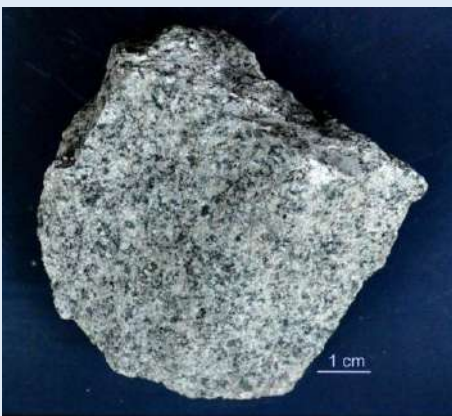


ATLAS BATUAN PEGUNUNGAN JIWO BAYAT, KABUPATEN KLATEN JAWA TENGAH



Oleh

Sutarto, Joko Soesilo, Bambang Triwibowo, dan Hafiz Hamdalah



**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"**

YOGYAKARTA

2020

**ATLAS BATUAN PEGUNUNGAN JIWO
BAYAT, KABUPATEN KLATEN
JAWA TENGAH**

Oleh

Sutarto, Joko Soesilo, Bambang Triwibowo, dan Hafiz Hamdalah



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA

2020

ATLAS BATUAN PEGUNUNGAN JIWO, BAYAT, KABUPATEN KLATEN , JAWA TENGAH

Penulis

Sutarto, Joko Soesilo, Bambang Tri Wibowo, dan Hafiz Hamdalah

Editor

Sutarto

Penyunting

Agus Riyanto

Disain sampul dan Tata letak

Sutarto

ISBN 978-623-7840-08-4



Penerbit

LPPM Universitas Pembangunan Nasioal “Veteran” Yogyakarta

Redaksi

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Jalan Padjajaran No.104, Lingkar Utara Condong Catur Yogyakarta

Cetakan pertama : Pebruari 2020

Hak cipta dilindungi undang-undang

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

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Kami tim penulis mengucapkan syukur Alhamdulillah ke hadirat Allah Yang Maha Kuasa dengan telah selesainya penyusunan buku “Atlas Batuan Pegunungan Jiwo, Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah”, atas ijin-Nya, kami dapat melaksanakan semua kegiatan ini dengan lancar.

Perbukitan Jiwo, Bayat adalah wilayah yang sangat penting bagi pendidikan geologi, karena merupakan salah satu dari tiga tempat terdapatnya singkapan batuan berumur pra-Tersier dan Paleogen di Pulau Jawa, selain Ciletuh dan Luk Ulo. Walaupun setiap tahun ratusan mahasiswa melakukan kuliah lapangan di Pegunungan Jiwo, Bayat tetapi buku atau atlas yang mendiskripsi tentang keragaman batuan di Pegunungan Jiwo belum pernah disusun secara lengkap berdasar jenis batuannya yang disertai dengan foto lapangan, foto contoh setangan, foto mikroskopik, dan sketsa cara terbentuknya yang dapat mudah dipahami oleh mahasiswa maupun orang awam. Oleh karena itu penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan buku atau atlas seperti dijelaskan tersebut di atas.

Buku ini dapat terselesaikan karena bantuan dari berbagai pihak, diantaranya yang utama adalah Lembaga Penelitian Kepada Masyarakat (LPPM) UPN “Veteran” Yogyakarta, yang telah memberi bantuan berupa Hibah Internal Penelitian Terapan tahun 2019, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar. Kami ucapkan banyak terimakasih kepada kolega kami di Jurusan Teknik Geologi: Prof. Dr. Ir. Sutanto, DEA; Dr. Ir. C. Prasetyadi, Dr. Ir. Jatmiko Setiawan, MT., Ir. Siti Umiyatun Choiriyah, MT., dan Ir. Ediyanto, MT. atas masukan dan sumbangsarannya. Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada rekan-rekan mahasiswa dari Teknik Geologi, Teknik Geofisika, dan Teknik Geomatika untuk bantuannya dalam pelaksanaan lapangan dan analisa laboratorium, diantaranya tim Pemetaan dan Observasi Geologi (Ilham Abdul Raziq, Abdul Majid, Aditya, Sabrina Aqilah Nurindra, dan Ulfah Yudita Fitriani); tim Geofisika (Sri Kiswanti, Serga Aditya, Susilo Adi, Edoardo Tobing, Aprillia Frinanda, dan Vira Irnanda); serta tim wahana UAV (Andi Dwi Julianto dan Hafizh Humam Safii).

Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu diperbaiki, oleh karena itu kami sangat mengharapkan saran dari para pembaca. Semoga buku ini dapat bermanfaat, khususnya di civitas akademika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Januari 2020

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	ix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Maksud Dan Tujuan Penelitian.....	1
1.3. Lokasi Penelitian.....	2
1.4. Metode Penelitian	3
1.5. Kontribusi Untuk Ilmu Pengetahuan	6
BAB II. GEOLOGI REGIONAL	8
2.1. Fisiografi Jawa Timur	8
2.2. Stratigrafi Pegunungan Selatan Jawa Timur	9
2.2.1. Pegunungan Jiwo dan Pegunungan Selatan Bagian Barat	14
2.3. Magmatisme Pegunungan Selatan Jawa Timur	17
2.4. Kerangka Tektonik Pegunungan Selatan Jawa Timur	24
BAB III. GEOLOGI PEGUNUNGAN JIWO	26
3.1. Fisiografi dan Geomorfologi.....	26
3.2. Stratigrafi	27
3.2.1. Nomenklatur	27
3.2.2. Sebaran dan Susunan Batuan	27
3.2.3. Umur.....	28
3.2.4. Lingkungan Tektonik dan Lingkungan Pengendapan	29
3.2.5. Hubungan Stratigrafi.....	29
3.3. Struktur Geologi.....	34
3.4. Alterasi dan Mineralisasi	37
3.5. Potensi Geowisata	38
BAB IV. KELOMPOK BATUAN METAMORF	41
4.1. Nomenklatur	41
4.2. Sebaran Batuan	41
4.3. Susunan Batuan.....	41
4.4. Umur	51

4.5. Lingkungan Tektonik.....	52
4.6. Hubungan Stratigrafi.....	53
BAB V. KELOMPOK BATUAN SEDIMEN	54
5.1. Formasi Wungkal dan Formasi Gamping	54
5.1.1. Nomenklatur	54
5.1.2. Sebaran Batuan	54
5.1.3. Susunan Batuan.....	54
5.1.4. Umur	60
5.1.5. Lingkungan Pengendapan.....	60
5.1.6. Hubungan Stratigrafi.....	60
5.2. Formasi Kebo-Butak.....	61
5.2.1. Nomenklatur	61
5.2.2. Sebaran Batuan	61
5.2.3. Susunan Batuan.....	61
5.2.4. Umur	65
5.2.5. Lingkungan Pengendapan.....	66
5.2.6. Hubungan Stratigrafi.....	68
5.3. Formasi Oyo.....	68
5.3.1. Nomenklatur	68
5.3.2. Sebaran Batuan	68
5.3.3. Susunan Batuan.....	68
5.3.4. Umur	71
5.3.5. Hubungan Stratigrafi.....	72
BAB VI. KELOMPOK INTRUSI BATUAN BEKU.....	73
6.1. Nomenklatur	73
6.2. Sebaran Batuan	73
6.3. Susunan Batuan.....	73
6.4. Umur	80
6.5. Lingkungan Tektonik dan Magmatisme	81
6.6. Hubungan Stratigrafi.....	82
DAFTAR PUSTAKA	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Lokasi Perbukitan Jiwo Timur dan Jiwo Barat, daerah Bayat.....	2
Gambar 1.2. Beberapa perlengkapan yang diperlukan untuk kegiatan survey dan pemetaan geologi permukaan dan geolistrik	2
Gambar 1.3. Beberapa peralatan dan pelaksanaan kegiatan untuk pengambilan ortofoto udara menggunakan wahana UAV Potret 1300.	2
Gambar 2.1. Peta Fisiografi Jawa dan Jawa Tengah	6
Gambar 2.2. Peta Geologi Regional Lembar Surakarta	7
Gambar 2.3. Kolom stratigrafi antara Pegunungan Selatan Jawa Timur Bagian Barat Dengan Bagian Timur oleh beberapa Peneliti.....	8
Gambar 2.4. Diagram K_2O/SiO_2	20
Gambar 3.1. Peta geologi Perbukitan Jiwo, Bayat	26
Gambar 3.2. Gambar pengolahan data geolistrik line 1 (Gunung Gajah) menggunakan software <i>Res2dinv</i>	30
Gambar 3.3. Gambar pengolahan data geolistrik line 7 (Gunung Gajah) menggunakan software <i>Res2dinv</i>	31
Gambar 3.4. Gambar pengolahan data geolistrik line 2 (Sutojayan) menggunakan software <i>Res2dinv</i>	33
Gambar 3.5 Gambar pengolahan data geolistrik line 3 (Sutojayan) menggunakan software <i>Res2dinv</i>	33
Gambar 3.6. Kenampakan sesar normal pada batugamping Formasi Oyo	34
Gambar 3.7. Kenampakan kelurusan struktur pada peta ortofoto menggunakan wahana UAV (<i>unmanned aerial vehicle</i>).....	35
Gambar 3.8. Kenampakan kelurusan struktur di Pegunungan Jiwo ditafsirkan menggunakan citra RSTM.....	36
Gambar 3.9. Kenampakan sesar mendatar di bukit Jokotuo	36
Gambar 3.10. Foto setangan kontak antara marmer dengan skarn wolastonit-hedenbergit, dan foto mikroskopik	37
Gambar 3.11. Foto mikroskopis kenampakan beberapa batuan di Pegunungan Jiwo yang mengalami ubahan hidrotermal	38
Gambar 3.12. Kenampakan pemandangan Pegunungan Baturagung pada pagi hari.....	39

Gambar 3.13 Kenampakan pemandangan bukit Kawah Putih pada sore hari	39
Gambar 3.14. Kenampakan pemandangan di Rowo Jombor	39
Gambar 3.15. Kenampakan Industri gerabah di Tegalorejo, Bayat	40
Gambar 4.1. Foto kenampakan contoh setangan filit yang memperlihatkan struktur microfold	42
Gambar 4.2. Foto contoh setangan sekis hijau Jiwo Timur menunjukkan belahan searah dengan foliasi mineral	43
Gambar 4.3. a) Singkapan sekis grafit di desa Gunung Gajah	43
b). Foto mikroskopis sekis grafit menunjukkan foliasi mineral mika dan grafit dengan tekstur augen	44
Gambar 4.4. Foto kenampakan conto setangan kuarsit	44
Gambar 4.5. Singkapan gradasi batuan metamor (filit) kontak sesar dengan batulanau Formasi Wungkal	45
Gambar 4.6. Conto setangan filit actinolit dan filit talk di G. Jabalkat, Jiwo Barat.....	46
Gambar 4.7. Kenampakan singkapan marmer di Bukit Jokotuo.....	47
Gambar 4.8. Kenampakan singkapan marmer di lereng G. Jabalkat	48
Gambar 4.9. Kenampakan conto setangan skarn (atas) memperlihatkan mineral piroksen dan wollastonit yang mengipas.....	49
Gambar 4.10. Foto atas kiri kenampakan batuan kaltaklasit atau sekis augen di G. Jabalkat. Foto atas kanan dan bawah adalah hornfels pada batupasir kuarsa dan batupasir tufaan Formasi Wungkal pada kontak dengan gabro di Sutojayan.....	50
Gambar 4.11. Lingkungan Paleotektonik Kapur Awal di Sundaland selatan dan tenggara. Bayat berada di bagian depan SE Java microcontinent dan bukan merupakan bagian subduksi Kapur Awal seperti halnya Ciletuh, Luk Ulo, Meratus, dan Bantimala (Satyana, 2014)	52
Gambar 5.1. Kenampakan konglomerat polimiktik dengan fragmen sebagian besar terdiri dari kuarsit dan sekis	55
Gambar 5.2. Conto setangan polimiktik dengan fragmen kuarsit yang dominan	56
Gambar 5.3. Conto setangan batugamping bioklastik dengan fosil <i>Dyscocyclina</i> dan batugamping <i>Nummulites</i>	56
Gambar 5.4. Kenampakan profil batupasir kuarsa dan batugamping numulit Formasi Wungkal	57
Gambar 5.5. Foto kenampakan conto setangan batupasir kuarsa (atas).	

Foto mikroskopik <i>quartz arenite</i> menunjukkan fragmen berupa kuarsa polikristalin dan monokristalin (bawah).	58
Gambar 5.6. a) Foto conto setangan batulanau Formasi Wungkal di lereng timur Gunung Pendul.....	58
Gambar 5.6. b) Mikroskopik batulanau Formasi Wungkal yang memperlihatkan kongresi besi oksida. Lokasi lereng timur G. Pendul.....	59
Gambar 5.7. Foto conto setangan tuf yang berubah menjadi hornfels (atas kiri), hornfels berasal dari batupasir kuarsa menunjukkan bintik-bintik berupa mineral metamorfik (atas kanan).....	59
Gambar 5.8. Foto kenampakan conto setangan batupasir vulkanik berfragmen material vulkaniklastik dan feldspar yang khas pada batuan asal vulkanik.....	63
Gambar 5.9. Foto kenampakan conto setangan <i>feldspathic arenite</i>	64
Gambar 5.10. Foto kenampakan conto setangan vitric tuff yang mengalami zeolitisasi	65
Gambar 5.11. Penampang Stratigrafi Formasi Kebo pada lokasi di Desa Hargomulyo, Kec. Gedangsari pada kontak antara Formasi Butak dengan Formasi Semilir.....	67
Gambar 5.12. Kenampakan Batugamping berlapis Formasi Oyo di bukit Temas, Bayat	69
Gambar 5.13. Kolom stratigrafi Formasi Oyo yang terdapat pada lereng timur Gunung Tugu Jiwo Barat.....	70
Gambar 5.14. Foto kenampakan conto setangan batugamping pasiran	71
Gambar 5.15. Kenampakan bidang erosional antara gabro-mikro dengan batupasir gampingan Formasi Oyo.....	72
Gambar 6.1. Kenampakan singkapan gabro-mikro di dusun Bendungan, Sutojayan ..	77
Gambar 6.2. Beberapa kenampakan conto batuan beku intrusi di perbukitan Jiwo Barat dan Jiwo Timur.	78
Gambar 6.3. Beberapa kenampakan fotomikroskopik batuan beku intrusi di perbukitan Jiwo Barat dan Jiwo Timur.....	79
yang mengalami ubahan hidrotermal.....	73
Gambar 6.4. Distribusi busur magmatik dan batuan-batuan vulkanik Tersier, pusat gunungapi Kenozoikum serta tipe kerak batuan dasar di pulau Jawa ...	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Hasil penanggalan isotopik K/Ar beberapa batuan basaltik.....	17
Tabel 2.2. Umur isotopik K/Ar beberapa batuan basaltik	17
Tabel 2.3. Umur radiometrik Potasium-Argon batuan volkanik dari daerah Pacitan	17
Tabel 6.1. Komposisi Batuan beku di Pegunungan Jiwo, Bayat.....	76
Tabel 6.2. Umur radiometrik K/Ar dan U-Pb SHRIMP dari beberapa contoh batuan Daerah Perbukitan Jiwo dan Desa Tegalrejo	80

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Perbukitan Jiwo (Bayat) merupakan salah satu dari tiga tempat singkapan batuan berumur pra-Tersier dan Paleogen di Pulau Jawa. Dua yang lain adalah daerah Ciletuh di sebelah tenggara Pelabuhan Ratu (Jawa Barat) dan Karangsambung, di sebelah utara Kebumen (Jawa Tengah). Dengan kondisi geologi terutama umur geologi seperti tersebut di atas, wilayah Bayat, Ciletuh, dan Kebumen menyimpan singkapan batuan yang lebih beragam dibanding wilayah lainnya di Jawa. Batuan-batuan tersebut mencakup batuan-batuan metamorf diantaranya marmer, sekis, filit, serpentinit, kuarsit yang berumur pra-Tersier, batuan-batuan yang terdiri batulempung, serpih, batupasir, batugamping, serta batuan-batuan beku diantaranya berupa intrusi gabro-basalt dan lava bantal.

Walaupun setiap tahun ratusan mahasiswa melakukan kuliah lapangan di Bayat tetapi buku atau atlas yang mendiskripsi tentang keragaman batuan di Bayat belum pernah disusun secara runtut berdasar jenis batuannya yang disertai dengan foto lapangan, foto conto setangan, foto mikroskopik, sketsa cara terbentuknya yang dapat mudah dipahami oleh mahasiswa maupun orang awam. Oleh karena itu penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan buku atau atlas seperti dijelaskan tersebut di atas.

1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk melakukan kajian geologi detail daerah Bayat dan sekitarnya, mengetahui macam batuan yang tersingkap meliputi lokasi, deskripsi lapangan dan laboratorium, foto singkapan dan foto sayatan tipis, membuat peta lokasi singkapan dan kesampaian daerahnya serta menyusun buku panduan geologi Bayat dan sekitarnya untuk umum dan ahli ilmu kebumian. Hasil ikutannya berupa kajian awal daerah Ledok sebagai lokasi geoheritage/warisan Geologi.

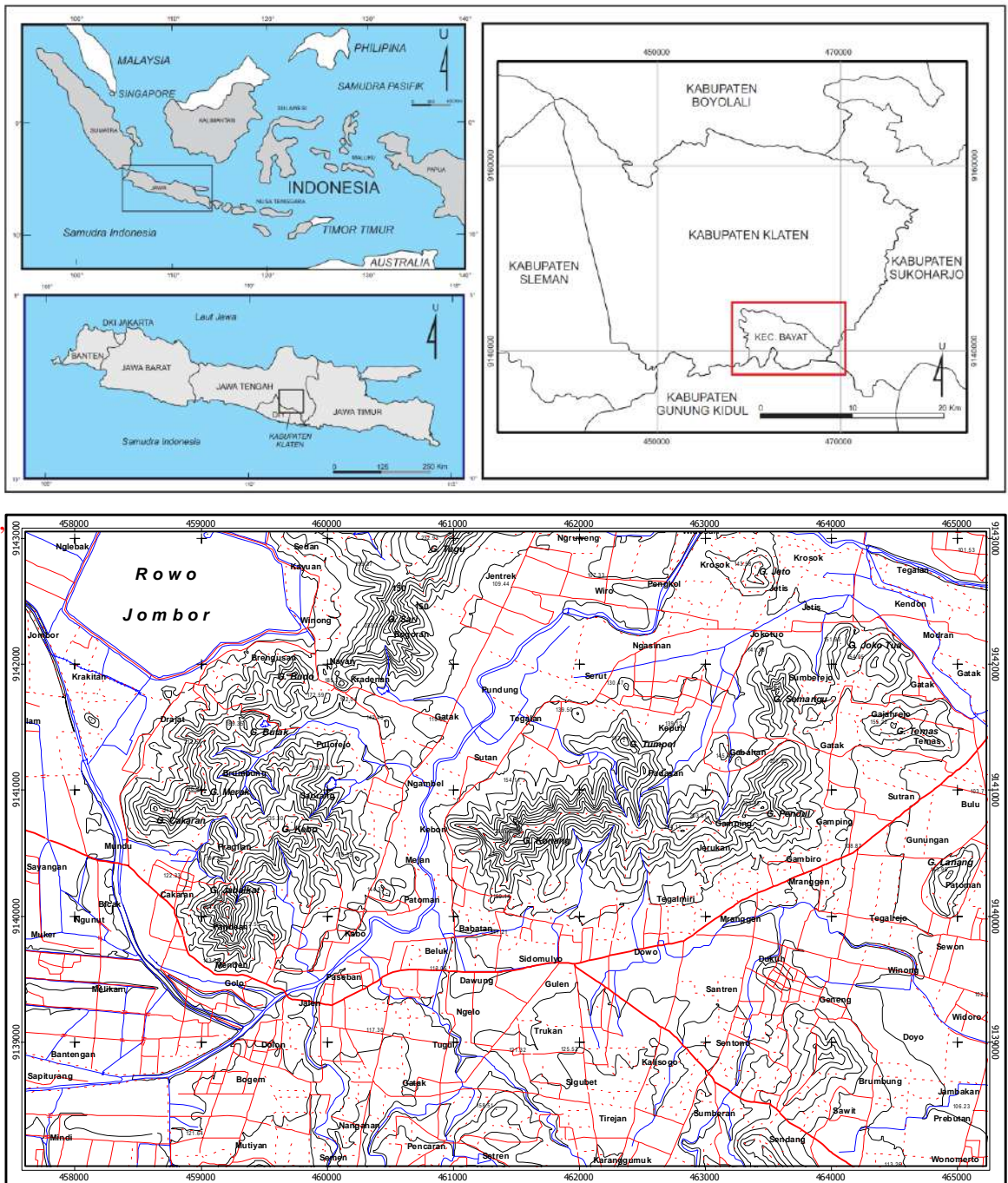
Tujuan Penelitian ini diantaranya adalah:

- 1) Mengetahui gambaran detail geologi Bayat dan sekitarnya.
- 2) Mendapatkan contoh batuan beku, sedimen dan metamorf di Bayat.
- 3) Menampilkan hasil penelitian dalam bentuk buku dan peraga yang berisi potret batuan/sayatan tipis batuan

- 4) Usulan lokasi singkapan untuk dicagar dan diamankan.
- 5) Memberikan rekomendasi berupa ide wisata alam geologi di daerah Bayat

1.3. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Perbukitan Jiwo Timur dan Jiwo Barat, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah (Gambar 1.1).



Gambar 1.1. Peta Lokasi Perbukitan Jiwo Timur dan Jiwo Barat, daerah Bayat

Penelitian ini menerapkan pendekatan deskriptif, analitik dan interpretatif yang didasarkan atas survei dan pemetaan geologi lapangan maupun laboratorium.

1.4. Metodologi Penelitian

Tahapan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil dari hasil pemetaan geologi permukaan, pengambilan sampel batuan pada lokasi-lokasi tertentu, pemotretan sampel batuan, data tersebut dapat berupa data lapangan maupun data hasil analisis laboratorium serta studio, sedangkan data sekunder merupakan data yang didapat dari hasil peneliti terdahulu dan juga literatur mengenai hal-hal yang dapat mendukung penelitian. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dibagi menjadi empat tahap, yaitu 1). Tahap Persiapan, 2). Pengambilan Data, 3). Analisis data dan interpretasi data, dan terakhir 4). Pembuatan Laporan.

1.4.1. Persiapan

- Pengadaan bahan dan peralatan
 - a. Pengadaan peta dan pustaka meliputi: Peta Dasar/Rupa Bumi skala 1 : 25.000; Lembar Surakarta, Citra SRTM, peta geologi regional, peta geologi daerah penelitian dan penelitian terdahulu.
 - b. Pengadaan peralatan meliputi:
 - Global positioning System (GPS);
 - peralatan dokumentasi;
 - palu dan kompas geologi, loupe, HCl;
 - Seperangkat peralatan drone untuk foto udara (UAV Potret 1300 satu buah, premark 5 Buah);
 - Satu unit peralatan geolistrik type syscal
- Interpretasi peta topografi dan citra SRTM (*Shuttle Radar and Topography Mission*) dan interpretasi peta geologi (regional dan daerah penelitian), untuk memperkirakan kondisi geologi daerah penelitian.
- Sosialisasi terhadap warga di Pegunungan Jiwo.



Gambar 1.2. Foto kiri: Beberapa perlengkapan yang diperlukan untuk kegiatan survey dan pemetaan geologi permukaan, diantaranya palu geologi, kompas geologi, GPS, kamera, clipboard). Foto kanan: satu set perlengkapan peralatan geolistrik type syscal.



Gambar 1.3. Beberapa peralatan dan pelaksanaan kegiatan untuk pengambilan ortofoto udara menggunakan wahana UAV Potret 1300

1.4.2. Tahapan Pengambilan Data

Tahapan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil dari hasil pemetaan permukaan, data tersebut dapat berupa data lapangan maupun data hasil analisis studio, sedangkan data sekunder merupakan data yang didapat dari hasil peneliti terdahulu dan juga

literatur mengenai hal-hal yang dapat mendukung penelitian. Kolekting data primer batuan meliputi pencatatan, lokasi baik letak koordinat dan administrasinya, pemerian batuan dan unsure geologi lainnya, pengambilan conto serta foto batuan (lihat Form Pemerian Data Lapangan). Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi akuisisi data, analisis data, dan sintesa.

Pemetaan geologi detail

- Pemetaan geologi dengan melakukan pengamatan singkapan batuan. Pemetaan dilakukan menggunakan Peta Dasar Rupa Bumi skala 1 : 25.000
- Membuat lintasan untuk kegiatan pembuatan profil dan atau pengukuran penampang stratigrafi.
- Pengambilan conto yang mewakili seluruh tipe batuan untuk dilakukan pembuatan foto batuan dan analisa di laboratorium.

Pemotretan udara dengan wahana UAV (*unmanned aerial vehicle*)

Pemetaan dengan UAV merupakan kegiatan pemetaan untuk memperoleh data spasial (posisi, luasan, dimensi) yang diperoleh dengan cepat, akurat, fleksible dan berbiaya rendah (low cost) dengan menggunakan wahana tanpa awak. Banyak teknologi untuk mendapatkan data spasial, misal dengan pengukuran teristris, remote sensing, sampai dengan interpretasi citra satelit. Akan tetapi metode tersebut relatif masih sangat mahal dan memerlukan waktu lama dalam akuisisi datanya. Misalnya saja penggunaan citra satelit, selain mahal, informasi obyek spasial yang didapatkan tidak uptodate, biasanya citra satelit menggambarkan kenampakan obyek 2-5 tahun yang lalu. Untuk itu perlu dilakukan pengembangan metode pemetaan yang relatif cepat dalam akuisisi data, uptodate, akurat dan berbiaya rendah. Salah satu alternatif metode pemetaan berbiaya rendah adalah dengan pemotretan udara menggunakan wahana UAV (*unmanned aerial vehicle*).

Ortofoto merupakan foto yang menunjukkan citra objek pada posisi sebenarnya dipermukaan bumi. ortofoto memiliki geometri yang setara dengan garis konvensional dan simbol peta planimetri. Perbedaan utama ortofoto dan peta planimetri yaitu ortofoto memiliki fitur objek berupa gambar dan peta planimetri berupa fitur garis dan simbol yang diplot berdasarkan skala pengukuran. Karena ortofoto memiliki planimetri yang benar maka dapat digunakan untuk pengukuran jarak langsung, sudut, posisi, dan luas tanpa melakukan koreksi *image displacement*. Saat ini ortofoto banyak digunakan sebagai kerangka referensi planimetri dan data utama dalam memperoleh informasi geospasial.

Pengukuran Geolistrik

Pengukuran geolistrik dilakukan pada beberapa tempat baik di Pegunungan Jiwo Barat maupun Jiwo Timur, dilakukan terutama untuk menentukan sebaran vertical dan hunungan antar satuan batuan. Dalam penelitian ini, pengambilan data dilakukan dengan metode dipole-dipole dengan beberapa langkah – langkah diantaranya sebagai berikut :

- Mempelajari keadaan geologi regional maupun lokal daerah penelitian.
- Menentukan daerah penelitian yang akan diteliti dengan membuat lintasan pengukuran serta mencatat azimuth maupun koordinatnya.
- Setelah lintasan sudah ditentukan, kemudian mempersiapkan alat – alat yang akan digunakan. Melakukan pengecekan terhadap alat – alat yang akan digunakan.
- Menentukan spasi elektroda maupun porouspot dan penyusunan elektroda dengan cara menancapkan elektroda dan porous pot sesuai dengan konfigurasi yang digunakan.
- Memulai pengukuran dengan menggunakan alat resistivitymeter *syscal* dan mencatat nilai (V) dan nilai (I).

1.4.3. Pekerjaan Laboratorium dan Studio

Tahap laboratorium berupa pengamatan petrografi sayatan tipis, di studio berupa analisis peta dan lokasi dan kesampaian daerah singkapan batuan. Interpretasi dilakukan berdasarkan analisis petaa, singkapan batuan, analisis laboratorium serta studio untuk mengetahui sejarah geologi Bayat. Sintesa merupakan tahap lanjutan dari tahap-tahap sebelumnya, dimana tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian, sehingga hasil dari tahap sintesa adalah dapat mengetahui Geologi Bayat dan sebaran dan tabulasi keanekaragaman batuan di Bayat (Gambar 4.1).

1.5. Kontribusi Untuk Ilmu Pengetahuan

Setiap tahun, mahasiswa, akademisi, dan ahli geologi datang ke Pegunungan Jiwo, untuk melakukan pengamatan dan pembelajaran. Walaupun demikian detail pembahasan setiap lokasi pengamatan geologi belum banyak dilakukan. Penelitian ini lebih berfokus memberikan gambaran dan deskripsi detil setiap lokasi situs geologi di Pegunungan Jiwo dalam bentuk, foto lapangan, foto conto setangan, foto mikroskopik batuan. Disamping

penelitian observasi lapangan, penelitian geologi ini juga menggunakan pendekatan metode geolistrik dipole-dipole dan juga pengamatan ortofoto udara menggunakan wahana tanpa awak (UAV Potret 1300). Metode tersebut terutama dipergunakan untuk menentukan batas-batas satuan batuan dan struktur geologi pada daerah-daerah yang relarif dapat langsung diamati.

Buku geologi suatau daerah, di Indonesia selama ini belum banyak diterbitkan. Disamping visualisasi singkapan di lapangan, foto conto setangan, dan foto mikroskopik, beberapa bagian wilayah yang mempunyai hubungan geologi yang kompleks, ditampilkan gambar foto udara menggunakan drone. Semoga penelitian ini menjadi pionir untuk dibuatnya atlas-atlas batuan atau atlas geologi lain di Indonesia.

Sebaran tipe batuan beku intrusi dan juga adanya alterasi hidrotermal ditekankan dalam penelitian ini. Selama ini batuan beku di Pegunungan Jiwo, umumnya hanya disebut sebagai gabro atau gabromikro dan basalt. Setelah dilakukan penelitian ini, terdapat kemungkinan lebih dari batua-batuan tersebut di atas, diantaranya adanya diorite, diabas, batuan batuan-batuan beku yang mengalami ubahan hidrotermal.

Saat ini animo masyarakat terhadap wisata alam khususnya geowisata meningkat cukup signifikan. Situs-situs geologi di berbagai wilayah di Indonesia, tidak ketinggalan di Daerah Bayat, mulai banyak dikunjungi wisatawan. Penelitian ini diharapkan dapat memeberi pemahaman kepada masyarakat tentang sejarah dan magna geologi di Pegunungan Jiwo, Bayat sehingga dapat member kontribusi untuk dapat meningkatkan kesadaran masyarakat di sekitar Bayat atau daerah lain untuk berkunjung ke Lokasi-lokasi geowisata Pegunungan Jiwo, tanpa merusak kondisi singkapan batuan yang ada. Diharapkan buku Atlas Batuan ini lebih member gairah kepada masyarakat awam tentang pengetahuan dan pemahaman geologi, kususnya batuan akan lebih baik.

