

GEOLOGI DAN PROSPEK GEOWISATA PERBUKITAN JIWO, BAYAT, JAWA TENGAH

Sutanto¹

¹Jurusan Teknik Geologi UPN Veteran Yogyakarta

Masuk: 15 Desember 2007, revisi masuk: 18 April 2008, diterima: 23 Juni 2008

ABSTRACT

Jiwo Hills, Bayat is one of the three place in Jawa that pre-tertiary and paleogene rocks are exposed, the other two are at Karangsembung, Central Java and Ciletuh, West Ja-va. These rocks consist of metamorphics, igneous and sedimentary rocks where some of them able to proposed as geotourism sites. The spesific rocks outcrope and olso its spe-cific relation exposed at Bendungan, Sekarbolo, Watuprahu, Bukit Temas and Bukit Jo-kotuwo. The oldest rocks at the Jiwo Hills is pre-Tertiary Phillyte Lithodem, its consist phyllites, mica schist, chlorite schist and marble that unconformably covered by Eocene Gamping-Wungkal Formation. Phyllite Litodem and Gamping-Wungkal Formation are cutted by some Late Eocene to Early Oligocene (39.8, 33.2 dan 31,3 Ma) basaltic orogen-ic dyke. These thee litologic units (formation) are unconformably covered by Oyo For-mation that concist of calcarenite and marl stratification. The Geotourism sites in the Jiwo Hills are the ideal places for the object study and researh for students and geologists. At last, we propose to preserve all the object geotourism at the Jiwo Hills as natural labora-tory for earth sciences.

Keywords: *Goelogy, Geotourism, Jiwo Hills*

INTISARI

Perbukitan Jiwo, Bayat merupakan satu diantara tiga tempat di Pulau Jawa di mana batuan berumur pre-tercier dan paleogen tersingkap disamping daerah Luk Ulo, Karangsembung dan Ciletuh, Jawa Barat, selain itu di daerah ini tersingkap tiga jenis batuan; batuan metamorfik, batuan beku dan batuan sediment yang beberapa dapat dijadikan situs geowisata. Situs geowisata berupa singkapan-singkapan batuan spesifik serta yang memperlihatkan hubungan antar formasi batuan dan cirri-ciri masing-masing batuan terdapat di Dusun Bendungan, Sekarbolo, Watuprahu, Bukit Temas dan Bukit Jokotuwo. Batuan tertua yang terdapat di daerah ini adalah Litodem Filit berumur pre-Tersier terdiri atas filit, sekis mika, sekis klorit dan marner; secara tidak selaras batuan pre-tercier ditutup oleh Formasi Gamping-Wungkal yang berumur Eosin. Formasi-formasi batuan tersebut di atas diterobos oleh intrusi basaltic orogenik berumur 39.8, 33.2 dan 31,3 Ma atau Eosin Akhir hingga Oligosin Awal yang disebut Litodem Gabro. Sementara Formasi Oyo yang disusun oleh perlapisan kalkarenit dan napal berumur Miosen Tengah secara tidak selaras menutup Litodem Filit, Formasi Gamping-Wungkal dan Litodem Gabro. Situs-situs geowisata di perbukitan Jiwo tersebut merupakan tempat ideal untuk obyek geowisata sebagai pembelajaran lapangan ilmu kebumian bagi pelajar, mahasiswa, hingga para pakar ilmu kebumian. Kami mengusulkan Perbukitan Jiwo dijadikan laboratorium alam untuk ilmu kebumian yang harus dilestarikan.

Kata Kunci: Geologi, Geowisata, Perbukitan Jiwo

PENDAHULUAN

Perbukitan Jiwo, Bayat terletak duapuluh kilometer sebelah selatan kota Klaten, secara administratif termasuk wilayah Kecamatan Bayat dan Kecamatan Wedi, sedangkan secara geografis ter-

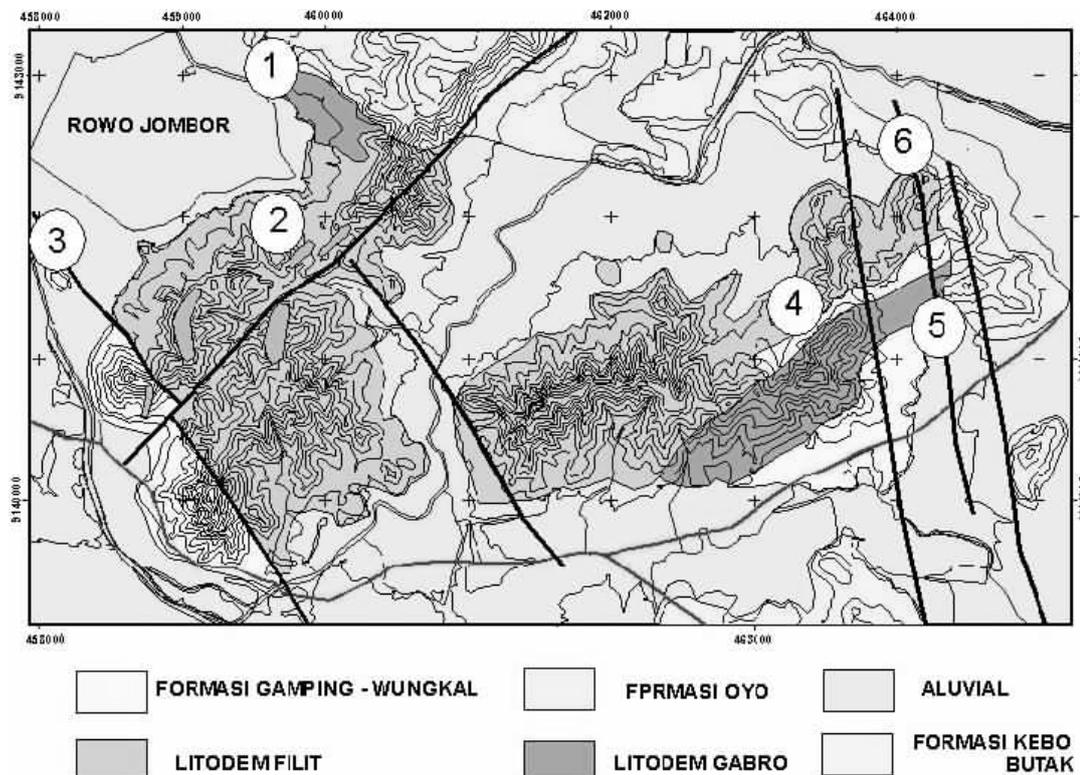
letak antara : 110°36'33" BT - 110°41'24" BT dan 7°43'57" LS - 7°49'20" LS. Daerah di mana batuan berumur pre-tercier dan paleogen tersingkap ini merupakan perbukitan yang lebih dikenal dengan nama perbukitan Jiwo Barat dan Ji-

