Pliosen			Kuarter						
		P18	P19	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23	
1	<i>Globigerinoides trilobus</i>																										
2	<i>Globigerina selli</i>																										
3	<i>Globigerina ciperoensis</i>																										
4																											
5																											

**Tabel 4. 5** Umur Satuan Kebobutak Bagian Tengah, bagian 1 lokasi pengambilan sampel LP 4, Jalur Sungai Cermo, Tegalrejo dengan kemunculan awal *Globigerina binaiensis*

MID 2

No	Satuan batupasir Kebobutak	Oligosen			Miosen													Pliosen			Kuarter						
		P18	P19	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23	
1	<i>Globigerina selli</i>																										
2	<i>Globigerina binaiensis</i>																										
3	<i>Globigerina tripartita</i>																										
4	<i>Globorotalia angulisuturalis</i>																										
5	<i>Globigerina ciperoensis</i>																										
6																											

**Tabel 4. 8** Umur Satuan Kebobutak bagian tengah, lokasi pengambilan sampel pada LP 3, jalur Sungai Cermo, Tegalrejo dengan kemunculan akhir *Globigerina binaiensis*, *Globigerioides primordius*, dan *Globorotalia kugleri*

MID 1|

Satuan batupasir Kebobutak		Oligosen		Miosen														Pliosen			Kuarter					
				Awal				Tengah				Akhir														
No	Jenis Plangtonik	P18	P19	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23
1	<i>Globigerina binaiensis</i>																									
2	<i>Globigerina selli</i>																									
3	<i>Globigerioides primordius</i>																									
4	<i>Globorotalia kugleri</i>																									
5	<i>Globorotalia siakensis</i>																									
6	<i>Globigerina preabuloides</i>																									
7																										
8																										
9																										

**Tabel 4. 11** Umur Satuan Kebobutak Bagian Bawah 2 (BOT), lokasi pengambil sampel pada LP 2, jalur Sungai Cermo, Tegalrejo dengan kemunculan awal *Globorotalia acostaensis*

Bot 2

Satuan batupasir Kebobutak		Oligosen		Miosen														Pliosen			Kuarter					
				Awal				Tengah				Akhir														
No	Jenis Plangtonik	P18	P19	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23
1	<i>Globigerina selli</i>																									
2	<i>Globigerina tripartita</i>																									
3	<i>Globigerina gortani</i>																									
4	<i>Globigerina preabuloides</i>																									
5	<i>Globorotalia acostaensis</i>																									
6	<i>Globorotalia siakensis</i>																									
7	<i>Globigerina ciperoensis</i>																									
8	<i>Globorotalia opima</i>																									
9																										
10																										

**Tabel 4. 14** Umur Satuan Kebobutak Bagian Bawah Lokasi Pengambilan Sampel Pada Lp 1, Jalur Sungai Cermo, Tegalrejo dengan kemunculan akhir *Globorotalia nana*

Satuan batupasir Kebobutak		Oligosen		Miosen														Pliosen			Kuarter					
				Awal				Tengah				Akhir														
No	Jenis Plangtonik	P18	P19	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23
1	<i>Globigerina tripartita</i>																									
2	<i>Globorotalia siakensis</i>																									
3	<i>Globorotalia angulicostata</i>																									
4	<i>Globigerina gortani</i>																									
5	<i>Globorotalia nana</i>																									
6	<i>Globigerina preabuloides</i>																									
7																										
8																										
9																										
10																										



#### 4.3.4.4. Lingkungan Pengendapan

Penentuan lingkungan pengendapan pada satuan Tuf Kebobutak dilakukan berdasarkan pada hasil analisis paleontologi terhadap kandungan fosil foraminifera bentonik yang terdapat pada lapisan atas, tengah, bawah. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka dapat diketahui bahwa satuan Tuf Kebobutak ini terendapkan di kedalaman 200 – 500 meter di lingkungan laut neritik tengah – bathyal atas (Tipsword, Setzer, dan Smith 1966) berdasarkan kehadiran *Prondikularia sp* (Cushman, 1911) (Lampiran 5).

**Tabel 4. 16** Analisa lingkungan pengendapan Lp 6 menunjukkan Neritik bawah - Bathyal

Benton		Paleobatimetry: Satuan Tuf Kebobutak BOT						
PALEOBATIMETRY		TRANSISIS	ZONA BATIMETRI (METER)					ABYSAL
			UPPER(0-30)	MIDDEL(30-90)	LOWER(80-200)	MIDDEL(500-1000)	LOWER(1000-2000)	
NOMOR		NERITIK			BATHYAL			
SPESIES								
BENTONIK								
	<i>Bulimina acuilata</i>							
	<i>Textularia sp.</i>							
	<i>Nodosaria sp.</i>							
	<i>Cibicides robustus</i>							

**Tabel 4. 17** Analisa lingkungan pengendapan Lp 5 menunjukkan Neritik tengah-bawah

Benton		Paleobatimetry: Satuan Tuf Kebobutak BOT						
PALEOBATIMETRY		TRANSISIS	ZONA BATIMETRI (METER)					ABYSAL
			UPPER(0-30)	MIDDEL(30-90)	LOWER(80-200)	MIDDEL(500-1000)	LOWER(1000-2000)	
NOMOR		NERITIK			BATHYAL			
SPESIES								
BENTONIK								
	<i>Eponides regularis</i>							
	<i>Textularia sp.</i>							
	<i>Sigmoilina schumberger</i>							

**Tabel 4. 18** Analisa lingkungan pengendapan Lp 4 menunjukkan Neritik tengah

Bentonik		Paleobatimetry: Satuan Tuf Kebobutak BOT						
PALEOBATIMETRY		TRANSISIS	ZONA BATIMETRI (METER)					ABYSAL
			UPPER(0-30)	MIDDEL(30-90)	LOWER(80-200)	MIDDEL(500-1000)	LOWER(1000-2000)	
NOMOR		NERITIK			BATHYAL			
SPESIES								
BENTONIK								
	<i>Adelosina semistriata</i>							
	<i>Operculina ammonides.</i>							

**Tabel 4. 19** Analisa lingkungan pengendapan Lp 3 menunjukkan Neritik tengah-bawah

Benton		Paleobatimetry Satuan Tuf Kebobutak BOT					
PALEOBATIMETRY		TRANSISIS	ZONA BATIMETRI (METER)				ABYSAL
			UPPER(0-30)	MIDDEL(30-90)	LOWER(80-200)	MIDDEL(500-1000)	LOWER(1000-2000)
NOMOR	SPESES		NERITIK			BATHYAL	
BENTONIK							
	<i>Textularia</i> sp						
	<i>Cassidulina Corcorasi</i>						

**Tabel 4. 20** Analisa lingkungan pengendapan Lp 1 menunjukkan Neritik tengah

Benton		Paleobatimetry Satuan Tuf Kebobutak BOT					
PALEOBATIMETRY		TRANSISIS	ZONA BATIMETRI (METER)				ABYSAL
			UPPER(0-30)	MIDDEL(30-90)	LOWER(80-200)	MIDDEL(500-1000)	LOWER(1000-2000)
NOMOR	SPESES		NERITIK			BATHYAL	
BENTONIK							
	<i>Amphistegina gibbosa</i>						
	<i>Textularia</i> sp.						

