

# GENESA BATUGAMPING MERAH MUDA DI DAERAH KLEPU, KECAMATAN KOKAP, KABUPATEN KULON PROGO, YOGYAKARTA

Anastasia Dewi Titisari\*, I Wayan Warmada\*\*

## ABSTRACT

*The existence of pink and white limestones which are scattered sporadically at Klepu area of Kokap sub-district in Kulon Progo Regency, Special Territory of Yogyakarta (DIY) is geologically interesting to be explained with respect to their genetic, due to invariably colors white and grayish white. The limestone is one of the other members of Jonggrangan Formation.*

*To explain genetically why the limestone is pink, it is necessary to analyse the petrographical, chemical, and normative mineralogical compositions. Stratigraphical information of the area is helpful in this study.*

*Based on this study it is concluded that the existence of titaniferous magnetite with its  $FeO.Fe_2O_3.TiO_2$  chemical formula and red in color has caused the limestone to acquire the pink color. It has been figured out that the mineral was derived from "Old Andesite Formation" which bears  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ , and  $TiO_2$  chemical composition. The stratigraphical information which support of the interpretation is the "Old Andesite Formation" has unconformity relation with and older than pink limestone, so when the limestone began to be deposited mechanically, titaniferous magnetite which was from the "Old Andesite Formation" entered into the limestone depositional environment. This process influenced limestone composition and resulted a part of the limestone has pink color syngenetically.*

## PENGANTAR

Batugamping yang dijumpai di lapangan biasanya berwarna putih sampai putih kotor. Batugamping yang dijumpai di daerah Klepu, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta sebagian memperlihatkan warna merah muda. Penyebaran batugamping merah muda tersebut hanya setempat-setempat berdekatan dengan batugamping putih sampai putih kotor bahkan abu-abu. Dengan adanya kontras perbedaan kenampakan warna tersebut maka peneliti sangat tertarik untuk melakukan penelitian guna menjelaskan proses kejadian atau pembentukan batugamping yang berwarna merah muda tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah menjelaskan genesa (asal-usul dan proses kejadian) batugamping yang berwarna merah muda di daerah Klepu, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta.

## TINJAUAN PUSTAKA

Stratigrafi Pegunungan Kulonprogo telah dibahas oleh beberapa ahli seperti van Bemmelen (1970), Suyanto dan Roskamil (1975), dan Rahardjo, dkk (1977). Menurut ahli-ahli tersebut, stratigrafi regional daerah Kulon Progo dari tua ke muda adalah Formasi Nanggulan, Formasi "Andesit Tua", Formasi Jonggrangan, Formasi Sentolo dan Formasi Yogyakarta.

Formasi yang berhubungan dengan penelitian ini adalah Formasi "Andesit Tua" dan Formasi Jonggrangan. Formasi "Andesit Tua" terdiri dari breksi andesit, tuf, lapili, aglomerat dan sisipan aliran

lava andesit (van Bemmelen, 1970). Suyanto dan Roskamil (1975) mengatakan Formasi Andesit Tua tersusun oleh intrusi andesit porfir dan breksi vulkanik yang menumpang tidak selaras di atas Formasi Nanggulan. Menurut Rahardjo dkk. (1995) Formasi Jonggrangan menumpang di atas Formasi Kebobutak secara tidak selaras dan menjari dengan bagian bawah Formasi Sentolo. Formasi Jonggrangan tersebut terdiri dari konglomerat, napal tufan, batupasir gampingan dengan sisipan lignit, batugamping berlapis dan batu gamping koral (Rahardjo dkk., 1995).

Dari hasil analisis kimia unsur pada satuan andesit piroksen dan satuan andesit hornblende yang merupakan litologi penyusun Formasi Andesit Tua di daerah Plampang, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, memperlihatkan satuan tersebut mengandung  $TiO_2$  sebesar 0,33 – 0,84 % (% berat) dan  $Fe_2O_3$  sebesar 4,56 – 5,03 % (% berat) dimana  $Fe_2O_3$  merupakan Fe total (Subardi, 2001).

