

# Studi Geologi di Sukolilo, Pati, Jawa Tengah: Potensi Bahan Tambang dan Pemetaan Geologi

Wahyu Budi Kusuma

## Abstrak

Kecamatan Sukolilo merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi bahan tambang berupa batugamping dan batulempung yang dibutuhkan oleh industri semen. Potensi ini menjadikan daerah Sukolilo sebagai incaran bagi industri semen. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran mengenai potensi bahan tambang batugamping dan batulempung dengan memperhatikan faktor konservasi air tanah.

Dari hasil pemetaan yang dilakukan maka terdapat potensi bahan tambang yang cukup besar. Potensi batugamping sebesar 303.420.000 m<sup>3</sup> sedangkan potensi batulempung sebesar 350.500.000 m<sup>3</sup>. Perhitungan ini sudah mempertimbangkan faktor konservasi yang artinya tidak seluruh bahan tambang tersebut di ambil.

Kata kunci: Bahan tambang, semen, sukolilo

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kecamatan Sukolilo merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi bahan tambang berupa batugamping dan batulempung yang dibutuhkan oleh industri semen. Salah satu perusahaan yang tertarik untuk memanfaatkan sumber daya bahan tambang di Sukolilo adalah Semen Gresik. Pada tahun 2007 terjadi konflik perijinan pemanfaatan bahan tambang di Sukolilo. Terlepas dari permasalahan lingkungan yang ada, penelitian ini mencoba melihat potensi bahan tambang yang ada di sukolilo.

Kondisi geologi di Sukolilo menjadikan daerah ini kaya akan bahan tambang. Di bagian selatan terhampar pegunungan yang didominasi oleh batugamping sedangkan di dataran renda di bagian utara melampar batulempung. Kedua bahan tambang merupakan bahan uta-

ma pembuatan semen. Didalam proses eksplorasi bahan baku industri semen diperlukan penelitian dan evaluasi untuk mengetahui seluruh aspek geologi guna menilai besaran cadangan dan kualitasnya.

Bertumpu pada hal-hal tersebut di atas, maka dilakukan penelitian berupa pemetaan geologi dan potensi bahan tambang di daerah Sukolilo dan sekitarnya dalam rangka melihat potensi bahan tambang di kawasan tersebut.

### 1.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah menghitung potensi bahan tambang yang ada di Daerah Sukolilo, Kabupaten Pati, Propinsi Jawa Tengah.

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui serta

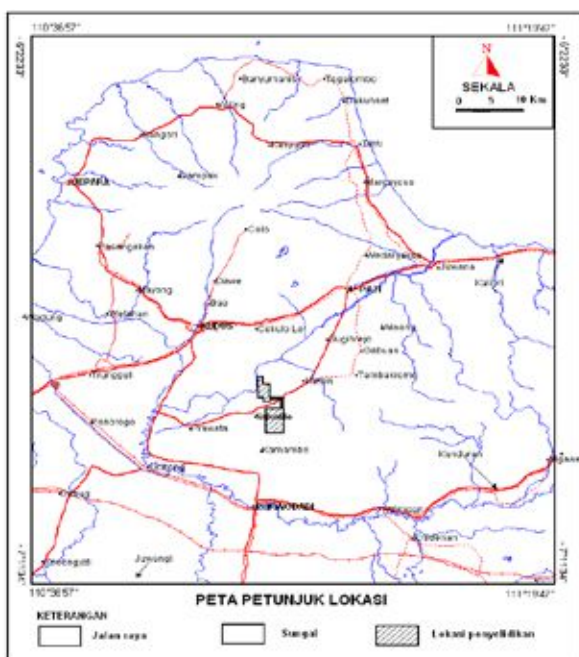
memahami jenis dan penyebaran batuan, kondisi stratigrafi, struktur geologi, sejarah ge-

ologi dan potensi bahan tambang di Daerah Sukolilo dan sekitarnya.

### 1.3. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Daerah penelitian berada di sekitar wilayah Kecamatan Sukolilo, yang secara geografis terletak di antara koordinat  $6^{\circ} 53' 1.1292''$  -  $6^{\circ} 57' 59.94''$  Lintang Selatan (LS) dan  $110^{\circ} 55' 4.8''$  -  $110^{\circ} 57' 18.45''$  Bujur Timur (BT) (Gambar 1.).