#### 4.3.4.5. Hubungan Stratigrafi

Berdasarkan pada hasil pengamatan di daerah penelitian, hasil rekontruksi penampang geologi A-A', serta mengacu pada stratigrafi regional (Suroño dkk,1992), maka peneliti menarik kesimpulan bahwa hubungan stratigrafi antara Satuan Tuf Kebobutak dengan satuan yang berada di atasnya Satuan Tuf Semilir adalah selaras (Tabel 4.2).

#### 4.3.5. Satuan Tuf Semilir

Satuan Tuf Semilir merupakan satuan yang tersingkap di bagian Selatan daerah penelitian. Satuan ini tersusun secara dominan oleh batuan piroklastik yaitu tuf halus. Berdasarkan ciri fisik batuan yang ditemukan di lapangan dengan memperhatikan tata cara penamaan satuan litostratigrafi tidak resmi yang tercantum dalam Sandi Stratigrafi Indonesia (Martodjojo dan Djuhaeni, 1996) dan mengacu

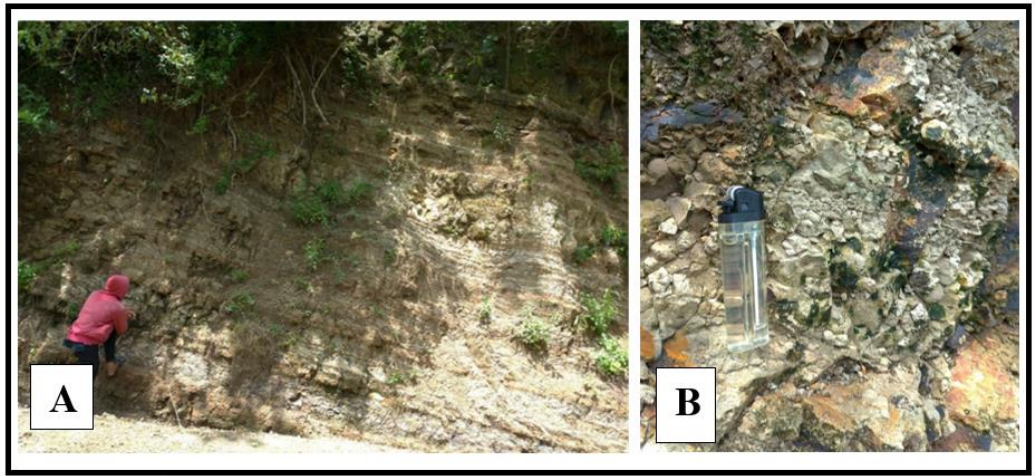
pada stratigrafi regional Surono, dkk (1992), maka satuan ini diberi nama Satuan Tuf Semilir.

#### **4.3.5.1. Litologi Penyusun**

Satuan Tuf Halus Semilir, satuan ini tersusun atas tuf halus dan sisipan breksi andesit. Tuf halus secara megaskopis memiliki ciri litologi berwarna segar abu-abu cerah, dan berwarna lapuk coklat kekuningan, struktur berlapis, tekstur; ukuran butir tuff halus < 0.10 mm, bentuk butir angular, kemas tertutup, sortasi baik, batuan tersusun oleh kristal/mineral berupa kuarsa 1%, mineral opak 2%, dan gelas vulkanik 97%, nama batuan : *Vitric tuff* (Schmid, 1981) (Lampiran petrografi).

Breksi andesit secara megaskopis memiliki ciri fisik matrik berwarna segar abu-abu, warna lapuk coklat, struktur masif, ukuran butir pasir kasar-krikil, bentuk butir sub-angular, kemas terbuka, sortasi buruk, mempunyai fragmen andesit, matriks pasir tufaan, semen silika. Matriks pasir tufaan secara megaskopis berwarna segar abu-abu cerah dan warna lapuk kecoklatan, dengan struktur masif, ukuran butir pasir kasar, bentuk butir sub angular, sortasi sedang, kemas tertutup. Secara mikroskopis sayatan pasir tufaan menunjukkan struktur masif, tekstur berupa ukuran butir < 0.10 mm, bentuk butir cenderung menyudut-menyudut tanggung, kemas tertutup, tersortasi baik. Komposisi penyusun batuan berupa gelas vulkanik (53%), litik (21,75%), mineral plagioklas (11%), feldspar (7%), kuarsa (4,5%), mineral opak (1,75%) nama batuan : *Vitric tuff* (Schmid, 1981) (Lampiran petrografi)..

Batuan andesit (fragmen) mempunyai warna segar abu-abu hitam, warna lapuk hitam, tekstur afanitik, bentuk kristal subhedral, derajat kristalisasi, hipokristalin, struktur masif. Secara mikroskopis, sayatan menunjukkan struktur masif, derajat kristalisasi hipokristalin, bentuk mineral relatif euhedral-subhedral, relasi inequigranular porfiritik di mana fenokris tertanam pada massa dasar berupa mineral yang lebih kecil. Komposisi berupa mineral plagioklas (82,75%), feldspar (12%), opak (4,75%) dan kuarsa (0,5%), nama batuan : *Basal Andesite* (Streckeisen, 1978) (Lampiran petrografi).