wo Timur, yang keduanya dipisahkan oleh sungai Dengkeng. Perbukitan ini merupakan perbukitan terisolir yang dikelilingi oleh dataran aluvial. Secara fisiografi dataran aluvial dengan bukit-bukit terisolir tersebut termasuk dalam zona depresi tengah Jawa Timur (van Bemmen, 1949). Satuan fisiografi ini di sebelah selatan dibatasi oleh rangkaian Pegunungan Selatan yang di daerah ini dikenal dengan Baturagung Range. Perbukitan Jiwo Barat terdiri dari Bukit Jabalkat, Bukit Cakaran, Bukit Merak, Bukit Tugu, Bukit Sari, Bukit Budo, dan Bukit Kebo di Jiwo Barat, serta Bukit Temas, Bukit Jokotuwu, Bukit Pendul, dan Bukit Konang, Bukit Semangu di Jiwo Timur.

Batuan metamorfis, batuan karbonat, dan batuan sedimen terigen yang diterobos oleh beberapa dike gabroik tersingkap dengan baik di beberapa tempat di Perbukitan Jiwo Barat maupun Jiwo Timur. Seperti umumnya di daerah ber-

iklim tropis, sebagian besar batuan segar didaerah ini tertutup oleh tanah pelapukan yang cukup tebal, sementara budidaya pertanian dan penghijauan juga menyebabkan singkapan batuan segar yang masih ada semakin berkurang.

Banyak ahli geologi yang melakukan penelitian di daerah Bayat, antara lain: Bothe (1929), membuat stratigrafi daerah Perbukitan Jiwo serta mengusulkan nama Formasi Wungkal dan Formasi Gamping yang berumur Eosen; Sunu Somosusastro (1956), meneliti secara lebih detil geologi perbukitan Jiwo Timur; kajian biostratigrafi pernah dilakukan oleh Sumarso dan Ismojowati (1974); Soeria Atmadja et al (1991) dan Sutanto et al (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.



Gambar 1 Peta Geologi dan lokasi Situs Geowisata di Perbukitan Jiwo, Bayat.
1. Situs Bendungan, 2. Situs Brumbung, 3. Situs Sekarbolo, 4. Situs Watuprahu, 5. Situs Bukit Temas, dan 6. Situs Jokotuwu.

Batuan yang membentuk perbukitan Jiwo Barat dan Timur tersebut dianggap sebagai melange tektonik oleh Hamilton (1979) seperti kelompok batuan pre-tercier di Karangsambung. Formasi Gamping dan formasi Wungkal yang terdiri dari batugamping foraminifera berumur Eosin, batupasir dan batulempung terletak tidak selaras di atas kelompok batuan metamorf, tersingkap di desa Bendungan dan disekitar Bukit Jabalkat, Cakaran (Jiwo Barat) dan Pendul (Jiwo Timur). Beberapa dyke basaltik dan stok gabroik menerobos formasi-formasi tersebut di atas.

Batuan sedimen, turbiditik vulkanik dari formasi Kebo-Butak tersingkap kurang lebih 5 km disebelah Selatan perbukitan Jiwo Timur, tetapi hubungan stratigrafinya tidak diketahui karena tertutup oleh endapan aluvial. Selain mengandung foraminifera plangtonik berumur Oligosin akhir - Miosin 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 Parangtritis. Formasi Semilir tidak selaras diatas formasi Kebo-Butak, terdiri dari batuan sedimen turbiditik vulkanik, conglomerat dan tuf lapili. Formasi ini mengandung foraminifera kecil berumur Miosin awal (N5).

Secara stratigrafi daerah Perbukitan Jiwo, Bayat disusun oleh urutan formasi batuan sebagai berikut: 1) batuan metamorfik berumur pre-Tersier yang disebut Litodem Sekis; 2) Formasi Gamping-Wungkal; dan 3) Formasi Oyo.

Litodem Sekis terdiri dari filit, sekis, serpentinit dan marmer. Filit merupakan batuan metamorfik yang paling utama, di Perbukitan Jiwo Barat tersingkap baik di Bukit Sari, Bukit Budo, Bukit Merak dan Bukit Kebo, sementara di Jiwo Timur tersingkap di Bukit Konang dan Bukit Semangu. Meskipun tidak luas sekis tersingkap baik di lereng barat Bukit Merak dan di beberapa tempat di Dusun Padasan (Jiwo Timur); sedangkan serpentinit terdapat di Dusun Pagerjurang di sebelah utara Bukit Jabalkat. Serpentinit pada singkapan ini merupakan alterasi dari gabro yang menerobos filit dan a-

khirnya marmer merupakan lensa pada filit terdapat di Bukit Jokotuwo. Pada semua batuan dalam litodem Sekis tidak dijumpai fosil, sehingga umur pastinya tidak diketahui, tetapi karena tertutup oleh formasi batuan tersier maka ditetapkan umurnya Pre-Tersier.

Beberapa ahli menyebut satuan ini sebagai Formasi Konang, dengan menggunakan penamaan berdasar Sandi Stratigrafi (1996) satuan ini disebut sebagai Litodem Filit. Batuan utama yang membentuk perbukitan Jiwo Barat dan Jiwo Timur tersebut dianggap sebagai melange tektonik oleh Hamilton (1979), seperti halnya kelompok batuan pre-tercier di Karangsambung. 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.