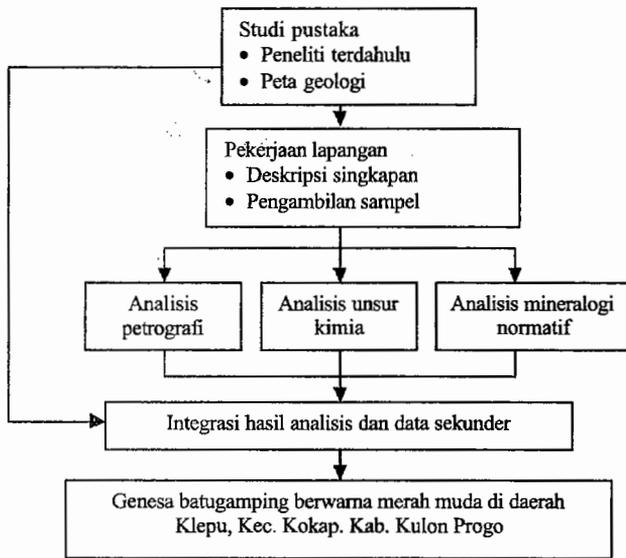
Batuan dan sedimen karbonat didefinisikan sebagai batuan yang mengandung lebih dari 50 % mineral-mineral karbonat dan mineral-mineral yang mengandung  $CO_3^{2-}$  (Scoffin, 1987). Mineral karbonat yang paling umum adalah kalsit ( $CaCO_3$ ) yang merupakan komponen penyusun utama batugamping. Batugamping kompak dapat memperlihatkan warna putih, kuning, abu-abu kebiruan, kemerahan atau hitam (Kraus et al., 1951). Biasanya kenampakan warna batugamping yang bervariasi tersebut dipengaruhi oleh komposisi mineralnya. Komposisi mineral inilah yang ingin diketahui dalam penelitian ini, yang diperkirakan sebagai penyebab batugamping menjadi berwarna merah muda.

\* Ir. Anastasia Dewi Titisari, MT: Staf edukatif Jur. T. Geologi, Fakultas Teknik UGM

\*\* Dr. Ir. I Wayan Warmada: Staf edukatif Jur. T. Geologi, Fakultas Teknik UGM

## CARA PENELITIAN

Tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan alir penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Pada gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa:

? Studi pustaka dilakukan untuk mengetahui informasi penelitian geologi yang pernah dilakukan di daerah penelitian sehubungan dengan keberadaan batugamping, dan menyiapkan peta topografi serta peta rupa bumi yang digunakan sebagai peta dasar dalam pekerjaan lapangan.

- Pada pekerjaan lapangan dilakukan pengamatan singkapan batuan dan pengambilan contoh batuan untuk analisis petrografi, analisis unsur kimia dan analisis mineralogi normatif.
- Pada tahapan analisis petrografi dilakukan pengamatan sayatan tipis batugamping guna mengetahui karakteristik batuan meliputi tekstur batuan, komposisi mineralogi dan prosentase volume secara mikroskopis, untuk melengkapi hasil pengamatan singkapan batuan di lapangan.
- Pada pekerjaan analisis unsur kimia dilakukan perhitungan prosentase unsur kimia penyusun batugamping untuk mengetahui unsur atau senyawa yang menjadi penyebab batugamping berwarna merah muda.
- Pada tahapan analisis mineralogi normatif dilakukan perhitungan mineralogi normatif dari hasil analisis unsur kimia contoh setangan untuk mengetahui prosentase berat mineral penyusun batugamping dan hasil ini akan melengkapi data karakteristik mineral penyusun batugamping.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Geologi Daerah Klepu

Secara regional daerah Klepu, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo termasuk pada kompleks Kubah Kulon Progo bagian barat laut. Keadaan geologi daerah Klepu dan sekitarnya dapat dilihat di peta geologi pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta geologi daerah Klepu dan sekitarnya, Kec. Kokap, Kab. Kulon Progo.