**Gambar 4. 13** A. Kenampakan singkapan pada LP 105. (foto diambil menghadap ke selatan). B. Kenampakan ciri litologi Satuan Tuf Halus Semilir

#### 4.3.5.2. Penyebaran dan Ketebalan

Penyebaran Satuan ini menempati  $\pm 10,5\%$  dari luas daerah penelitian, mempunyai penyebaran batuan relatif pada bagian selatan daerah penelitian. memanjang secara horizontal dari barat ke timur. Penyebaran satuan ini meliputi Desa Tancep, Desa Ngawen, Desa Mertelu dan Desa Nglipar. Kecamatan Nglipar, Kabupaten Gunungkidul, Provinsi Daerah Isimewa Yogyakarta, Ketebalan Satuan Tuf Halus Semilir ini berdasarkan penampang A-A' yaitu  $\pm 600$  meter (Lampiran 3).

#### 4.3.5.3. Umur

Penentuan umur pada Tuf Semilir dilakukan berdasarkan pada hasil korelasi kesebandingan dengan beberapa sumber dan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Suroño (2008), menyebutkan formasi ini terbentuk selaras diatas formasi Kebobutak, yaitu terbentuk pada kala N5- N8 (Miosen Awal) pada bagian bawah dan miosen akhir pada bagian atas.

#### **4.3.5.4 Lingkungan Pengendapan**

Penentuan lingkungan pengendapan pada satuan Tuf Semilir dilakukan berdasarkan pada hasil analisis paleontologi terhadap kandungan fosil foraminifera bentonik yang terdapat pada lapisan atas, tengah, bawah. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka dapat diketahui bahwa satuan Tuf Semilir ini terendapkan di kedalaman 30 – 80 meter di lingkungan laut neritik tengah (Tipsword, Setzer, dan Smith 1966) berdasarkan kehadiran *Bolivina zedirectus* (Cushman, 1911), *Nodosaria noumanreus* (Lamarck, 1816)

#### **4.3.5.5. Hubungan Stratigrafi**

Berdasarkan pada hasil pengamatan di daerah penelitian, hasil rekonstruksi penampang geologi A-A', serta mengacu pada stratigrafi regional (Suroso dkk, 1992), maka peneliti menarik kesimpulan bahwa hubungan stratigrafi antara Satuan Tuf Semilir dengan satuan yang berada di atasnya (Satuan Breksi Lapili) dan adalah selaras (Tabel 4.2)..

#### **4.3.6. Satuan Breksi Lapilli Semilir**

Satuan Tuf Semilir Atas merupakan satuan yang tersingkap di bagian Selatan daerah penelitian. Satuan ini tersusun secara dominan oleh batuan piroklastik yaitu breksi lapili. Berdasarkan ciri fisik batuan yang ditemukan di lapangan dengan memperhatikan tata cara penamaan satuan litostratigrafi tidak resmi yang tercantum dalam Sandi Stratigrafi Indonesia (Martodjojo dan Djuhaeni, 1996) dan mengacu pada stratigrafi regional Suroso, dkk (1992), maka satuan ini diberi nama Satuan Breksi Lapili Semilir.

##### **4.3.6.1. Litologi Penyusun**

Satuan Tuf Lapili Semilir; satuan ini tersusun atas litologi berupa tuf kasar - breksi lapili. Breksi lapilli memiliki ciri litologi berwarna segar abu - abu cerah dan warna lapuk kekuningan, dengan struktur berlapis. Memiliki tekstur;

ukuran butir lapili (2 mm - 64 mm), bentuk butir angular, kemas terbuka, sortasi buruk dengan matrial penyusun batuan tersusun oleh kristal/mineral berupa plagioklas 17%, orthopiroksen 3%, gelas vulkanik 61%, dan mineral opaq 3%. Nama Batuan : *Vitric tuff* (Schmid, 1981) (Lampiran petrografi).

Tuff kasar mempunyai ciri warna segar abu abu terang, warna lapuk coklat kehitaaman, struktur berlapis, tekstur ukuran butir tuff kasar, bentuk butir angular, sortasi sedang, kemas tertutup. Dengan matrial penyusun gelas vulkanik, secara mikroskopis, sayatan batuan menunjukkan struktur massif dengan tekstur berupa ukuran butir 1,05 mm, bentuk butir cenderung membulat tanggung-menyudut, kemas terbuka dan sortasi sedang. Batuan tersusun oleh kristal/mineral berupa kuarsa 5%, clinopiroksen 2%, feldspar 3%, plagioklas 3%, gelas vulkanik 79%, dan litik 8%. nama batuan : *Vitric tuff* (Schmid, 1981) (Lampiran Petrografi).



**Gambar 4. 14** Kenampakan singkapan breksi lapilli. B. Foto litologi yang menunjukkan ukuran butir lapilli (foto diambil menghadap ke arah timurlaut) pada LP 117.





Nglangeran) adalah selaras (Tabel 4.2)..

#### **4.3.7. Satuan Breksi Nglanggeran**

Satuan Breksi Nglanggeran merupakan satuan yang tersingkap di bagian ujung selatan daerah penelitian. Satuan ini tersusun secara dominan oleh batuan breksi andesit. Berdasarkan ciri fisik batuan yang ditemukan di lapangan dengan memperhatikan tata cara penamaan satuan litostratigrafi tidak resmi yang tercantum dalam Sandi Stratigrafi Indonesia (Martodjojo dan Djuhaeni, 1996) dan mengacu pada stratigrafi regional Surono, dkk (1992), maka satuan ini diberi nama satuan Breksi Nglanggeran.

##### **4.3.7.1. Litologi Penyusun**

Satuan batuan Breksi Nglanggeran disusun oleh litologi berupa breksi andesit, berdasarkan kenampakan secara megaskopis di lapangan memiliki ciri berwarna segar abu-abu, warna lapuk coklat, memiliki tekstur klastik, ukuran butir pebble-boulder, bentuk butir menyudut, kemas terbuka, sortasi buruk, struktur masif dan fragmental, mempunyai fragmen andesit berbentuk angular-sub-roundet(>64mm-256mm), matriks pasir tufaan, dan semen silika (Gambar 4.15).

Andesit secara megaskopis mempunyai warna abu-abu hitam, tekstur afanitik, bentuk kristal subhedral, derajat kristalisasi, hipokristalin, struktur masif, pada pengamatan mikroskopik sayatan menunjukkan struktur masif, tekstur porfiritik, derajat kristalisasi holokristalin, bentuk mineral relatif euhedral- subhedral, relasi inequigranular porfiritik. Komposisi penyusun Fenokris terdiri dari mineral plagioklas (68%), klinopiroksen (15%), mineral opak (2%) dan masadasar (15%) terdiri dari mikrolit feldspar nama fragmen *Andesite* (Streckeisen, 1978),

Matrik pasir tufan secara megaskopis berwarna segar abu-abu, warna lapuk coklat, struktur masif, ukuran butir pasir kasar, bentuk butir menyudut, kemas terbuka, sortasi buruk ukuran butir 0.1-2 mm, tersusun atas fragmen

(30%), mineral plagioklas (20%), klinopiroksen (10%), matriks berupa mikrolit feldspar dan gelas (40%) nama matriks *Lithic Tuff* (Schmid, 1981) (Lampiran petrografi).