Daerah penelitian dapat dicapai dari Kota Pati atau Purwodadi dan Blora dengan menggunakan kendaraan roda empat, namun untuk penelitian di kawasan batu gamping umumnya hanya dapat dilalui dengan kendaraan roda dua dan/atau berjalan kaki melalui jalan setapak serta menyusuri aliran sungai untuk mengamati singkapan batuan, meliputi data geologi pada titik minat terpilih.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

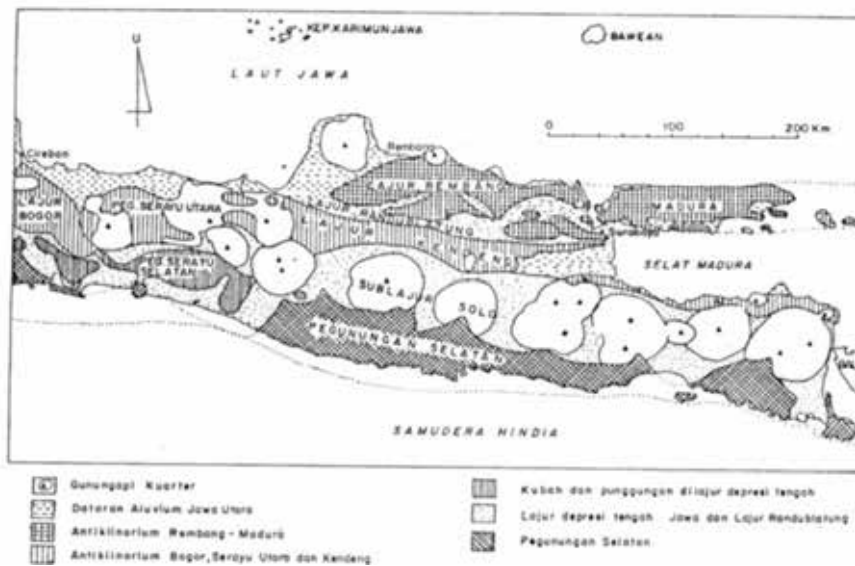
### 1.4. Metoda penelitian

Untuk mencapai sasaran sesuai dengan maksud dan tujuan yang telah ditentukan maka penelitian kali ini dilakukan dengan metode analisis data primer dan sekunder, yakni meliputi pengumpulan dan evaluasi data sekunder serta melakukan pengukuran dan pengamatan secara langsung di lapangan terhadap berbagai obyek geologi secara sistematis dengan membuat jalur lintasan yang memotong arah stratigrafi, pengambilan contoh tanah/batuan dan pemboran inti di lokasi yang mewakili area batu gamping dan batu lempung untuk mengetahui penyebaran batuan secara vertikal. Dari seluruh kegiatan ini akan diperoleh kondisi geologi rinci yang dapat mendukung penentuan potensinya.

## 2. GEOMORFOLOGI

### 2.1. Fisiografi

Berdasarkan pembagian fisiografi oleh van Bemellen (1949), pegunungan kapur yang membentang dari barat ke timur di Kecamatan Sukolilo, Kabupaten Pati termasuk dalam Lajur (Zona) Rembang. Secara umum Lajur Rembang ini terdiri dari pegunungan lipatan berbentuk antiklinorium yang memanjang dengan arah barat – timur dari utara Purwodadi melalui Blora, Jatirogo, Tuban, dan terakhir di P. Madura (Gambar 2.).



Gambar 2. Pembagian zona fisiografi (van Bemmelen, 1949)

Berdasarkan pembagian zona fisiografi tersebut, daerah penelitian merupakan lajur bagian barat dari Lajur Rembang terdiri dari dataran rendah dan perbukitan batu gamping dengan ketinggian 25 sampai 425 m. Punggung perbukitan batu gamping yang merupakan perbukitan homoklin dengan arah kemiringan relatif ke utara tersebut memanjang berarah barat – timur.

## 2.2. Geomorfologi

Didasarkan pada interpretasi peta rupa bumi dan analisa morfologi serta di lakukannya pengamatan lapangan, bentuk-bentuk bentang alam daerah penelitian secara umum didominasi oleh bentuk morfologi bukit dan dataran dengan elevasi tertinggi adalah 358 m dan terendah 75 m. Sungai yang ada di daerah ini berpola subdendritik, merupakan sungai dengan tingkat stadium muda hingga dewasa, dicirikan oleh adanya lembah-lembah berbentuk V hingga U serta di beberapa tempat dijumpai proses erosi ke hulu. Kemiringan lereng daerah penelitian berkisar antara 0% hingga 70% (Gambar 2.2) dan di beberapa tempat dijumpai gawir-gawir vertikal.