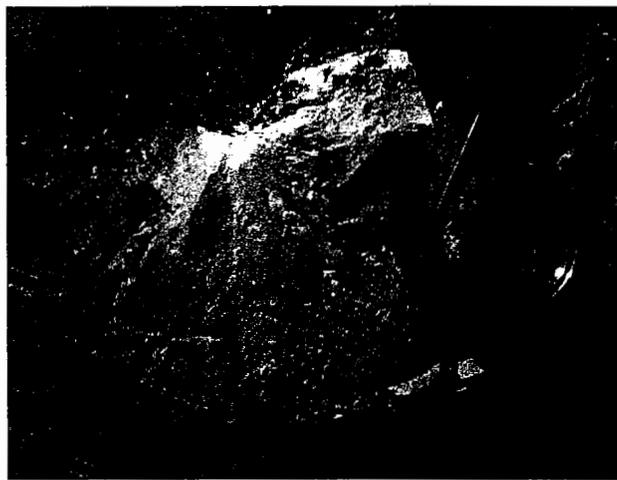
Satuan litologi yang menyusun daerah tersebut dari tua ke muda adalah satuan batupasir kuarsa, satuan andesit, satuan breksi tufan, satuan batugamping dengan lensa batugamping silikaan serta satuan pasir-lempung (modifikasi dari Dwi Ambaryanto, 2003; Maurys Irwan, 2003; dan Yohanes Riyanto, 2003).

Daerah penelitian berada pada satuan batugamping yang persis terletak pada batas kontak tidak selaras antara satuan breksi tufan dan satuan batugamping dengan lensa batugamping silikaan. Satuan breksi tufan tersusun oleh breksi tufan dengan perselang-selingan batulempung dan di beberapa tempat terdapat urat-urat kalsit yang mengisi retakan secara tidak beraturan. Berdasarkan ciri litologinya, satuan ini dapat dibandingkan dengan data regional sebagai litologi penyusun Formasi "Andesit Tua" yang diperkirakan berumur Oligo-Miosen (van Bemmelen, 1970). Sedangkan satuan batugamping dengan lensa batugamping silikaan terdiri dari batugamping berlapis dan batugamping terumbu yang berasosiasi dengan silika dan oksida mangan serta tuf karbonatan. Berdasarkan hasil kesebandingan dengan data regional, satuan ini termasuk dalam Formasi Jonggrangan dan diperkirakan berumur Miosen Bawah (van Bemmelen, 1970). Batugamping merah yang merupakan obyek penelitian ini merupakan salah satu litologi penyusun pada satuan batugamping dengan lensa batugamping silikaan.

### Karakteristik Batugamping Merah-muda di Daerah Klepu

Secara megaskopis batugamping merah muda asal daerah Klepu memperlihatkan warna merah muda (Gambar 3), tekstur klastik, berukuran butir pasir sedang-pasir halus, disusun oleh mineral kalsit. Pada batuan tersebut terlihat struktur dendritik dari mineral mangan (Gambar 4).

Dari sayatan petrografi batugamping merah muda tersebut memperlihatkan tekstur klastik, *grain supported*, dengan butiran berupa alga (20%), foraminifera (10%), dan material penyusun yang lain berupa mineral kalsit (45%), sparit (8%), mikrit (13%), *titaniferous magnetite* (1%), dan oksida besi (3%) dalam prosentase volume. Hasil pengamatan sayatan petrografi pada batugamping putih memperlihatkan tekstur klastik, *grain supported*, dengan butiran berupa alga (23%), foraminifera (10%), dan material penyusun yang lain berupa mineral kalsit (45%), sparit (7%), mikrit (11%), dan oksida besi (4%) dalam prosentase volume.



Gambar 3. Kenampakan megaskopis batugamping merah muda di daerah Klepu, Kec.amatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo.



Gambar 4. Struktur dendritik dari mangan yang berasosiasi dengan batugamping merah muda di daerah Klepu, Kec. Kokap, Kab. Kulon Progo.