**Gambar 4. 15** Kenampakan ciri litologi Satuan Breksi Nglangeran pada LP 121 (foto diambil menghadap ke selatan)

#### **4.3.7.2. Penyebaran dan Ketebalan**

Penyebaran Satuan Breksi Nglangeran ini kurang lebih seluas 6 % daerah penelitian. Satuan ini dijumpai pada daerah selatan lokasi penelitian tepatnya pada Desa Kampung. Ketebalan Satuan Breksi Nglangeran ini berdasarkan penampang A-A' yaitu  $\pm 325$  meter (Lampiran 3)

#### **4.3.7.3. Umur**

Penentuan umur Satuan Breksi Nglangeran dilakukan berdasarkan korelasi dan kesebandingan dari penentuan umur yang dilakukan oleh peneliti terdahulu serta mengacu pada stratigrafi regional (Koesoemadinata, 2020), dimana satuan batuan ini berumur Miosen Tengah. (Tabel 4.2).

#### **4.3.7.4. Lingkungan pengendapan**

Bedasarkan korelasi kesebandingan dengan beberapa sumber Surono (2008), Satuan breksi-andesit Nglanggran termasuk kedalam lingkungan darat.

#### **4.3.7.5. Hubungan Stratigrafi**

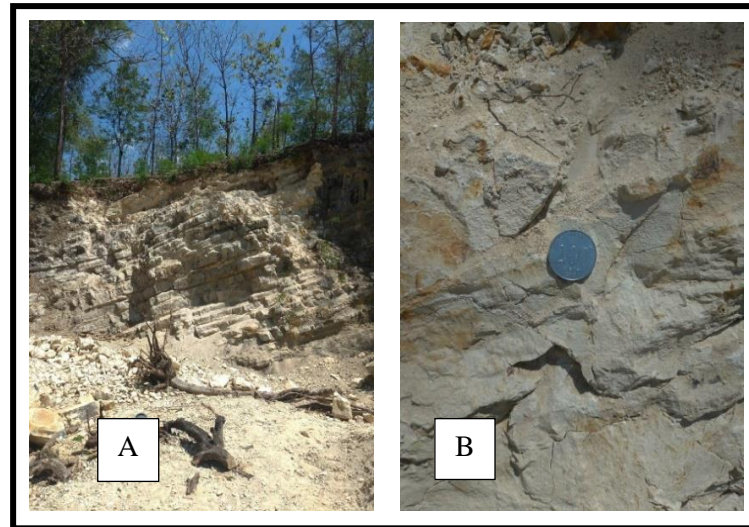
Hubungan Stratigrafi Satuan Breksi Nglanggran dengan satuan dibawahnya yaitu Satuan Lapili Semilir adalah selaras, karena terbentuk pada umur yang sama yaitu Miosen Tengah dan hubungan stratigrafi dengan Satuan Gamping Wonosari diatasnya adalah tidak selaras (Tabel 4.2)..

#### **4.3.8. Satuan kalkarenit Wonosari**

Satuan Kalkarenit Wonosari merupakan satuan yang tersingkap di bagian timurlaut daerah penelitian. Satuan ini tersusun secara dominan oleh batugamping klastik. Berdasarkan ciri fisik batuan yang ditemukan di lapangan dengan memperhatikan tata cara penamaan satuan litostratigrafi tidak resmi yang tercantum dalam Sandi Stratigrafi Indonesia (Martodjojo dan Djuhaeni, 1996) dan mengacu pada stratigrafi regional Surono, dkk (1992), maka satuan ini diberi nama Satuan Kalkarenit Wonosari.

##### **4.3.8.1. Litologi Penyusun**

Satuan Kalkarenit Wonosari ini tersusun atas batugamping berlapis dengan warna segar putih, warna lapuk kekuningan, struktur berlapis, ukuran butir pasir sedang, bentuk butir membundar tanggung, sortasi baik dengan komposisi mineral yaitu mineral-mineral karbonat (Gambar 4.16). Secara umum sayatan menunjukkan struktur masif, tekstur berupa ukuran butir <1.0 mm, bentuk butir cenderung membulat tanggung-menyudut tanggung, kemas tertutup, tersortasi baik. Batuan tersusun oleh fosil (37%), kalsit (4%), peloid (3%), dan lumpur karbonat (56%). Nama Batuan : *Wackestone* (Dunham, 1962).



**Gambar 4. 16** Kenampakan litologi Batugamping Wonosari: a. Kenampakan singkapan Batugamping Wonosari yang menunjukkan struktur perlapisan ke arah timurlaut pada LP 49. (foto diambil menghadap ke utara)

#### 4.3.8.2. Penyebaran dan Ketebalan

Satuan Kalkarenit Wonosari ini menempati  $\pm 12\%$  dari luas daerah penelitian yang mempunyai penyebaran batuan relatif pada timurlaut daerah penelitian. Satuan ini berada di wilayah meliputi Desa Talang, Desa Tegalrejo dan Desa Bawak, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah. penelitian satuan ini menempati satuan geomorfologi Perbukitan–Dataran Denudasional (D3) ketebalan Satuan Kalkarenit Wonosari ini berdasarkan penampang B - B' yaitu  $\pm 285$  meter (Lampiran 3).