Formasi Gamping - Wungkal terdiri dari konglomerat polemik, batupasir kwarsa, batulempung dan batugamping foraminifera (*Assilina* dan *Camerina*) yang menunjukkan umur Eosen Awal (Ta). Di perbukitan Jiwo Barat, satuan ini tersingkap di Bukit Wungkal, desa Sekarbolo di mana tempat tersebut merupakan tipe lokasi yang diusulkan oleh Bothe (1929). Selain itu singkapan yang penting terdapat di puncak Bukit Jabalkat hingga lereng baratnya, puncak Bukit Merak menerus ke puncak Bukit Cakaran hingga lereng baratnya, dan desa Bendungan. Pada singkapan terakhir ini formasi Wungkal sebagian besar berubah menjadi hornfels yang disebabkan oleh intrusi gabro. Singkapan batas dengan batuan pre-tercier tidak dijumpai, tetapi bisa dipastikan bahwa Formasi Wungkal ini terletak secara *nonconformity* terhadap satuan batuan di bawahnya. Sedangkan di Perbukitan Jiwo Timur *Formasi Gamping - Wungkal* terdiri dari batugamping foraminifera (*Camerina* dan *Discocyclina*) berumur Eosen Akhir (Tb), batupasir dan batulempung, terletak *nonconformity* di atas litodem filit, tersingkap di sekitar Bukit Pendul dan Watuprahu, dan di Desa Gamping di sebelah selatan Bukit Pendul.

Litodem ini terdiri atas beberapa

retas basaltik (Winong, Brumbung, Bukit Merak, Pagerjurang, dll) dan stock gabroik (Desa Bendungan, Bukit Pendul, Bukit Kebo) berumur menerobos formasi-formasi tersebut di atas. Batuan gabroik tersebut oleh peneliti terdahulu disebut diorit, tetapi analisis kimia dan tekstur ofitik dan diabasik menunjukkan batuan tersebut adalah gabro. Di Bukit Temas dan Bendungan formasi batuan berumur Eosen ini tertutup secara tidak selaras (*nonconformity*) oleh batugamping verlapis yang dikenal dengan Formasi Oyo dan batugamping terumbu Formasi Wonosari (periksa Peta Geologi). Penanggalan radiometrik Potasium-Argon dari beberapa dyke basaltik yang memotong batuan sekis kristalin berumur pre-Tersier dan formasi Gamping/ Wungkal memberikan umur 39.8 ± 1.49 , 33.2 ± 1.00 dan 31.3 ± 0.90 Ma atau Eosin Akhir hingga Oligosin Awal, sementara dyke dan sill berkominasi basaltik yang mewakili pegunungan Selatan memberikan umur 26.6 ± 1.07 Ma dan 24.3 ± 0.65 Ma atau Oligosin Akhir.

PEMBAHASAN

Kandungan unsur utama batuan disajikan dalam tabel 1. Analisis ini menghasilkan "habis dibakar" (LOI) cukup tinggi (2.7% - 4.63%), kecuali BY49A (0.78%). BY49 dan BY 51. Batuan tersebut adalah gabbro primitif ($MgO = 8.25$ dan 7.96%), tidak jenuh silika dengan normatif olivin, sedang yang lain jenuh silika. Enam contoh menunjukkan jenuh silika (BY47, BY48, BY49A, BY50, BY52, dan BY54) dengan kandungan TiO_2 lebih besar 1.2% (1.27-1.98%) dan kandungan Al_2O_3 rendah (13.81-14.85%). Harga titan tersebut cukup tinggi untuk magma busur kepulauan. Dalam diagram K_2O/SiO_2 , seluruh contoh batuan masuk dalam kelompok kalk alkali dengan komposisi basalt, kecuali BY 49A merupakan granit yang masuk dalam seri tholeit. Harga unsur-unsur utamanya memperlihatkan bahwa MgO , CaO , TiO_2 and Al_2O_3 mempunyai kecenderungan menurun, sedang Na_2O , K_2O makin kaya. Kandungan P_2O_5 , $Fe_2O_3^*$ meningkat hingga SiO_2 mendekati 50% dan setelah itu cenderung menurun.

Batuan basaltik dari daerah ini pada umumnya telah mengalami evolusi. Hal ini ditunjukkan oleh kandungan Cr, Co dan Ni yang relatif rendah. Gabro BY49 dan BY51 merupakan contoh yang paling kaya Cr (228 dan 306ppm), Ni (108 dan 84ppm), dan Co (36 dan 34 ppm), sedang batuan yang lain mempunyai kandungan unsur-unsur tersebut lebih sedikit; yaitu, 1 - 32 ppm untuk Ni, 3 - 99 ppm untuk Cr, dan 2 - 24 ppm untuk Co

Kandungan unsur-unsur incompatible disajikan dalam diagram unsur tanah langka dan diagram multi elemen yang dinormalisasi terhadap primitif mantel. Dengan anggapan magma yang sangat primitif sama dengan primitif mantel maka grafik-grafik dalam diagram tersebut di atas dapat mengetahui sejauh mana batuan tersebut termodifikasi secara kimia. Sun and McDonough, (1989), dalam penelitiannya membuktikan bahwa penyebaran unsur tanah langka dalam batuan vulkanik ternyata khas untuk masing-masing lingkungan tektonik. Batuan dari daerah Bayat, mempunyai dua macam grafik yang berbeda pada diagram unsur tanah langka dan diagram multi elemen. Perbedaan tersebut berkaitan erat dengan umur batuan.

Grafik pada gambar 2A & 2B merupakan diagram multi elemen dan diagram unsur tanah langka dari tiga dyke (BY47, BY48, BY50) yang memotong filit dan batuan sedimen pre-Tersier dan Eosin. Berdasar penanggalan radiometrik K/Ar ketiga contoh tersebut memberikan umur 39.2Ma sampai 31.3Ma. Diagram multi elemen yang dinormalisasi terhadap mantel primitif, basalt-basalt tersebut menunjukkan kekayaan unsur-unsur Rb, Ba dan K dengan anomali negatif pada niobium dan Zirkonium (BY48 dan BY50) serta Posfat (BY48). BY47 merupakan basalt paling primitif sedang BY48 paling terevolusi. Pada diagram unsur tanah langka, penyebaran grafiknya relatif datar dengan nilai rata-rata 8 kali dibanding unsur-unsur sama yang dikandung oleh mantel primitif dengan sedikit pemiskinan pada unsure tanah langka ringan (La, Ce).