BAB II

GEOLOGI REGIONAL

2.1. Fisiografi Jawa Timur

Van Bammelen (1949) membagi fisiografi Jawa menjadi 7 (tujuh) zona berturut-turut Mulai dari utara ke selatan sebagai berikut (Gambar 1) :

- Gunungapi kuarter
- Dataran alluvial jawa utara
- Antiklinorium Rembang-Madura
- Antiklinorium Kendeng-Serayu Utara-Bogor
- Kubah dan Punggungan pada zona depresi tengah
- Zona depresi tengah Jawa dan zona Randublatung
- Pegunungan Selatan

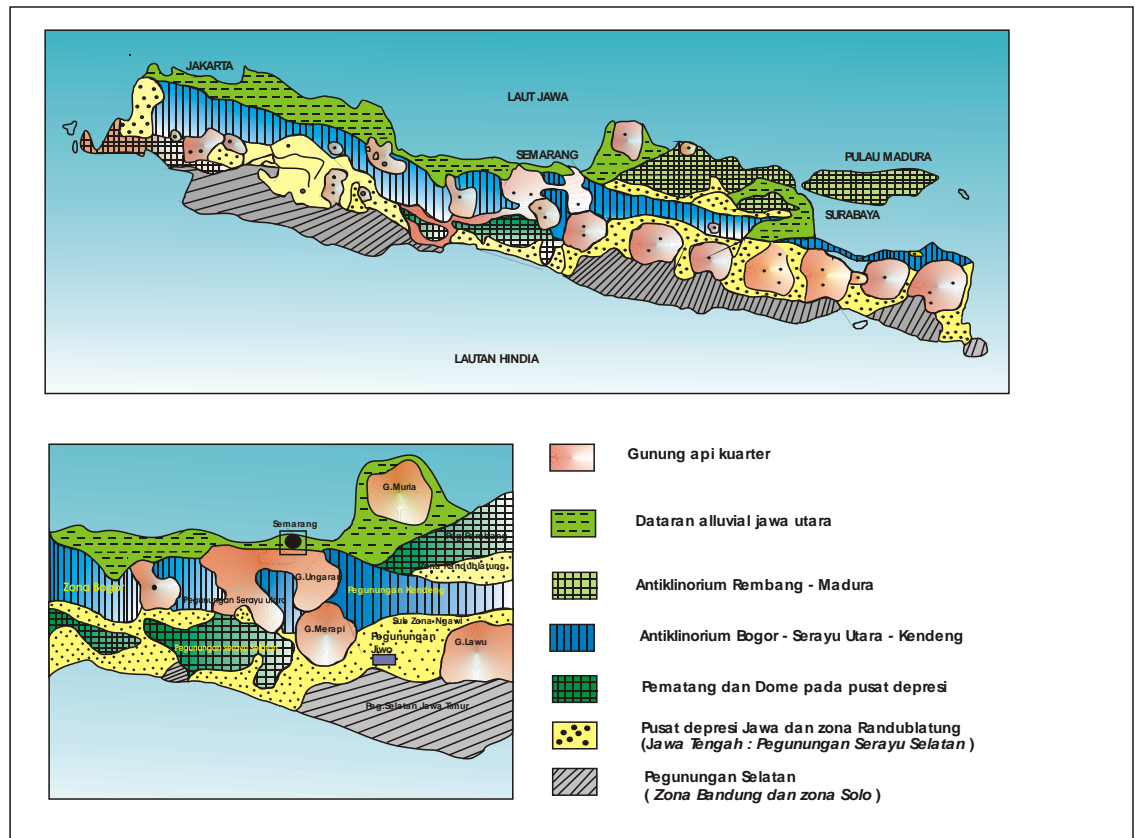
Selanjutnya Jawa dibagi menjadi 4 (empat) bagian, yaitu berturut-turut dari barat adalah:

- Jawa Barat, (dari ujung barat Jawa hingga ke Cirebon)
- Jawa Tengah, (dari Cirebon hingga Semarang)
- Jawa Timur (dari Semarang hingga Surabaya)
- Selat Madura dan Pulau Madura

Fisografi Jawa Timur menurut van Bemmellen (1949) mempunyai luasan dan mencakup daerah yang berbeda dengan administratif Jawa Timur sebagai wilayah propinsi. Fisiografi dan tektonik Jawa Timur kemudian dibagi menjadi 7 (tujuh) zona, berturut-turut dari utara ke selatan adalah:

- Kompleks Muria (Muriah),
- Depresi Semarang-Rembang,
- Zona Rembang
- Zona Randublatung,
- Zona Kendeng,

- Zona Solo, dibagi menjadi Subzona Ngawi, Zona Solo *sensu stricto*, dan Subzona Blitar
- Zona Pegunungan Selatan

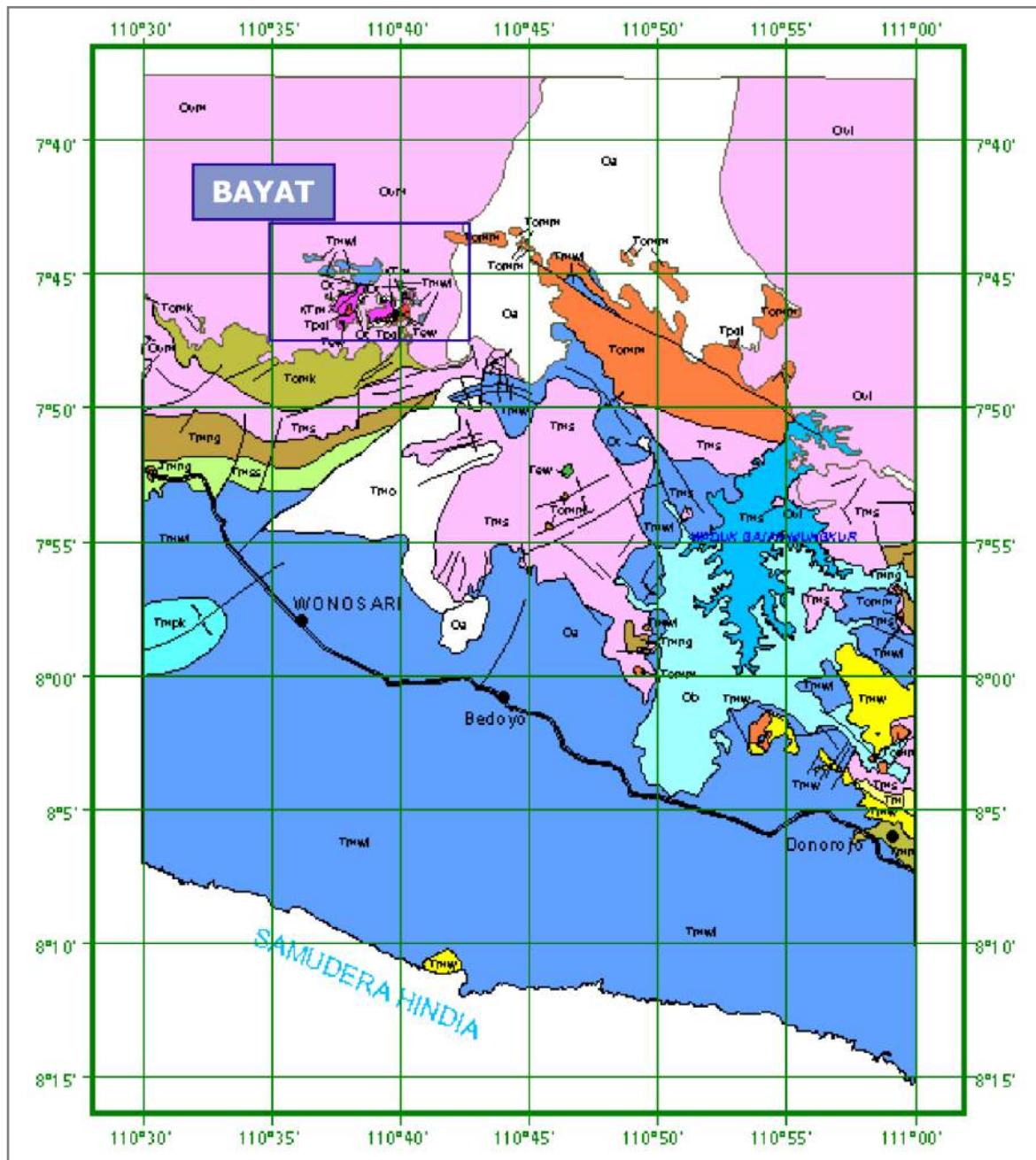


Gambar 2. 1. Peta fisiografi Jawa dan Jawa Tengah. Daerah Bayat ditandai kotak abu-abu di bagian tengah peta Jawa Tengah

2.2. Stratigrafi Pegunungan Selatan Jawa Timur

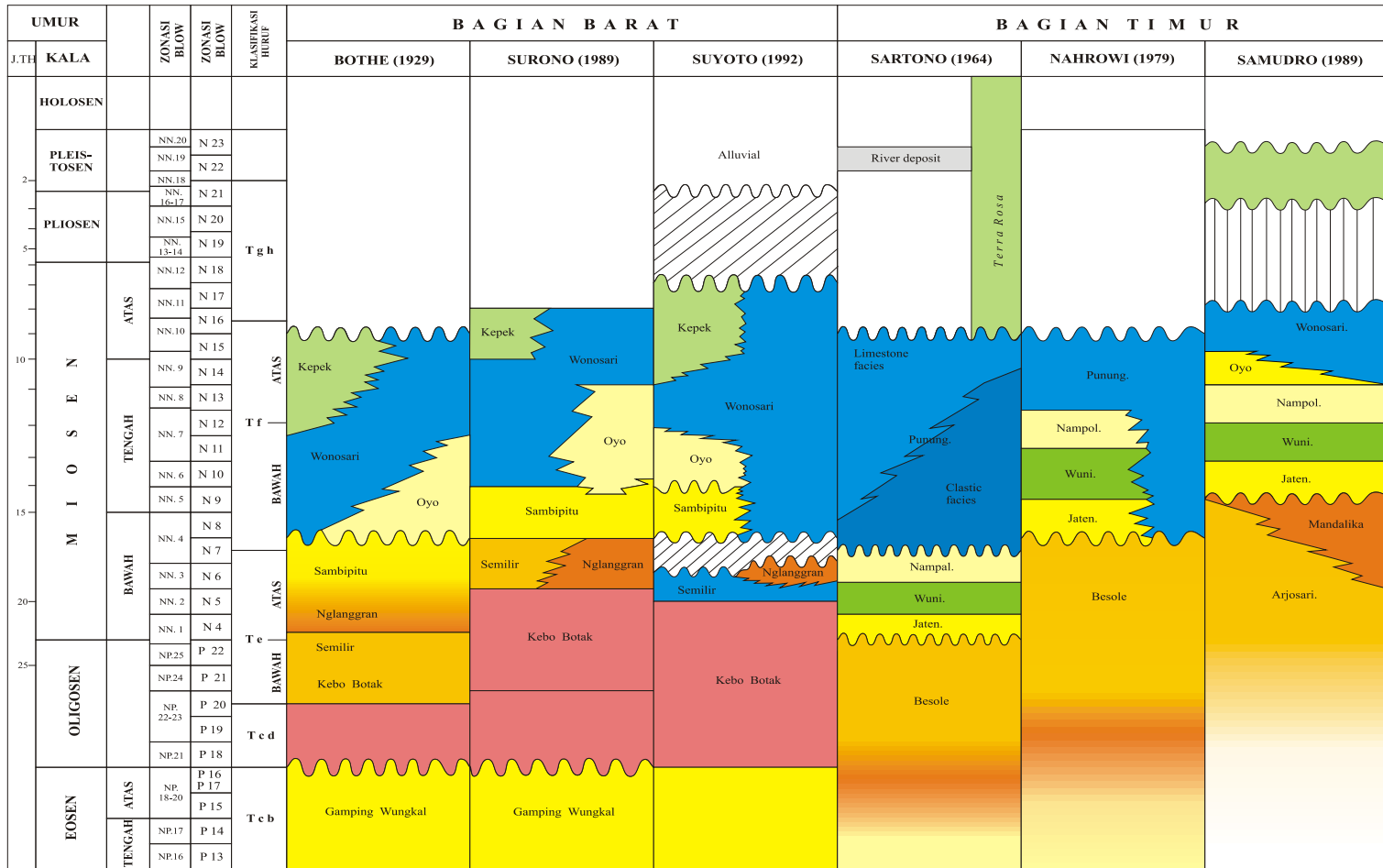
Van Bemmellen (1949) membagi Pegunungan Selatan Jawa Timur menjadi dua bagian yaitu utara dan selatan. Bagian selatan yang disebut sebagai Gunung Sewu merupakan dataran tinggi batugamping yang membentuk topografi kars. Sedangkan bagian utara terdiri dari rangkaian pegunungan atau perbukitan (perbukitan Baturagung, Ploph serta Kambengan). Dua bagian ini dipisahkan oleh cekungan antara gunung (intermontane basins) Wonosari dan Baturetno.

Geologi Pegunungan Selatan Jawa Timur merefleksikan sejarah sedimentasi, tektonik, serta vulkanisme yang kompleks, dengan rejim tektonik yang berubah selama perubahan waktu. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan adanya sejumlah ketidakselarasan, perubahan fasies, perubahan ketebalan sediment yang terkait dengan perubahan tektonik serta perubahan muka air laut.



Gambar 2.2. Peta Geologi Regional Lembar Surakarta, daerah Bayat berada di bagian utara (kotak biru).

Stratigrafi Zona Pegunungan Selatan Jawa Timur menurut beberapa Penulis



Gambar 2.3. Kolom stratigrafi antara Pegunungan Selatan Jawa Timur Bagian Barat dengan Bagian Timur oleh beberapa peneliti

Pegunungan selatan di Jawa Timur pada umumnya merupakan blok yang terangkat dan miring ke arah selatan. Batas utaranya ditandai oleh escarpment yang cukup kompleks. Lebar maksimum Pegunungan ini 55 km disebelah selatan Surakarta, sedangkan disebelah selatan Blitar hanya 25 km. Diantara Parangtritis dan Pacitan merupakan type Karst (Kapur) disebut Pegunungan Seribu atau Gunung Sewu, dengan luas $\pm 1,400 \text{ km}^2$ (Lehman, 1939). Sedangkan antara Pacitan dan Popoh selain tersusun batugamping (limestone) juga tersusun oleh batuan hasil aktivitas vulkanis berkomposisi asam-basa antara lain basalt, andesit dan dasit (van Bemmelen, 1949).

Zona Pegunungan Selatan merupakan busur vulkanik Eosen-Miosen yang endapannya terdiri dari batuan-batuan siliklastik, vulkaniklastik, vulkanik dan karbonat dengan kedudukan umum perlapisannya miring ke selatan. Zona Pegunungan Selatan dialasi secara tidak selaras oleh batuandasar berumur Kapur seperti yang tersingkap di daerah Karangsembung dan Bayat. Di Karangsembung singkapannya terdiri dari himpunan batuan kompleks akresi yang dikenal sebagai Komplek *Melange* Luk Ulo yang terdiri dari blok-blok filit, sekis biru, eklogit, ultramafik, ofiolit, basalt, kalsilitit dan rijang tertanam dalam matrik serpih tergerus (Asikin, 1974). Di daerah Bayat, singkapan batuandasar terdiri dari filit, sekis, dan marmer (Sumarso dan Ismoyowati, 1975).

Batuan sedimen tertua yang diendapkan di atas ketidak-selarasan menyudut terdiri dari konglomerat berfragmen batuan dasar dan batupasir seperti yang terdapat dalam Formasi Nanggulan dan Formasi Wungkal-Gamping yang berumur Eosen Tengah. Di atas konglomerat dan batupasir kuarsa terdapat endapan bersekuen transgresif yang terdiri dari batubara, batupasir dan batulanau. Pada Formasi Nanggulan, batupasir pada bagian atas mengandung material vulkanik dan sisipan batulempung tufaan (Smyth et al., 2005). Kehadiran lapisan batugamping numulit menandai dimulainya pengendapan di lingkungan lautan. Di lingkungan pengendapan yang lebih dalam di daerah Karangsembung, secara tidakselaras di atas batuandasar Komplek *Melange* Luk Ulo, diendapkan satuan olistostrom Formasi Karangsembung dan Formasi Totogan.

Kandungan material vulkanik Zona Pegunungan Selatan ini ke arah bagian atas meningkat sedangkan proporsi material batuan dasar makin berkurang. Ketebalan endapan bagian bawah zona ini diperkirakan mencapai 1000 m dengan singkapan terbatas dijumpai di bagian barat, yakni di Karangsembung (diwakili oleh Formasi

Karangsambung), Nanggulan (Formasi Nanggulan), dan Bayat (Formasi Wungkal-Gamping). Sekuen batuan bagian bawah ini oleh Smyth et al. (2005) disebut sebagai *Synthem One* Zona Pegunungan Selatan. *Synthem* adalah satuan kronostratigrafi suatu satuan batuan sedimen yang dibatasi oleh ketidakselarasan dan menunjukkan suatu siklus sedimentasi yang dipengaruhi oleh perubahan muka air laut relatif atau tektonik. Batas atas sekuen bagian bawah Zona Pegunungan Selatan ini di daerah Nanggulan dan Bayat merupakan ketidakselarasan Intra-Oligosen sementara di daerah Karang-sambung pengendapan berlangsung menerus (Asikin et al., 1992). Di atas bidang ketidakselarasan diendapkan suatu seri endapan yang terutama terdiri dari endapan volkaniklastik dari Formasi Kaligesing di Kulonprogo (Pringgoprawiro dan Riyanto, 1986); Kebobutak di Bayat (Suroso et al., 1992), dan Formasi Besole (Sartono, 1964) dan Formasi Mandalika (Samodra et al., 1992) di Pacitan, berumur Oligo-Miosen dan meliputi seluruh daerah Zona Pegunungan Selatan. Sekuen endapan volkaniklastik ini, yang oleh Smyth et al. (2005) disebut sebagai *Synthem Two* Zona Pegunungan Selatan, merekam perkembangan dan berakhirnya Busur Volkanik Oligo-Miosen Pegunungan Selatan. Aktifitas volkaniknya meliputi daerah yang luas, explosif dan diperkirakan berjenis *Plinian-type* (Smyth et al., 2005). Komposisi endapannya berkisar mulai dari andesitik sampai riolit dan litologinya terdiri dari abu volkanik yang tebal, tuf, breksi batuapung, breksi andesitik, kubah lava dan aliran lava dengan ketebalan berkisar mulai dari 250 m sampai lebih dari 2000 m. Akhir atau batas atas dari sekuen volkaniklastik ini ditandai oleh peristiwa volkanik yang singkat yang kemungkinan besar berupa suatu erupsi super (Erupsi Semilir) yang menghasilkan Formasi Semilir (Smyth et al., 2005).

Setelah periode ketika volkanisme Oligo-Miosen jauh berkurang aktifitasnya, bahkan mati, kemudian tererosi dan materialnya diendapkan kembali sebagai sekuen endapan berikutnya. Disamping itu sekuen endapan berikutnya juga dicirikan oleh perkembangan paparan karbonat yang luas seperti yang dijumpai di daerah Wonosari (Formasi Wonosari) dan Pacitan (Formasi Punung dan Formasi Campurdarat). Endapannya mencapai ketebalan sekitar 500 m dan terumbu berkembang pada daerah-daerah tinggian yang dibatasi sesar atau di daerah-daerah bekas gunungapi. Di bagian puncaknya terdapat lapisan-lapisan debu volkanik mengandung zircon yang berdasarkan penanggalan U-Pb SHRIMP menunjukkan umur antara 10 dan 12 jtl (Smyth et al., 2005). Umur ini diperkirakan berkaitan dengan munculnya kembali aktivitas volkanik pada Miosen Akhir, di posisi dimana Busur Sunda masa kini berada.

Stratigrafi Pegunungan Selatan dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian timur dan bagian barat. Stratigrafi bagian Timur terutama daerah Pacitan dan sekitarnya telah disusun oleh beberapa ahli geologi, antara lain Sartono (1964), Nahrowi (1978), serta Hanang Samudra (1992). Sedangkan stratigrafi bagian barat juga telah banyak diteliti diantaranya oleh Bothe (1928); van Bemmellen (1949), Surono et al. (1992) dan Suyoto(1992).

2.2.1 Pegunungan Jiwo dan Pegunungan Selatan Bagian Barat

Stratigrafi Pegunungan Selatan bagian barat meliputi wilayah Gunung Kidul dan Bantul. Sedangkan Pegunungan Jiwo yang mengandung batuan-batuan yang relative lebih tua secara fisiografi termasuk ke dalam Zona Solo. Walaupun demikian secara stratigrafi Pegunungan Jiwo dan Pegunungan Selatan Bagian Barat secara stratigrafi saling terkait. Uraian stratigrafi regional di bawah ini dimulai dari Batuan Pra-tercier di Pegunungan Jiwo.

- Kelompok Batuan Pra Tersier

Batuan berumur Pra-Tersier tersingkap di Pegunungan Jiwo daerah Bayat, Klaten tersusun oleh batuan metamorfosa batusabak, sekis, genis, serpentinit dan batugamping kristalin. Batugamping mengandung *Orbitulina* hadir sebagai lensa-lensa (bongkah) dalam batulempung. Berdasarkan kesamaannya dengan satuan batuan yang ada di daerah Luk Ulo, Kebumen, Jawa Tengah kelompok batuan ini diperkirakan berumur Kapur Atas (Verbeek dan Fennema, op.cit.Bothe, 1929).

Secara tidak selaras di atas batuan dasar ini terdapat satuan batuan Tersier tertua di daerah Pegunungan Selatan yang terdiri dari Formasi Wungkal dan Formasi Gamping.

- Formasi Gamping-Wungkal

Formasi Wungkal dicirikan oleh Kalkarenit dengan sisipan batupasir dan batulempung, sedangkan Formasi Gamping dicirikan oleh kalkarenit dan batupasir tufaan, sedangkan di daerah Gamping (sebelah barat kota Yogyakarta, sebagai tipe lokasi), Formasi Gamping ini dicirikan oleh batugamping yang berasosiasi dengan gamping terumbu.

Hubungan antara formasi-formasi ini belum diketahui secara pasti. Beberapa peneliti menafsirkan sebagai ketidakselarasan (Sumosusastro, 1956 dan Marks,

1957) dan peneliti lainnya menafsirkan hubungan kedua Formasi tersebut selaras (Bothe, 1929, Sumarso dan Ismoyowati, 1975), sedangkan Surono et al. (1989) menyebutkan sebagai Formasi Gamping-Wungkal yang merupakan satu Formasi yang tidak terpisahkan. Namun demikian semua peneliti tersebut sepakat bahwa kedua Formasi tersebut berumur Eosen Tengah – Atas. Di atas Formasi Wungkal dan Formasi gamping ditutupi secara tidak selaras oleh sedimen volkanoklastik yang dikelompokkan sebagai ; Formasi Kebo, Formasi Butak, Formasi Semilir, Formasi Nglanggran dan Formasi Sambipitu.

- **Formasi Kebo**

Terdiri dari perselingan konglomerat, batupasir tufaan, serpih dan lanau , dan di beberapa tempat dijumpai adanya lava bantal dan intrusi diorit. Ketebalan Formasi ini sekitar 800 meter dan diendapkan di dalam lingkungan laut, pada umumnya memperlihatkan endapan aliran gravitasi (*gravity-flow deposits*).

- **Formasi Butak**

Lokasi tipe Formasi ini terdapat di gunung Butak yang terletak di Sub Zona Baturagung, tersusun oleh litologi breksi, batupasir tufaan, konglomerat batuapung, batulempung dan serpih yang memperlihatkan perselingan dan menunjukkan ciri endapan aliran gravitasi di lingkungan laut yang berumur Oligosen. Ciri Formasi Kebo dan Formasi Butak di beberapa tempat tidak begitu nyata sehingga pada umumnya beberapa peneliti menyebutkan sebagai Formasi Kebo - Butak yang berumur Oligosen Atas .

- **Formasi Semilir**

Selaras diatas Formasi Butak. Tersingkap baik di Gunung Semilir dekat Baturagung. Terdiri dari batupasir tufaan, tufa lapili, batupasir, Tufa, breksi polemik, batulempung , batulanau dan serpih. Perlipisan berulang-ulang dan berselingan sangat khas pada formasi ini .Formasi ini di endapkan dengan mekanisme arus turbidit di lingkungan laut dalam sebagai turbidit distal. Berumur Meosen Awal. Didalam formasi Semilir terdapat lensa-lensa Breksi andesit dari Formasi Nglanggran terdapat hubungan saling bersilang jari. Ketebalan Formasi Semilir diperkirakan 1200 meter.

- **Formasi Nglanggran**

Tersingkap baik di daerah Pandaan. Terdiri dari breksi andesit , batupasir tufaan, dan batulanau. Yang paling dominan pada formasi ini adalah Breksi Andesit, didalam breksi tersebut sering dijumpai adanya frakmen-frakmen batugamping, terutama pada Formasi Nglanggran bagian bawah. Diendapkan dengan sistem sedimen gravity flow di lingkungan laut dalam. Umur Formasi Nglanggran ini adalah Miosen Awal.

- **Formasi Sambipitu**

Selaras diatas formasi Semilir – Nglanggran. Lokasi tipenya di Sambipitu. Terdiri dari perselingan dari batu pasir berwarna coklat kehijauan dengan serpih hijau dan batulanau. Sering dijumpai adanya klastika lempung didalam batupasir. Formasi ini juga diendapkan turbidit di lingkungan laut dalam. Berumur Miosen Awal bagian atas ($N_8 - N_9$).

- **Formasi Oyo**

Tidak selaras di atas Formasi Sambipitu. Lokasi tipenya adalah di kali Oyo. Terdiri dari batugamping fragmental atau batugamping konglomeratan, batugamping pasiran kalkarenit, batupasir tufaan dan napal. Struktur sedimen yang biasanya dijumpai adalah lapisan perselang-selingan antara kalkarenit dan napal. Diendapkan dalam lingkungan laut dangkal (20 – 100 mete), atau Neritik tepi sampai Neritik Tengah, di bawah pengaruh agitasi ombak yang agak tenang. Formasi ini berumur Miosen Tengah.

- **Formasi Wonosari**

Dengan Formasi Oyo mempunyai hubungan bersilang jari. Terdiri dari batugamping bioherm, batugamping berlapis dan batugamping terumbu.

Ketebalan Formasi ini kurang lebih 800 meter, dijumpai pula adanya napal.

Umur Formasi Wonosari adalah Miosen Tengah. Formasi Wonosari ini diendapkan di lingkungan Laut dangkal.

- **Formasi Kepek**

Lokasi tipenya di Kali Kepek. Terdiri dari batugamping , napal berlapis. Lapisan napal pada Formasi Kepek ini mempunyai ketebalan kurang lebih 200 meter, ke arah selatan lapisan ini berubah fasies menjadi batugamping terumbu Formasi Wonosari. Formasi ini berumur Miosen Akhir.

Satuan Lempung Hitam

Satuan ini terdiri dari lempung hitam, konglomerat dan pasir. Ketebalan satuan lempung hitam ini mencapai kurang lebih 10 meter, dengan penyebaran di Ngawen, Semin sampai disebelah selatan Wonogiri. Umurnya dapat di tafsirkan Plestosen Tengah sampai Sub Holosen.

Di daerah Bayat, Formasi Oyo dan Formasi Wonosari menumpang secara tidak selaras di atas batuan Pra tersier, sedangkan di Baturagung, Formasi Wonosari juga menutupi secara tidak selaras Formasi Semilir.

2.3. Magmatisme Pegunungan Selatan Jawa Timur

Di Indonesia, bukti adanya aktivitas gunungapi/magmatik sudah terekam paling tidak sejak Permian. Tetapi sampai sekarang posisi tektonik formasi-formasi batuan (termasuk batuan vulkanik) yang berumur pre-tercier masih belum jelas dan masih diperdebatkan. Banyak ahli berpendapat bahwa banyak batuan-batuan tersebut letaknya tidak sama dengan pada saat terbentuknya. Keberadaan jalur gunungapi yang masih dipercaya dapat diikuti secara menerus dari Sumatera, Jawa hingga Sulawesi adalah busur gunungapi berumur Tersier Awal (Van Bemmelen,1949). Di Sumatera, kegiatan ini diwakili oleh batuan gunungapi Bentaro, Natal dan Kikim yang berumur Paleogen (Sutanto,1997) di Jawa, dicerminkan oleh Formasi Jatibarang, dike basaltik di Karangsambung dan Bayat yang berumur Eosen hingga Oligosen Awal serta “Old Andesite Formation” yang terletak di Pegunungan Selatan Jawa berumur Oligosen Akhir hingga Miosen Awal di lengan barat Sulawesi, kegiatan sejenis dimulai oleh batuan gunungapi Langi berumur Paleosen hingga Eosen Akhir (Hutchison,1982).

Busur gunungapi di Indonesia aktual mempunyai panjang \pm 6000 kilometer, memanjang dari bagian utara Sumatera hingga kepulauan Maluku. Dari barat ke timur, busur gunungapi tersebut paling tidak dapat dipisahkan menjadi empat, yaitu: Sumatera, (hingga Jawa Barat ?) yang dianggap merupakan tepi benua aktif; busur kepulauan Jawa hingga Flores, busur Banda dan kompleks busur collision di Timor dan Maluku (Van Bergen et al., 1991). Busur gunungapi tersebut ditandai hadirnya lebih dari 500 gunungapi Resen, di mana 78 diantaranya pernah meletus dalam waktu sejarah sedang limapuluhan yang lain berstadia solfatorik atau fumarollian (Neumann van Padang,1951 in Hutchison,1982) Sejarah letusan gunungapi menunjukkan bahwa erupsi Gunung Tambora (1815) dan Krakatau (1883), merupakan letusan terbesar pertama dan

ke empat di dunia dalam waktu sejarah (Hutchison, 1982). Batuan vulkanik Kuartar umumnya berafinitas kalk-alkali dan kalk-alkali potasik (kaya K), dan sedikit yang berafinitas toleitik dan shoshonitik. Lava dan batuan piroklastiknya terutama berkomposisi andesitik, walaupun ada yang basaltik, dasitik maupun riolitik.

Magmatisme dan vulkanisme di Jawa

Pulau Jawa yang terletak diatas bidang Benioft dengan kedalaman 100 kilometer di selatan dan 400 kilometer di utara, mempunyai empat jalur formasi batuan vulkanik yang sejajar dengan palung Sunda (Soeria Atmadja et al 1991; Maury, 1997):

- 1) Di pegunungan Selatan, ditempati oleh batuan gunungapi berumur Eosen hingga Miosen Tengah.
- 2) Lava dan intrusi-intrusi yang berumur Miosen akhir - Pliosen, terletak tidak jauh di utaranya (sebagian overlapping) dan sebagian tertutup oleh bangunan gunungapi kuartar.
- 3) Jalur gunungapi aktif yang terdiri dari pusat-pusat erupsi berjarak rata-rata 80 kilometer; dan
- 4) Jalur belakang busur yang ditempati oleh beberapa gunungapi kuartar dengan jarak bervariasi terhadap sumbu jalur vulkanik (Dieng, Ungaran, Ringgit, Muria, Lasem dll)

Busur magmatik yang berumur Eosen - Miosen Awal dan Miosen Akhir – Pliosen, dengan arah hampir sejajar dengan arah sumbu busur magmatik aktif yang dikenal dengan busur sunda . Busur magmatik berumur Eosen sampai Miosen Awal terletak di sebelah selatan dari busur magmatik yang aktif dan busur magmatik yang berumur Miosen Akhir – Pliosen posisinya relatif berada di utara . Produk magmatik dari ketiga jalur dari magmatik tersebut secara genetis adalah khas yang berhubungan erat dengan suatu sistem penunjaman magmatisme tipe orogen (Orogenic Type Magmatism) . Afinitasnya bervariasi dari deret toleitik sampai kalk - alkali potasik. Ditinjau dari segi petrologi , produk magmatik , (vulkanik maupun intrusinya) yang bersifat orogenik ini adalah konsekuensi normal dari suatu konteks tektonik konvergensi yang menghasilkan lingkungan tektonik dari sistem penunjaman palung atau busur. Tetapi dilihat dari posisi dan penyebarannya , kedua busur magmatik tersier dan busur magmatik aktif di Pulau Jawa ini mengundang suatu pertanyaan besar , karena tidak

mengikuti kaidah yang normal dari evolusi suatu sistem penunjaman, yang biasanya ditandai oleh makin muda ke arah palung atau ke arah samudera, mengikuti hipotesa pola pertumbuhan benua atau "continental accretion". Oleh karena itu muncul beberapa pemikiran untuk menjelaskan fenomena ini. Perpindahan busur magmatik yang tidak normal ini mungkin disebabkan karena adanya perubahan sudut penunjaman selama proses konvergensi dari Eosen Akhir sampai sekarang. Pemikiran yang lain yaitu adanya kemungkinan perpindahan dari zona penunjaman atau palung dari masing – masing episode ketiga jalur magmatik utama di Pulau Jawa ini atau kombinasi keduanya. Penelitian dari Bellon et al, 1989 menghasilkan kesimpulan bahwa busur magmatik Eosen – Miosen Awal adalah akibat subduksi yang berbeda dengan subduksi aktif, sedangkan busur magmatik yang berumur Miosen Akhir – Pleistosen adalah produk awal (initiation) dari volkanisme busur magmatik aktif (Kuartar). Satu hal yang sangat jelas, melihat hubungan ruang, waktu dan produk volkaniknya, busur Sunda ini dapat digolongkan pada tipe "unstable orogenic" yang sangat berbeda dengan tipe "well established orogenic" dengan ciri zonasi magmatik teratur, alkalinitas (terutama unsur Kalium) yang meningkat secara sistematis semakin jauh dari palung (gambar 3.7) memperlihatkan lokasi dan distribusi produk gunungapi primer di Jawa Tengah.