#### 4.3.8.3. Umur

Penentuan umur pada Kalkarenit Wonosari dilakukan berdasarkan pada hasil analisa paleontologi terhadap kandungan fosil foraminifera plangtonik yang terdapat pada lapisan atas, tengah, bawah. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka dapat diketahui bahwa satuan Kalkarenit Wonosari ini memiliki kisaran umur N9 – N19 (Miosen Awal – Miosen Tengah) yang didasarkan atas kemunculan akhir *Orbulina Biloblata* ( Tabel 4.13)

**Tabel 4. 23** Kisaran umur foraminifera plangtonik pada satuan Kalkarenit Wonosari berdasarkan zonasi Blow (1969).

Satuan batupasir Kebobutak		Oligosen			Miosen													Pliosen			Kuarter				
No	Jenis Plangtonik	P18	P19	N1	N2	N3	Awal				Tengah				Akhir					N18	N19	N20	N21	N22	N23
							N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16						
Top																									
1	<i>Orbulina univexa</i>																								
2	<i>Globigerinoides trilobus</i>																								
3	<i>Globigerinoides immaturus</i>																								
4	<i>Globigerina preabulitoides</i>																								
5	<i>Orbulina biobata</i>																								
6	<i>Globigerina yamagutiana</i>																								
Mid																									
7	<i>Globigudringa Altispira</i>																								
8	<i>Globorotalia menardi</i>																								
9	<i>Globorotalia foisi</i>																								
10	<i>Globorotalia mayeri</i>																								
11	<i>Globigerinoides trilobus</i>																								
bot																									
13	<i>Globorotalia mayeri</i>																								
14	<i>Orbulina bilobata</i>																								

**4.3.8.4. Lingkungan Pengendapan**

Penentuan lingkungan pengendapan pada satuan Kalkarenit Wonosari dilakukan berdasarkan pada hasil analisis paleontologi terhadap kandungan fosil foraminifera bentonik yang terdapat pada lapisan atas,tengah,bawah. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka dapat diketahui bahwa satuan Kalkarenit Wonosari ini terendapkan di kedalaman 90 – 200 meter di lingkungan laut *neritic* bawah (Tipsword, Setzer, dan Smith 1966) berdasarkan kemunculan akhir *Bolivina wanganuiensis*, dan kemunculan awal *Uvigerina sp* (Tabel 4.10).

**Tabel 4. 24** Kisaran lingkungan foraminifera bentonik pada satuan Kalkarenit Wonosari (Tipsword, Setzer, dan Smith 1966)

BOT		Paleobatimetry Satuan Tuf Kebobutak BOT						
		ZONA BATIMETRI (METER)						
PALEOBATIMETRY		TRANSISIS	UPPER(0-30)	MIDDEL(30-90)	LOWER(80-200)	MIDDEL(500-1000)	LOWER(1000-2000)	ABYSAL
		NERITIK			BATHYAL			
NOMOR	SPESES							
BENTONIK								
	<i>Bolivina wanganuiensis</i>							
	<i>Uvigerina sp</i>							
	<i>Cibicides finlayi</i>							
	<i>Nodosaria sphingothalama</i>							
	<i>Nodosari</i>							

**4.3.8.5. Hubungan Stratigrafi**

Berdasarkan pada hasil pengamatan di daerah penelitian, hasil rekonstruksi penampang geologi A-A', dan B-B', serta mengacu pada stratigrafi regional (Surono dkk,1992), maka peneliti menarik kesimpulan bahwa hubungan

stratigrafi antara Satuan Kalkarenit Wonosari dengan satuan yang berada di atasnya dan adalah tidakselaras (Tabel 4.2).

#### **4.3.9. Endapan Lempung – Pasir kasar**

Endapan aluvial merupakan satuan yang termuda dan berada di bagian tengah daerah penelitian. Satuan ini tersusun secara dominan oleh material hasil rombakan batuan yang terakumulasi dalam jangka waktu lama, dan belum mengalami litifikasi. Berdasarkan ciri fisik batuan atau endapan yang ditemukan di lapangan dengan memperhatikan tata cara penamaan satuan litostratigrafi tidak resmi yang tercantum dalam Sandi Stratigrafi Indonesia (Martodjojo dan Djuhaeni, 1996) dan mengacu pada stratigrafi regional Surono, dkk (1992), maka satuan ini diberi nama Endapan aluvial.

##### **4.3.9.1. Litologi Penyusun**

Litologi satuan endapan lempung – pasir kasar ini terdiri dari material Lepas, tekstur dengan ukuran butir lempung, pasir, krikil. Material tersusun oleh hasil berbagai jenis rombakan batuan yang belum terkonsolidasi (Gambar 4.17).



**Gambar 4. 17** Kenampakan endapan lempung-pasir pada lp bayangan 1, foto menghadap ke selatan.

#### **4.3.9.2. Penyebaran dan Ketebalan**

Penyebaran Endapan Aluvial ini terletak pada bagian timur laut daerah penelitian yang termasuk kedalam bentukan lahan dataran fluvial dengan luasan kurang dari 15,5% pada daerah penelitian. Ketebalan satuan ini berkisar 1-40 meter.

#### **4.3.9.3. Umur**

Penentuan umur Endapan Aluvial Tua ini dilakukan berdasarkan korelasi dan kesebandingan dari penentuan umur yang dilakukan oleh peneliti terdahulu serta mengacu pada stratigrafi regional (Koesoemadinata, 2020), satuan ini berumur Holosen dengan proses pengendapan masih berlangsung hingga saat ini.

#### **4.3.9.4. Hubungan Stratigrafi**

Hubungan stratigrafi Endapan lempung-pasir kasar dengan satuan dibawahnya yaitu Satuan Tuf Kebobutak, Satuan Tuf Semilir, Satuan Breksi Nglanggran yaitu ketidakselarasan dengan jenis ketidakselarasan menyudut (Tabel 4.2).

### **4.4. Struktur Geologi Daerah Penelitian**

Struktur geologi yang terdapat pada daerah penelitian dapat diinterpretasikan berdasarkan pengamatan dan pengkajian citra DEMNAS, peta geologi regional, peta topografi dan data hasil pemetaan awal. Dalam pemberian nama struktur didasarkan pada nama geografis, baik berupa nama desa maupun nama sungai yang dilewati oleh struktur geologi tersebut. Berdasarkan penafsiran dari pengukuran data - data struktur geologi yang ditemukan serta interpretasi dari peta topografi dan citra DEMNAS, maka struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian adalah struktur kekar, dan sesar mendatar.



#### 4.4.1. Kekar

Pada daerah penelitian dijumpai banyak struktur kekar yang terbentuk akibat dari gaya tektonik. Kekar yang terdapat di daerah penelitian didominasi oleh *shear fracture*. Struktur kekar tersebut berkembang sangat baik pada Intrusi diorite pendul (Gambar 4.18). Dari hasil pengukuran beberapa data kekar di lapangan (Lampiran) didapatkan arah umum kedudukan *shear fracture*  $N37^{\circ}E/83^{\circ}$ , kedudukan *extensional fracture*  $N97^{\circ}E/83^{\circ}$ .