Hasil analisis unsur kimia pada batugamping merah muda tersebut dengan kode conto KLPKP-04-01A menunjukkan komposisi unsur utama dalam prosentase berat sebagai berikut:  $\text{TiO}_2$  (0,15%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (0,48%),  $\text{MnO}$  (0,01%),  $\text{MgO}$  (0,27%),  $\text{CaO}$  (55,24%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (0,04%),  $\text{H}_2\text{O}$  (0,17%), HD (43,14%) dengan total 99,50%, dan kandungan  $\text{CO}_2$  sebesar 41,15%. Prosentase  $\text{CO}_2$  didapatkan dari nilai HD (hilang dibakar). Hasil analisis unsur kimia pada batugamping putih dengan kode conto KLPKP-04-02 menunjukkan komposisi unsur utama sebagai berikut:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1,89%),  $\text{MnO}$  (0,03%),  $\text{MgO}$  (0,22%),  $\text{CaO}$  (54,68%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (0,02%),  $\text{K}_2\text{O}$  (0%),  $\text{H}_2\text{O}$  (0,20%), HD (42,65%) dengan total 99,71%, dan kandungan  $\text{CO}_2$  sebesar 40,38% yang didapatkan dari nilai HD (hilang dibakar). Hasil analisis kimia kedua conto batuan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil

perhitungan total analisis tersebut masih berkisar antara 99,50%-100,5%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil analisis tersebut memenuhi persyaratan untuk analisis selanjutnya. Kisaran angka tersebut diacu dari Best (1982).

Tabel 1. Hasil analisis kimia unsur utama batugamping merah muda dan batugamping putih di daerah Klepu, Kec. Kokap, Kab. Kulon Progo

Unsur utama	Batugamping merah muda (KLPKP-04-01A) (% berat)	Batugamping putih (KLPKP-04-02) (% berat)
SiO <sub>2</sub>	0,00	0,00
TiO <sub>2</sub>	0,15	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,48	1,89
MnO	0,01	0,03
MgO	0,27	0,22
CaO	55,24	54,68
Na <sub>2</sub> O	0,04	0,02
K <sub>2</sub> O	0,00	0,00
H <sub>2</sub> O	0,17	0,20
HD	43,14	42,65
Total	99,50	99,71
CO <sub>2</sub>	41,15	40,38

Keterangan: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> merupakan Fe total

Hasil analisis mineralogi normatif pada batugamping merah muda dengan kode conto

KLPKP-04-01A menunjukkan kehadiran mineral (% berat) sebagai berikut: magnesit (0,57%), titaniferous magnetite (0,59%), hematit (0,18%), rodokrosit (0,01%), nacolit (0,06%), dan kalsit (97,95%), sedangkan hasil analisis mineralogi normatif pada batugamping putih dengan kode conto KLPKP-04-02 menunjukkan kehadiran mineral (% berat) sebagai berikut: magnesit (0,46%), rutil (0%), hematit (1,89%), rodokrosit (0,05%), nacolit (0,03%), apatit (0,03) dan kalsit (96,99%). Kedua hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

### Genesa Batugamping Merah-muda di daerah Klepu

Menurut Scoffin (1987), mineral-mineral utama penyusun batugamping pada umumnya adalah CaCO<sub>3</sub> (kalsit), dan MgCO<sub>3</sub> (magnesit), serta mineral lain yang sering berasosiasi dalam batugamping adalah MnCO<sub>3</sub> (rodokrosit) dan FeCO<sub>3</sub> (siderit). Oleh karena itu beberapa senyawa kimia seperti Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, dan MnO yang terkandung pada batugamping di daerah penelitian (dapat dilihat dari hasil analisis kimia unsur) merupakan senyawa yang umum dijumpai sebagai senyawa yang hadir pada batugamping, sedangkan kehadiran TiO<sub>2</sub> tidak umum dijumpai pada batugamping, sehingga dengan ditemukannya TiO<sub>2</sub> pada batugamping merah muda dapat membantu dalam menjelaskan genesa dan pengaruhnya pada batugamping di daerah penelitian.

Tabel 2. Hasil analisis mineralogi normatif (dalam % berat) dan hasil analisis petrografi (dalam % volume) batugamping merah muda dan batugamping putih daerah penelitian.