Magmatisme Pra-Tersier

Di Jawa batuan Pre-Tersier hanya tersingkap di Ciletuh, Karangsambung dan Bayat. Sedangkan di laut Jawa batuan pre-tercier (batuan metamorf dan batuan beku) terletak tidak selaras di bawah formasi batuan tersier. Ketiga singkapan batuan pre-tercier tersebut oleh Hamilton (1979) dianggap sebagai melange tektonik (batas satuan batuan selalu patahan) yang berumur pre-tercier (Kapur ?) hingga Eosen. Sukendar Asikin (1974) dalam disertasi doktornya telah menyimpulkan bahwa melange tektonik di Karangsambung (Kebumen) mempunyai arah struktur yang sama dengan singkapan sejenis yang terdapat di pegunungan Meratus (Kalimantan selatan). Batuan magmatiknya berupa batuan asal kerak samudera yang terdiri dari serpentinit, peridotit, gabro, diabas (dike), basalt toleit (lava bantal), rijang dan gamping merah (berlapis baik). Sebagian batuan tersebut telah berubah menjadi amfibolit. Keberadaan batuan kelompok ofiolit ini juga sudah dipelajari secara khusus oleh Suparka (1988), yang ternyata merupakan kelompok ofiolit asal MORB yang berumur 81 - 85 Ma.

Di Ciletuh, disebelah tenggara kota Pelabuhan Ratu (sungai Citirem) batuan yang tersingkap berupa gabro, batulempung, dan olistostrom tidak selengkap di Karangsambung. Daerah ini belum banyak diteliti secara khusus dan lagi sulit dijangkau. Di Bayat, batuan umur ini terdiri dari filit, sekis, marmer, dan serpentinit yang diterobos oleh dike basalt dan stock gabro (Gunung Pendul). Kehadiran serpentinit (yang sebagian masih memperlihatkan tekstur batuan beku) di dusun Pagerjurang, di lereng barat laut Gunung Jabalkat merupakan bukti adanya kegiatan magmatik Pre-Tersier. Berdasarkan keberadaannya di lapangan diduga batuan magmatik di tiga daerah tersebut, tidak in-situ, dan penempatannya merupakan fragmen dalam prisma akresi atau dalam melange tektonik (Hamilton, 1979).

Magmatisme Eosen

Bukti kegiatan gunungapi berumur Eosen tidak pernah dijumpai dengan jelas. Tetapi bukti adanya kegiatan magmatik ditunjukkan oleh ditemukannya batuan gunungapi Formasi Jatibarang di cekungan Jawa Barat utara, beberapa dike basaltik yang memotong Formasi Karangsambung di sebelah Utara Kebumen, dan formasi batuan Pre-Tersier dan Eosen di Perbukitan Jiwo, Bayat, serta dijumpainya lava bantal basaltik di sungai Grindulu dusun Gedangan), Pacitan di dalam Formasi Besole (?).

Formasi Jatibarang yang mempunyai ketebalan ± 1200 meter ini hampir selalu dijumpai dalam pengeboran minyak di cekungan Jawa Barat Utara. Penanggalan radiometrik (tidak jelas umur mutlaknya) memberikan umur Eosen hingga Oligosen awal (Arpandi dan Padmosukismo, 1976 dalam Hutchison, 1982). Di Karangsambung kegiatan gunungapi Eosen diwakili oleh gunung Bujil, dan beberapa dike memotong Formasi Karangsambung. Penanggalan radiometrik K/Ar memberikan umur 39.86 ± 3.31 Ma. Beberapa dike basaltik (Winong, Brumbung, gunung Merak, dll) dan stok gabroik yang memotong sekis kristalin, Formasi Wungkal dan Formasi Gamping, di perbukitan Jiwo, Bayat, memberikan umur 31 - 40 Ma. Sementara lava basalt tholeit yang berstruktur bantal memberikan umur 42 Ma (Sutanto et al., 1994).

Kegiatan gunungapi pada kala Eosen ini menghasilkan batuan basalt berkomposisi mineral terdiri dari plagioklas, piroksin (jarang terdapat olivin), dan mineral opak, umumnya afirik, intergranular atau intersertal. Kandungan unsur utama (K_2O dan SiO_2) menunjukkan basalt dari Karangsambung dan Pacitan berafinitas tholeit busur kepulauan sedang basalt yang terdapat di Bayat adalah kalk-alkali. Ciri

magma orogenik ditunjukkan oleh kandungan titanium (Ti) dan niobium (Nb) yang rendah sehingga memberikan harga anomali negatif terhadap unsur-unsur jejak yang lain (Soeria - Atmadja et al,1991,Sutanto,1993).

Magmatisme Oligosen - Miosen Tengah

Sebagian besar pulau Jawa dibangun oleh batuan hasil kegiatan gunungapi berumur Oligosen - Miosen awal dan Pliosen - Kuartar, terdiri dari bangunan vulkanik (breksi piroklastik, tufa, breksi laharik, lava, batupasir vulkanik, batulempung vulkanik) bawah laut dan daratan. Penunjaman lempeng litosferik samudera Hindia pada akhir Paleogen telah menyebabkan terbentuknya deretan gunungapi (busur kepulauan) berafinitas kalk-alkali dibagian selatan pulau Jawa (Hamilton,1979) yaitu di daerah Merawan, Malang selatan, Trenggalek, Pacitan, Parangtritis, Kulon Progo, Karangbolong, Nusakambangan, Pangandaran, Pelabuhan Ratu dan Bayat. Van Bemmelen,(1949) menyebut formasi batuan hasil kegiatan gunungapi tersebut sebagai "Old Andesites Formation". Sekarang, formasi-formasi tersebut telah diberi nama sesuai dengan tata nama Sandi Stratigrafi Indonesia seperti Formasi Besole di Pegunungan Selatan Jawa timur dan Formasi Kebo, Formasi Butak, Formasi Semilir dan Formasi Nglanggran di daerah Baturagung hingga Parangtritis serta Formasi Kaligesing dan Formasi Dukuh di Kulon Progo. Penelitian lebih detail tentang analisa kimia dan penentuan umur radiometrik (K/Ar) telah dilakukan oleh Soeria-Atmadja et al. (1991) dan Sutanto et al. (1994) untuk daerah Karangsambung,Kulon Progo, Bayat, dan Pacitan.

Magmatisme Miosen Akhir - Pliosen

Soeria - Atmadja et al (1991) mengidentifikasi adanya dua episode magmatik, berumur 12 Ma hingga 2 Ma. Dibandingkan dengan magmatisme sebelumnya, jalur ini terletak tepat di sebelah utaranya, tetapi di Pacitan dan sekitarnya saling overlapping. Vulkanisme pada saat itu pada umumnya tidak merupakan kerucut-kerucut gunungapi, tetapi berupa dike atau sill dan "*volcanic neck*" yang umumnya berkomposisi andesitik. Singkapannya dijumpai di daerah Ajibarang-Wangon, Pemalang-Karangobar dan Pacitan-Trenggalek. Di daerah terakhir di atas, dijumpai sebagai intrusi-intrusi yang menerobos hingga batugamping Formasi Punung seperti halnya Gunung Sepang, Manikoro dan lain - lain. Analisa kimia menunjukkan bahwa batuan di daerah Pacitan berafinitas toleit busur kepulauan.

Tabel 2.1. Hasil penanggalan isotopik K/Ar beberapa batuan basaltik dari daerah Kulon Progo

Lokasi	No.	Umur		K ₂ O %	SiO ₂	40Ar* (%)	36Ar sam. E-9 cm ³ /g
		Kala	(Ma)				
lava desa Kalibuko	WP53	Oligosen akhir	29.63±2.26	.04	54.15	24.0	9.72
dome lava G.Kukusan	WP51	Oligosen akhir	29.24±2.38	.23	60.95	23.0	12.20
Dike Kalisonggo	WP56	Oligosen akhir	28.31±3.46	.01	51.57	16.4	15.02
“volcanic neck” Gn Ijo	WP55	Oligosen akhir	25.98±0.55	0.94	54.30	61.0	0.97
lava Gunung Suru	WP50 D	Oligosen akhir	25.35±0.65	0.99	58.65	52.8	1.73
lava Gendol	80J102	Miosen awal	22.64±1.13	0.95	51.00	23.6	4.15

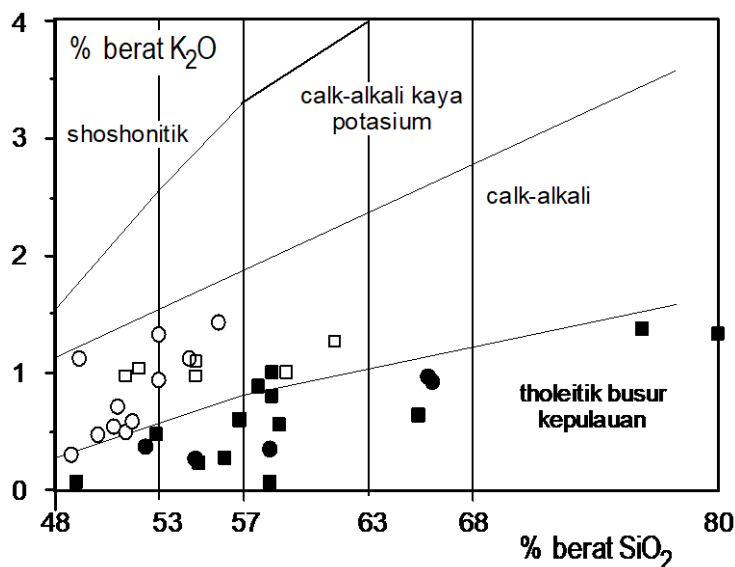
Tabel 2.2. Umur isotopik K/Ar beberapa batuan basaltik dari daerah Bayat dan Pegunungan Selatan.

Lokasi	No. contoh	Umur		K ₂ O %	40Ar* (%)	36Ar sam. E-9 cm ³ /g
		Kala	(Ma)			
Bayat	BY50	Eosen akhir	39.82±1.49	0.50	25	5.6
	BY 48	Oligosen awal	33.15±1.00	1.01	49.5	3.15
	BY47	Oligosen awal	31.29±0.90	0.58	37.8	2.13
Tegalrejo	BY 52	Oligosen akhir	24.25±0.65	1.31	52.6	2.40
Parangtritis	PT 57B	Oligosen akhir	26.55±1.07	0.93	37.0	3.58
	PT 57A	Oligosen akhir	26.40±0.83	1.11	46.7	2.96

Tabel 2.3. Umur radiometrik Potasium - Argon batuan vulkanik dari daerah Pacitan dan sekitarnya.

Lokasi	No. contoh	Umur		K ₂ O %	40Ar* (%)	36Ar sam. E-9 cm ³ /g
		Kala	(Ma)			
Arjosari	PC6B	Eosen akhir	42.73±9.78	0.055	8.3	2.37
	PC6A	Oligosen awal	33.56±9.69	0.045	6.5	1.93

	PC6C	Oligosen awal	28.00±1.53	0.30	29.0	1.80
Slahung	80J83	Miosen awal	19.20±0.37	6.40	80.1	2.77
Trenggalek	PC35	Miosen awal	18.99±0.54	1.34	50.4	2.15
Pacitan	PC1	Miosen tengah	15.80±0.44	0.86	41.6	1.75
	PC3	Miosen tengah	15.30±0.88	0.77	28.9	2.67
G. Watulimo	PC7	Miosen tengah	12.07±0.58	0.67	21.3	2.41
G. Manikoro	PC34	Miosen akhir	8.94±0.40	1.00	32.4	1.49



Gambar 2.4. Diagram K₂O/SiO₂, (Peccerillo & Taylor,1976) memperlihatkan batuan vulkanik dari daerah Bayat (bulat putih) dan Kulon Progo (segi empat putih) berafinitas kalk alkali, sedang batuan dari Pacitan - Trenggalek (segi empat hitam) dan Karangsembung & Karangbolong berafinitas toleit busur kepulauan.

Magmatisme Kuartar

Rangkaian bangunan gunungapi Kuartar terdiri dari dua jalur, yaitu rangkaian gunungapi aktif pada poros pulau Jawa dan vulkanisme belakang busur. Studi geodinamik berdasar data-data geokimia, petrologi, dan geokronologi dari batuan gunungapi Kuartar sudah banyak dilakukan oleh para ahli, antara lain ialah: Hutchison,1982; Nicholls & Wittford,1983; Soeria Atmadja et al,1986; Maury et al,1987; Bellon et al,1989; Soeria Atmadja et al,1988; Romeur,1991 dan lain - lain.

Gunungapi kuarter mempunyai tipe (afinitas) batuan sangat bervariasi, yaitu terdiri dari

- Toleitik (Krakatau, Galunggung);
- Kalk-alkali (Salak, Tangkuban Prahur, Guntur, Papandayan, Tjerme, Sundoro, Kelud, Semeru, Lamongan);
- Kalk-alkali kaya potasium (Dieng, Ungaran, Merapi, Kawah Ijen);
- Shoshonitik (Ungaran, Muria, Patiayam, Lasem) dan
- Ultra-potasik mengandung leusit (Muria, Lorus, Ringgit, Besar dan Bawean).

Gunungapi dengan tipe toleitik, kalk-alkali dan kalk-alkali kaya potasium terletak pada sumbu vulkanik aktual, sedang yang bertipe shoshonitik dan ultrapotasik mengandung leusit terletak pada belakang busur pulau Jawa.

Magmatisme belakang busur

Yang termasuk kedalam kelompok ini adalah semua gunungapi dan kegiatan vulkanisme yang berada di sebelah utara dari sumbu vulkanik utama pulau Jawa (Gunung Merapi, Merbabu, Lawu, dll). Termasuk magmatisme dan vulkanisme belakang busur diantaranya Gunung Muria, Gunung Genuk, Gunung Patiayam, Kepulauan Karimun Jawa, Pulau Bawean, dan Gunung Lasem.

2.4. Kerangka Tektonik Pegunungan Selatan Jawa Timur

Singkapan Komplek batuan Pra-Tersier Bayat didominasi oleh batuan metamorf yang umumnya berderajat rendah-menengah (ditandai dengan terdapatnya filit kuarsa-serisit-grafit sampai sekis kuarsa-muskovit-garnet). Filit dan sekis Komplek Bayat ada yang komposisinya mengandung kalsit 15-60% (calc phyllite dan calc schist), disamping kuarsa dan mika. Sementara himpunan batuan yang menunjukkan urutan OPS (oceanic plate stratigraphy), yang terdiri dari basalt berstruktur bantal, batugamping merah, rijang, serpih silikaan, batupasir, dan serpih, seperti yang terdapat dalam Komplek Melange Luk Ulo tidak dijumpai di Bayat.

Berdasarkan uraian di atas, dapat dikemukakan dua interpretasi dalam membandingkan batuan Pra-Tersier Komplek Luk Ulo Karangsembung dan Komplek Bayat. Pertama, Komplek Bayat, yang didukung oleh kemiripan batuan metamorf, arah umum struktur dengan Komplek Melange Luk Ulo, merupakan bagian dari zona

subduksi yang sama dengan Komplek Melange Luk Ulo. Kurangnya bukti yang menunjukkan keterdapatan struktur melange tektonik kemungkinan berkaitan dengan dimensinya, Komplek Bayat kemungkinan merupakan blok batuan metamorf yang sangat besar di dalam masadasar yang tidak tersingkap karena tertutup oleh material pelapukan yang tebal sehingga sulit menjumpai singkapan masadasarnya. Kedua, walaupun komponen Komplek Bayat ada yang mirip dengan Komplek Melange Luk Ulo namun genesa tektonik kedua kompleks tersebut berbeda. Komplek Luk Ulo merupakan hasil khas dari subduksi lempeng samudera sedangkan Komplek Bayat, yang tidak menunjukkan struktur melange tektonik dan tanpa kehadiran OPS, dapat diinterpretasikan sebagai kompleks konvergen yang lebih berciri asal-kontinen. Terdapatnya calc phyllite dan calc schist, yang tidak dijumpai di Komplek Luk Ulo, dan nampaknya menjadi penciri himpunan batuan metamorf Komplek Bayat, mendukung interpretasi yang kedua karena hadirnya calc phyllite dan calc schist tersebut menunjukkan batuan asal (protolit) Komplek Bayat adalah batuan sedimen yang mengandung karbonat seperti napal, batulempung gampingan, ataupun batupasir gampingan. Protolit semacam ini menunjukkan batuan metamorf Bayat lebih berasosiasi dengan batuan sedimen terigen (asal darat) yang berasosiasi dengan lingkungan kontinen.

BAB III

GEOLOGI PEGUNUNGAN JIWO, BAYAT

Banyak ahli geologi Belanda melakukan penelitian dan meletakkan dasar tentang geologi di daerah Pegunungan Jiwo hingga Pegunungan Baturagung antara lain Verbeek (1895), Bothe (1929; 1934), Gerth dan Doornink (1932), van Bemmelen (1949), dan Marks (1956). Setelah itu kemudian banyak ahli Indonesia melakukan penelitian baik mengenai magmatisme, struktur geologi, paleontology maupun stratigrafi. Sumosusastro (1956), meneliti secara lebih detil geologi Perbukitan Jiwo Timur; kemudian kajian biostratigrafi pernah dilakukan oleh Sumarso dan Ismojowati (1974) dan Umiyatun, dkk (2006). Soeria Atmaja *et all.* (1991); Sutanto *et all.* (1994), meneliti batuan vulkanik di Pulau Jawa termasuk diantaranya umur secara radiometrik (metode penanggalan isotopik K/Ar) beberapa batuan beku di daerah Bayat dan sekitarnya. Jatmiko Setiawan (2000) dan Prasetyadi (2007) meneliti tentang geodinamik, serta Suroso, dkk., (2006), Bronto (2010), Setiawan, dkk. (2013), Akbar dan Setiawan (2015) melakukan penelitian tentang keberadaan batuan beku dan batuan metamorf di Pegunungan Jiwo..

3.1. Fisiografi dan Geomorfologi

Bayat terletak kurang lebih dua puluh kilometer sebelah selatan kota Klaten. Secara administratif termasuk wilayah Kecamatan Bayat dan Kecamatan Wedi. Secara geografis (dalam lembar peta Perbukitan Jiwo dan sekitarnya) terletak antara: 110°36'33"BT-110°41'24"BT dan 007°43'57" LS-007°49'20"LS. Daerah yang dikenal dengan Perbukitan Jiwo tersebut, dikelilingi oleh daratan aluvial secara fisiografi termasuk dalam Zona Depresi Tengah Pulau Jawa (*Solo Subzone*), di bagian selatan dibatasi oleh Zona Pegunungan Selatan (Van Bemmelen, 1949), yang dikenal dengan Perbukitan Baturagung .

Perbukitan Jiwo merupakan bukit–bukit yang muncul pada Zona Depresi, terdiri dari Perbukitan Jiwo Barat dan Perbukitan Jiwo Timur dipisahkan oleh Sungai Dengkeng. Bukit–bukit tersebut adalah Bukit Jabalkat, Bukit Cakaran, Bukir Merak, Bukit Tugu, Bukit Sari, Bukit Budo, dan Bukit Kebo di Jawa Barat, serta Bukit Temas, Bukir Jokotuo, Bukit Pendul, dan Bukit Konang di Jiwo Timur.

3.2. Stratigrafi

Sampai saat ini penamaan suatu batuan di daerah Perbukitan Jiwo pada dasarnya mengikuti penamaan yang diusulkan oleh Bothe (1929), meskipun sebenarnya banyak penelitian yang lebih baru, tetapi belum dikenal secara luas, sebagaimana halnya penamaan beberapa formasi baru oleh Wartono Rahardjo (1994).

Secara stratigrafi daerah Bayat disusun oleh urutan satuan batuan sebagai berikut (Gambar 3.1) :

1. Kelompok batuan metamorf berumur pra-Tersier (Ktm)
2. Formasi Gamping – Wungkal (Tew)
3. Formasi Kebo – Butak (Tomk), Anggota Santren (Tomsk)
4. Lithodem Gabro (Tpdi)
5. Formasi Sambibitu dan Formasi Oyo (Tmo)

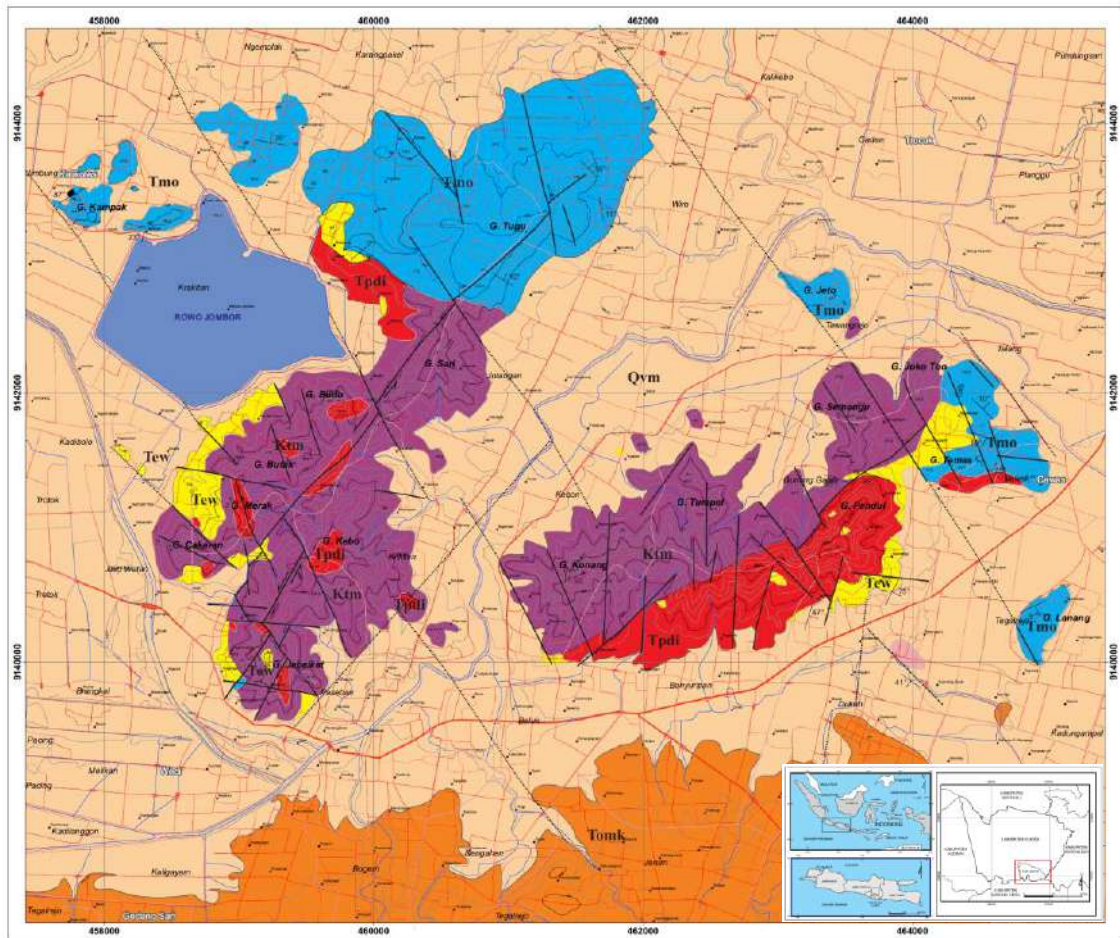
3.2.1 Nomenklatur

Soesilo, dkk (2000) mengusulkan tatanama sesuai SSI (1996) terhadap batuan kristalin di Pegunungan Jiwo Barat menjadi Lithodem Filit Bayat, Lithodem Gabro Bayat dan Lithodem Basalt Bayat. Formasi Gamping lokasi tipenya terletak di sekitar Bukit Pendul dan Watuprahu (Jiwo Timur) terletak di Desa Gamping, sedangkan Formasi Wungkal tersingkap di Perbukitan Jiwo Barat, yakni di Bukit Wungkal, Desa Sekarbolo merupakan tipe lokasi yang diusulkan oleh Bothe (1929) merupakan *tipe lokasinya*.

3.2.2. Sebaran dan Susunan Batuan Batuan

Satuan batuan Pra-Tersier tersebar cukup luas baik di pegunungan Jiwo Barat maupun pegunungan Jiwo Timur. ..Satuan batuan ini terdiri dari filit, sekis, serpentinit, kuarsir dan marmer, yang tersebar baik di Jiwo Barat maupun Jiwo Timur seperti disampaikan di atas. Sebagian besar batuan yang tersingkap di permukaan dalam kondisi relatif lapuk. Formasi Wungkal tersingkap di Perbukitan Jiwo Barat, yakni di Bukit Wungkal, Desa Sekarbolo merupakan tipe lokasi yang diusulkan oleh Bothe (1929), dan beberapa singkapan tidak menerus di sekitar Bukit Jabalkat, Bukit Cakaran, Bukit Merak dan Desa Bendungan. Formasi Oyo tersingkap baik di Gunung Tugu di Perbukitan Jiwo Barat dan Gunung Temas, dan Lanang di Perbukitan Jiwo Timur,

sementara Formasi Wonosari tersingkap di Gunung Kampak di sebelah utara rawa Jombor.



Gambar 3.1. Peta Geologi Pegunungan Jiwo, Bayat (Kompilasi dan modifikasi dari Surono dkk., 1999; Jatmiko Setiawan, 2000)

3.2.3 Umur

Dari data analisa K-Ar, pada batuan sekis, satuan batuan metamorf ini diperkirakan berumur 98 jtl (Setiawan, 2013), jauh lebih muda dari umur kompleks metamorf yang terdapat di Luk Ulo, Karangsembung; Meratus, Kalimantan Selatan, maupun Bantimala, Sulawesi Selatan. Dari analisa batugamping foraminifera besar (*Assilina* dan *Camerina*) menunjukkan umur Formasi Wungkal adalah Eosen Awal (Ta). Sedangkan pada Formasi Gamping dari juga dari fosil foraminifera besar (*Camerina* dan *Discocyclina*) pada batugamping menunjukkan umur Eosen Akhir (Tb), batupasir dan batulempung. Pada Formasi Kebo, selain mengandung foraminifera plangtonik berumur Oligosen Akhir-Miosen Awal (N2-N4), juga dijumpai lava basaltik berstruktur bantal dan beberapa *sill* basaltik. Lebih ke selatan, formasi ini ditutup oleh

satuan- satuan yang lebih muda dan membentuk Pegunungan Baturagung yang bisa diikuti sampai daerah Parangtritis. Penanggalan radiometrik pada batuan gabro dan diorite dengan metode isotopik Potasium-Argon menunjukkan bahwa gabro dan basalt di perbukitan Jiwo berumur 39.82 Ma (Eosen) sampai 31,3 Ma, atau Eosin hingga Oligosin awal 13.852 ± 5.45 (Miosen Tengah (Sutanto, et al, 1994 Surono dkk., 2006). Dari data analisa foraminifera, Formasi Oyo berumur Miosin tengah sampai Miosin akhir (N11 - N13).