**Gambar 4. 18** Kenampakan kekar - kekar yang terdapat pada LP 1 (Garis merah). Arah foto  $N 80^{\circ}E$ . lensa menghadap ke timur

#### 4.4.2. Struktur Homoklin

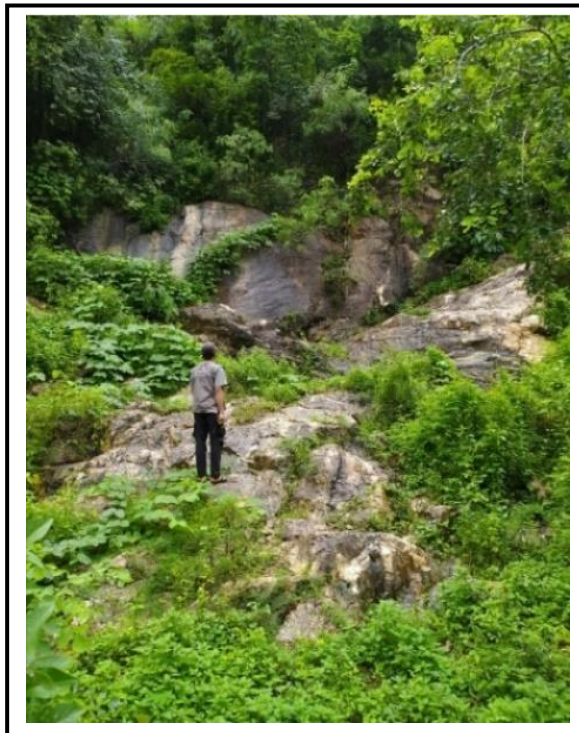
Struktur Homoklin ini terdapat pada seluruh daerah penelitian, akibat oleh adanya proses pengangkatan pada kala Plio-Pleistosen.

#### 4.4.3. Sesar Daerah Penelitian

Sesar ini didapatkan berdasarkan data yang tercermin di peta topografi, peta DEMNAS dan terbukti dilapangan. Di peta topografi dan peta DEM mencerminkan adanya kelurusan sungai, adanya bukit yang terpotong dan adanya kelurusan gawir. Di lapangan juga ditemukan adanya kekar, breksiasi dan juga gores garis

##### 4.4.3.1. Sesar Mendatar Mengkiri Joko Tuo

Sesar ini diindikasikan dengan kehadiran pola kelurusan berarah utara-selatan. Bukti ini terlihat dengan jelas pada peta topografi, citra SRTM dan kelurusan bukit di desa Tewangrejo atau biasa dikenal dengan singkapan Sesar Jokotuo Data sesar tersingkap baik dilokasi penelitian, sehingga nama Sesar Jokotuo digunakan sebagai nama sesar ini. Bukti sesar yang dapat dijumpai di lapangan yaitu adanya struktur gores-garis pada batuan meta sedimen marmer pada LP 50.( Gambar 4.19)



**Gambar 4. 19** Foto singkapan metasedimen/ marmer lokasi Sesar Jokotuo

Dari analisis stereografis yang dilakukan menggunakan data pengukuran arah *shear fracture* satu dan *shear fracture* dua di lapangan, dengan kedudukan bidang sesar adalah  $N20^{\circ}E/60^{\circ}$ , dengan *net slip*  $4^{\circ}$ ,  $N43^{\circ}E$ , kedudukan *shear fracture* satu adalah  $N339^{\circ}E/41^{\circ}$ , kedudukan *shear fracture* dua  $N129^{\circ}E/70^{\circ}$ , dan pitch  $8^{\circ}$  (Lampiran 6, halaman 219). Berdasarkan arah pergerakan relatifnya, maka didapat nama sesar *Left Slip Fault* (Rickard, 1972).. Sesar ini memotong Satuan Malihan Jiwo.(Lampiran lepas 6)

#### 4.4.3.2. Sesar Mendatar Mengkanan Krakitan

Sesar ini diindikasikan dengan kehadiran pola kelurusan berarah timurlaut-baratdaya sungai Desa Krakitan. Bukti ini terlihat dengan jelas pada peta topografi, citra SRTM dan kelurusan sungai Kebo. Data sesar tersingkap baik di sepanjang aliran sungai di Desa Krakitan, sehingga nama Krakitan digunakan sebagai nama sesar ini. Bukti sesar yang dapat dijumpai di lapangan yaitu adanya struktur kekar dan kelurusan sungai di LP 1 (Gambar 4.20).



**Gambar 4. 20** Indikasi sesar mendatar mengkanan pada batuan intrusi Diorit Lp 1, garis merah menunjukkan kekar. Garis kuning menunjukkan interpretasi bidang sesar. Lensa menghadap ke barat

Berdasarkan hasil pengukuran kekar, kemudian dianalisis menggunakan stereonet . Dari hasil analisis stereonet didapatkan hasil yaitu bidang sesar  $N225^{\circ}E/90^{\circ}$ , *rake*  $10^{\circ}$ ,  $\sigma_1 = 6^{\circ}$ ,  $N278^{\circ}E$ ,  $\sigma_2 = 79^{\circ}$ ,  $N 46^{\circ}E$ , dan  $\sigma_3 = 9^{\circ}$ ,  $N 248^{\circ}E$ . Hasil tersebut kemudian dimasukkan kedalam klasifikasi Rickard (1972) diperoleh nama sesar yaitu *Right Slip Fault*. Sesar ini memotong Satuan Malian jiwo dan Intrusi Diorit Pendul (Lampiran lepas 6).

#### 4.4.3.3. Sesar mendatar mengkiri Trembono

Sesar ini diindikasikan dengan kehadiran pola kelurusan berarah timurlaut-baratdaya sungai Trembono. Bukti ini terlihat dengan jelas pada peta topografi, citra SRTM dan kelurusan Sungai Trembono. Data sesar tersingkap baik di sepanjang aliran sungai di Desa Sendangrejo, sehingga nama Trembono digunakan sebagai nama sesar ini. Bukti sesar yang dapat dijumpai di lapangan yaitu adanya struktur kekar dan kelurusan sungai di LP 89 (Gambar 4.21).