	Mineral		Batugamping merah muda		Batugamping putih			
			KLPKP-04-01A		KLPKP-04-02			
			% berat	% vol.	% berat	% vol.		
1	Magnesit		0,57	0	0,46	0		
2	Kalsit	Kalsit	97,95	45	96,99	45		
3		Mikrit					13	7
4		Sparit					8	11
5	Titaniferous magnetite		0,59	1	0	0		
6	Hematit	Oksida besi	0,18	3	1,89	4		
7	Rodokrosit		0,01	0	0,05	0		
8	Nacolit		0,06	0	0,03	0		
9	Apatit		0,00	0	0,03	0		
10	Alga		0,00	20	0,00	23		
11	Foraminifera		0,00	10	0,00	10		
	Total		99,37	100	99,45	100		

Dari hasil analisis kimia unsur pada batugamping merah muda menunjukkan kandungan  $\text{TiO}_2$  sebesar 0,15% (% berat), sedangkan pada batugamping putih tidak ditemukan kandungan  $\text{TiO}_2$ . Kemudian berdasarkan analisis mineralogi normatif memperlihatkan bahwa batugamping merah muda mengandung mineral *titaniferous magnetite* sebesar 0,59 % (% berat), sedangkan pada batugamping putih karena tidak mengandung  $\text{TiO}_2$  maka tidak mungkin ditemukan mineral *titaniferous magnetite*. Mineral *titaniferous magnetite* mempunyai rumus kimia  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$ .

Kehadiran  $\text{TiO}_2$  yang ditunjukkan dari hasil analisis kimia dan kehadiran mineral *titaniferous magnetite* yang ditunjukkan dari hasil analisis mineralogi normatif pada batugamping merah muda tersebut didukung oleh hasil pengamatan petrografis yang menunjukkan kehadiran mineral *titaniferous magnetite* sebesar 1 % (% volume), sedangkan pada batugamping putih tidak dijumpai mineral tersebut. Mineral *titaniferous magnetite* secara fisik mempunyai ciri khas berwarna merah, sehingga dengan dukungan data-data di atas, dapat diprediksi bahwa kehadiran mineral ini dalam batugamping mempengaruhi warna batugamping yang terbentuk menjadi berwarna merah muda.

Kenampakan struktur dendritik mangan pada batugamping (Gambar 4) memperkuat dugaan kehadiran mineral rodokrosit pada batugamping tersebut. Mineral rodokrosit pada batugamping merah muda diprediksi merupakan hasil reaksi penggantian unsur  $\text{Ca}^{2+}$  pada kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) dengan unsur  $\text{Mn}^{2+}$  dan membentuk mineral rodokrosit ( $\text{MnCO}_3$ ). Kehadiran mineral rodokrosit pada batugamping merupakan pendukung yang menyebabkan batugamping menjadi berwarna merah muda karena mineral tersebut mempunyai karakteristik fisik berwarna merah. Prediksi tersebut didukung dari hasil analisis mineralogi normatif yang memperlihatkan bahwa batugamping merah muda mengandung mineral rodokrosit sebesar 0,01 % (% berat).

Batugamping merah muda yang merupakan litologi penyusun Formasi Jonggrangan berdasarkan hasil kesebandingan dengan data regional, secara stratigrafi terletak tidak selaras di atas Formasi "Andesit Tua". Hal ini menunjukkan bahwa Formasi "Andesit Tua" yang berumur lebih tua pernah tersingkap dipermukaan dan mengalami pelapukan, erosi dan transportasi. Informasi yang mendukung hal tersebut adalah hasil pengamatan petrografi pada batugamping merah muda maupun batugamping putih memperlihatkan tekstur klastik, *grain supported*, dan tersusun oleh butiran alga dan foraminifera yang bentuknya sudah tidak utuh lagi dan sebagian rusak. Bentuk yang sudah tidak utuh pada butiran penyusun

batugamping di daerah penelitian menunjukkan bahwa material penyusun batugamping pernah mengalami perombakan dan transportasi. Dari hasil analisis tersebut maka dapat diinterpretasi bahwa batugamping tersebut terbentuk secara mekanik.

Dari interpretasi tersebut dapat dijelaskan juga bahwa mineral *titaniferous magnetite* yang terkandung pada batugamping merah muda diduga berasal dari batuan yang lebih tua yaitu dari Formasi "Andesit Tua" yang sebagian materialnya tertransportasi dan masuk ke dalam lingkungan pengendapan batugamping dan mempengaruhi komposisi batugamping yang terbentuk.