Daerah penelitian dapat dibedakan menjadi 3 satuan geomorfologi yaitu:

### a. Satuan Perbukitan Bergelombang

Menempati bagian selatan daerah penelitian dengan luas 5.361 km<sup>2</sup> atau 28.36% dari total luas daerah penelitian. Morfologi ini dibentuk oleh perselingan batu lempung, batu gamping dan batu pasir gampingan. Sungai pada satuan perbukitan bergelombang mempunyai pola dendritik dengan stadium dewasa. Tidak banyak dijumpai lembah serta lereng terjal di satuan ini (Gambar 3.). Setempat dijumpai longsoran dan jatuhnya batu. Kemiringan lereng berkisar antara 0 – 30%. Tata guna lahan pada satuan ini adalah persawahan, perkebunan dan pemukiman penduduk. Mata air permanen banyak dijumpai pada satuan ini yang merupakan sumber utama air bersih bagi penduduk setempat.



*Gambar 3. Kenampakan lereng terjal pada satuan perbukitan bergelombang di Daerah Summersoka*

### **b. Satuan Perbukitan Gamping**

Satuan perbukitan gamping menempati bagian tengah daerah penelitian atau di utara satuan perbukitan bergelombang. Satuan ini

dicirikan dengan adanya bukit-bukit kecil (*conical hill*) dan lembah atau sungai yang memiliki pola arah tertentu (Foto 2.2). Pola arah dari bukit dan lembah mengikuti pola pelarutan yang umumnya searah dengan pola kekar yang merupakan morfologi khas daerah karst meskipun bentuk-bentuk khas kawasan karst tersebut cenderung kurang berkembang dengan baik. Satuan Perbukitan ini menempati luas 6.511km<sup>2</sup> atau 34.41% dari seluruh luas daerah penelitian. Daerah ini dimanfaatkan sebagai ladang dan kawasan hutan produktif (Perhutani). Flora yang dominan adalah kayu jati, sengon, rumput-rumputan, dan jagung. Kemiringan lereng berkisar antara 0 – 70%, di beberapa tempat dijumpai tebing-tebing vertikal (Gambar 4.). Satuan ini dikontrol oleh faktor litologi batu gamping.



*Foto 4. Morfologi perbukitan batu gamping dilihat dari sebelah utara Desa Gadudero*

### **c. Satuan Dataran**

Satuan Dataran menempati bagian utara daerah penelitian (Gambar 5.). Satuan ini didominasi oleh lempung dan lanau dari endapan aluvial dan rawa.

Tata guna lahan pada satuan ini adalah untuk pemukiman penduduk dan pesawahan dengan irigasi yang cukup tertata baik terutama yang berasal dari Proyek Jeratunseluna.

Satuan morfologi ini menempati kurang lebih 7.031 km<sup>2</sup> atau 37.23% dari seluruh luas daerah penelitian dengan ketinggian sampai dengan 75 m dml.



Gambar 5. Satuan geomorfologi dataran dilihat dari perbukitan di utara Desa Gadudero