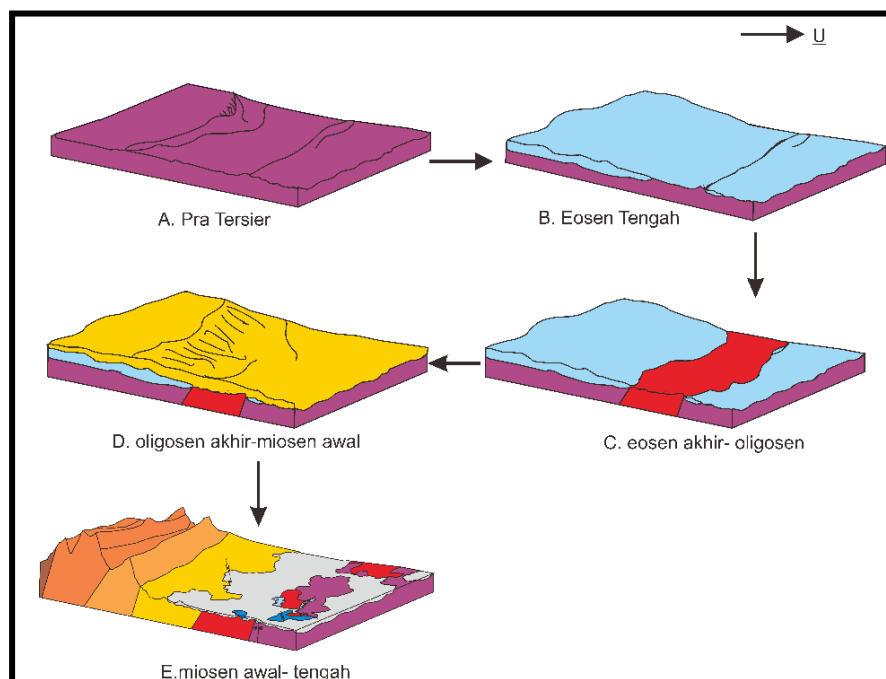


**Gambar 4. 21** Foto lokasi penelitian di Sungai Trembono, garis merah menunjukkan kekar gerus (share join). Lensa kamera menghadap ke utara.

Dari analisis stereografis yang dilakukan menggunakan data pengukuran *shear fracture* satu, dan *shear fracture* dua di lapangan, didapatkan kedudukan bidang sesar adalah N200°E/38°, dengan *net slip* 34°, N312°E, kedudukan *shear fracture* satu adalah N63°E/22°, kedudukan *shear fracture* dua N41°E/58°, dan *pitch* 10°. Berdasarkan arah pergerakan relatifnya, maka didapat nama sesar tersebut *Left Slip Fault* (Rickard, 1972). Sesar ini memotong Satuan Tuf Kebobutak (Lampiran lepas 6).

#### 4.5. Geologi Sejarah Daerah Penelitian

Sejarah geologi daerah penelitian direkonstruksi berdasarkan analisis data yang terukur meliputi unsur litologi, umur, lingkungan pengendapan serta pola tektonik dan mekanisme pembentukannya. Selain itu, dikaji pula kejadian-kejadian geologi secara regional dari peneliti sebelumnya untuk penyusunan sejarah geologi yang baik dalam konteks kerangka ruang dan waktu. Sejarah geologi daerah penelitian dimulai sejak Zaman Pra Tersier hingga Kala Holosen.



**Gambar 4. 22** lustrasi pembentukan daerah penelitian mulai dari Pra Tersier hingga sekarang.



#### **4.5.1. Pra Tersier**

Pada zaman Pra Tersier daerah penelitian adalah sebuah mikrokontinen yang merupakan bagian timur dari *Sundaland*. Mikrokontinen ini disebut sebagai Mikrokontinen Jawa Timur (Sribudiyani, 2003). Mikrokontinen ini adalah sebuah mikrokontinen yang berasosiasi dengan *basement interior* pada lingkungan kontinen. Pada zaman ini daerah penelitian adalah kompleks konvergen yang berciri asal kontinen (Prasetyadi, 2007). Berdasarkan ciri litologi dan penarikan umur absolut menggunakan analisa unsur K-Ar, satuan batuan Malihan Jiwo ini terbentuk pada zaman Pra Tersier sekitar 98 juta tahun yang lalu (Prasetyadi, 2007) (Gambar 4.22 A).

#### **4.5.2. Eosen Tengah- Eosen Akhir**

Regresi pada daerah penelitian pada kala ini merupakan sebuah lingkungan laut dangkal. Hal tersebut ditandai dengan terbentuknya Satuan Batugamping *Nummulites*. Pada satuan batuan ini dijumpai kontak ketidakselarasan dengan Batuan metamorf Pra Tersier (Gambar 4.22 B).

#### **4.5.3. Eosen Akhir- Oligosen Awal**

Pada kala ini daerah penelitian merupakan daerah yang dipengaruhi oleh aktivitas vulkanisme. Aktivitas vulkanisme ditandai dengan kehadiran Intrusi Diorite Pendul. Batuan intrusi tersebut menerobos batuan metamorf Pra Tersier. Berdasarkan ciri litologi, satuan batuan ini adalah batuan beku intrusi dangkal (*subvolcanic intrusions*) namun menurut Bronto (2010) batuan beku yang terdapat pada Jiwo Timur berupa lava basal yang membentuk struktur bantal. Struktur bantal tersebut menunjukkan adanya pengaruh air selama proses pembekuan lava (*subaqueous*) diperkirakan Satuan Batuan Intrusi Diorit Pendul adalah batuan yang berada di bawah permukaan namun di atas permukaan berada pada lingkungan laut.

Proses deformasi yang terjadi pada kala ini adalah terbentuknya sesar yang memotong Intrusi Pendul dan Satuan Malihan Jiwo yang memiliki arah relatif



timurlaut-baratdaya. Setelah dilakukan analisa studio berdasarkan pengukuran kekar gerus dan bidang pada lokasi lp1 untuk penentuan jenis sesar, maka menghasilkan sesar mendatar mengkanan (*Right Slip Fault*) yang kemudian sesar ini disebut dengan Sesar Mendatar Krakitan. (Gambar 4.22 B).

#### **4.5.4. Oligosen akhir – Miosen awal**

Pada kala Oligosen daerah penelitian merupakan daerah yang terjadi proses volkanisme skala besar yang dikontrol oleh kecepatan penunjaman lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia yang bertambah akibat reaksi dari tumbukan lempeng India dengan lempeng Eurasia (Hall, 2012). Peristiwa subduksi tersebut menghasilkan proses volkanisme dengan beberapa fase dengan produk yang beragam. Kegiatan volkanisme tersebut mengendapkan Satuan Tuf Kebobutak. Perlapisan yang terbentuk disebabkan oleh paleogeografi dari gunung api purba yang berada di selatan daerah penelitian, sehingga perlapisan satuan ini berarah relatif ke selatan. Berdasarkan ciri litologi, data kesebandingan stratigrafi regional dan analisa fosil foraminifera, Satuan batuan Tuf Kebobutak terbentuk pada kala Oligosen Akhir sampai Miosen Awal dan terbentuk pada lingkungan laut.