Pernyataan tersebut didukung oleh hasil penelitian Subardi (2001) yang menyatakan bahwa pada satuan andesit piroksen dan satuan andesit hornblende yang merupakan litologi penyusun Formasi "Andesit Tua" di daerah Plampang, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, menunjukkan bahwa satuan-satuan tersebut mengandung  $\text{TiO}_2$  sebesar 0,33 – 0,84 % (% berat) dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebesar 4,56 – 5,03 % (% berat) yang merupakan Fe total. Berdasarkan data tersebut maka semakin menjelaskan bahwa senyawa-senyawa yang terkandung dalam Formasi "Andesit Tua" seperti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{TiO}_2$  karena proses transportasi masuk ke dalam lingkungan pengendapan batugamping, kemudian mempengaruhi komposisi batugamping yang terbentuk. Pengaruh material tersebut memunculkan mineral *titaniferous magnetite* dalam batugamping yang menyebabkan batugamping tersebut menjadi berwarna merah muda. Berdasarkan penjelasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa mineral *titaniferous magnetite* dengan batugamping tersebut.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa hadirnya mineral *titaniferous magnetite* dengan rumus kimia  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$  dan mempunyai ciri fisik yang khas berwarna merah menyebabkan batugamping menjadi berwarna merah muda. Mineral tersebut diinterpretasikan berasal dari Formasi Andesit Tua yang secara komposisi kimia mengandung  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{TiO}_2$ . Informasi geologi yang mendukung interpretasi ini adalah secara stratigrafi, Formasi "Andesit Tua" berhubungan tidak selaras dan berumur lebih tua dari batugamping merah muda yang merupakan penyusun Formasi Jonggrangan. Berdasarkan penjelasan tersebut maka diprediksi bahwa ketika mulai diendapkannya batugamping secara mekanik, mineral *titaniferous magnetite* yang berasal dari Formasi "Andesit Tua" yang telah mengalami pelapukan dan transportasi masuk pada

lingkungan pengendapan batugamping secara singenetik bersamaan dengan terbentuknya batugamping. Batugamping yang terbentuk akan mengandung *titaniferous magnetite* yang menyebabkan sebagian batugamping tersebut menjadi berwarna merah muda.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada atas bantuan pembiayaan penelitian ini melalui Anggaran Dana Masyarakat Fakultas Teknik tahun 2004.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Best, M.G., 1982, *Igneous and Metamorphic Petrology*, W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Dwi Ambaryanto, N., 2003, *Geologi Daerah Watubelah-Sermo dan Sekitarnya Kecamatan Girimulyo, Kokap dan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Laporan Pemetaan Geologi Mandiri, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, tidak dipublikasi.
- Hutchison, C.S., 1983, *Economic Deposits and Their Tectonic Setting*, Macmillan Education Ltd., London.
- Kraus, E.H., Hunt, W.F., and Ramsdell, L.S., 1951, *Mineralogy An Introduction to the Study of Minerals and Crystals*, 4<sup>th</sup> ed, McGraw Hill Book Company, Inc. New York.
- Maurys Irwan, 2003, *Geologi Daerah Kliripan-Sermo Selatan dan Sekitarnya Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Laporan Pemetaan Geologi Mandiri, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, tidak dipublikasi.
- Pettijohn, F.J., 1957, *Sedimentary Rocks*, 2<sup>nd</sup> ed, Oxford and Ibh Publishing Co., New Delhi.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi dan Rosidi, H.M.D., 1995, *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Scoffin, T.P., 1987, *An Introduction to Carbonate Sediments and Rocks*, Chapman and Hall, New York.
- Subardi, 2001, *Geologi serta Alterasi dan Mineralisasi Endapan Emas Primer pada Intrusi Andesit Tersier di Daerah Plampang dan Sekitarnya, Kokap, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Skripsi, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, tidak dipublikasi.
- Van Bemmelen, R.W., 1970, *The Geology of Indonesia: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*, 2<sup>nd</sup> ed. vol. 1A, Martinus Nijhoff, The Hague.
- Williams, H., Turner, F.J., and Gilbert, C.M., 1982, *Petrography – An Introduction to The Study of Rocks in Thin Section*, 2<sup>nd</sup> ed, W.H. Freeman and Company, New York.
- Yohanes Riyanto, 2003, *Geologi Daerah Pengasih dan Sekitarnya Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Laporan Pemetaan Geologi Mandiri, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, tidak dipublikasi.