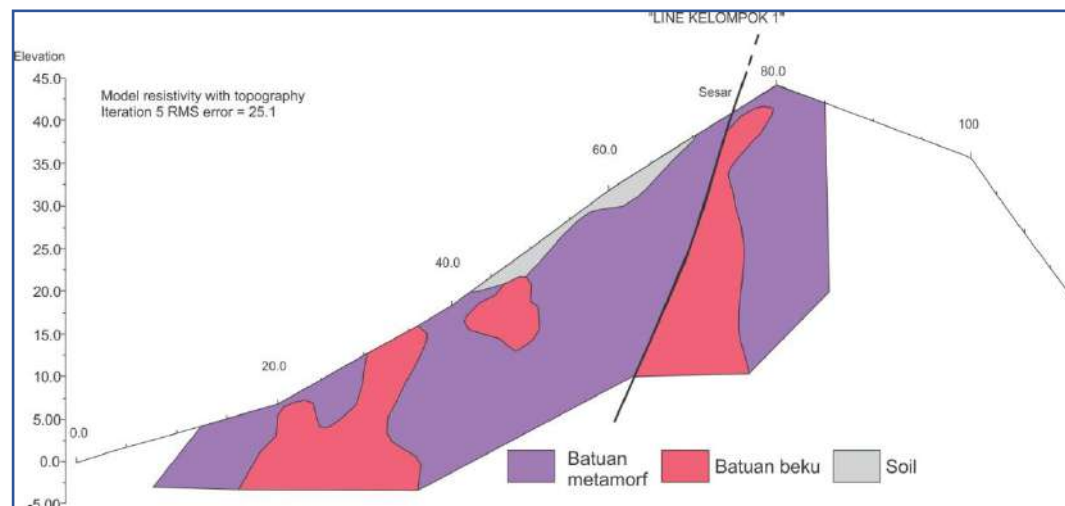
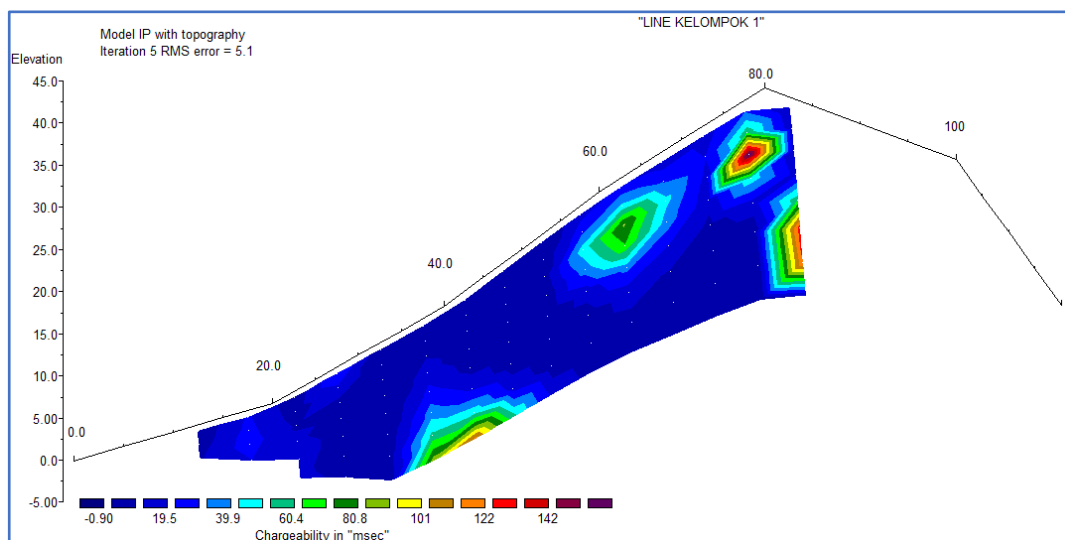
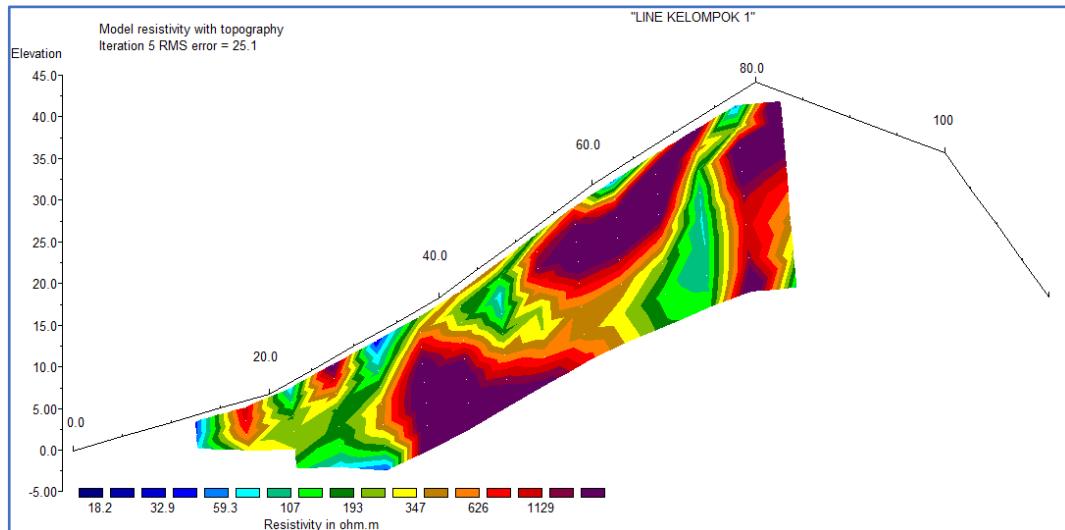
3.2.4 Lingkunga Tektonik dan Lingkungan Pengendapan

Batuan yang membentuk perbukitan Jiwo Barat dan Timur tersebut dianggap sebagai melange tektonik oleh Hamilton (1979) seperti kelompok batuan pre-tercier di Karangsembung, hal yang sama juga dikemukakan oleh Jatmiko Setiawan (2000). Meskipun demikian anggapan tersebut tidak semuanya didasari dengan bukti-bukti lapangan yang mendukung, oleh karenanya dengan data-data lapangan yang ada pembentukan (*emplacement*) batuan di daerah ini masih terbuka untuk diperdebatkan.

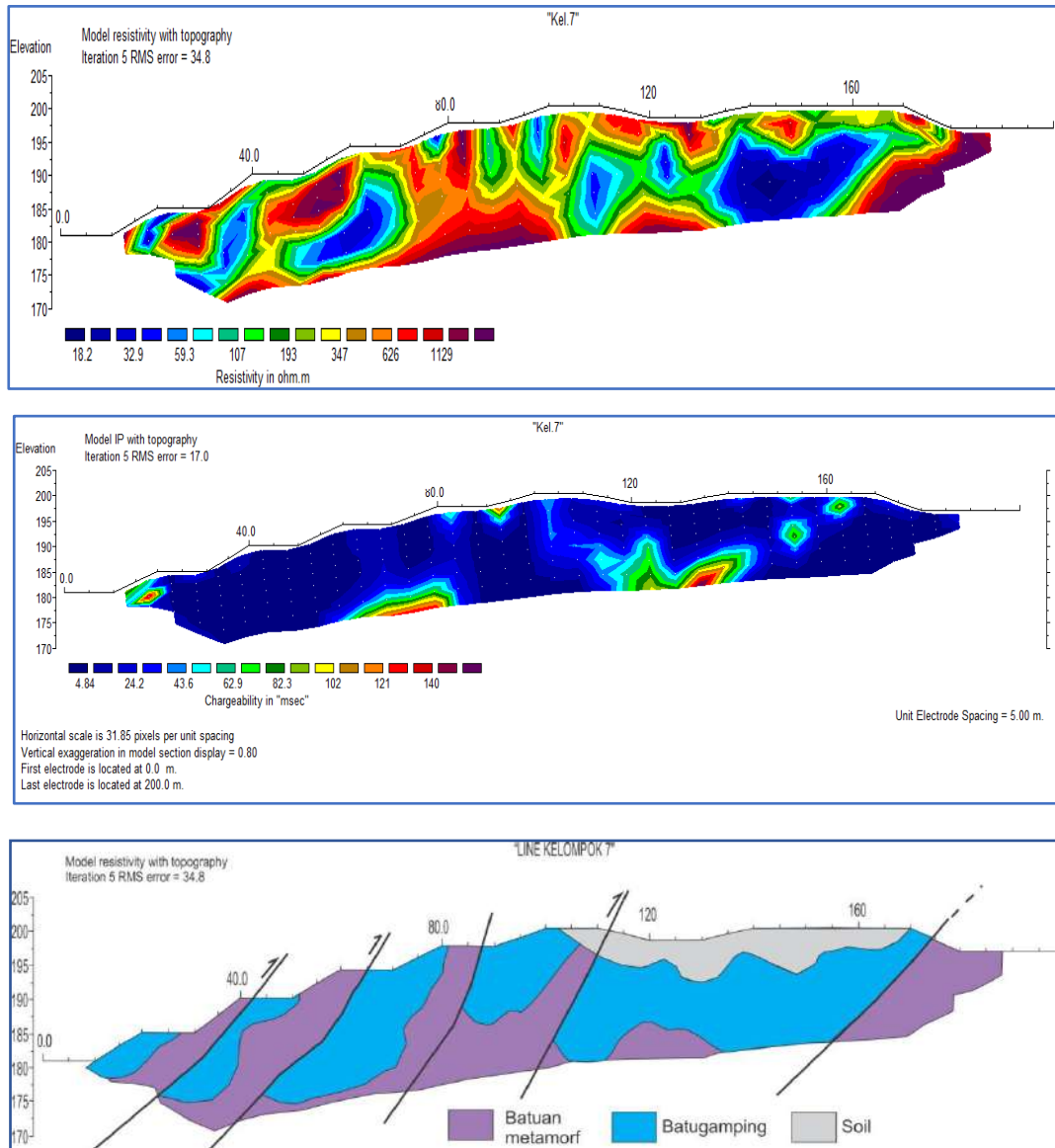
Semua batuan intrusi berkomposisi basaltik dan berafinitas calk alkali yang genesanya berhubungan dengan penunjaman kerak samodra, terbentuk pada lingkungan *magmatic arc* (busur magmatik).

3.2.5 Hubungan Stratigrafi

Satuan Batuan Metamorf berada tidak selaras di bawah Formasi Gamping-Wungkal. Data lapangan diantaranya berupa bidang erosional dan konglomerat alas dan umur kedua satuan batuan di atas menunjukkan hal tersebut. Formasi Kebo-Butak tersingkap kurang lebih 5 km sebelah selatan Perbukitan Jiwo Timur, sehingga hubungan stratigrafinya dengan satuan batuan di bawahnya tidak diketahui karena tertutup oleh endapan gunungapi kuartar dan aluvial. Di atas Formasi Kebo-Butak Diendapkan secara selaras Formasi Semilir. Formasi Oyo di Perbukitan Jiwo mempunyai hubungan *nonconformity* di atas batuan-batuan metamorf pra-Tersier, atau batuan beku (gabro, diorit, basalt) atau tidak selaras menyudut di atas Formasi Gamping-Wungkal. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa sejarah pengendapan di daerah Perbukitan Jiwo berbeda dengan di Pegunungan Selatan.



Gambar 3.2. Gambar pengolahan data geolistrik line 1 (Gunung Gajah) menggunakan *software Res2dinv*. Gambar atas *Pseudosection 2D Resistivity*, gambar tengah *Pseudosection 2D Chargeability*, dan gambar bawah interpretasi penampang geologi berdasar penampang geolistrik di atas dan data geologi permukaan.



Gambar 3.3. Gambar pengolahan data geolistrik line 7 (Gunung Gajah) menggunakan *software Res2dinv*. Gambar atas *Pseudosection 2D Resistivity*, gambar tengah *Pseudosection 2D Chargeability*, dan gambar bawah interpretasi penampang geologi berdasar penampang geolistrik di atas dan data geologi permukaan.

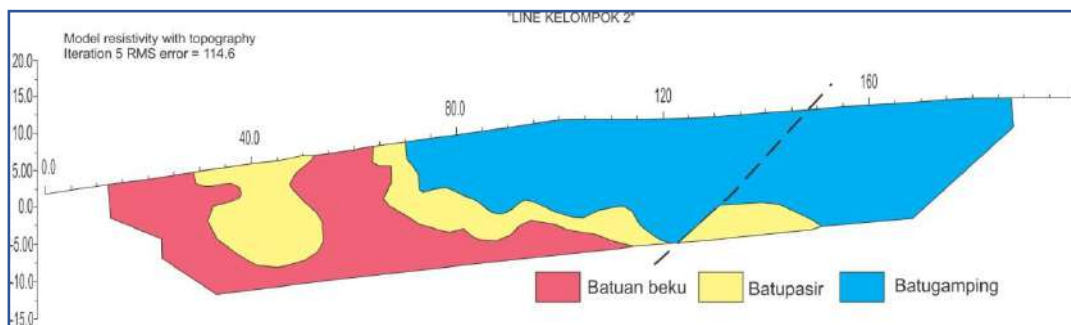
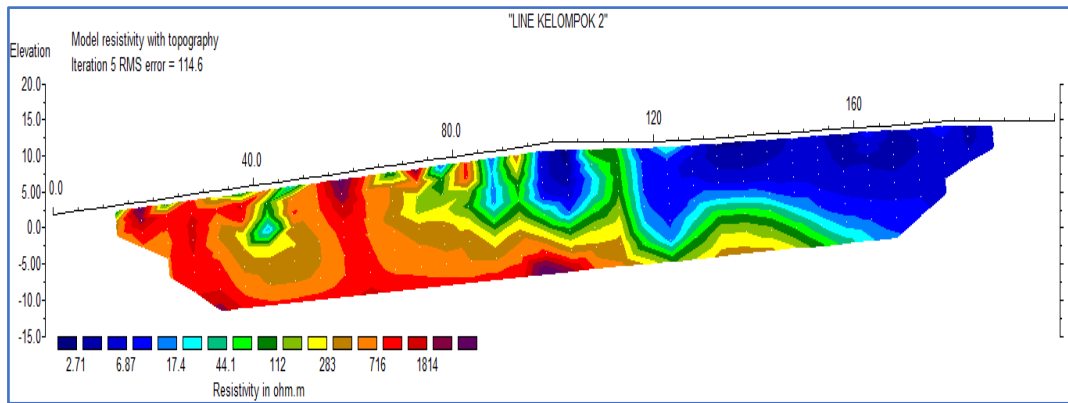
Dari pengukuran lintasan 1 di atas, nilai resistivitas paling rendah sebesar 18.2 hingga 107 ohm.m ditafsirkan sebagai soil, nilai resistivitas sedang sebesar berkisar antara 193 hingga 347 ohm.m sebagai batuan beku yg mengalami pelapukan, dan nilai resistivitas tinggi sebesar 626 hingga 1129 ohm.m ditafsirkan sebagai batuan metamorf. Sedangkan pada penampang *chargeability* juga didapatkan kontras nilai yang tinggi mulai dari nilai chargeability rendah sebesar 19.5 hingga 39.9 msec, nilai chargeability sedang sebesar berkisar antara 60 hingga 101 msec, nilai chargeability tinggi sebesar

626 hingga 1129 msec. Nilai chargeability yang bertampakan dengan nilai resistivitas yang rendah penampang *chargeability* juga.

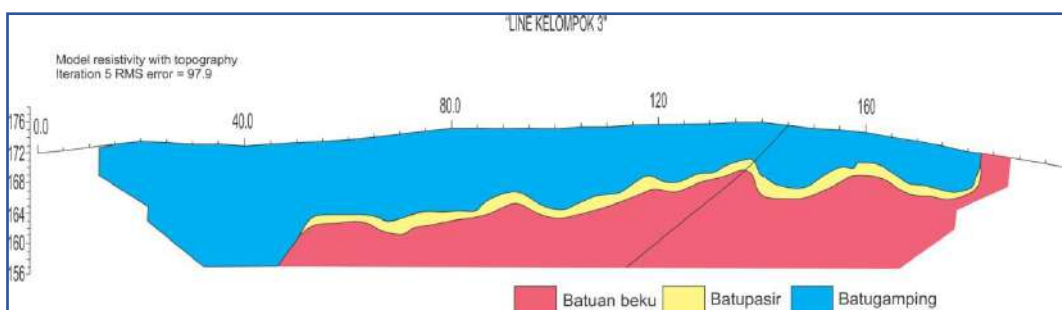
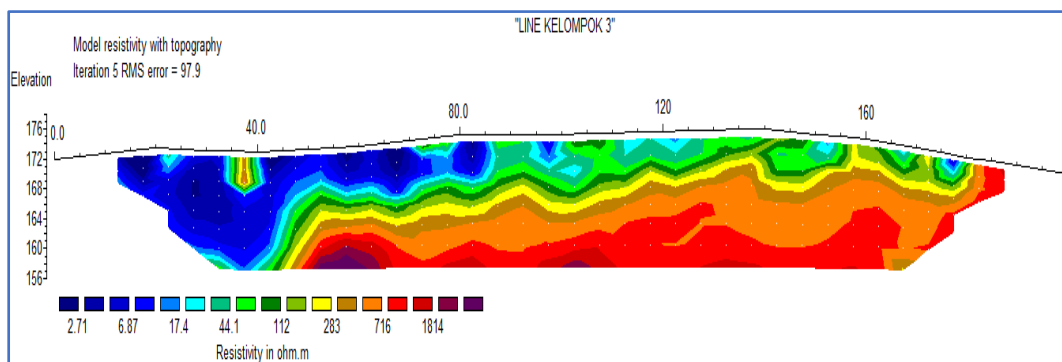
Sedangkan dari pengukuran lintasan 7, nilai resistivitas paling rendah sebesar 18.2 ohm.m hingga 59.3 ohm.m sebagai soil, nilai resistivitas sedang sebesar berkisar antara 107 hingga 347 ohm.m ditafsirkan sebagai batugamping, sedangkan nilai resistivitas tinggi sebesar 626 hingga 1129 ohm.m., ditafsirkan merupakan batuan metamorf. Dari penampang *chargeability* juga didapatkan kontras nilai yang tinggi mulai dari nilai chargeability rendah sebesar 4.84 hingga 24.2 msec, nilai chargeability sedang sebesar berkisar antara 43.6 hingga 162 msec, nilai chargeability tinggi sebesar 121 hingga 140 msec yang bertampakan dengan nilai resistivitas yang rendah penampang *chargeability* juga.

Di Dusun Bendungan dan Gunung Pendul batuan-batuan beku intrusi menerobos Formasi Gamping-Wungkal dan menyebabkan terbentuknya hornfels, sedang di Gunung Temas gabro tertutup secara tidak selaras oleh Formasi Oyo. Secara umum litodem Gabro memotong Litodem Filit berumur pre-Tersier dan Formasi Gamping Wungkal yang berumur Eosin dan ditutup secara tidak selaras oleh Formasi Oyo.

Dari pengukuran geolistrik lintasan 2 di bawah, didapatkan kontras nilai yang tinggi mulai dari nilai resistivitas sangat rendah sebesar 2.75 ohm.m sebagai soil, nilai resistivitas rendah sebesar 6.87 hingga 17.4 ohm.m hingga nilai resistivitas sedang sebesar berkisar antara 44.1 hingga 293 ohm.m, ditafsirkan sebagai batugamping, nilai resistivitas tinggi 300-715 sebagai batupasir dan nilai resistivitas sangat tinggi sebesar 716 hingga 1814 ohm.m sebagai batuan beku. Sedangkan dari pengukuran geolistrik lintasan 3 juga didapatkan kontras nilai yang tinggi mulai dari nilai resistivitas paling rendah sebesar 2.71 ohm.m sebagai soil, nilai resistivitas rendah sebesar 6.87 hingga 17.4 ohm.m, dan nilai resistivitas sedang sebesar berkisar antara 44.1 hingga 293 ohm.m sebagai batugamping, nilai resistivitas tinggi 294-715 sebagai batupasir hornfelsik, dan nilai sangat tinggi sebesar 716 hingga 1814 ohm.m ditafsirkan sebagai batuan beku. Dari penafsiran geolistrik tersebut di atas dan data data geologi permukaan, dapat ditafsirkan bahwa terdapat batupasir yg diterobor batuan beku membentuk hornfel yang di atasnya ditumpangi oleh lapisan batugamping yang relative lebih tebal.



Gambar 3.4. Gambar pengolahan data geolistrik line 2 (Sutojayan) menggunakan *software Res2dinv*. Gambar atas *Pseudosection 2D Resistivity* dan gambar bawah interpretasi penampang geologi berdasar penampang geolistrik di atas dan data geologi permukaan.



Gambar 3.5. Gambar pengolahan data geolistrik line 3 (Sutojayan) menggunakan *software Res2dinv*. Gambar atas *Pseudosection 2D Resistivity*, dan gambar bawah interpretasi penampang geologi berdasar penampang geolistrik di atas dan data geologi permukaan.

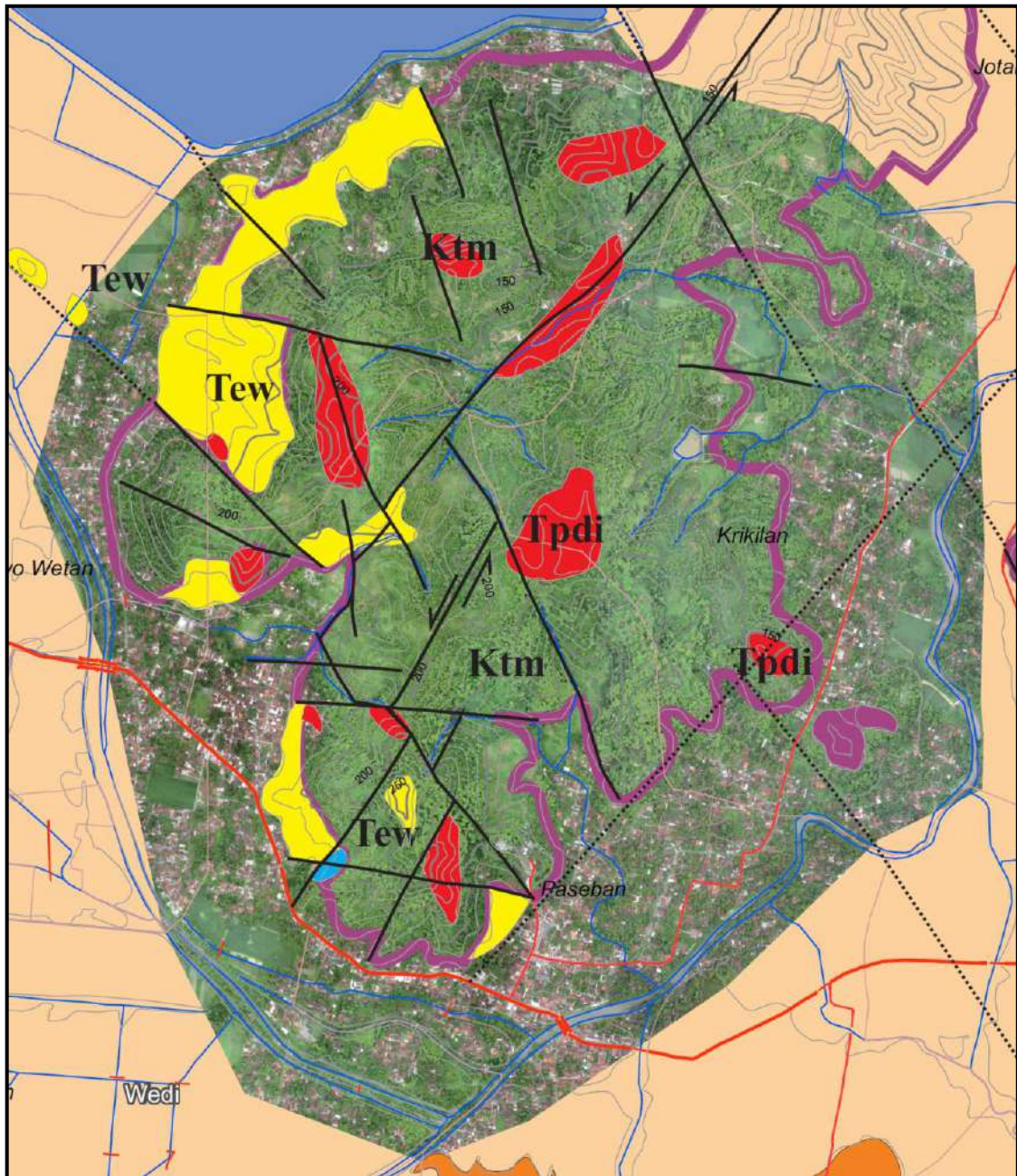
3.3. Struktur Geologi

Dari kedudukan lapisan dan sebaran batuan sedimen Tersier, struktur geologi Pegunungan Jiwo ditafsirkan sebagai antiklin yang relatif menunjam kearah timur laut (NE) yang terpotong oleh banyak patahan dengan beberapa arah kelurusan. Penafsiran adanya kelurusan struktur geologi di Pegunungan Jiwo diantaranya menggunakan foto udara menggunakan pemotretan udara dengan wahana UAV (*unmanned aerial vehicle*) atau drone, citra SRTM, kontur topografi, serta observasi lapangan. Dari penafsiran tersebut secara umum kelurusan struktur di Pegunungan Jiwo relatif berarah timurlaut-baratdaya (NE-SW), baratlaut-tenggara (NW-SE) dan timur-barat (E-W), dimana kelurusan berarah NW-SE relative lebih dominan disbanding dengan kelurusan lain. Dari penafsiran citra RSTM dan peta topografi serta beberapa kenampakan lapangan, kelurusan NE-SW umumnya dipotong kelurusan NW-SE dan kemudian dipotong kelurusan E-W. Bukti-bukti adanya sesar dan jenisnya dapat diamati pada beberapa lokasi baik di Jiwo Barat maupun Timur. Dilapangan Struktur geologi yang teramati di Jiwo Timur berupa sesar yang memotong bukit marmer Jokotuo.

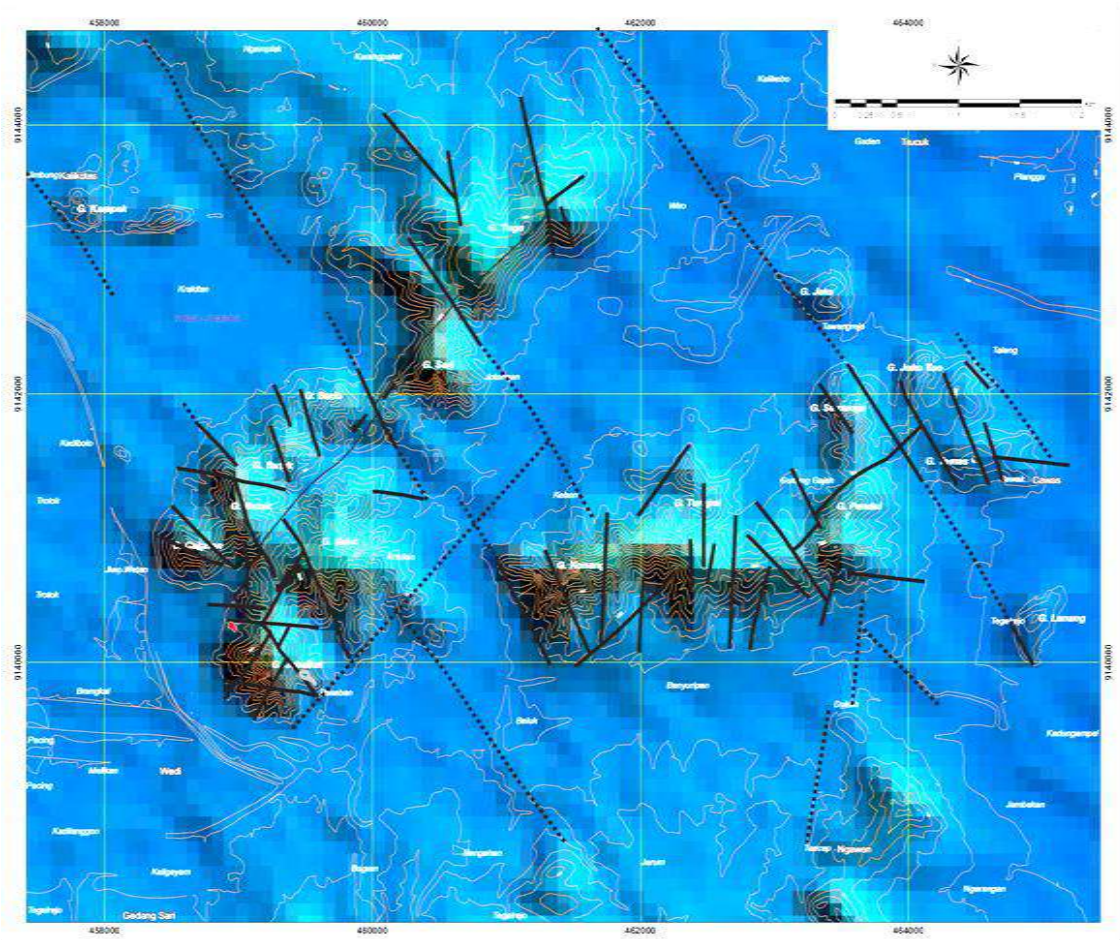


Gambar 3.6. Kenampakan sesar normal pada batugamping Formasi Oyo di Perbukitan Temas, Pegunungan Jiwo Timur.

Bukti sesar berupa bidang sesar dengan gores garisnya, breksi sesar, dan kekar-kekar sistematis yang disebabkan oleh sesar tersebut. Struktur foliasi bisa diamati pada batuan filit dan sekis (daerah Jokotuo) dan struktur bidang perlapisan pada Formasi Gamping di sekitar Desa Watuprau. Breksi sesar terdapat di Bukit Konang, selain itu dijumpai juga gejala patahan di Bukit Temas.



Gambar 3.7. Kenampakan kelurusan struktur pada peta ortofoto menggunakan wahana UAV (*unmanned aerial vehicle*).



Gambar 3.8. Kenampakan kelurusan struktur di Pegunungan Jiwo ditafsirkan menggunakan citra RSTM.



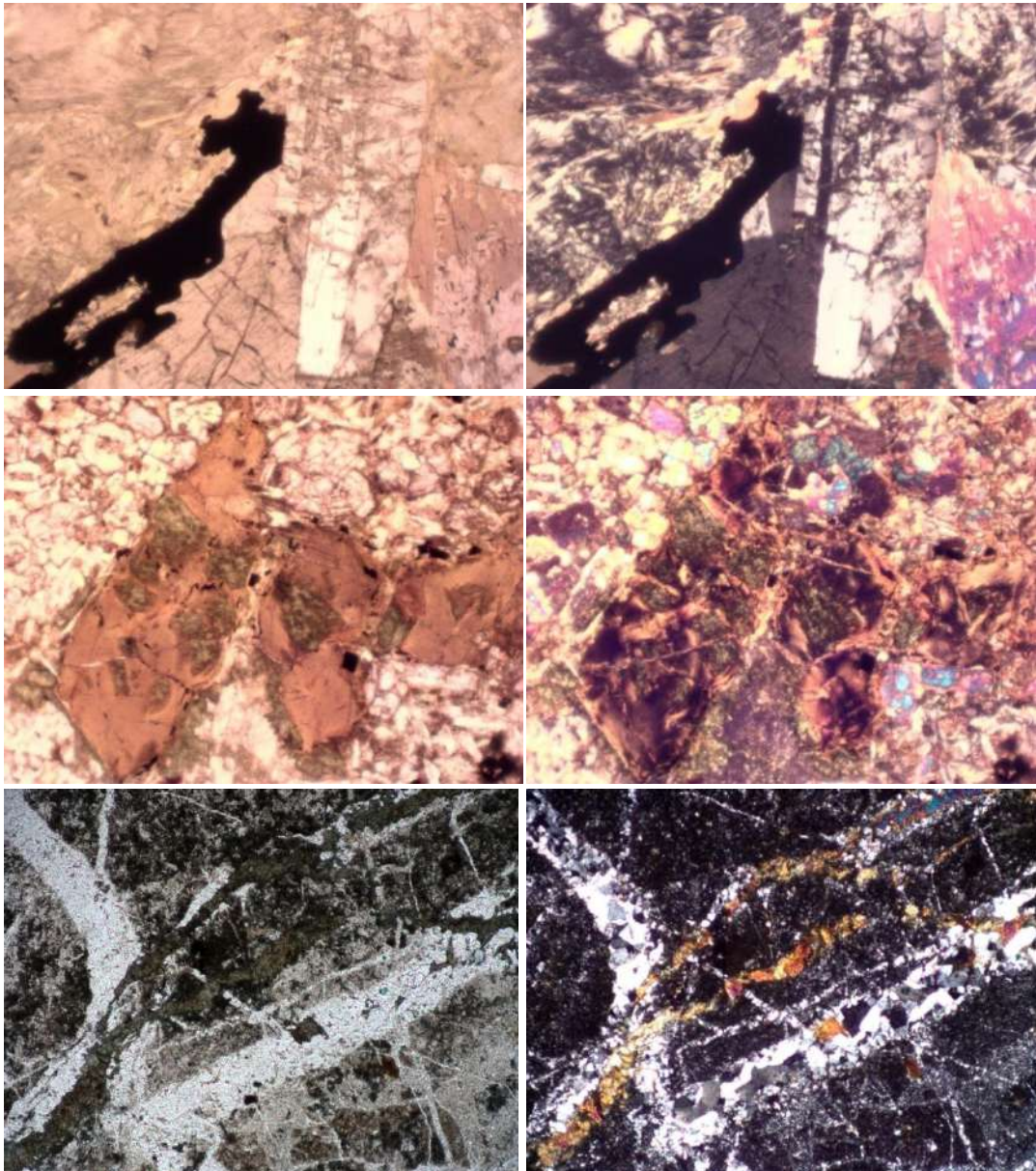
Gambar 3.9. Kenampakan sesar mendatar di bukit Jokotuo, Pegunungan Jiwo Timur.

3.3. Alterasi dan Mineralisasi

Seperti fenomena yang terjadi di beberapa daerah di wilayah Pegunungan Selatan Pulau Jawa, bahwa magmatisme yang membentuk batuan beku di Pegunungan Jiwo juga dibarengi terjadinya alterasi dan mineralisasi di wilayah tersebut. Bukti terjadinya alterasi hidrotermal, dapat dilihat pada beberapa kenampakan baik di lapangan maupun kenampakan mikroskopik. Pada tubuh batuan beku, juga banyak dijumpai mineral-mineral ubahan hidrotermal seperti terbentuknya mineral-mineral klorit ($\pm 4-18\%$), silika ($\pm 0-3\%$), epidot ($\pm 2\%$), karbonat ($\pm 2-12\%$), serpentin ($\pm 4\%$), aktinolit ($\pm 4\%$), dan juga diseminasi mineral-mineral pirit dan galena pada tubuh batuan beku. Di lereng timur Jabalkat, pada kontak sesar antara marmer dengan batulanau Formasi Wungkal, didapatkan adanya alterasi dan mineralisasi skarn. Keterdapatannya endapan skarn dicirikan oleh keberadaan himpunan mineral wolastonit-hedenbergit-garnet.