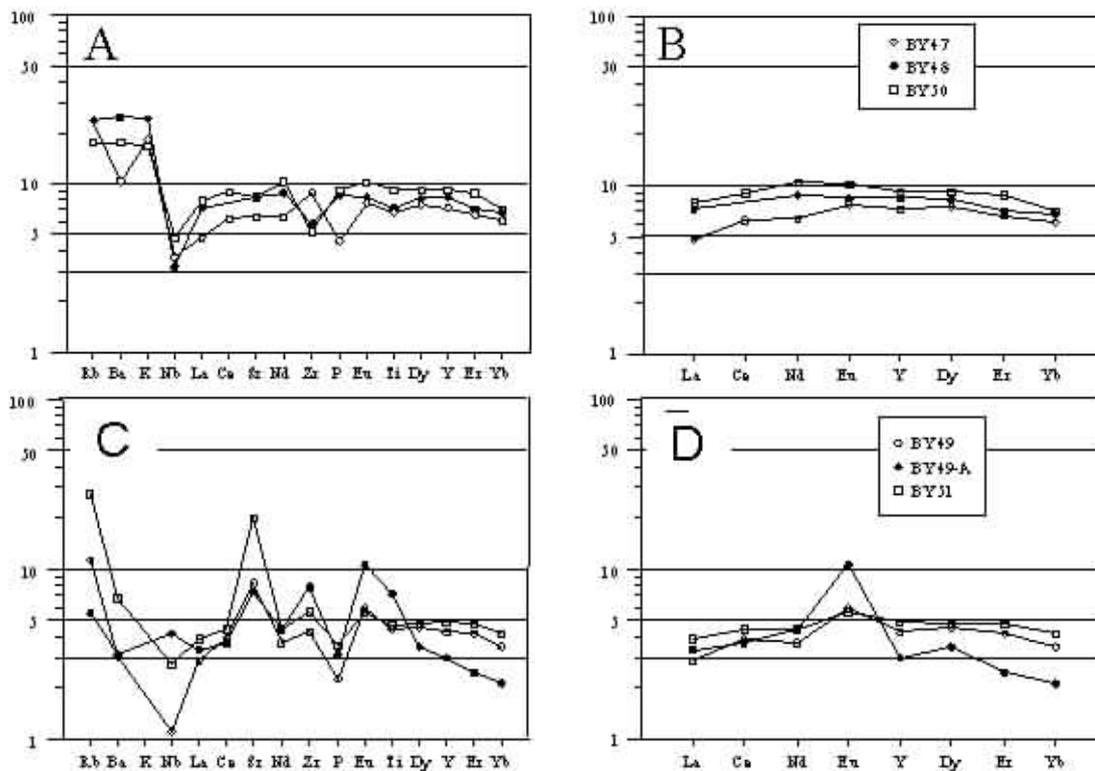
Kelompok ke dua ini merupakan batuan yang bertekstur relatif kasar (BY

49, BY49A, BY51). Batuan ini merupakan stock gabbro calc-alkali yang memotong sekis kristalin dan vein granite tholeiitik (BY49B) memotong BY49. Contoh-contoh ini belum ditentukan umurnya secara radiometrik. Hal tersebut disebabkan karena secara teoritis pembekuan batuan plutonik memerlukan waktu yang sangat lama, tergantung kedalaman dan dimensi intrusinya. Biasanya untuk penanggalan radiometrik batuan jenis ini dilakukan pada mineral-mineral yang dipisahkan. Secara stratigrafi batuan-batuan ini identik

dengan kelompok pertama. Diagram unsur tanah langka menunjukkan pola datar dengan harga rata-rata empat kali harga unsur-unsur yang sama pada mantel primitif, tetapi dengan anomali positif pada europium (Eu). Sementara contoh nomer BY49A mempunyai kandungan unsur tanah langka berat sangat kecil. Anomali positif pada europium dan strontium serta anomali negatif pada niobium dan zirkonium ditunjukkan pada diagram multi-elemen (gambar 3C & 3D).

Tabel 1 Hasil analisa kimia unsur utama dan unsur jejak dari 9 contoh batuan basalt dan gabro daerah Bayat.

	BY 47	BY 48	BY 49	BY 49A	BY 50	BY 51	BY 52	BY 53	BY 54
Umur (Ma)	31.3	33.2			39.8		24.3		
SiO ₂	50.85	50.90	48.83	73.60	51.20	49.17	52.90	49.88	51.65
TiO ₂	1.48	1.58	0.97	1.55	1.98	1.02	1.32	1.08	1.27
Al ₂ O ₃	14.68	14.85	16.01	13.81	14.29	15.21	14.85	18.65	14.45
Fe ₂ O ₃	10.94	11.20	8.67	1.04	11.71	8.25	11.86	10.22	11.69
MnO	0.18	0.18	0.13	0.04	0.19	0.12	0.18	0.15	0.17
MgO	6.02	5.10	8.25	0.38	5.78	7.96	4.99	4.18	4.68
CaO	9.53	7.58	10.80	3.27	7.76	9.60	6.36	9.19	8.13
Na ₂ O	2.78	3.60	3.16	4.89	3.30	3.30	3.04	2.92	2.44
K ₂ O	0.55	0.73	0.30	0.23	0.50	1.14	1.32	0.48	0.60
P ₂ O ₅	0.10	0.19	0.05	0.07	0.20	0.08	0.25	0.20	0.2
LOI	2.97	3.28	3.03	0.78	2.92	4.07	3.20	3.06	4.63
Total	100.08	99.19	100.20	99.66	99.83	99.92	100.27	100.10	99.91
Li	11		15	15	11	38	14	10	9
Sc	37	33	39	13.8	33	45	39	35	41
V	310	310	223.5	200	322.5	245	335	320	365
Cr	99	42	288	3	77	306	43	28	51
Co	30	34	36	2	30	34	26	27	33
Ni	32	30	108	2.5	25	84	15	16	21
Cu	10		16	3	9	12	21	23	30
Zn	86		48	11	87	31	88	65	90
Rb	15	15	7.2	3.5	11.2	17.5	30.5	11.5	9.3
Sr	134.5	178	175.6	155	175.5	421	171	251	176.5
Ba	72.5	175	21.5	22	122	47	94	46	67.5
Y	33	38	19.4	13.7	42	22	34	24	35
Zr	98	65	48	88	58	64	100	76	98
Nb	2.6	2.3	0.8	3	3.4	2	2	1.5	2.3
La	3.3	5	2	2.3	5.4	2.7	7.5	5.4	6.5
Ce	11		7	6.5	16	8	19	13	17.5
Nd	8.5	12	5	6	14	6	15.5	11	13.5
Eu	1.3	1.4	1	1.8	1.7	0.95	1.3	1	1.25
Dy	5.6	6.1	3.4	2.6	6.7	3.5	5.4	4.3	5.2
Er	3.2	3.4	2	1.2	4.2	2.3	3.3	2.3	3.7
Yb	3	3.3	1.75	1.05	3.5	2.05	3.35	2.2	3.4