Proses deformasi yang terjadi pada kala ini adalah terbentuknya sesar yang memotong Satuan Tuf Kebobutak yang memiliki arah relatif timurlaut-baratdaya. Setelah dilakukan analisa studio terkait penentuan jenis sesar, maka menghasilkan *Left Reverse Slip Fault* (Rickard, 1972) yang kemudian sesar ini disebut dengan Sesar Mendatar Trembono (Gambar 4.22 D).

#### **4.5.5. Miosen awal – Miosen Tengah**

Pada kala Miosen Awal kegiatan volkanisme mencapai puncaknya hal ini ditandai dengan terbentuknya Satuan Tuf Semilir. Satuan batuan ini mengandung komposisi pumis yang menandakan kehadiran mineral gelas yang melimpah. Satuan batuan ini menumpang pada Satuan Kebobutak, dan memiliki hubungan stratigrafi selaras. Berdasarkan ciri litologi, kesebandingan stratigrafi regional serta

analisa fosil foraminifera maka Satuan Tuf Semilir terbentuk pada kala Miosen Tengah dan diendapkan pada lingkungan darat hingga neritik.

Pada kala Miosen Akhir kegiatan vulkanisme telah berhenti setelah erupsi mencapai puncaknya. Berakhirnya vulkanisme ditandai dengan kehadiran Satuan Kalkarenit Wonosari. Pembentukan satuan batuan ini mengindikasikan bahwa daerah penelitian mulai stabil dan air laut sudah tidak terkontaminasi oleh produk vulkanik sehingga mendukung kelangsungan hidup biota laut yang menjadi material organik pembentuk batugamping. Satuan batuan ini memiliki morfologi bukit terisolir yang menandakan morfologi *carbonate platform*. Berdasarkan ciri litologi, kesebandingan stratigrafi regional serta analisa fosil foraminifera Satuan Kalkarenit Wonosari terbentuk pada kala Miosen Tengah hingga Akhir dan terendapkan pada lingkungan pengendapan neritik bawah. Daerah penelitian pada kala ini juga mengalami periode pengangkatan tektonik sehingga menghasilkan sebuah tinggian (Gambar 4.22 E).

#### **4.5.6. Holosen**

Pada kala Holosen, daerah penelitian menjadi cekungan sebagai akibat terangkatnya batuan yang berada di sebelah selatan (zona deresi solo secara regional) mengendapkan material dari aktifitas gunung api kuarter (Merapi) sehingga banyak dijumpainya endapan Merapi tua berwarna kehitaman di wilayah penelitian.

#### **4.6. Geologi Lingkungan**

Geologi lingkungan merupakan salah satu disiplin ilmu geologi yang berhubungan erat dengan masalah-masalah perencanaan fisik, pengembangan wilayah dan usaha pengendalian lingkungan hidup dengan melihat aspek-aspek geologi yang ada di suatu daerah. Menurut Sampoerno (1979) keadaan lingkungan dikontrol kuat oleh beberapa aspek geologi yang mencakup sifat keteknikan, tanah dan batuan terhadap kemantapan lereng, letak dan potensi batuan untuk bahan galian, letak endapan potensial dan potensi bencana alam akibat pengaruh kondisi geologinya. Berdasarkan pengamatan awal geologi lingkungan pada daerah

penelitian dibagi menjadi dua bagian, yaitu sumber dan bencana alam.

#### **4.6.1. Sumber**

Sumber adalah sesuatu yang ada di alam dan dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia dan lingkungan, sumber di daerah penelitian yakni: sumberdaya tanah, sumberdaya air dan potensi wisata.

##### **4.6.1.1. Sumber Daya Tanah**

Sumber daya tanah pada daerah penelitian disusun oleh produk dari gunung api kuartar dan dipergunakan sebagai lahan pertanian dan perkebunan. Daerah yang menempati lahan pertanian termasuk daerah yang relatif lebih datar dikarenakan membutuhkan suplai air yang cukup banyak dari sungai. Daerah ini lebih banyak dimanfaatkan masyarakat sebagai lahan bercocok tanam padi (Foto 4.23).



**Gambar 4. 23** Pemanfaatan Lahan Sebagai Tempat Bercocok Tanam, lensa menghadap ke selatan

#### 4.6.1.2 Sumber Daya Air

Sumber daya air yang dijumpai di daerah penelitian pada satuan kalkarenit Wonosari berupa air permukaan hasil dari kegiatan manusia yaitu pembuatan kolam pemancingan dan sumber air untuk lahan perkebunan. Air permukaan seperti ini hanya bisa dijumpai di musim penghujan.



**Gambar 4. 24** Pemanfaatan lahan sebagai pemancingan dan sumber air perkebunan

#### 4.6.1.3. Potensi Wisata

Potensi wisata di daerah penelitian dijumpai di bagian jiwo timur yang sudah dikembangkan menjadi geopark Watu Prau.



**Gambar 4. 25** Pemanfaatan lahan sebagai wisata, lensa kamera menghadap ke selat

#### 4.7.2. Bencana Geologi

Bencana alam merupakan suatu gejala alam yang disebabkan oleh alam, manusia atau oleh kedua-duanya (Sampoerno, 1979). Jika batas kesetimbangan ekosistem telah dilampaui, maka akan timbul bencana yang dapat mengakibatkan kerugian bagi makhluk hidup terutama bagi manusia, seperti : korban jiwa, harta benda, kerusakan sarana prasarana dan kerusakan lingkungan.

Sehingga dapat menimbulkan gangguan terhadap tataan kehidupan dan penghidupan baik hewan, tumbuhan maupun manusia itu sendiri. Bencana alam yang dijumpai pada daerah penelitian adalah berupa tanah longsor. Tanah longsor yang dijumpai didaerah penelitian merupakan hasil dari pelapukan batuan pada satuan Semilir akibat terkikis/ erosi oleh air hujan.(Gambar 4.26).



**Gambar 4. 26** Tanah longsor yang terjadi pada daerah penelitian, lensa menghadap ke tenggara.