Gambar 3.10. Foto setangan kontak antara marmer dengan skarn wolastonit-hedenbergit, dan foto mikroskopik. Foto mikroskopik skarn yang tersusun oleh mineral garnet dan wolastonit di lereng Gunung Jabalkat, Bayat.



Gambar 3.11 .Foto mikroskopis kenampakan beberapa batuan di Pegunungan Jiwo yang mengalami ubahan hidrotermal. A) Atas, Mineral opak dan klorit yang mengganti tubuh mineral plagioklas dan mineral mafik (Lokasi Sutojayan). B) Tengah mineral klorit yang mengganti sebagian dan memotong tubuh mineral olivine, c). Bawah, urat-urat kuarsa dan klorit yang memotong batulanau di sekitra batuan beku, di lereng G. Jabalkat.

3.4 Potensi Geowisata

Beberapa situs geologi di Pegunungan Jiwo Timur, diantaranya daerah desa Gunung Gajah (Bukit Cinta) serta batugamping Temas (Kawah Putih) serta Pegunungan Jiwo Barat seperti Rowo Jombor dan kerajinan Gerabah di Tegal Rejo dapat dijadikan tempat wisata yang cukup ramai, terutama pada hari libur. Penelitian ini diharapkan nantinya dapat memberikan masukan, tentang situs geologi mana yang

perlu dikonservasi untuk kepentingan pendidikan dan situs mana yang dapat dibuka untuk umum untuk keperluan geowisata.



Gambar 3.12. Kenampakan pemandangan Pegunungan Baturagung pada pagi hari dilihat dari bukit Cinta.



Gambar 3.13. Kenampakan pemandangan bukit Kawah Putih (bukit Temas) pada sore hari.



Gambar 3.14. Kenampakan pemandangan di Rowo Jombor dengan latar belakang Perbukitan Jiwo Barat



Gambar 3.15. Kenampakan industri gerabah di Tegalrejo, Bayat

BAB IV

KELOMPOK BATUAN METAMORF

4.1 Nomenklatur

Satuan batuan ini tersusun oleh batuan-batuan metamorf yang berumur Pra-Tersier. Soesilo, dkk (2000) mengusulkan tatanama sesuai SSI (1996) terhadap batuan kristalin di Pegunungan Jiwo Barat menjadi Lithodem Filit Bayat, Lithodem Gabro Bayat dan Litodem Basalt Bayat.

4.2 Sebaran Batuan

Satuan batuan ini tersebar cukup luas baik di pegunungan Jiwo Barat maupun pegunungan Jiwo Timur. Filit merupakan batuan metamorfik yang paling utama, di Perbukitan Jiwo Barat tersingkap baik di Gunung Sari, Gunung Budo, Gunung Merak dan Gunung Kebo, sementara di Jiwo Timur tersingkap di Gunung Konang dan Gunung Semangu. Meskipun tidak luas sekis tersingkap baik di lereng barat Gunung Merak dan di beberapa tempat di Dusun Padasan (Jiwo Timur); sedangkan serpentinit terdapat di Dusun Pagerjurang di sebelah utara Gunung Jabalkat. Serpentinit pada singkapan ini merupakan alterasi dari gabro yang menerobos filit dan akhirnya marmer merupakan lensa pada filit terdapat di Gunung Jokotuo.

4.3 Susunan Batuan

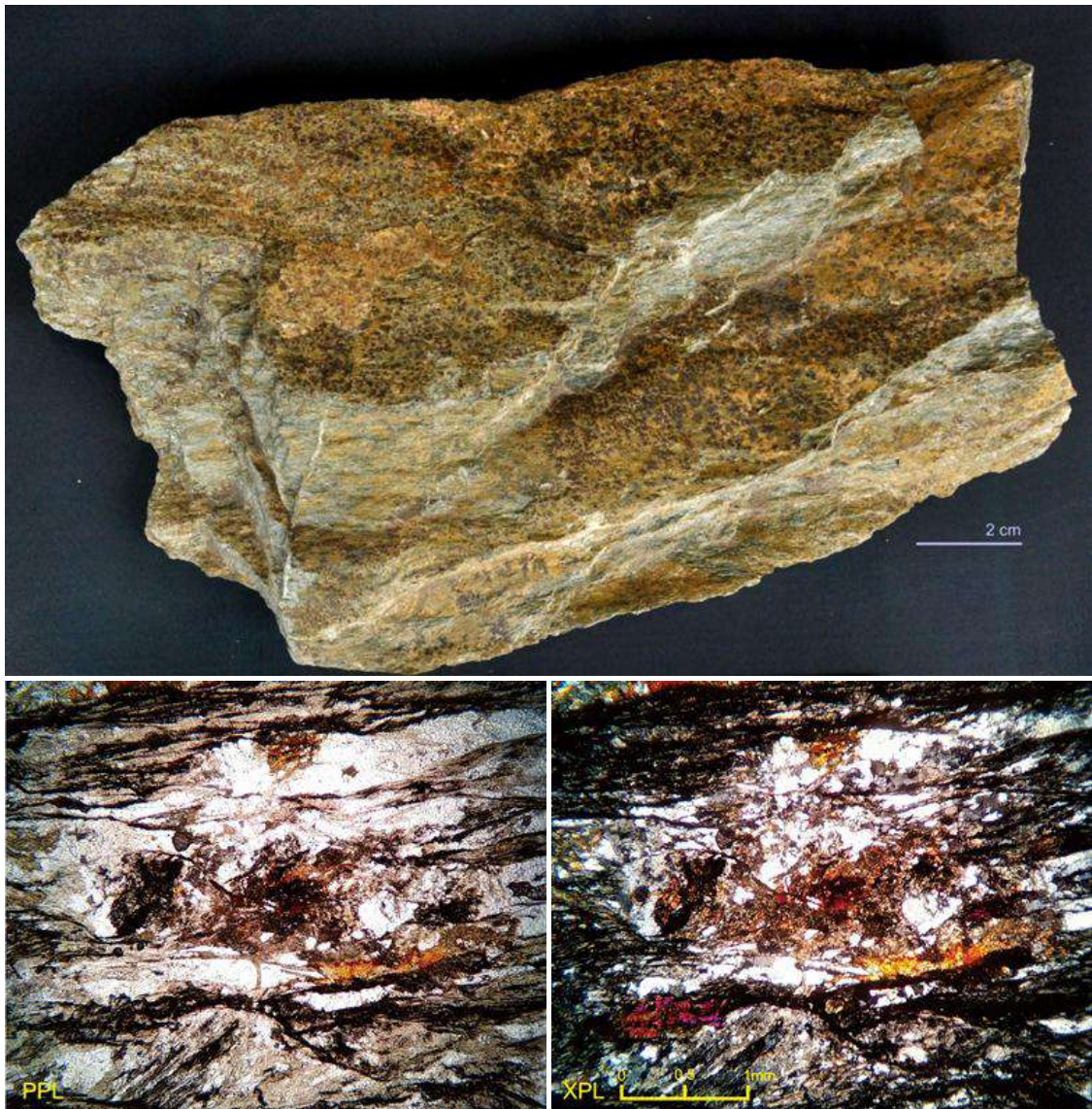
Satuan batuan ini terdiri dari filit, sekis, serpentinit, kuarsit dan marmer, yang tersebar baik di Jiwo Barat maupun Jiwo Timur seperti disampaikan di atas. Sebagian besar batuan yang tersingkap di permukaan dalam kondisi relatif lapuk

a. Sekis dan filit

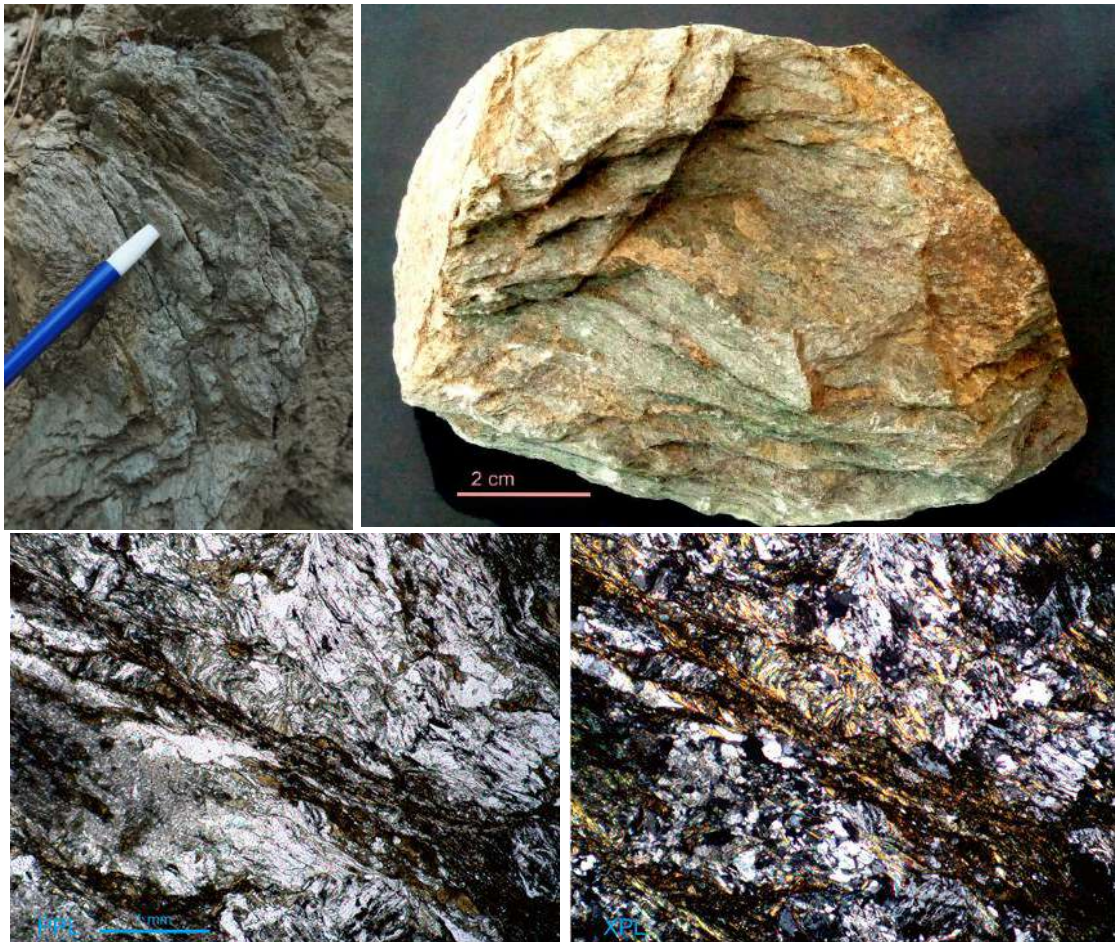
Batuan metamorf foliasi ditemukan di Bayat sebagai filit dan sekis. Kehadiran batuan ini bervariasi dalam tekstur, mineralogi, derajat metamorfisme, dan fasiesnya (Setiawan dkk., 2013; Wijayanti, 2016; Kurniasih dkk., 2018). Batuan yang paling dominan adalah batuan metamorf derajat sangat rendah berupa filit (Setiawan, 2016). Batuan sekis derajat rendah yang ditemukan umumnya berfasies Greenschist diantaranya sekis kalk-silikat dan sekis muskovit-albit (Setiawan, 2016). Kurniasih,

dkk. (2018) melaporkan penemuan mineral biotit pada sekis mika-klorit yang menandai proses retrogradasi. Pada batuan sekis umum dijumpai lensa-lensa berupa kursit dan marmer diantara foliasinya.

Batuan metamorf fasies blueschist berupa sekis glaukofan-epidot ditemukan di Desa Pagerjulang berdekatan dengan singkapan batuan serpentinit. Batuan tersebut mengandung mineral epidot dan glaukofan yang dominan dengan mineral aktinolit pada *rim* glaukofan sebagai mineral fase sekunder (Setiawan, 2013).



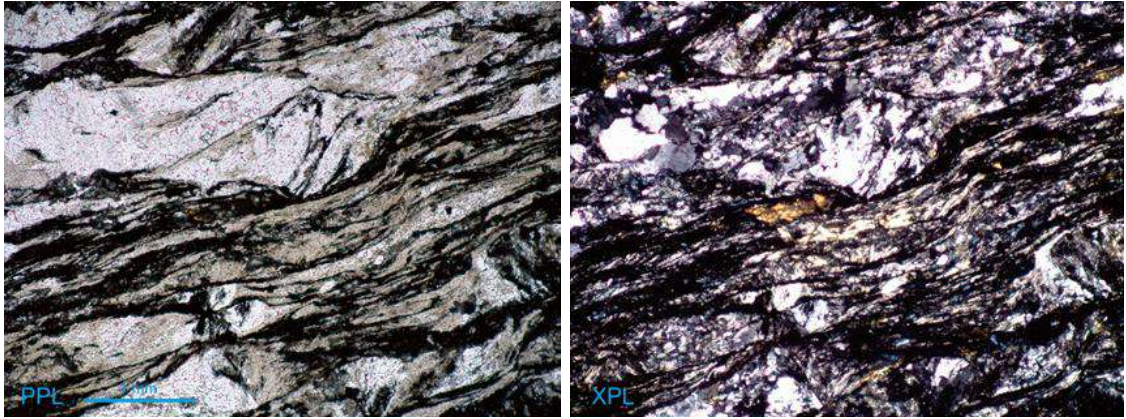
Gambar 4.1 Foto kenampakan contoh setangan filit yang memperlihatkan struktur microfold (foto atas). Foto bawah kenampakan fotomikroskopik filit. Batuan filit ini memiliki foliasi mineral grafit dan mika yang belum begitu intens dan masih berukuran halus. Mineral granular hadir diantara foliasi sebagai kuarsa dan kalsit menandakan protolit sedimen yang karbonatan dan karbonan.



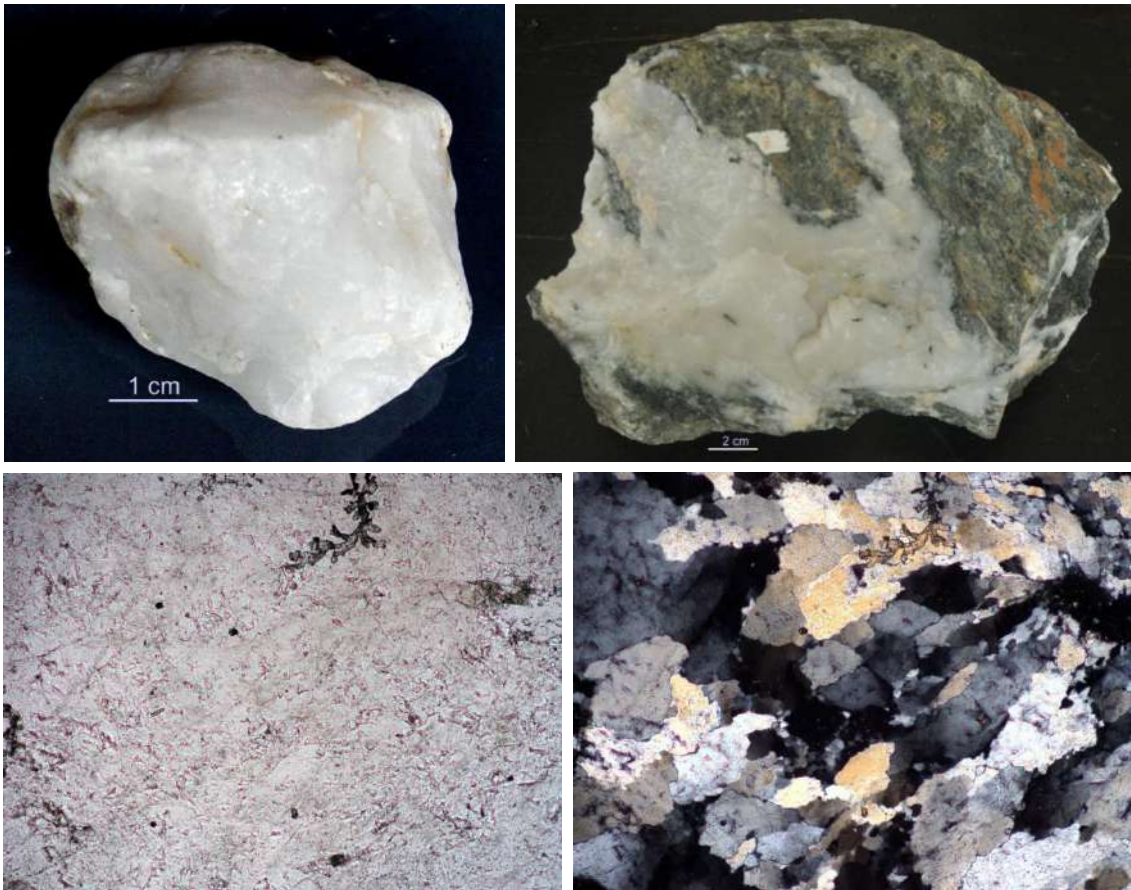
Gambar 4.2 Foto contoh setangan sekis hijau Jiwo Timur menunjukkan belahan searah dengan foliasi mineral (atas). Foto mikroskopis sekis hijau menampilkan foliasi mineral klorit diantara mineral kuarsa granular (bawah). Batuan ini masuk dalam fasies *greenschist* atau sekis hijau karena mineral metamorfik yang hadir adalah klorit.



Gambar 4.3. a) Singkapan sekis grafit di desa Gunung Gajah (kolam renang belakang Puskesmas)



Gambar 4.3 b). Foto mikroskopis sekis grafit menunjukkan foliasi mineral mika dan grafit dengan tekstur augen (bawah). Tekstur augen ini disusun oleh mineral granuloblastik berupakuarsa polikristalin. Mineral bertekstur lepidoblastik berupa mika dan grafit menandakan adanya kandungan unsur karbon yang signifikan protolit.

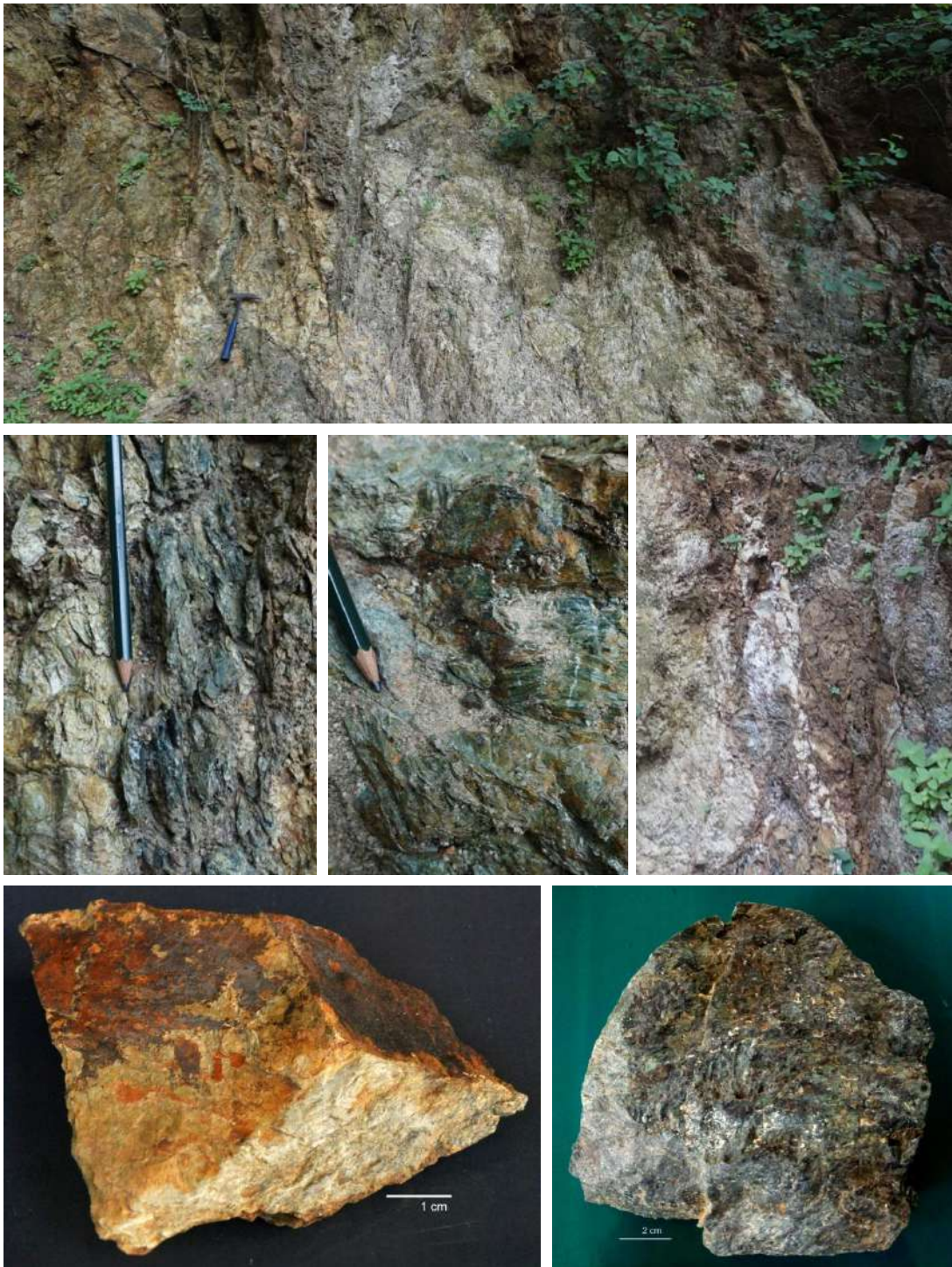


Gambar 4.4. Foto kenampakan contoh setangan kuarsit (atas yang memnetuk melensa dalam sekis dan filit (atas kanan). Foto bawah kenampakan fotomikroskopik kuarsit yang disusun oleh mineral kuarsa yang saling *interlocking*. Pada gambar nikol silang (XPL) terlihat memiliki sutur yang membatasi antar mineral kuarsa yang menandakan tumbuh bersama

b. Serpentininit

Batuan serpentininit dapat ditemukan di lereng utara G. Jabalkat dan timurlaut G. Cakaran. Batuan ini hampir selalu ditemukan berdekatan dengan batuan gabbro,

sehingga diduga protolithnya berupa gabbro (Kurniasih, 2018). Batuan tersebut tersusun sebagian besar oleh mineral serpentin dengan tekstur *mesh*, dan sedikit mineral spinel (Setiawan, 2013). Mineral serpentin di lapangan nampak menyerat berliniasi dengan orientasi acak.



Gambar 4.5. a) Singkapan gradasi batuan metamor (filit) kontak sesar dengan batulanau Formasi Wungkal (atas). Foto tengah adalah kenampakan closeup berturut-turut dari kiri adalah kontak filit muskovit dengan serpentine, filit actinolit, dan filit talk. Foto bawah kenampakan contoh setangan filit muskovit (kiri) dan serpentinite (kanan).



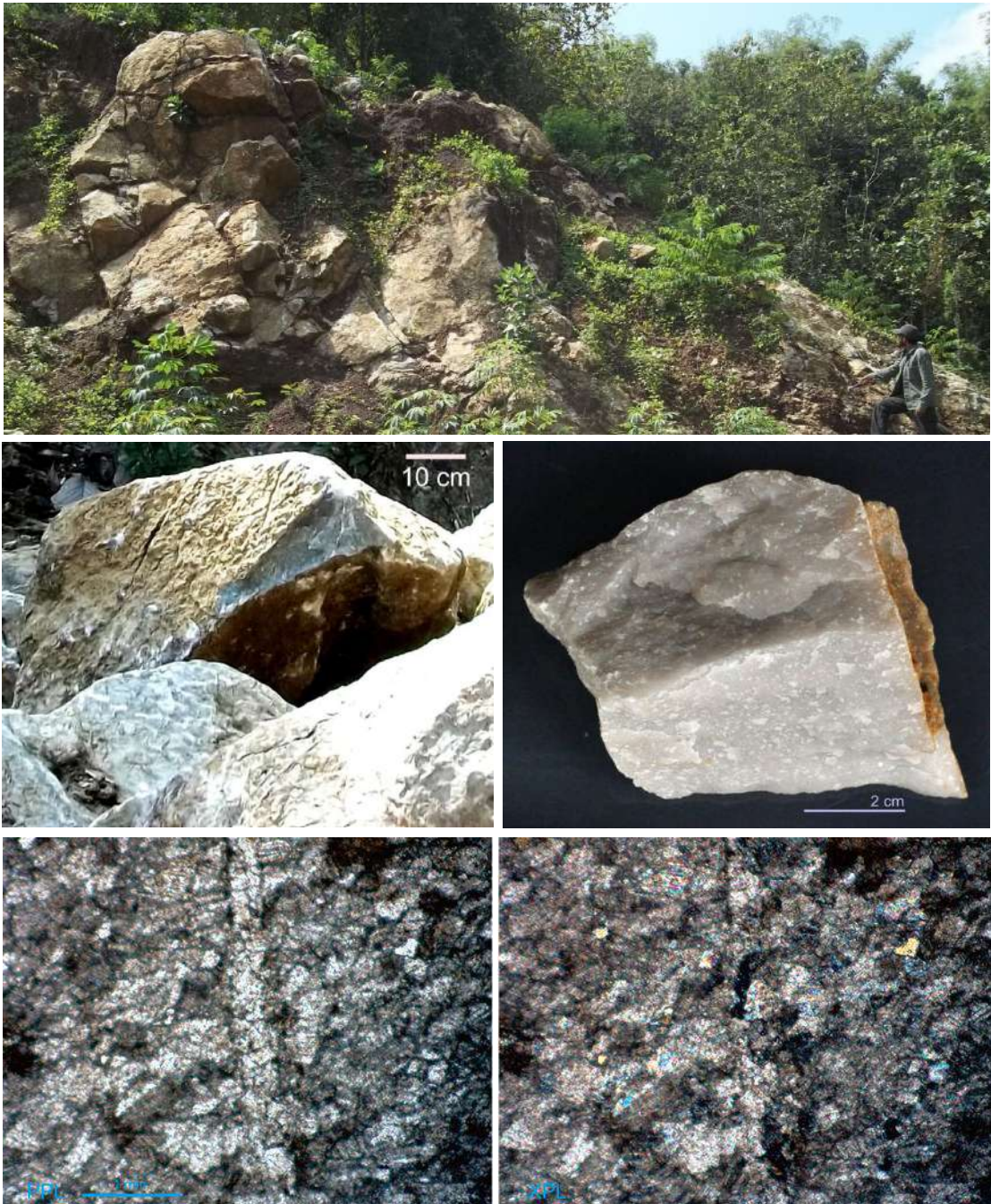
Gambar 4.6 Foto atas contoh setangan filit actinolit dan filit talk di G. Jabalkat, Jiwo Barat. Foto bawah kenampakan mikroskopis serpentinit. Liniasi mineral serpentin terlihat tersusun acak dengan tambahan mineral lempung berwarna putih.

c. Marmer

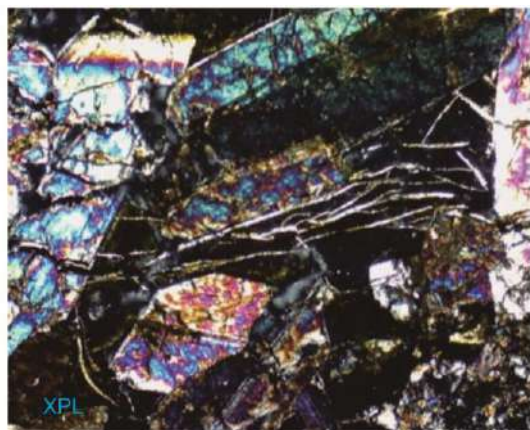
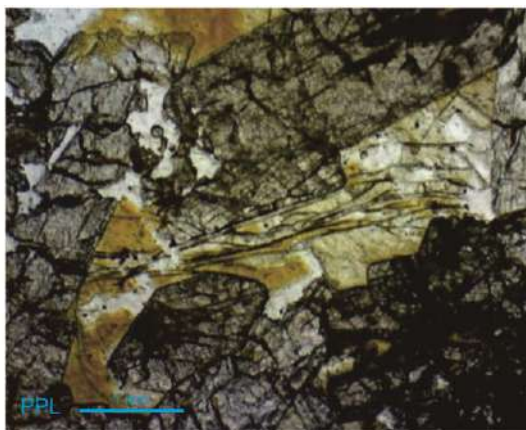
Warmada dkk. (2008) dalam Setiawan (2013) melaporkan penemuan batuan marmer terdapat pada daerah Jiwo Barat. Sedangkan Wijayanti (2016) mengemukakan bahwa batuan karbonat di Joko Tuo merupakan marmer yang memiliki foliasi dan masuk dalam fasies *greenschist*. Batuan marmer ini mengandung sisa fosil *Orbitulina* sp. yang berubah menjadi mikrit-kalsit dan brusit-klorit. Fosil tersebut mengindikasikan umur Kapur Bawah Akhir – Kapur Atas Awal. Bothe (1929), dalam Sumarso dan Ismoyowati (1975) melaporkan penemuan fosil *Orbitulina* dalam fragmen batugamping di batuan konglomerat Neogen Bayat. Hal tersebut diatas memberikan pendugaan adanya batugamping yang berumur Kapur dan telah mengalami metamorfisme regional.



Gambar 4.7. Foto tas kenampakan singkapan marmer di Bukit Jokotuo. Foto tengah kenampakan contoh setangan marmer Joko Tuwo. Foto bawah kenampakan fotomikroskopik marmer yang disusun oleh mineral kalsit. selain kalsit, terdapat sedikit kandungan mineral kuarsa pada batuan ini.



Gambar 4.8. Foto atas kenampakan singkapan marmer di lereng G. Jabalkat. Foto tengah kenampakan contoh setangan marmer di Jabalkat. Foto bawah kenampakan fotomikroskopik marmer yang disusun oleh mineral kalsit, selain kalsit.



Gambar 4.9. Foto kenampakan contoh setangan skarn (atas) memperlihatkan mineral piroksen dan wollastonit yang mengipas. Foto mikroskopik skarn (bawah) memperlihatkan mineral piroksen yang tumbuh bersama dengan mineral lempung isotropik (?). Batuan ini didapatkan disekitar kontak antara batuan sedimen karbonat Formasi Gamping dengan intrusi gabbro.



Gambar 4.10. Foto atas kiri kenampakan batuan kaltaklasit atau sekis augen di G. Jabalkat. Foto atas kanan dan bawah adalah hornfels pada batupasir kuarsa dan batupasir tufaan Formasi Wungkal pada kontak dengan gabro di Sutojayan.

4.4 Umur

Bothe (1929), dalam Sumarso dan Ismoyowati (1975) melaporkan penemuan fosil *Orbitulina* pada fragmen batugamping dalam batuan konglomerat Neogen di daerah Bayat. Hal ini kemudian memunculkan pendugaan bahwa kompleks batuan pra-Tersier bayat setidaknya berumur Kapur (Sumarso dan Ismoyowati, 1975). Wijayanti (2016) menyampaikan bahwa batuan karbonat Joko Tuo merupakan marmar ubahan batugamping yang mengandung relik fosil *Orbitulina* yang berumur Kapur Bawah Akhir – Kapur Atas Awal.