Gambar 2 Diagram multi elemen (Spider Diagram) (A, C) dan diagram unsur tanah langka (B, D) batuan basaltik daerah perbukitan Jiwo yang dinormalisasi terhadap primitif mantel.

Anomali negatif pada unsur-unsur niobium dan titan pada grafik di atas menunjukkan bahwa semua contoh tersebut merupakan batuan vulkanik orogenik (Briqueu et al., 1984; Maury, 1984; McCulloch and Gamble, 1991; Woodhead et al., 1993). Pola penyebaran datar pada diagram unsur tanah langka yang mirip dengan pola penyebaran MORB-N menunjukkan magma di daerah Bayat dan Pegunungan Selatan berasal dari MORB-N yang mengalami evolusi dari waktu ke waktu. Kristalisasi plagioklas pada gabro menyebabkan anomali positif anomali positif pada unsur-unsur strontium dan europium (Wilson, 1989).

Formasi-formasi yang lebih muda adalah formasi Oyo dan Wonosari. Formasi pertama terdiri dari perlapisan kalkerit dan napal dan yang kedua terdiri dari batugamping terumbu. Kedua formasi ini berumur Miosin tengah sampai Miosin akhir (N11 - N13). Formasi Oyo tersingkap baik di Bukit Tugu di Perbukitan Jiwo Barat dan Bukit Temas, dan Lanang

di Perbukitan Jiwo Timur, sementara Formasi Wonosari tersingkap di Bukit Kampak di sebelah utara rawa Jombor.

Kedua formasi ini menutup secara tidak selaras Litodem Sekis dan Lirodem Gabro yang singkapannya terdapat di Dusun Bendungan (Jiwo Barat) dan di lereng selatan Bukit Temas (foto 6).

Struktur sesar merupakan struktur geologi yang terdapat di Perbukitan Jiwo Barat dan Jiwo Timur. Gejala sesar terdapat di Kali Kebo, Bukit Cakaran (Jiwo Barat), dan sesar di Bukit Jokotuwu serta di Bukit Temas di Jiwo Timur. (lihat gambar 1, Peta Geologi)

Fenomena geologist di perbukitan Jiwo merupakan tempat yang ideal untuk pengenalan batuan metamorfik, batuan beku, batuan sedimen serta batugamping di lapangan, baik untuk pelajar, mahasiswa bahkan untuk para ahli geologi sekalipun. Sejauh ini perbukitan Jiwo digunakan untuk pengenalan batuan dan pembelajaran geologi lapangan oleh berbagai mahasiswa yang berdisiplin ilmu

kebumian (UPN, UGM, STTNas, AK-PRIND, Universitas Trisakti, dll), atau tujuan eskursi yang diselenggarakan oleh Industri Perminyakan dan Industri Pertambangan, serta merupakan objek penelitian ilmu kebumian bagi mahasiswa ataupun oleh para ahli geologi. Oleh karenanya singkapan-singkapan di mana batuan metamorf, batuan sedimen dan batuan beku serta menunjukkan bagaimana hubungannya disarankan untuk dijadikan situs geowisata.

Perbukitan Jiwo, Bayat mempunyai fenomena geologis sangat menarik, hal ini disebabkan karena di daerah ini:

- tersingkap tiga jenis batuan; batuan metamorfik, batuan beku dan batuan sedimen, yang batasnya dapat diamati dengan baik
- batuanya berumur pre-tercier, terciar dan kwarter
- terdapat fosil nummulites melimpah dan sangat baik di dalam Formasi Gamping dan Wungkal
- batas antar batuan, baik intrusi, maupun ketidakselarasan beserta bukti-buktinya dapat diamati di lapangan

Terdapat struktur kekar dan sesar yang bukti-buktinya bisa diamati dengan baik. Singkapan-singkapan yang memperlihatkan gejala geologi tersebut di atas merupakan obyek kunjungan yang sangat menarik untuk pembelajaran ilmu kebumian.

Di Dusun Bendungan situs ini singkapan *batuan gabro, hornfels dan batugamping berlapis*. Meskipun secara umum gabro dalam keadaan lapuk, tetapi ada beberapa yang segar yaitu pada penggalian oleh penduduk umumnya merupakan inti dari pelapukan mengulit bawang serta berupa *in situ boulder* (di sebelah timur rumah), di bagian atas tebing tersingkap batas antara batuan beku dengan hornfels Foto 1), juga ke arah timur batuan yang sama berbatasan dengan hornfels tetapi batasnya tidak jelas. Ke arah timur lagi, di atas hornfels terdapat batugamping berlapis. Tepat di atas gabro terdapat hornfels yang membuktikan gabro tersebut menerobos batuan yang termalihkan. Batuan asal hornfels tersebut adalah batulempung dan batupasir

formasi Wungkal seperti yang tersingkap di sebelah timur singkapan ini. Sedang batas dengan batugamping Formasi Oyo di atasnya merupakan ketidak selarasan (non conformity), hal ini dibuktikan dengan tidak terpengaruhnya batuan tersebut oleh intrusi gabro tersebut. Bila diamati lebih teliti di sebelah timur singkapan ini batugamping ada yang terletak di atas hornfels dan ada yang menumpang di atas gabro. Pada situs ini dapat diamati pelapukan mengulit bawang serta adanya kumulat pada gabro, selain itu tekstur diabasik dan ofitik terlihat jelas pada *in situ* boulder dan inti pelapukan mengulit bawang.