Prasetyadi (2007) melakukan penanggalan dua sampel sekis kuarsa-mika yang menunjukkan umur $98,049 \pm 2,10$ jtl dan $98,542 \pm 1,45$ jtl. Kedua umur absolut ini menunjukkan umur Cenomanian atau Kapur Akhir. Hal ini mengkonfirmasi temuan peneliti sebelumnya bahwa batuan metamorf Pra-Tersier Perbukitan Jiwo berumur Kapur Akhir.

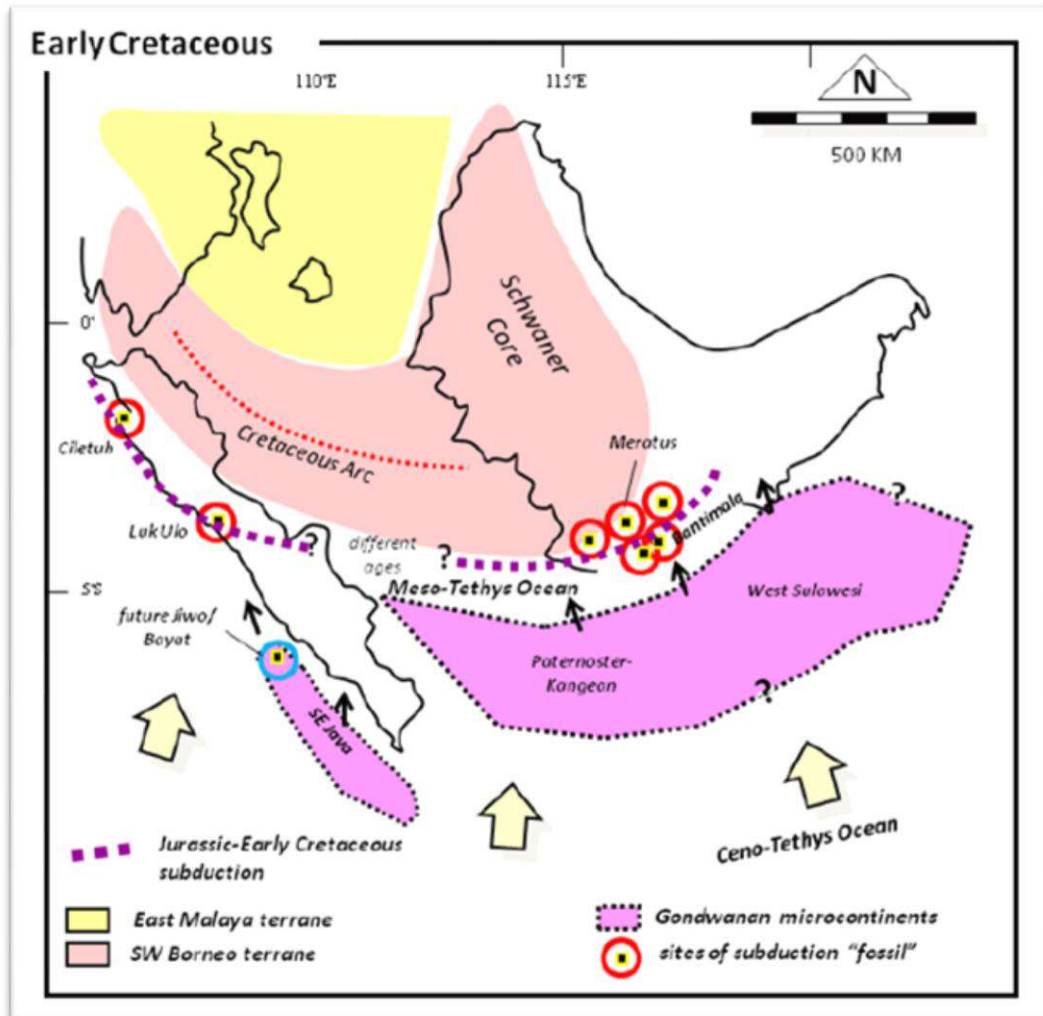
4.5 Lingkungan Tektonik

Status lingkungan tektonik Bayat cukup menarik dan menjadi perdebatan yang panjang para ahli geologi. Apakah Bayat merupakan bagian jalur subduksi Kapur Awal ataukah bagian dari kontinen Australia yang bergerak ke arah utara.

Batuan-batuan metamorf beumur Par-Tersier yang membentuk perbukitan Jiwo Barat dan Timur tersebut dianggap sebagai melange tektonik oleh Hamilton (1979) seperti kelompok batuan pre-tercier di Karangsambung, hal yang sama juga dikemukakan oleh Jatmiko Setiawan (2000). Meskipun demikian anggapan tersebut tidak semuanya didasari dengan bukti-bukti lapangan yang mendukung, oleh karenanya dengan data-data lapangan yang ada pembentukan (emplacement) batuan di daerah ini masih terbuka untuk diperdebatkan. Kehadiran batuan metamorf *blueschist* menandakan bahwa Perbukitan Jiwo merupakan daerah dengan metamorfisme tekanan tinggi bersama dengan daerah lain seperti Komplek Luk-Ulo, Komplek Bantimala, dan Komplek Meratus. Dugaan ini didukung oleh umur pembentukan batuan yang sama, yaitu pada Zaman Kapur (Setiawan, 2013).

Prasetyadi (2007), menggarisbawahi perbedaan anatara ciri dan variasi batuan Pra-Tersier penyusun Komplek Karangsambung dan Perbukitan Jiwo. Komplek Karangsambung memiliki batuan yang mencerminkan batuan lempeng samudra atau *oceanic plate stratigraphy* (OPS), sedangkan OPS tidak ditemukan di Perbukitan Jiwo. Analisa kimia yang dilakukan oleh Setiawan (2007) menunjukkan protolit batuan metamorf Bayat berupa batuan sedimen, tanpa ada tanda-tanda protolit batuan beku basa. Batuan sedimen banyak berkembang pada lempeng benua, dan tidak adanya indikasi protolit yang berasal dari lempeng samudra melahirkan dugaan bahwa Perbukitan Jiwo merupakan kompleks konvergensi yang berciri asal kontinen (Prasetyadi, 2007; Setiawan, 2013). Satyana (2014) meyakini bahwa Bayat bukan anggota Zona Subduksi Kapur dengan beberapa alasan, diantaranya adalah (1) tak ada batuan yang membentuk melange ditemukan di Bayat, (2) tak ada kelompok batuan sekuen ofiolit, (3) tak ada batuan metamorf khas yang terbentuk di zona subduksi (high-very high pressured metamorphics), (4) tak ada sedimen laut dalam rijang atau serpih silikaan atau batugamping silikaan yang mengandung radiolaria, (5) endapan sedimen di atas batuan tua di Bayat adalah bukan endapan longsor di lereng palung. Ini sudah cukup untuk mengeluarkan keanggotaan Bayat. Orang bisa bilang belum ditemukan saja di Bayat singkapan2 no 1-4 itu, atau ada juga yang bilang tak tersingkap saja di Bayat.

Smyth et al (2007) melakukan penelitian sebaran mineral zircon di Jawa Timur, menyimpulkan bahwa basement atau bagian bawah Pegunungan selatan Jawa Timur merupakan sebuah mikrokontinen yang datang dari bagian barat Australia, yang disebutnya sebagai East Java continental fragment. Satyana (2014) menyebut fragmen mikrokontinen tersebut sebagai SE Java microcontinent (Gambar 6.13).



Gambar 4.11 Lingkungan Paleotektonik Kapur Awal di Sundaland selatan dan tenggara. Bayat berada di bagian depan SE Java microcontinent dan bukan merupakan bagian subduksi Kapur Awal seperti halnya Ciletuh, Luk Ulo, Meratus, dan Bantimala (Satyana, 2014)

4.6 Hubungan Stratigrafi

Satuan ini berada tidak selaras di bawah Formasi Gamping-Wungkal. Data lapangan diantaranya berupa bidang erosional dan konglomerat alas dan umur kedua satuan batuan di atas menunjukkan hal tersebut.

Di Jiwo Barat, ditemukan konglomerat alas berisi fragmen kuarsit dibawah batupasir kuarsa dan batugamping Eosen. Di Jiwo Timur ditemukan kontak antara filit

dengan batugamping Eosen yang berupa konglomerat berfragmen filit. Disamping itu ditemukan fragmen filit pada batugamping Eosen di Desa Padasan. Hal tersebut menunjukkan hubungan ketidakselarasan antara batuan Pra-Tersier dengan batuan Eosen Formasi Wungkal-Gamping.

Secara umur geologi, batuan metamorf Jiwo berumur Kapur Akhir (Prasetyadi, 2007; Sumarso dan Ismoyowati, 1975; Wijayanti, 2016). Sedangkan umur Formasi Wungkal-Gamping adalah Eosen Tengah – Akhir (Sumarso dan Ismoyowati, 1975; Sudarno, 1997; Prasetyadi, 2007; Surono, 2009). Perbedaan waktu pembentukan tersebut menandakan adanya jeda pengendapan batuan dan hubungan yang tidak selaras.

BAB V

KELOMPOK BATUAN SEDIMEN

5.1 Formasi Wungkal dan Formasi Gamping

5.1.1 Nomenklatur

Formasi Gamping lokasi tipenya terletak di sekitar Bukit Pendul dan Watuprahu (Jiwo Timur) terletak di Desa Gamping, sedangkan Formasi Wungkal tersingkap di Perbukitan Jiwo Barat, yakni di Bukit Wungkal, Desa Sekarbolo merupakan tipe lokasi yang diusulkan oleh Bothe (1929) merupakan *tipe lokasinya*. Bothe (1929) dan Van Bemmelen (1949) membedakan kedua formasi dengan menggunakan nama Wungkal *beds* dan Gamping *beds*. Kedua formasi ini oleh Surono, dkk. (1992) digabungkan menjadi satu bernama Formasi Wungkal-Gamping. Surono (2009) membedakan antara Formasi Wungkal dan Formasi Gamping yang berhubungan menjemari.

5.1.2 Sebaran Batuan

Formasi Wungkal ini tersingkap di Perbukitan Jiwo Barat, yakni di Bukit Wungkal, Desa Sekarbolo merupakan tipe lokasi yang diusulkan oleh Bothe (1929), dan beberapa singkapan tidak menerus di sekitar Bukit Jabalkat, Bukit Cakaran, Bukit Merak dan Desa Bendungan.

5.1.3 Susunan Batuan

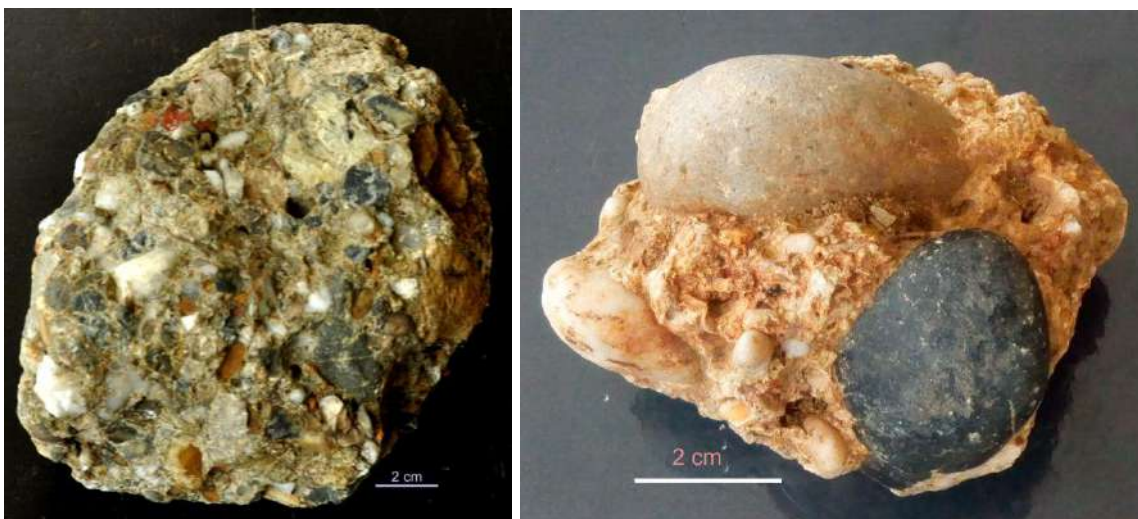
Formasi Wungkal terdiri dari konglomerat polimik, batupasir kuarsa, batulempung dengan beberapa sisipan batugamping foraminifera besar (*Assilina* dan *Camerina*) yang menunjukkan umur Eosen Awal (Ta). Formasi Gamping terdiri batugamping foraminifera besar (*Camerina* dan *Discocyclina*) berumur Eosen Akhir (Tb), batupasir dan batulempung.

Stratigrafi Formasi Wungkal dapat teramati dengan baik pada Jiwo Barat, khususnya pada Desa Sekarbolo. Batuan tersebut dialasi oleh konglomerat dengan fragmen batuan-batuan Pra-Tersier seperti kuarsit dan filit. Diatasnya diendapkan batupasir kuarsa berjenis quartz arenit. Batupasir kuarsa Formasi Wungkal umumnya disusun sebagian besar oleh fragmen kuarsa berukuran pasir sedang – sangat halus (0,1 –

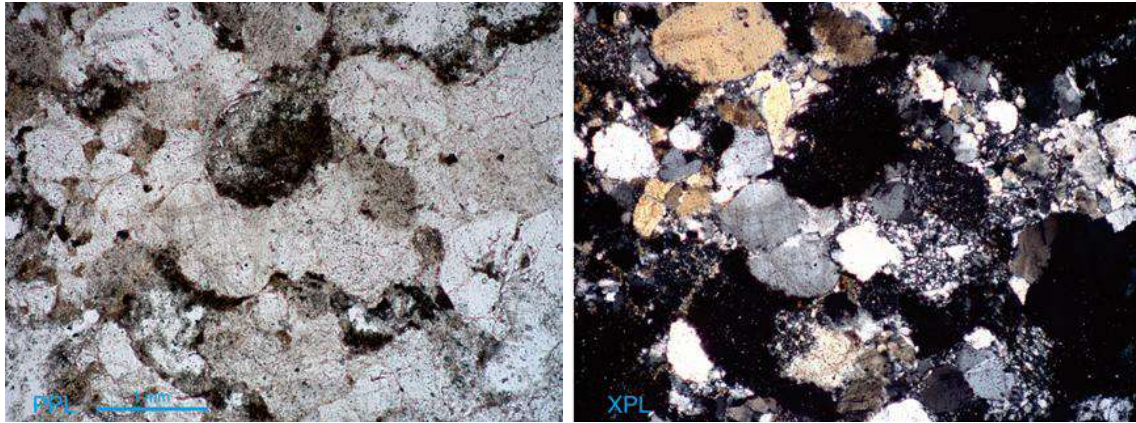
0,5 mm). Batuan ini pada daerah Sutojayan mengalami kontak metamorfisme oleh intrusi batuan beku gabbro. Metamorfisme tersebut menghasilkan batuan hornfels disekitar intrusi dengan tebal mencapai 3 meter. Ke barat, batupasir ini ditumpangangi secara selaras batugamping foram besar Formasi Gamping.

Formasi Gamping berkembang baik pada Jiwo Timur dan Jiwo Barat. Pada Perbukitan Jiwo Barat, batugamping Formasi Gamping diendapkan diatas batuan metamorf Pra-Tersier tanpa didahului Formasi Wungkal. Batugamping Formasi Gamping pada Desa Padasan disusun oleh formanifera besar dan mengandung fragmen berupa filit. Batugamping pada Daerah Pagerjuran mengalami ubahan menjadi marmer dan skarn yang disebabkan oleh intrusi gabbro.

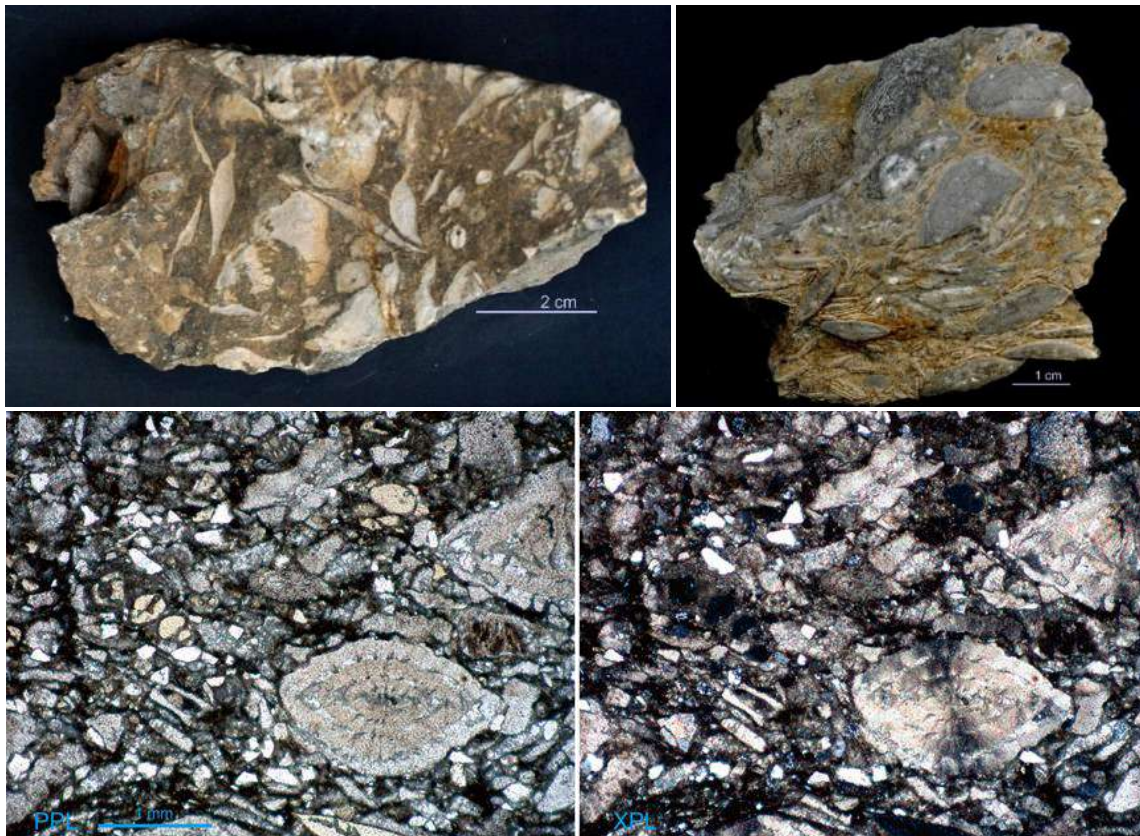
Batuan skarn hanya ditemukan pada Perbukitan Jiwo Barat, dekat dengan intrusi batuan beku. Batuan ini disusun sebagian besar oleh mineral garnet dan wolastonit yang tertanam dalam matriks berupa kuarsa (Setiawan, 2014). Kurniasih (20??) melaporkan penemuan hadirnya mineral pirit dalam batugamping yang berubah skarn oleh intrusi batuan beku. Setiawan (2013) menduga batuan ini berasal dari ubahan batuan sedimen karbonat yang berkontak dengan intrusi batuan beku, dan menggolongkannya menjadi hornfels.



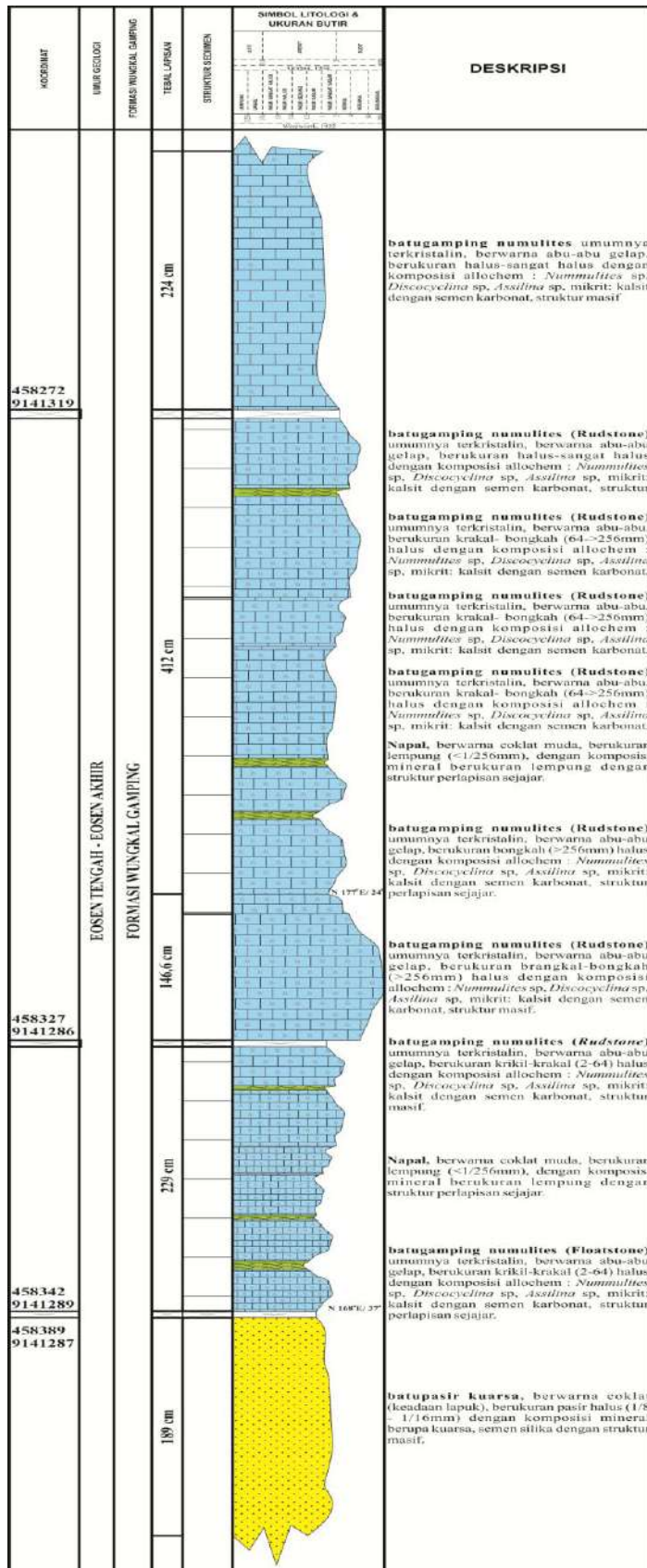
Gambar 5.1 Kenampakan konglomerat polimiktik dengan fragmen sebagian besar terdiri dari kuarsit dan sekis



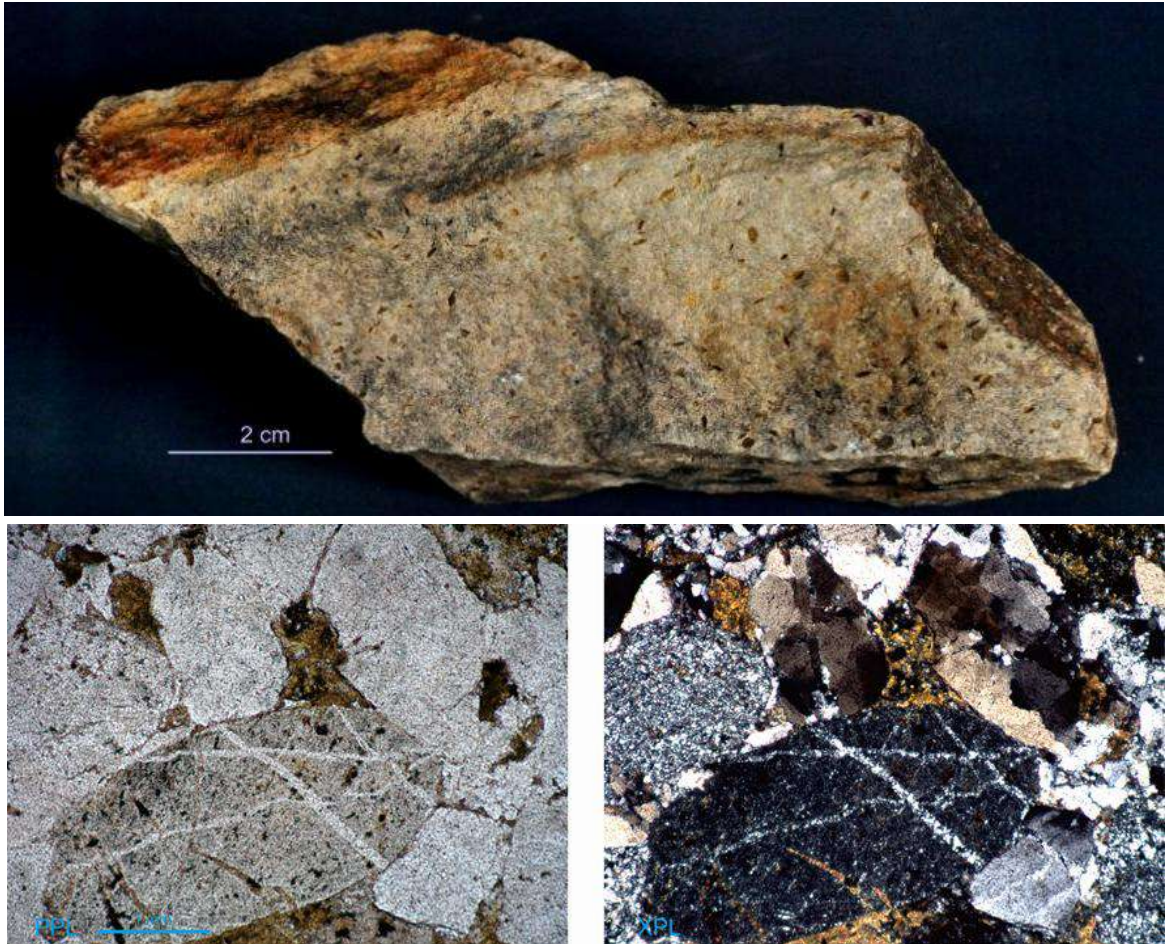
Gambar 5.2 Foto kenampakan conto setangan polimiktik dengan fragmen kuarsit yang dominan (atas). Foto bawah kenampakan fotomikroskopik matrik konglomerat polimiktik yang tersusun oleh kuarsa monokristalin dan polikristalin, serta mineral-mineral berukuran pasir sedang.



Gambar 5.3 Foto kenampakan conto setangan batugamping bioklastik dengan fosil *Dyscocyclina* (atas kiri) dan batugamping *Nummulites* (atas kanan) . Foto bawah kenampakan fotomikroskopik batugamping nummulites dengan kenampakan fosil nummulites bersama pecahan cangkang fosil lain.



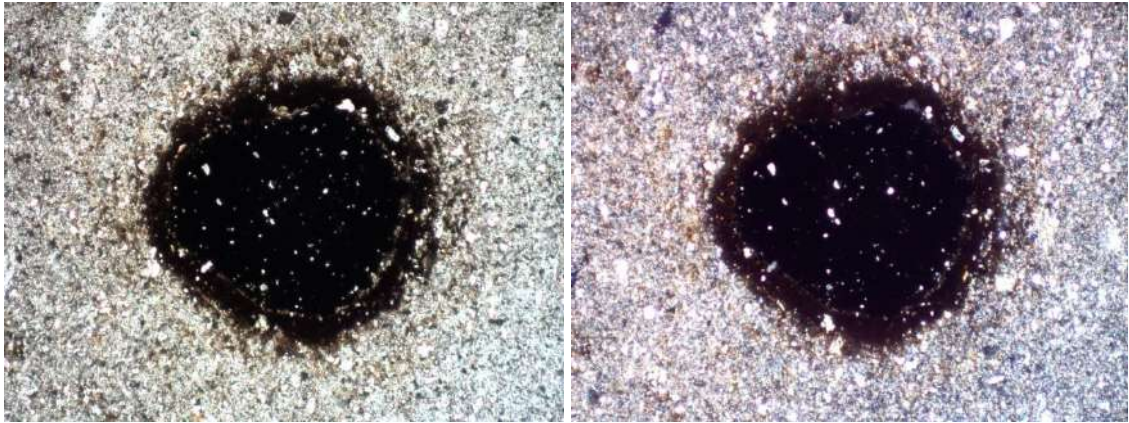
Gambar 5.4 Kenampakan profil batupasir kuarsa dan batugamping numulit Formasi Wungkal di desa Sekarbolo.



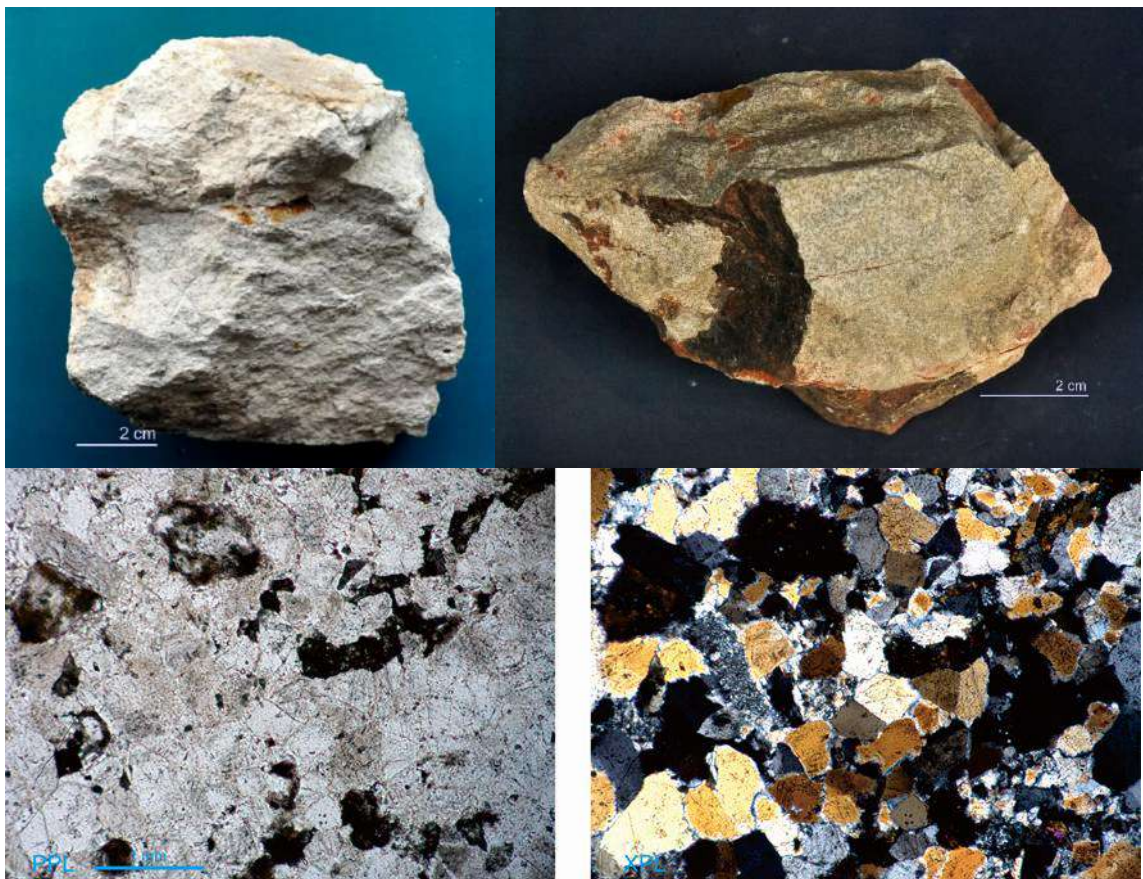
Gambar 5.5 Foto kenampakan conto setangan batupasir kuarsa (atas). Foto mikroskopik *quartz arenite* menunjukkan fragmen berupa kuarsa polikristalin dan monokristalin (bawah). Kehadiran kuarsa polikristalin yang dominan memberikan informasi bahwa provenan batupasir ini berupa batuan metamorf.



Gambar 5.6 a). Foto conto setangan batulanau Formasi Wungkal di lereng timur Gunung Pendul. Warna gelap batulempung dapat menandakan kandungan karbon yang signifikan. Conto setangan ini menunjukkan struktur sedimen berupa lentikular diantara lapisan normal batulempung.



Gambar 5.6 b). mikroskopik batulanau Formasi Wungkal yang memperlihatkan kongresi besi oksida. Lokasi lereng timur G. Pendul.



Gambar 5.7 Foto conto setangan tuf yang berubah menjadi hornfels (atas kiri), hornfels berasal dari batupasir kuarsa menunjukkan bintik-bintik berupa mineral metamorfik (atas kanan). Kedua contoh setangan memperlihatkan pecahan *pseudo-conchoidal* menandakan kekerasan seragam batuan akibat metamorfisme. Gambar bawah merupakan foto mikroskopik hornfels menunjukkan dominasi mineral kuarsa dengan beberapa mineral metamorfik granular berwarna gelap (cordierit?).

5.1.4 Umur

Dari analisa batugamping foraminifera besar (*Assilina* dan *Camerina*) menunjukkan umur Formasi Wungkal adalah Eosen Awal (Ta). Sedangkan pada Formasi Gamping dari juga dari fosil foraminifera besar (*Camerina* dan *Discocyclina*) pada batugamping menunjukkan umur Eosen Akhir (Tb), batupasir dan batulempung.

Surono (1992) dalam Sudarno (1997) mengatakan bahwa foraminifera besar yang paling mencolok pada Formasi Wungkal-Gamping adalah spesies *Nummulites* dan *Assilina*. Formasi ini diduga berumur Eosen Tengah – Eosen Akhir.

Formasi Wungkal dan Formasi Gamping memiliki umur yang sama pada kisaran Eosen Tengah – Eosen Akhir berdasarkan kandungan fosil foraminifera dan nannofosil (Umiyatun, 2006; Kurniawan, 2006; dalam Surono, 2009).

5.1.5 Lingkungan Pengendapan

Batuan pada Formasi Wungkal-Gamping diduga diendapkan di lingkungan laut dangkal pada *tidal flat* dan dipengaruhi oleh pasang surut dan gelombang air laut (Setiawati, 2013). Prasetyadi (2007) berpendapat bahwa Formasi Wungkal-Gamping bagian bawah diendapkan pada laut dangkal yang terbuka. Semakin ke atas, lingkungan mengalami pendalaman dengan ditandai oleh penghalusan batuan keatas dan peningkatan kehadiran foram plankton.

5.1.6 Hubungan Stratigrafi

Formasi Wungkal dan Formasi Gamping memiliki hubungan yang menjari, dibuktikan dengan kesamaan umur kedua formasi dan kenampakan singkapan pada beberapa tempat (Surono, 2009). Dari analisa foraminifera besar dan *nannofossil* diketahui kedua formasi ini memiliki umur Eosen Tengah – Eosen Akhir (Umiyatun, 2006; Kurniawan, 2006; dalam Surono, 2009). Sudarno (1997) menduga bahwa Formasi Wungkal-Gamping ditindih tidak selaras oleh Formasi Kebo-Butak berdasarkan perbedaan kemiringan antara kedua Formasi. Formasi Wungkal-Gamping yang tersingkap pada daerah Sekarbolo miring kearah utara, sedangkan Formasi Kebo-Butak di Tegalrejo miring kearah selatan-tenggara. Surono (2009) juga menyatakan bahwa Formasi Wungkal-Gamping ditindih secara tidak selaras oleh Formasi Kebo-

Butak. Prasetyadi (2007) mendukung dugaan peneliti sebelumnya, dengan menambahkan bukti ditemukannya fragmen batuan-batuan pra-Tersier dan Eosen pada bagian bawah Formasi Kebo-Butak pada Desa Mojosari.

5.2 Formasi Kebo-Butak

5.2.1 Nomenklatur

Bothe (1929) pertama kali membagi dan menamai sebagai dua satuan berbeda, yaitu Kebo *beds*, dan Butak *beds*. Penamaan tersebut menurut lokasi tipenya pada Gunung kebo dan Gunung Butak yang berada di Pegunungan Baturagung. Sumarso dan Ismoyowati (1975) meragukan pembagian Bothe (1929), mengusulkan penggabungan kedua formasi menjadi satu dengan nama Kebo-Butak. Beberapa peneliti setelahnya juga kemudian menyatukan kedua formasi menjadi Formasi Kebo Butak (Surono dkk., 1992; Samodra dan Sutisna, 1997; dan Smyth, 2005; dalam Surono, 2008).

Surono (2008) memperinci Formasi Kebo-Butak menjadi Formasi Kebo yang mewakili bagian atas, dan Formasi Butak mewakili bagian bawah. Pembagian yang dilakukan ini berdasarkan dominasi litologi penyusunnya.

5.2.2 Sebaran Batuan

Formasi Kebo-Butak tersingkap pada gawir yang cukup curam di lereng utara Pegunungan Baturagung. Sebarannya dari Kecamatan Bayat, keselatan hingga Kecamatan Gedangsari, dan kebarat hingga Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman.

5.2.3 Susunan Batuan

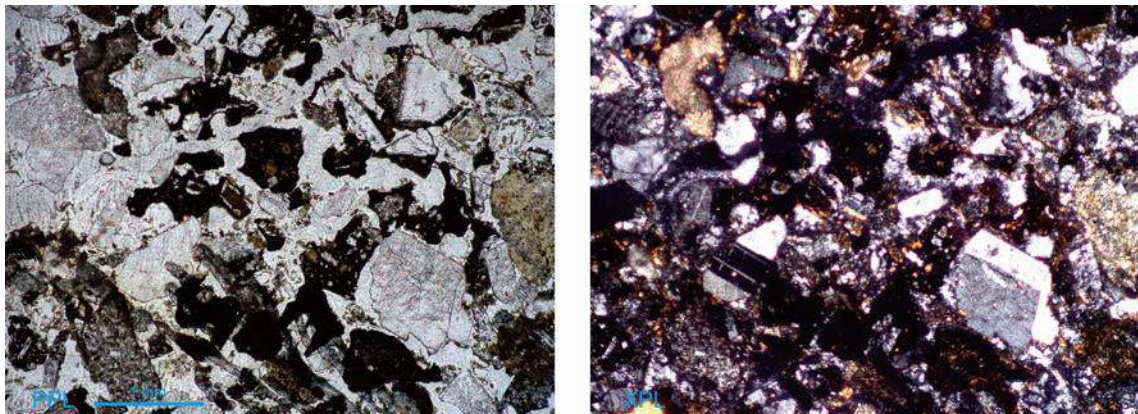
Menurut Toha dkk. (1994) dalam Sudarno (1997), bagian bawah Formasi Kebo-Butak disusun oleh batupasir berlapis baik, batulanau, batulempung, serpih, tuf, dan aglomerat. Bagian atas terdiri dari batupasir dan batulempung dengan sisipan tipis tuf asam. Di atas batupasir bergradasi sering muncul laminasi sejajar. Terdapat *basaltic andesite* menyisip dalam batupasir berupa retas lempeng. Di beberapa tempat ditemukan perlapisan pilihan, laminasi silangsiur dan laminasi konvolut dan laminasi sejajar.

Surono (2008) merincikan dominasi litologi sebagai dasar pembagian kedua formasi. Formasi Kebo merupakan perselingan antara batupasir dan batupasir kerikilan, dengan sisipan batulanau, batulempung, tuf, dan serpih. Sebagian batupasir dan

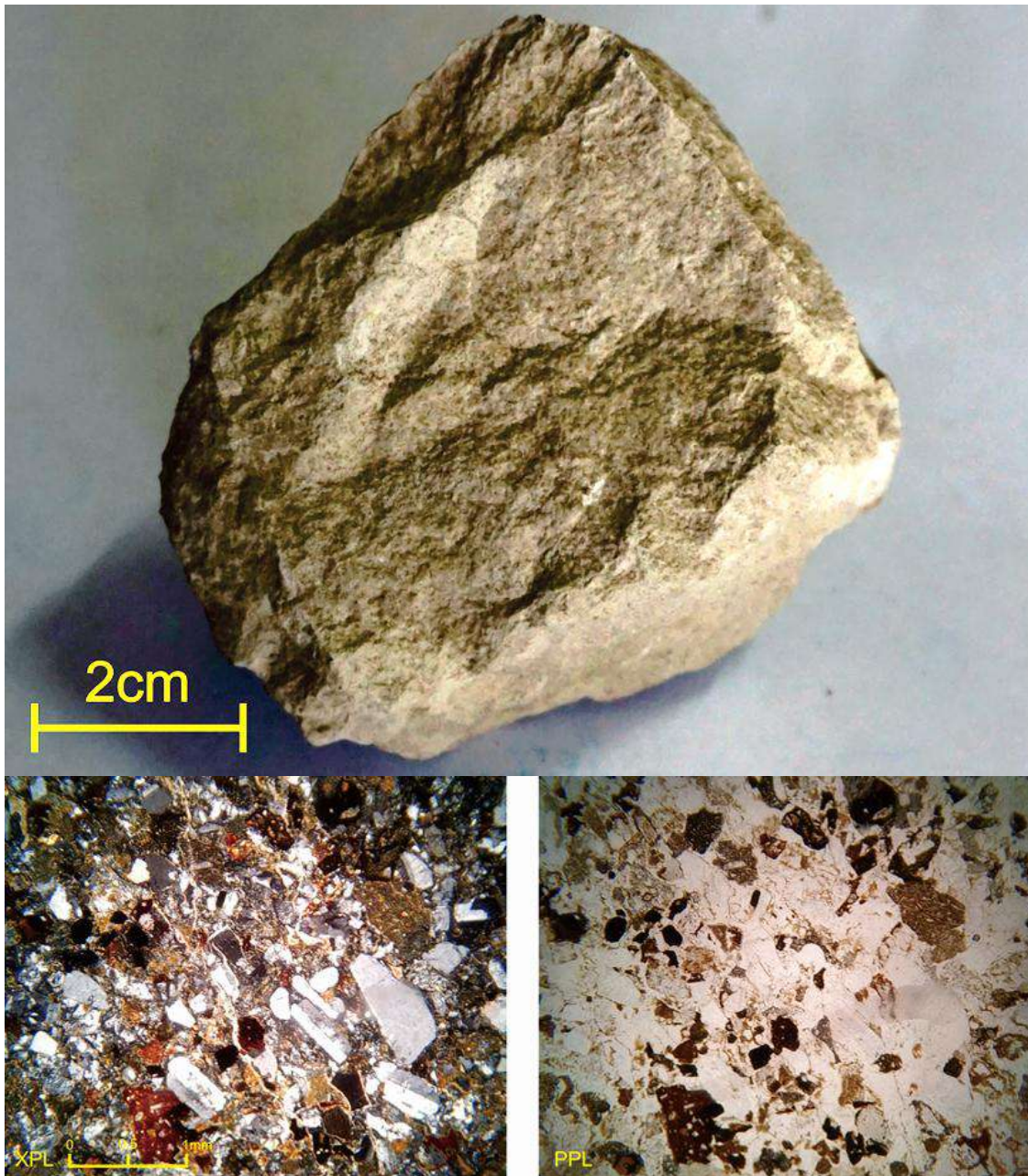
atulempung formasi ini bersifat gampingan. Secara setempat ditemukan breksi polimik. Struktur sedimen pada formasi ini adalah graded bedding, laminasi sejajar, laminasi bergelombang, cetak suling, dan slump. Fosil yang ditemukan pada formasi ini adalah bioturbasi, foraminifera, koral, dan kepingan arang. Pengamatan petrografi membuktikan bahwa batupasir formasi ini berpemilahan buruk, dan disusun oleh fragmen plagioklas, kuarsa, sanidin, dan piroksen, dengan sedikit fragmen batuan vulkanik.

Formasi Butak yang menindih selaras Formasi Kebo terdiri dari breksi polimik dengan selingan batupasir, batupasir kerikilan, batulempung, dan batulanau/serpih. Breksi polimik berfragmen andesit, basalt, batuan sedimen karbonan, dan kuarsa. Struktur sedimen pada Formasi Butak diantaranya adalah graded bedding, laminasi sejajar, dan imbrikasi fragmen. Fosil foraminifera dan pecahan arang ditemukan pada bagian atas formasi ini. Pengamatan petrografis menunjukkan bahwa batupasir formasi ini merupakan batupasir vulkanik dan mengandung material plagioklas, kuarsa, mineral opak, basalt, andesit, tuf gelas, dan batulempung.

Lava basalt berstruktur bantal dijumpai di beberapa tempat di bagian bawah Formasi Kebo. Kemudian oleh Surono (2008) lava bantal tersebut diusulkan sebagai satuan tersendiri dengan nama Lava Bantal Nampurejo karena dapat terpetakan dengan baik. Pada pengamatan petrografis, lava basalt ini bertekstur hipokristalin porfiroafanitis, dengan fenokris didominasi oleh plagioklas (30 – 40%) berukuran 0,05 – 1 mm, piroksen (10 – 15 %), dan mineral opak (25 – 30%), nampak struktur aliran pada sayatan tersebut.



Gambar 5.8 Foto kenampakan contoh setangan batupasir vulkanik (atas) berfragmen material vulkaniklastik dan feldspar yang khas pada batuan asal vulkanik. Foto bawah kenampakan mikroskopik *volcanic arenite* memperlihatkan fragmen pumis dan gelas yang terdevitrikasi menjadi lempung.



Gambar 5.9 Foto kenampakan conto setangan *feldspathic arenite* (atas). Foto bawah kenampakan fotomikroskopik *feldspathic arenite* yang didominasi fragmen feldspar dengan tambahan kuarsa dan vulkaniklastik.



Gambar 5.10 Foto kenampakan conto setangan vitric tuff yang mengalami zeolitisasi (atas). Zeolitisasi adalah proses perubahan gelas menjadi mineral zeolit yang terjadi saat diagenesa. Warna semu kehijauan dalam foto conto setangan menandakan kehadiran mineral zeolit. Foto bawah kenampakan fotomikroskopik vitric tuff yang didominasi oleh gelas yang isotropik dan sebagian terubah menjadi zeolit.

5.2.4 Umur

Selain mengandung foraminifera planktonik berumur Oligosen Akhir-Miosen Awal (N2-N4), juga dijumpai lava basaltik berstruktur bantal dan beberapa *sill* basaltik.

Lebih ke selatan, formasi ini ditutup oleh satuan- satuan yang lebih muda dan membentuk Pegunungan Baturagung yang bisa diikuti sampai daerah Parangtritis.

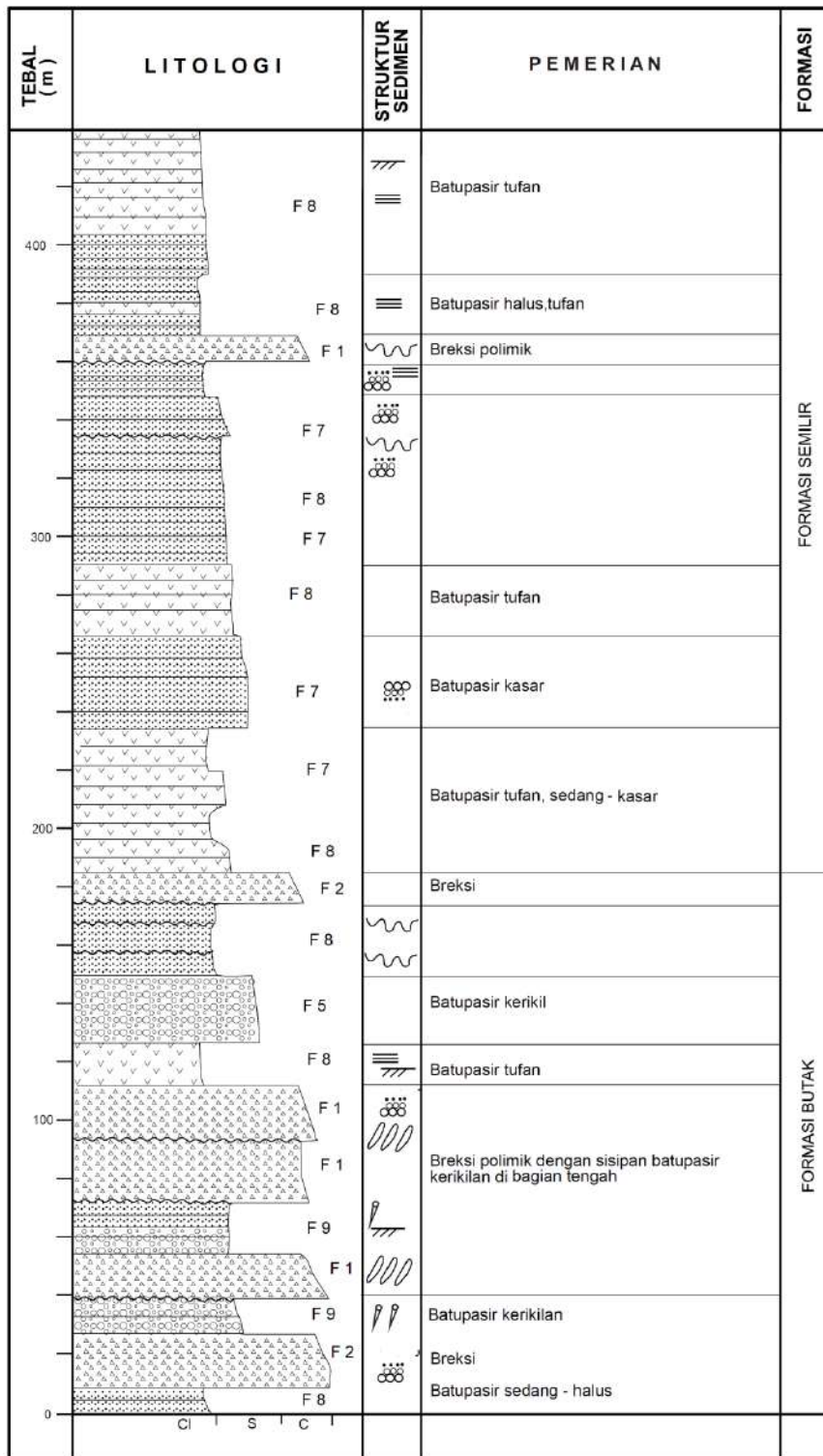
Suamrso dan Ismoyowati (1975) melakukan penentuan umur Formasi Kebo-Butak pada Kala Oligosen Akhir – Miosen Awal berdasarkan foraminifera planktonik. Formasi kebo butak mengandung fosil foraminifera planktonik *Globorotalia opima opirna*, *Globigerina angulisuturalis* (Zona N2); *G. angulisuturalis*, *G. binaiensis* and *Globorotalia siakensis* (Zona N3); *Globorotalia kugieri*, *Globigerinoides primordius* (Zona N4); *Globigerinoides trilobus*, *Clobigerinita clissimilis* (Zona N5).

Analisa umur absolut dengan metode Penarikan K-Ar dilakukan oleh Soeria-atmadja, dkk. (1994). Dua dike basalt yang memotong sikuen turbidit Formasi Kebo-Butak berumur absolut 33,1 Ma dan 24,3 Ma, konsisten dengan posisi stratigrafinya.

5.2.5 Lingkungan Pengendapan

Sumarso dan Ismoyowati (1975) menduga bahwa pengendapan Formasi Kebo-Butak berada pada lingkungan laut terbuka. Hal itu dibuktikan banyaknya kandungan foraminifera planktonik pada Formasi Kebo-Butak. Sikuen turbidit Formasi Kebo-Butak menunjukkan bahwa formasi di atas diendapkan di laut dalam pada lingkungan pengendapan yang terletak pada kipas tengah yang berakresi menuju kipas bawah (Toha dan Sudarno, 1987, dalam Sudarno, 1992).

Lava bantal Nampurejo yang mengalasi Formasi Kebo-Butak diduga terbentuk pada lingkungan laut yang cukup dalam sehingga terbentuk struktur bantal (Surono, 2008). Formasi Kebo dan Formasi Butak sendiri diduga diendapkan pada cekungan laut dengan gunung api aktif disekitarnya sebagai pemasok sedimen. Surono (2008) kemudian merincikan lingkungan pengendapan Formasi Kebo dan Formasi Butak mengacu pada klasifikasi yang dibuat oleh Mutti (1992). Sedimentasi Formasi Kebo menunjukkan dominasi fasies lebih ke arah distal (F7 - F8), yang ke arah penampang atas menjadi lebih proximal (F2 - F5) atau transisi. Sementara Formasi Butak, sedimentasinya lebih dikuasai oleh fasies F1 - F5, yaitu proximal hingga transisi.



Gambar 5.11 Penampang Stratigrafi Formasi Kebo pada lokasi di Desa Hargomulyo, Kec. Gedangsari pada kontak antara Formasi Butak dengan Formasi Semilir (Surono, 2008). Fn=Fasies endapan turbidit berdasarkan Mutti (1992).

5.2.6 Hubungan Stratigrafi

Batuan sedimen turbiditik vulkanik dari Formasi Kebo-Butak tersingkap kurang lebih 5 km sebelah selatan Perbukitan Jiwo Timur, sehingga hubungan stratigrafinya dengan satuan batuan di bawahnya tidak diketahui karena tertutup oleh endapan gunungapi kuarter dan aluvial.

Formasi Kebo ditindih selaras oleh Formasi Butak dengan kontak yang gradasional (Surono, 2008). Formasi Semilir terletak selaras di atas Formasi Kebo-Butak terdiri dari batuan sedimen turbiditik vulkanik, konglomerat, dan tuf lapili. Bagian bawah Formasi Semilir yang tersingkap di Pegunungan Baturagung mengandung sedikit foraminifera planktonik yang mengindikasikan umur N5-N9 (Sumarso dan Ismoyowati, 1975).

5.3 Formasi Oyo

5.3.1 Nomenklatur

Bothe (1929) dan Van Bemmelen (1949) menamai formasi ini sebagai *Oyo beds*, dengan lokasi tipe berada pada pada Sungai Oyo, Gunungkidul. Peneliti selanjutnya menamai satuan ini sebagai Formasi Oyo (Wijono, 1985; Surono dan Toha, 1994; Sudarno, 1997; Surono, 2008)

5.3.2 Sebaran Batuan

Formasi Oyo tersingkap baik di Gunung Tugu di Perbukitan Jiwo Barat dan Gunung Temas, dan Lanang di Perbukitan Jiwo Timur, sementara Formasi Wonosari tersingkap di Gunung Kampak di sebelah utara rawa Jombor.

5.3.3 Susunan Batuan

Formasi Oyo disusun oleh batupasir tuf-andesit hornblende, tuf gelasan, tuf andesitan, napal tufan, batulepung, batugamping tufan, dan batugamping (Van Bemmelen, 1949; Sudarno, 1997).

Wijono (1985), menguraikan stratigrafi Formasi Oyo di Gunung Tugu, Kecamatan Bayat sebagai berikut:

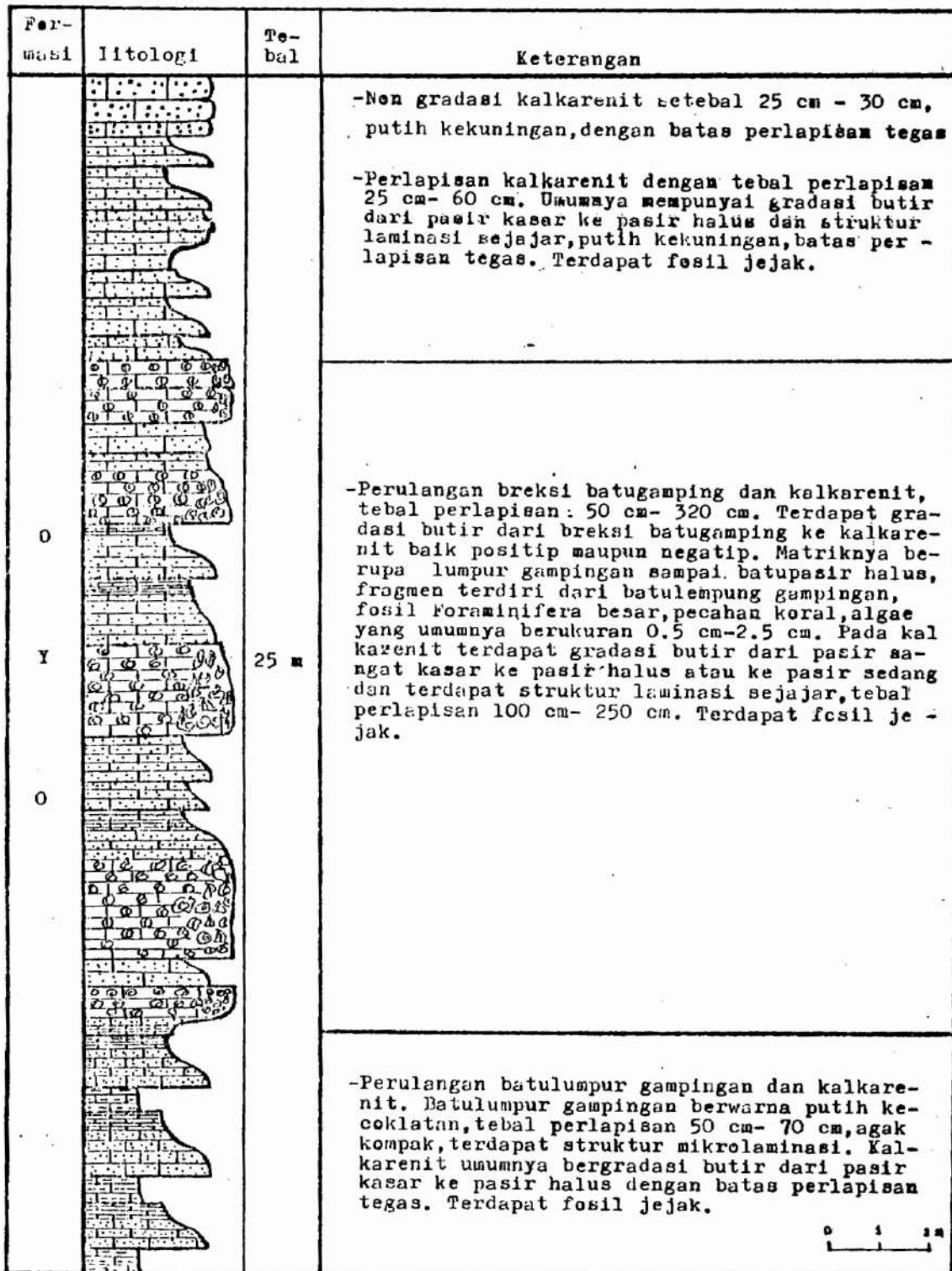
Bagian bawah tersusun atas perulangan napal gampingan dan kalkarenit yang berlapis baik. Struktur sedimen yang ditemukan pada napal adalah mikrolaminasi, sedangkan pada kalkarenit ditemukan gradasi dan laminasi sejajar. Bagian tengah terdiri

atas perulangan kalsirudit dan kalkarenit yang berlapis. Bagian atas tersusun oleh lapisan kalkarenit yang umumnya bergradasi dan terdapat struktur laminasi sejajar. Ketiga bagian Formasi Oyo di Gunung Tugu tersebut masih menunjukkan kehadiran komponen vulkaniklastik pada batuanannya.

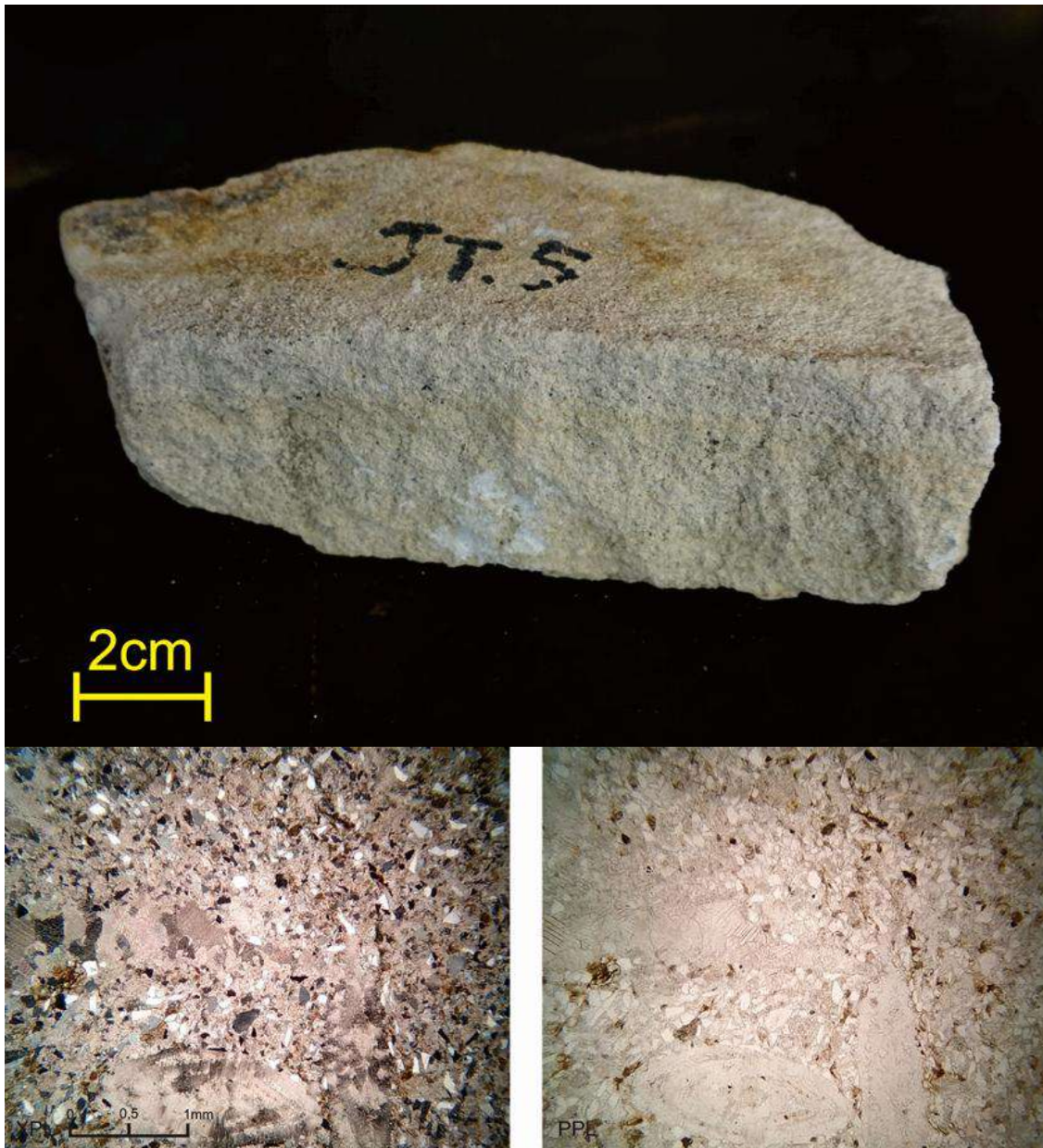
Formasi Oyo pada Gunung Tremas ternyata berkontak secara tidak selaras dengan batuan beku Intrusi Gabro Bayat yang ditandai adanya *paleosoil*. Hal ini memberikan pendugaan bahwa Perbukitan Jiwo merupakan tinggian purba (*paleohigh*). Formasi Oyo pada Gunung Tremas merupakan batuan karbonat klastik berukuran arenit dengan fragmen berupa pecahan cangkang, rombakan batugamping, dengan tambahan material vulkanik. Pada bagian tengah, terdapat batugamping fragmental berukuran brangkal dengan fragmen berupa batugamping terumbu.