Foto 1 Singkapan kontak antara gabro dan hornfels di dusun Bendungan.

Batuan tertua pada singkapan ini adalah hornfels yang aslinya batupasir formasi Wungkal yang berumur Eosin. Gabro dan basalt di Perbukitan Jiwo berumur 39 hingga 31 juta tahun (Eosin Akhir - Oligosin Awal) (Sutanto et al, 1994), sedangkan batugamping Formasi Oyo berumur Miosin Tengah sampai Miosin Akhir.

Sebagai catatan; batuan ini oleh Bothe (1929) dan Van Bemmelen (1949) disebut diorit/mikro-diorit, tetapi hasil pengamatan sayatan tipis menunjukkan jenis plagioklasnya labradorit dan kandungan SiO₂ pada analisa kimia kurang

dari 50% (Sutanto, 1993) dan batuan ini bertekstur diabasik. Perlu diingat bahwa klasifikasi secara mineralogi tidak selalu mudah untuk membedakan gabro dengan diorit (karena penyusun utamanya plagioklas dan piroksen), hanya biasanya (tidak selalu) gabro akan berwarna lebih gelap karena kandungan mafik mineral lebih banyak.

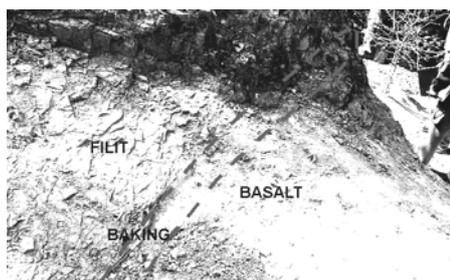


Foto 2 Batas antara dyke basalt dengan filit ditandai dengan efek bakar (baking effect) di dusun Brumbung.

Situs ini terletak di jalan kampung di sebelah barat Bukit Sari, menuju kali Kebo. Singkapan di jalan sepanjang ± 25 meter ini terdiri dari filit yang diterobos oleh beberapa intrusi/dyke basalt. Secara umum singkapan dalam keadaan lapuk. Meskipun begitu basalt segar terdapat pada bagian tengah (inti) pelapukan mengulit bawang (*onion skin*), sedang pelapukannya memberikan warna coklat kemerahan. Filit memperlihatkan foliasi dan di beberapa tempat terdapat urat kwarsa yang memotong atau sejajar foliasi. Tanah pelapukannya berwarna coklat tetapi tidak semerah tua pelapukan basalt. Zona kontak antara kedua batuan tersebut lebih resisten dibanding basalt dan filit, meskipun sudah lapuk tetapi terlihat lebih keras dibanding sekitarnya.

Kedua jenis batuan (filit dan basalt) yang di singkapan kelihatan berulang-ulang ternyata kontakannya berupa intrusi. Bila diamati pada singkapan (segar) pada batas kedua batuan tersebut akan didapatkan batuan filit yang telah berubah menjadi hornfels sehingga foliasinya hilang/tidak jelas. Hornfels di lokasi ini tidak sebaik pada di situs Bendungan. Hal ini bisa dimengerti, karena batuan bertekstur kasar (dimensi lebih besar) memerlukan waktu untuk mendingin jauh le-

bih lama dibanding intrusi basalt yang tebalnya tidak lebih dari 2 meter (foto 2). Dyke-dyke basalt pada singkapan ini mempunyai pola penyebaran sejajar dengan arah memanjang Bukit Sari yaitu relatif Barat - Timur di mana arah tersebut merupakan jurusnya, sedang pengukuran pada batas menunjukkan kemiringannya vertikal. Basalt pada umumnya memperlihatkan pelapukan mengulit bawang (*onion skin*), di mana perkembangan pelapukan sangat dikontrol oleh pola kekar pada basalt tersebut. Sedang filit memperlihatkan struktur foliasi dengan arah kemiringan umum ke arah baratdaya, walaupun ada beberapa yang membentuk lipatan kecil (*microfold*).

Batuan tertua pada singkapan ini adalah filit/sekis yang aslinya berupa batuan pelitik yang termetamorfosis regional dynamo-termal sehingga membentuk foliasi yang bagus. Secara teoritis batuan metamorf jenis ini terbentuk paling tidak pada kedalaman 6000 hingga 7000 meter dibawah permukaan bumi. Sekis ini berumur Pra-Tersier, sedang basalt di singkapan ini berumur 39 juta tahun (Eosin Akhir).

Situs ini berupa sebuah bukit yang dikenal dengan Bukit Wungkal, terletak di dusun Sekarbolo, di mana gunung ini dikelilingi oleh endapan aluvial. Batuan yang tersingkap adalah batupasir kwarsa dan batulanau (umumnya lapuk) yang ditutupi oleh batugamping foraminifera. Batuannya berlapis dengan kemiringan ke arah barat. Bukit Wungkal ini adalah lokasi tipe Formasi Wungkal yang diusulkan oleh Bothe (1929). Singkapan ini dikelilingi oleh endapan aluvial, dengan memperhatikan kedudukan perlapisan dan vareasi litologinya, singkapan ini dapat dikorelasikan dengan singkapan batuan serupa yang terdapat di lereng barat Bukit Cakaran dan Bukit Jabalkat. Seperti halnya singkapan serupa di Bukit Cakaran, singkapan di Bukit Wungkal mempunyai jurus hampir utara-selatan dengan kemiringan $\pm 20^\circ$ ke arah barat. Pada singkapan batugampingnya banyak dijumpai kekar-kekar gerus yang mungkin akibat sesar.