Gambar 5.1 Kenampakan Batugamping berlapis Formasi Oyo di bukit Temas, Bayat.



Gambar 5.13 Kolom stratigrafi Formasi Oyo yang terdapat pada lereng timur Gunung Tugu Jiwo Barat (Wijono, 1985). Bagian bawah terdiri dari perulangan napal dan kalkarenit, bagian tengah merupakan perulangan kalsirudit dan kalkarenit, bagian atas dikuasai oleh kalkarenit.



Gambar 5.2 Foto kenampakan conto setangan batugamping pasiran (atas). Foto bawah kenampakan fotomikroskopik batugamping pasiran. Batugamping klastik dibawah mikroskop memperlihatkan fragmen berupa fosil foraminifera besar dan material vulkaniklastik dan sedikit feldspar.

5.3.4 Umur

Van Bemmelen (1949) melaporkan adanya fosil foraminifera besar berupa *Cycloclypeus annulatus*, *Lepidocyclina ruttenei*, *Lepidocyclina ferreroi*, *Lepidocyclina inflata*, *Miogypsina polymorpha*, dan *Miogypsina thecideaformis*, sehingga ditentukan umurnya pada Miosen Tengah.

Peneliti setelahnya membenarkan dugaan Van Bemmelen (1949), bahwa Formasi Oyo diendapkan pada Kala Miosen Tengah (Suron, dkk., 1992; Toha, dkk., 1994 dalam Sudarno, 1997). Sedangkan Surono (2009) berpendapat bahwa formasi ini diendapkan pada akhir Miosen Awal – Miosen Tengah (N8- N11).

5.3.6 Hubungan Stratigrafi

Formasi Oyo dan Wonosari yang di Pegunungan Selatan menutup selaras di atas Formasi Sambipitu, di Perbukitan Jiwo mempunyai hubungan *nonconformity* di atas batuan-batuan metamorf pra-Tersier, atau batuan beku (gabro, diorit, basalt) atau tidak selaras menyudut di atas Formasi Gamping-Wungkal. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa sejarah pengendapan di daerah Perbukitan Jiwo berbeda dengan di Pegunungan Selatan.



Gambar 5.15 Kenampakan bidang erosional antara gabro-mikro dengan batupasir gampingan Formasi Oyo. Lokasi lereng selatan bukit Temas. Kontak non-conformity ini ditandai juga dengan adanya paleosoil tipis diantara kedua batuan (atas).

BAB VI

KEMPOMPOK INTRUSI BATUAN BEKU

6.1. Nomenklatur

Soesilo, dkk (2000) mengusulkan tatanama sesuai Sandi Stratigrafi Indonesia (1996) terhadap batuan kristalin di Pegunungan Jiwo menjadi Lithodem Gabro Bayat dan Lithodem Basalt Bayat.

6.2. Sebaran Batuan

Beberapa retas basaltik tersebar diantaranya di Winong, Brumbung, Bukit Merak, Pager Jurang, sedangkan stok gabroik dapat dijumpai di desa Bendungan (Sutojayan), Bukit Jabalkat, Bukit Pendul, Bukit Kebo, Bukit temas menunjukkan umur 31 – 40 jtl. (Tabel 6.1). Batuan-batuan beku tersebut menerobos batuan-batuan yang termasuk dalam Kelompok Batuan Metamorf yang berumur Pra-Tersier serta Formasi Gamping-Wungkal. Batuan gabroik tersebut oleh peneliti terdahulu disebut diorit, tetapi analisis kimia dan tekstur menunjukkan sebagai gabro dan gabro mikro atau diabas, walaupun beberapa beberapa peneliti meyakini adanya diorite di Perbukitan Jiwo. Di Bukit Temas dan Desa Bendungan formasi batuan berumur Eosen ini tertutup secara tidak selaras (*nonconformity*) oleh batugamping terumbu Formasi Oyo.

6.3. Susunan Batuan

Satuan batuan ini terdiri dari gabro, gabromikro atau diabas, dan basalt serta dioritmikro. Beberapa batuan tersebut hadir sebagai stok maupun dike yang tersingkap di Jiwo Barat maupun Jiwo Timur; basalt umumnya sebagai dike dengan ketebalan beberapa meter yang pada umumnya memotong filit atau sekis. Di Dusun Brumbung (Jiwo Barat) kontak basalt dengan filit memberikan efek bakar dan meskipun lapuk tetapi dapat diamati dengan baik, sementara singkapan yang lain dijumpai di Gunung Sari, Kali Kebo, Gunung Merak dan Gunung Cakaran. Sedangkan gabro merupakan

dike yang mempunyai ketebalan lebih dari 25 meter seperti halnya yang terdapat di Dusun Bendungan, Gunung Pendul dan lereng selatan Gunung Temas.

Batuan-batuan beku hasil kegiatan magmatisme tersebut di atas, hadir sebagai batuan beku plutonik (gabro, gabro mikro atau diabas, diorit), dan batuan beku vulkanik (basalt), yang hadir baik sebagai intrusi (retas) maupun lava. Sebagian besar batuan beku tersebut di permukaan dalam keadaan lapuk, dan hanya sebagian kecil singkapan yang memperlihatkan keadaan yang fres atau segar, diantaranya pada beberapa inti batuan beku yang mengalami pelapukan mengulit bawang (*spheroidal weathering*). Secara umum komposisi mineralogi batuan-batuan tersebut di atas, relatif sama, umumnya mengandung plagioklas, olivine, piroksen, mineral opak mengalami ubahan hidrotermal lemah-sedang. Gabro, gabro mikro atau sering disebut diabas, dan basalt dibedakan dari ukuran butirnya (berdasarkan klasifikasi Streckeisen, 1976), dimana gabro disusun kristal yang sebagian besar berukuran >3 mm, gabro mikro atau diabas berukuran 1-3, sedangkan basalt berukuran kristal sebagian besar < 1 mm. Karena sebagian besar wilayah Pegunungan Jiwo tertutup oleh vegetasi yang lebat dan karena banyaknya pemukiman, maka sulit mendapatkan batas dari beberapa tipe batuan beku di atas.

Gabro pada kenampakan lapangan umumnya lapuk berwarna kecoklatan, sedangkan pada bagian yang fres memperlihatkan warna abu-abu gelap kehijauan. Di daerah Sutojayan memperlihatkan kenampakan layer tekstur cumulus, ukuran butir sebagian besar >3 mm. Ukuran Kristal gabro yang paling kasar terdapat di lereng G. Jabalkat. Pada kenampakan mikroskopik, umumnya memperlihatkan tekstur equigranular, cumulus, ofitik dan subofitik, disusun oleh mineral-mineral primer plagioklas ($\pm 58-60\%$), Olivin ($\pm 3-14\%$), piroksen ($\pm 4-14\%$), mineral opak, baik kemungkinan primer maupun sekunder ($\pm 2-12\%$). Sebagian besar gabro mengalami ubahan hidrotermal lemah-sedang, yang dicirikan oleh terubahnya beberapa mineral primer menjadi mineral-mineral klorit ($\pm 5-18\%$), silica ($\pm 0-3\%$), epidot ($\pm 2\%$), karbonat ($\pm 2-4\%$), serpentin ($\pm 4\%$), aktinolit ($\pm 4\%$). Gabro mikro atau diabas, seperti halnya gabro, juga di lapangan pada umumnya terlihat lapuk, sedangkan dalam keadaan segar beberapa terlihat berwarna sedikit kecoklatan. Dibedakan dengan gabro, yang utama karena ukuran kristalnya 1-3 mm dan kenampakan tekstur diabasik pada beberapa conto. Pada kenampakan mikroskopis memperlihatkan kenampakan tekstur equi granular, ofitik, diabasik. Pada kenampakan mikroskopik, umumnya memperlihatkan tekstur equigranular, cumulus, ofitik dan subofitik, disusun oleh

mineral-mineral primer plagioklas ($\pm 52-66\%$), Olivin ($\pm 0-10\%$), piroksen ($\pm 4-18\%$), mineral opak, baik kemungkinan primer maupun sekunder ($\pm 4-5\%$). Sebagian besar gabro mengalami ubahan hidrotermal lemah, yang dicirikan oleh termahnya beberapa mineral primer menjadi mineral-mineral klorit ($\pm 4-16\%$), silika ($\pm 0-7\%$), karbonat ($\pm 2-12\%$), serpentin ($\pm 4\%$), aktinolit ($\pm 4\%$).

Basalt umumnya membentuk dike atau sill serta lava, dalam keadaan masih fres terlihat berwarna lebih gelap dibanding dengan gabro maupun gabro mikro. Dike/sill basalt banyak ditemukan di wilayah G. Jabalkat dan G. Cakaran, sedangkan di G. Pendul bagian timur basalt hadir sebagai lava yang memperlihatkan struktur bantal. Kenampakan mikroskopik, memperlihatkan tekstur inequigranular, porfiritik-porfiroafanitik, disusun oleh mineral-mineral primer plagioklas ($\pm 56-72\%$), Olivin ($\pm 3-5\%$), piroksen ($\pm 12-14\%$), mineral opak, baik kemungkinan primer maupun sekunder ($\pm 4-12\%$). Sampel dike memperlihatkan adanya ubahan hidrotermal lemah, yang dicirikan oleh berubahnya beberapa mineral primer menjadi mineral-mineral klorit ($\pm 0-12\%$) dan karbonat ($\pm 0-3\%$).

Seperti telah disampaikan di atas, bahwa magmatisme yang membentuk batuan beku di Pegunungan Jiwo juga dibarengi terjadinya alterasi dan mineralisasi di wilayah tersebut. Bukti terjadinya alterasi hidrotermal, dapat dilihat pada beberapa kenampakan baik di lapangan maupun kenampakan mikroskopik. Pada tubuh batuan beku, juga banyak dijumpai mineral-mineral ubahan hidrotermal seperti terbentuknya mineral-mineral klorit ($\pm 4-18\%$), silika ($\pm 0-3\%$), epidot ($\pm 2\%$), karbonat ($\pm 2-12\%$), serpentin ($\pm 4\%$), aktinolit ($\pm 4\%$), dan juga diseminasi mineral-mineral pirit dan galena pada tubuh batuan beku. Di lereng timur Jabalkat, pada kontak sesar antara marmer dengan batulanau Formasi Wungkal, didapatkan adanya alterasi dan mineralisasi skarn. Keterdapatannya endapan skarn dicirikan oleh keberadaan himpunan mineral wolastonit-hedenbergit-garnet

Tabel 6.1. Komposisi Batuan beku di Pegunungan Jiwo, Bayat

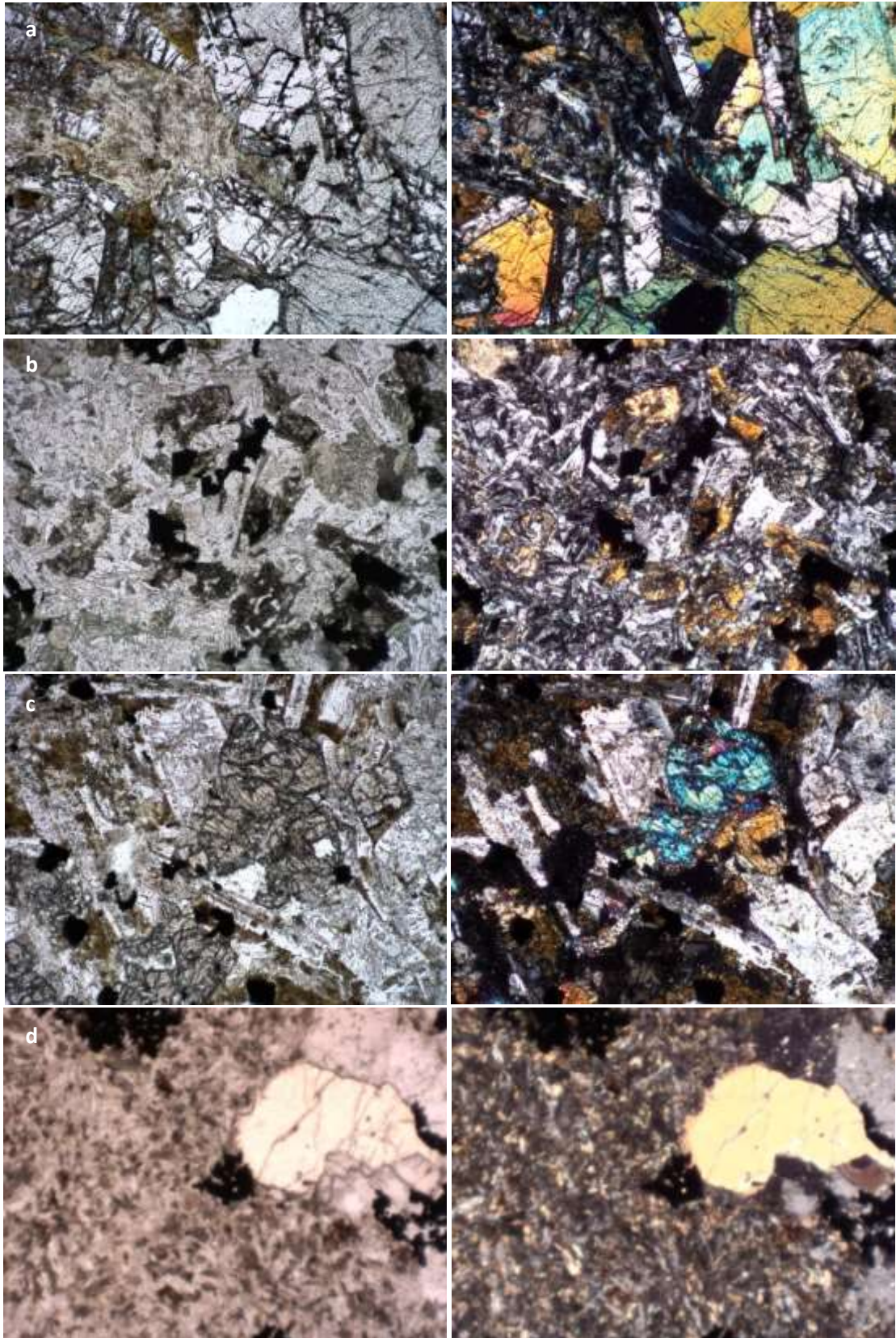
	Sutojayan		Jabalkat		Cak	Pendul					Gg	Temas	Santren	
KODE SAMPEL	BB1	STN6	BB2	STN5	BY36b	BB3	BY65a	BY105B	STN1	BY47	BB4	BB5	BB6	BY111
BATUAN	G	GM/D	G	G	GM/Di	G	GM	GM	GM	GM/Di	G	G	B	B
MINERAL PRIMER														
Plagioklas	60	58	58	60	56	62	58	66	52	64	60	58	72	56
Olivin	14			12	8		10		8		13		5	3
Piroksen	4	14	11	13	13	8	13	18	14	7	7	14	14	14
Mineral Opak	3	5	2	2	5	2	4	4	3	5	3	2	5	4
Gelas Volk													4	
MINERAL SEKUNDER	19	23	29	8	16	28	15	9	23	24	17	24	0	23
Klorit	15	4	16	5	4	18	12	5	13	16	15	18		12
Kuarsa		7	3											
Epidot			2											
Karbonat			4	3	12		3				2			3
Mineral Lempung		12							10	8				
Serpentin	4											3		
Tremolit												5		
Mineral Opak			4			10		4						8



Gambar. 6.1 Kenampakan singkapan gabro-mikro di dusun Bendungan, Sutojayan (kiri). Batuan telah mengalami pelapukan kuat, sebagian memperlihatkan struktur spheroidal weathering (pelapukan mengulit bawang)(foto atas). Foto tengah dan bawah: Kenampakan close-up singkapan gabro-mikro di dusun Bendungan, Sutojayan, memperlihatkan tekstur kumulat mineral-mineral plagioklas diantara mineral piroksen.



Gambar. 6.2 Beberapa kenampakan conto batuan beku intrusi di perbukian Jiwo Barat dan Jiwo Timur. a) Gabro di daerah Sutojayan, b). Gabromikro, daerah Sutojayan, c) Gabro terubah kuat, gunung Jabalkat, d) Diorit piroksen, e). Gabromikro (diabas) gunung Temas, dan f). Basalt di lereng gunung Jabalkat.



Gambar. 6.3 Beberapa kenampakan fotomikroskopik batuan beku intrusi di perbukian Jiwo Barat dan Jiwo Timur. a) Foto fotomikroskopik gabro daerah Sutojayan, b) Foto kenampakan fotomikroskopik Gabromikro bukit Pendul, c) Foto mikroskopik Gabro gunung Jabalkat, dan d). Fotomikroskopik basalt olivine di lereng barat gunung Jabalkat. Foto kiri mikroskopik dalam keadaan parallel nikol (PPL), sedangkan foto kanan dalam keadaan nikol silang (XPL).

6.4. Umur

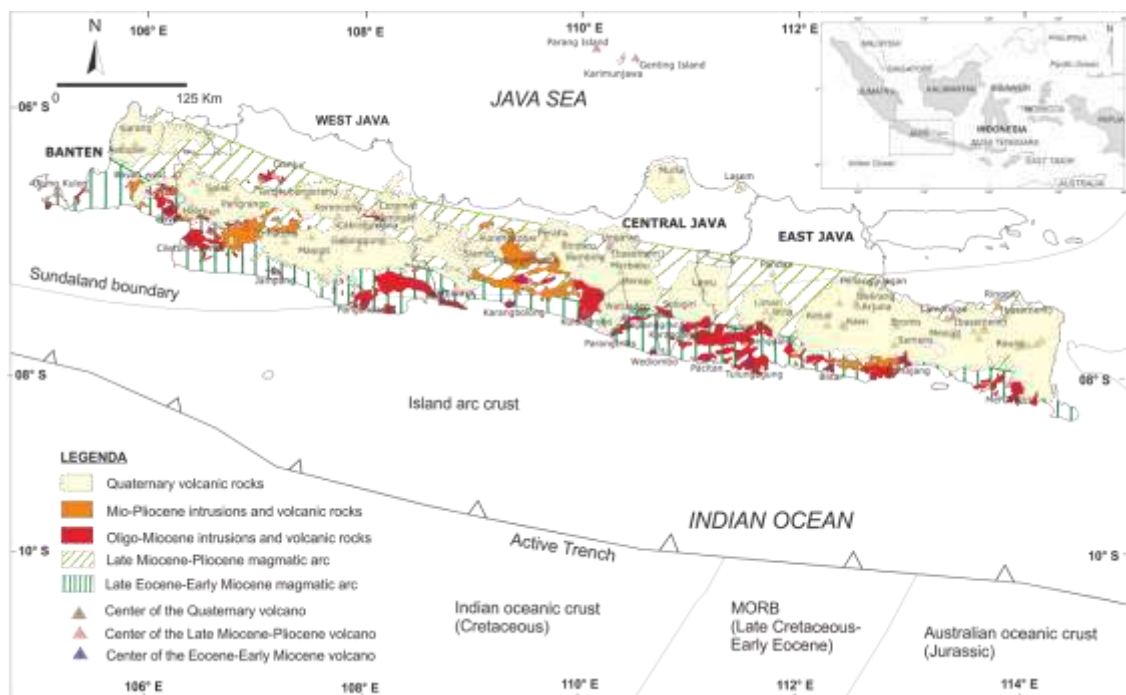
Penanggalan radiometrik dengan metode isotopik Potasium-Argon menunjukkan bahwa gabro dan basalt di perbukitan Jiwo hingga Tegal Rejo menunjukkan umur $39,82 \pm 1,49$ Ma sampai $24,25 \pm 0,65$ Ma, atau Eosen Tengah hingga Miosen Awal awal (Sutanto, et al, 1994; Soeria-Atmadja dkk, 1994; Smith, 2pirokde005; Surono dkk., 2006). Sedangkan pada batuan diorit dan diorit mikro menunjukkan umur yang lebih muda, yaitu $17,220 \pm 2.2.84$ - 13.852 ± 5.45 Ma. Dari data umur batuan beku tersebut di atas menunjukkan minimal terdapat dua episode magmatisme yang menghasilkan batuan beku di Pegunungan Jiwo. Semua batuan yang berkomposisi basaltik berafinitas calk-alkali yang genesanya berhubungan dengan penunjaman kerak samodra (Tabel 6.2).

Tabel 6.2 : Umur radiometrik K/Ar dan U-Pb SHRIMP dari beberapa contoh batuan Daerah Perbukitan Jiwo dan Desa Tegalrejo

BATUAN	LOKASI	UMUR	REFERENSI
2004pk05, Diorit	Sutojayan, Bayat S 7,45'08, 3'' E 110, 38'03, 2''	13.852±5.45 (Miosen Tengah)	Surono dkk., 2006. Metode K-Ar
2004PK01, Diorit Mikro	Penggingan Bayat S7, 45'57, 4'' E110, 48'37, 6''	17,220±2.2.84 jtl (Miosen Tengah)	Surono dkk., 2006.
BY52, Basalt	Tegalrejo	24,25±0,65 (Miosen Awal)	Soeria-Atmadja dkk, 1994.
Lava Bantal anggota Santren F. Kebobutak	Desa Santren	24,7±1,0 (miosen awal)	Smith, 2005 Metode U-Pb SHRIMP
2004PK02, Diabas	G. Bokol, Cermo, Bayat S 7,48'37,6'' E110,38'32,3''	30,04±4,62 (Oligosen Awal)	Surono dkk., 2006.
BY47, Diabas/basalt	Winong, Bayat	31,25±0,90 (Oligosen Awal)	Sutanto (1993); Sutanto, dkk., (1994), Soeria- Atmadja dkk, 1994.
2004 PK07, Gabro Mikro	G. Pendul. S7, 46'37, 2''; E110, 39'30, 8''	32, 852±6,57 (Oligosen Awal)	Surono dkk., 2006. Metode K-Ar
BY48, Basalt	Bumbang, Bayat	33,15±1,00 (Oligosen Awal)	Sutanto (1993); Sutanto, dkk., (1994), Soeria- Atmadja dkk, 1994.
BY50, Diabas	Pagerjurang, Bayat	39,82±1,49 (Eosen Tengah)	Sutanto (1993); Sutanto, dkk., (1994), Soeria- Atmadja dkk, 1994.

6.5. Lingkungan Tektonik dan Magmatisme

Soeria-atmadja *et al.* (1994) membagi magmatisme Tersier di Jawa menjadi dua periode, yaitu periode magmatisme Eosen Akhir-Miosen Awal dan periode Miosen Akhir-Pliosen. Batuan-batuan beku vulkanik dan vulkaniklastik tersebar di sepanjang bagian selatan pulau Jawa umumnya berafinitas toleitik, sedangkan magmatisme Miosen Akhir-Pliosen yang mempunyai spectrum magma toleitik, kalk-alkali hingga kalk-alkali K tinggi tersebar di sebelah utara bagian pulau, dan sebagian terletak pada posisi yang sama dengan produk magmatisme Eosen Akhir-Miosen Awal (Gambar 4). Batuan-batuan vulkanik Miosen Akhir-Pliosen sangat banyak ditemukan di wilayah Jawa Tengah dan Jawa Barat, sedangkan di wilayah Jawa Timur batuan vulkanik Mio-pliosen di bagian utara banyak tertutup oleh endapan vulkanik Kuartar (Gambar 4; Gafoer dan Samodra, 1993; Ratman *et al.*, 1998).



Gambar 6.4. Distribusi busur magmatik Tersier, Batuan-batuan vulkanik Tersier, pusat gunungapi Kenozoikum serta tipe kerak batuan dasar di pulau Jawa (Sutarto *et al.*, 2016).

Batuan beku tertua pada busur magmatik Eosen Akhir-Miosen Awal adalah lava andesit toleitik dari Formasi Besole ditemukan di daerah Pacitan. Dengan metode pentarihan K-Ar, batuan tersebut menunjukkan umur 42.73 ± 9.87 juta tahun (Soeria-atmadja *et al.*, 1994), sedangkan yang termuda juga berupa lava andesit di Pacitan menunjukkan umur 15.03 ± 0.88 juta tahun (JICA-JOGMEC, 2004 dalam Setijadji *et al.*, 2006). Batuan vulkanik pada magmatisme Miosen Akhir-Pliosen diwakili lava

basalt di Bayah yang menunjukkan umur 13.7 ± 1.8 juta tahun (Soeria-atmadja *et al.*, 1994; Sutanto *et al.*, 1994) dan batuan basalt di pulau Genting, Karimunjawa dengan kisaran umur anatar 2.5 ± 0.1 hingga 1.8 ± 0.3 juta tahun (Soeria-atmadja *et al.*, 1985). Kandungan titan (Ti) dan niobium (Nb) yang rendah dari gabro dan basalt tersebut menunjukkan batuan beku orogenik atau busur magmatik (Sutanto *et al.*, 1994).

6.6. Hubungan Stratigrafi

Di Dusun Bendungan dan Gunung Pendul intrusi ini menerobos Formasi Gamping-Wungkal dan menyebabkan terbentuknya hornfels, sedang di Gunung Temas gabro tertutup secara tidak selaras oleh Formasi Oyo. Secara umum litodem Gabro memotong Litodem Filit berumur pre-Tersier, dan Formasi Gamping Wungkal yang berumur Eosin dan ditutup secara tidak selaras oleh Formasi Oyo.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M.A, dan Setiawan, N.I., 2015, Petrogenesis Batuan Beku Intrusi di Derah Perbukitan Jiwo Barat dan Timur, Kecamatan Bayat, Kabupaten Kalten, Provinsi Jawa Tengah, Proceeding Seminar kebumina ke-8, UGM, h. 675-683.
- Bothe, A.Ch.D., 1929, Jiwo Hills and the Southern Range, *Excursion guide*, 4th Pacific Science Congress, Bandung.
- Bronto, S., 2010, Identifikasi Gunung Api Purba Pendul di Perbukitan Jiwo, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, JSDG Vol. 20 No.1.
- Hamilton, W., 1979, *Tectonic of Indonesia Region*, Geol Survey Prof. Paper 1078, U.S. Gov. Printing Office, Washington, 345 p.
- Jatmiko Setiawan, 2000, Kompleks Batuan Pra-Tersier, Mula Jadi dan Implikasi Tektonik, Daerah Perbukitan Jiwo-Bayat- Jawa Tengah, Tesis Magister, Insitut Teknologi Bandung.
- Kurniasih, A., Adha, A., Nugroho, H., dan Rachwibowo, P., 2018 Petrogenesis Batuan Metamorf di Perbukitan Jiwo Barat, Bayat, Klaten, Jawa Tengah, Jurnal Geosains dan Teknologi, <https://doi.org/10.14710/jgt.1.1.2018.1-7>.
- Setiawan, I.S., Osanai, Y, dan Prasetyadi, C., 2013, Apreliminary View and Importance of Metamorphic Geology From Jiwo Hill in Central Java, Prosiding Seminar Nasional Kebumian Ke-6, Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada, h. 11-23.
- Setiawati, Y.D., Novian, M.I., Barianto, D.H. 2013. Studi Fasies Formasi Wungkal-Gamping Jalur Gunung Gajah, Desa Gunung Gajah, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Kebumian Ke-6*, UGM, 11-12 Desember 2013, h.71-81
- Smyth, H.R., Hall., and Nichols, G.J, 2008. Cenozoic Volcanic Arc History of East Java, Indonesi: The Stratigraphic Record of Eruption on An Active Continental Margin, The Geological Society of America, Special Paper 436, p.199-222.
- Soeria Atmadja, R., Maury, R.C., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, and Priadi, B., 1991, The Tertiary magmatic belt in Java, *Proceeding of the Silver Jubilee Symposium On the Dynamic of Subduction and Its Product*, Yogyakarta, pp 98-121.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R.C., Bellon, H., Pringgopawiro, H., Polve, M., dan Priadi, B., 1994. Tertiary magmatic belts in Java. *Journal of SE Asian Earth Sciences*, 9, h.13-27

- Soesilo, J., Sutanto dan Subandrio, A., 2000, Tatanama batuan kristalin di Jiwo Barat sesuai Sandi Stratigrafi Indonesia. Prosiding Jambore Ilmiah 20 tahun Fakultas Teknologi Mineral Universitas Trisakti, p. 265-269.
- Sutanto, Soeria Atmadja, R., Maury, R.C., and Bellon, H., (1994), *Geochronology of Tertiary Volcanic Rock in Java*.
- Sutanto, 2004. Perbukitan Jiwo Bayat merupakan warisan geologi Pra-Tersier dan Awal tersier di Jawa yang perlu dilestarikan. Warisan Geologi di Indonesia dan Malaysia.
- Sutarto, 2016, Petrology, Geochemistry and Hydrothermal Fluid Evolution of The Randu Kuning Porphyry Cu-Au and Epithermal Au Deposit in Selogiri, Central Java, Dissertation Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, 289 h.
- Sutarto, Idrus, A. Harijoko, A., Setijagji, L.D., Meyer, F.M., Sindern, S., and Putranto, S., 2016, Hydrothermal Alteration and Mineralization of the Randu Kuning Porphyry Cu-Au and Intermediate Sulphidation Epithermal Au-Base Metals Deposits in Selogiri, Central Java, Indonesia, *Journal of Applied Geology*, vol 1(1), p 1-18.
- Sudarno, 1997. Kendali tektonik terhadap pembentukan struktur pada batuan Paleogen dan Neogen di Pegunungan Selatan, Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya. *Thesis Magister Teknik, Institut Teknologi Bandung*, Bandung, 167 h. (tidak diterbitkan).
- Sumarso dan Ismoyowati, T., 1975. A contribution to the stratigraphy of the Jiwo Hills and their southern surroundings. *Proceedings of 4th Annual Convention of Indonesia Petroleum Association*, Jakarta, II, h.19-26.
- Sumosusastro, S., 1956, A contribution to the geology of the Eastern Djiwo Hills and Southern Range in Central Java, *Indonesian Journal for Natural Science*, v.112, h.115-134.
- Surono, Toha, B., dan Sudarno, I, 1992. *Peta Geologi Lembar Surakarta-Giritontro, Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Surono, Hartono, U., and Permanadewi, S., 2006, Posisi Stratigrafi dan Petrogenesis Intrusi Pendul, Perbukitan Jiwo, Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, *JSDG Vol XVI No.5* h. 305-311.
- Surono. 2008. Stratigrafi dan Sedimentasi Formasi Kebo dan Formasi Butak, di pegunungan Selatan, Jawa Bagian Selatan, *Jurnal Geologi Indonesia*, 3(4) h.183-193
- Surono. 2009. Litostratigrafi Pegunungan Selatan Bagian Timur Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. *JSDG Vol. 19 No. 3*, Juni 2009, h. 209-221

- Umiyatun, S.Ch., Prastistho, B. Eko Jati, R.K., dan Surono, 2006. Foraminifera Besar Pada Satuan Batugamping Formasi Gamping-Wungkal, di Sekarbolo, Perbukitan Jiwo, Bayat-Klaten. *Jurnal Ilmu Kebumihan Teknologi Mineral*, Vol. 19, No.11, Januari-Juni 2006.
- Van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia Vol. IA*. The Hague: Government Printing Office, 732 p.
- Wijono, S. 1985. Stratigrafi dan Rekonstruksi Lingkungan Pengendapan Purba Endapan Karbonat Formasi Oyo di G. Tugu, Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. *Media Teknik No. 2 th VII*. April – Juli 1985, h.11-15