Litologi penyusun situs Sekarbolo adalah batupasir kwarsa, Batulempung, dan Batugamping foraminifera. Batupasir

kwarsa berwarna coklat kemerahan pada umumnya lapuk, bertekstur klastik, pemilahan baik, kemas tertutup, berbutir pasir sedang hingga kasar, dengan komposisi mineral terdiri dari kwarsa, felspar, dan mineral mafik, serta semen silika.



Foto 3 Batugamping numulit di Bukit Wungkal, dusun Sekarbolo.

Di beberapa tempat batupasir ini sangat kompak, hal ini disebabkan oleh diagenesis lanjut di mana kwarsa akan mengalami rekristalisasi. Batu-lempung, berwarna abu-abu kebiruan (lapuk berwarna lebih kecoklatan), klastik, kadang-kadang berstruktur laminasi, batuan ini dipergunakan untuk pembuatan wungkal (alat pengasah pisau) oleh penduduk. Sedangkan batugamping foraminifera (foto 3) berwarna abu-abu gelap (hitam bila lapuk), sangat kompak, bertekstur klastik (bioklastik), pemilahan buruk, kemas terbuka, disusun terutama oleh foraminifera (mencapai 3 cm). Sebagian besar batuan ini telah mengalami rekristalisasi menjadi butiran-butiran kalsit halus (< 1 mm). Bukit Wungkal ini adalah tipe lokasi Formasi Wungkal yang diusulkan oleh Menurut Bothe (1929). Satuan ini mengandung foraminifera besar genus *Assilina* dan *Nummulites* yang menunjukkan umur Eosin Awal.

Situs ini terletak di tepi jalan sebelah barat Dusun Gunung Gajah, pada lembah antara Bukit Pendul dan Bukit Semangu (foto 4). Pada lokasi tersebut tersingkap empat satuan batuan (satuan filit-sekis, satuan batu-gamping, satuan batupasir dan batuan beku) yang secara umum singkapan-singkapan di daerah tersebut dapat diamati dengan baik.

Keempat macam satuan yang tersingkap dapat diamati secara langsung di lapangan. Batas antara satuan batupasir

dengan batuan beku merupakan kontak intrusi, dibuktikan dengan terbentuknya batu tanduk "hornfels" pada batuan di sekitar intrusi bat, berasal dari batuan lanau berselingan dari satuan batupasir (di pojok barat laut rumah penduduk).



Foto 4 Singkapan batugamping numulit di Watuprahu.

Kontak antara batupasir dengan batugamping memperlihatkan hubungan selaras, ditunjukkan oleh kedudukan bidang perlapisan kedua batuan tersebut (menumpang langsung di Watuprahu). Sedangkan kontak antara batugamping dan batupasir dengan filit-sekis, memperlihatkan hubungan ketidakselarasan "non conformity".



Foto 5 Fosil numulit yang melimpah pada batugamping di lereng tenggara Bukit Semangu.

Sekis/filit di daerah ini berumur Pre Tersier; batugamping dan batupasir adalah Formasi Gamping yang berumur Eosin. Gabro dan basalt di Perbukitan Jiwo berumur 39 hingga 31 juta tahun (Eosin Akhir - Oligosin Awal). Sekis-filit berwarna kecoklatan (lapuk) bila segar berwarna coklat mengkilap, foliasi, berbutir halus (>1 mm), terdiri dari mineral-mineral mika. Bidang foliasi dibentuk oleh penjarangan mineral mika. Di beberapa tempat dijumpai mineral kwarsit dan gamping kristalin "marmor" sejajar dengan bidang

foliasi. Batugampingnya, berwarna keabu-abuan, sangat kompak, bertekstur klastik (bioklastik), pemilahan buruk, kemas terbuka, tersusun oleh foraminifera besar (mencapai 3 cm) dan kadang-kadang dijumpai koral. Menurut Bothe (1929) satuan ini mengandung Foraminifera genus *Camerina* dan *Discocyclina*. Formasi Gamping berumur T.b atau Eosen Akhir (foto 5).

Batupasir berwarna kecoklatan, bertekstur klastik, pemilahan baik, berbutir halus-sedang, berkomposisi mineral kwarsa, feldspar dan mineral mafik, semen silika, berselingan dengan batulanau memperlihatkan struktur laminasi.

Situs ini berlokasi di lereng barat Bukit Temas terdapat singkapan diabas/basalt dan batugamping di sebelah barat Bukit Temas, di sekitar makam di tepi jalan menuju Desa Penggingan (foto 6); sebagian besar batuan beku dalam kondisi sangat lapuk, tetapi di beberapa tempat (tempat penggalian tanah urug) dan pada tebing-tebing, jalan maupun bukit di sebelah utara makam ditemukan batuan beku segar sebagai "in situ boulder" dan inti dari pelapukan mengulit bawang "onion skins". Ke arah utara dekat rumah penduduk ditemukan singkapan batugamping berlapis, tepat di atas batuan beku, satuan batugamping ke arah timur menjadi semakin tebal dan pada beberapa tempat memperlihatkan struktur sedimen slump yang terpotong oleh beberapa sesar normal. Diabas/basalt merupakan lanjutan ke timur dari batuan yang sama di Bukit Pendul dan Watuprahu, sedang batugamping di Bukit Temas secara regional merupakan Formasi Oyo; alasnya berupa kalkarenit (mikro breksi) keatas berangsur menjadi perulangan napal dan kalkarenit halus

Batas antara batuan beku dengan batugamping di bagian barat Bukit Temas, merupakan batas ketidakselarasan "non conformity", dibuktikan dengan tidak terpengaruhnya batugamping tersebut oleh intrusi diabas/basalt (foto 6)

Struktur geologi yang dapat diamati pada batuan beku adalah struktur kekar, kekar-kekar tersebut kebanyakan merupakan kekar sistematis yang sangat berperan terhadap proses terbentuknya "spheroidal weathering", di samping sifat

intrusi dari batuan beku.

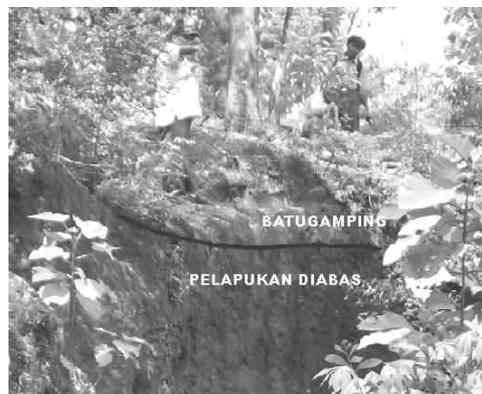


Foto 6 Singkapan yang memperlihatkan batas antara Diabas dan batugamping (Formasi Oyo) di lereng barat Bukit Temas.

Struktur Geologi yang berkembang pada satuan batugamping adalah struktur homoklin dan struktur sesar, struktur homoklin dapat dibuktikan dengan kedudukan bidang perlapisan dari satuan batugamping, sedangkan beberapa struktur sesar dapat ditemukan di sisi timur laut Bukit Temas pada lokasi penggalian atau penambangan.

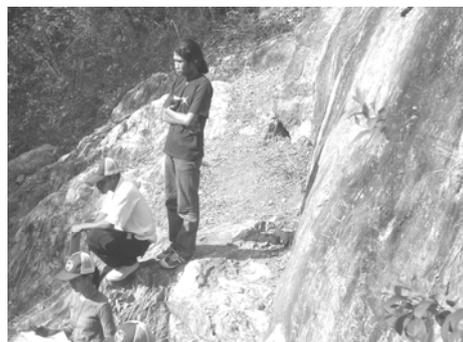


Foto 7 Singkapan marmor di Bukit Jokotuwo, dengan gores-garis pada bidang sesar. Tempat ini sangat baik untuk praktek analisa sesar di

Situs Jokotuwo merupakan bukit yang memanjang utara-selatan di sebelah barat dusun Tawangharjo, kurang lebih satu (1) kilometer sebelah utara Watuprahu. Secara litologi bukit Jokotuwo disusun oleh marmor di mana di beberapa bagian berselingan dengan filit. Marmor di situs ini sebagian sudah ditam-

bang dan saat ini sudah dihentikan dengan alasan untuk konservasi. Pada singkapan ini terdapat sesar geser dengan arah hampir utara-selatan yang dipotong sesar normal dengan arah barat-laut tenggara (foto 7). Kekar-kekar yang berkembang akibat adanya sesar serta didapatkannya gores-garis pada bidang sesar menjadikan tempat ini sangat ideal untuk praktek analisa sesar secara langsung di lapangan.

KESIMPULAN

Di Perbukitan Jiwo, Bayat tersingkap dengan baik, batuan beku, batuan sedimen klastik dan batugamping serta batuan metamorfik. Batuan vulkanik dan plutonik yang terdapat di daerah Bayat dan perbukitan di sebelah selatan Perbukitan Jiwo Timur merupakan dyke, sill atau stock yang memotong batuan sekis kristalin berumur pre-Tersier, batuan sedimen berumur Eosin atau batuan sedimen berumur Miosen Awal.

Penanggalan radiometrik enam contoh batuan dengan metode isotopik Potasium-Argon menunjukkan bahwa kegiatan magmatik berlangsung sejak 39.8 Ma sampai 24.3 Ma, atau dari kala Eosin hingga Miosin Awal. Semua batuan berkomposisi basaltik dan andesit basik berafinitas kalk alkali. Magma asal dari batuan-batuan tersebut merupakan magma orogenik yang sudah mengalami evolusi.

Situs Geowisata berupa keunikan dan keekaragaman batuan serta batasbatasnya terdapat di Bendungan, Brumbung, Sekarbolo (Perbukitan Jiwo Barat), dan Watuprahu, Bukit Temas, dan Jokotuwu. di Perbukitan Jiwo Timur, diusulkan agar Perbukitan Jiwo dijadikan laboratorium alam untuk ilmu kebumihian yang harus dipelihara dan dilestarikan.

DAFTAR PUSTAKA

Bemmelen, R W Van, 1970, *The Geology of Indonesia*, The Hague, Government Printing Office, 732 p.
Briqueu, L, Bougault, H, and Joron, J L, 1984, Qualification of Nb,Ta,Ti and V anomalies in magmas associated with subduction Zone: Petrogenetic Implication, *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 68: 297-308.

Bothe, A C D, 1929, The Geology of the Hills near Jiwo and the Southern Range; Excursion Guide, Fourth Pacific Science Congress, Bandung, Indonesia, GB C I, no.3, 14p.
Hamilton, W, 1979, *Tectonic of the Indonesian Region.*, Geol Survey Prof. Paper 1078, U.S.Gov Printing Office, Washington, 345 p.
Maury, R C, 1984, Les Conséquences Volcaniques de la Subduction *Bull. Soc. geol. France*, t.XXVI,n°3: 489-500.
McCulloch, M T, and Gamble, J A, 1991, Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatisme *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 102: 358 - 374.
Sun, S S, and McDonough, W F, 1989, - Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes -in "*Magmatism in the Ocean Basin*", Saunders, A.D., et Norry, M.J. (eds.), *Geological Society Special Publication*, No. 42: 313 - 345.
Sutanto, 1993, Evolutions géochimiques et géochronologiques du magmatisme tertiaire de Java (Indonésie), Rapport de Stage de DEA, Université de Bretagne Occidentale, 76p.
Sutanto, Soeria Atmadja, R, Maury, R C, and Bellon, H, (1994), Geochronology of Tertiary Volcanism in Java, *Proceeding Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa*, ISBN: 979 - 8611 - 00 - 4: 53 - 56, Yogyakarta.
Wilson, M, 1989, *Igneous Petrogenesis, A Global Tectonic Approach*. London, Unwin Hynman.446p.
Woodhead, J, Eggins, S, and Gamble, J, 1993, High field strength and transition element systematics in island arc and back-arc basin basalts: evidence for multi-phase melt extraction and a depleted mantle wedge, *Earth Planetary Science Letters*, vol.114: 491-504.