### 3. STRATIGRAFI

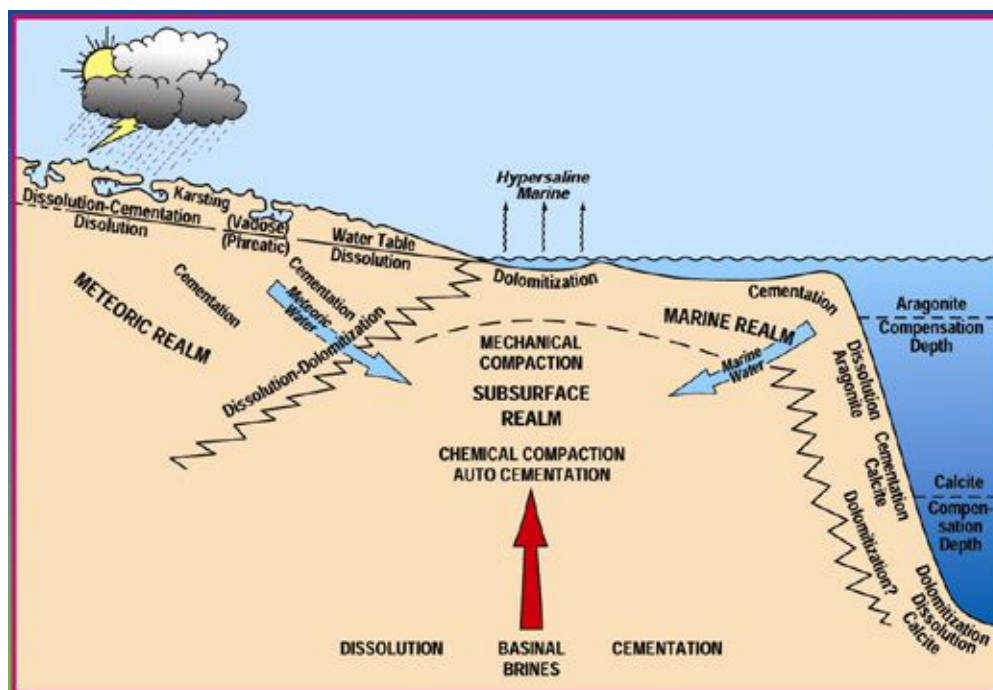
#### 3.1. Dasar Klasifikasi dan Analisa

Dalam analisis stratigrafi terdapat banyak klasifikasi untuk penamaan batuan dan penentuan lingkungan pengendapan sehingga perlu ditentukan klasifikasi yang digunakan dalam sebuah analisa.

Dalam laporan ini penamaan batu pasir dilakukan dengan menggunakan klasifikasi Pettijohn (1987) dan untuk penamaan batuan bertekstur halus menggunakan klasifikasi Tucker (2001).

Sedangkan untuk penamaan fasies batuan karbonat menggunakan klasifikasi Dunham (1962) yang didasarkan pada ciri tekstur pengendapan dan komposisi batuan.

Analisa lingkungan pengendapan dan fasies karbonat merujuk pada standar *fasies belt* dari Wilson (1975) sedangkan analisa lingkungan dan proses diagenesa batuan karbonat menggunakan klasifikasi Tucker & Wright (1990) dan Moore (1989) Gambar 6.



Gambar 6. Lingkungan dan proses diagenesa batuan karbonat (Moore, 1989).

### 3.2. Stratigrafi Daerah Penelitian

Secara regional, batuan yang ada di daerah penelitian terdiri atas berbagai jenis batuan sedimen baik yang bersifat gampingan maupun jenis batuan non-gampingan, dari yang berumur tua hingga muda dikemukakan sebagai berikut :

#### Formasi Ngrayong

Formasi Ngrayong disusun oleh perselingan napal, batu pasir, dan batu lempung dengan sisipan batu gamping pasiran. Satuan ini sebelumnya disebut sebagai Batu gamping Orbitoid (Orbitoiden Kalk) oleh Trooster (1937) dan Marks (1957); Anggota Ngrayong Formasi Tuban (Koesoemadinata, 1978); dan diusulkan menjadi Formasi Ngrayong oleh Kadar (1986), yang dapat dibandingkan dengan Anggota Bawah Formasi Tuban (Hartono, 1973). Menurut Budiman (1976, dikutip dari Suwarta dan R. Wikarno, 1992) Formasi Ngrayong ini berumur Miosen Tengah (N9 – N12).

#### Formasi Bulu

Formasi Bulu disusun oleh batu gamping. Satuan ini dikenal pula dengan sebutan Platen Complex (Trooster, 1937), diusulkan menjadi Formasi Bulu oleh Pringgoprawiro (1983) dengan lokasi tipe di Bukit Gendruwo, Kecamatan Bulu. Formasi ini diperkirakan terbentuk di lingkungan pengendapan laut dangkal pada Kala Miosen Akhir, Zona Tf1-Tf3 (Budiman, 1976).

#### Aluvium

Aluvium didominasi oleh kerikil, pasir, lempung, lanau, sisa tumbuhan dan bongkahan batuan gunung api, berupa endapan pantai, rawa dan sungai. Aluvium ini melampar ke arah barat pada Lembar Semarang (Thanden, dkk, 1975)

Stratigrafi daerah penelitian dari hasil pengamatan lapangan dan analisa stratigrafi dari tua hingga muda adalah sebagai berikut (Gambar 3.8): Satuan Perselingan Batu Lempung/Lanau, Batu Gamping dan Batu Pasir gampingan

(Fm Ngrayong) di atasnya diendapkan secara selaras Satuan Batu gamping (Fm Bulu) dan secara tidak selaras di atas kedua formasi tersebut diendapkan Endapan Aluvium (Gambar 7.).

### **Satuan Perselingan Batu Lempung/ Lanau – Batu Gamping dan Batu Pasir gampingan**

Perselingan batu lempung/lanau, batu gamping dan batu pasir gampingan tersebar di bagian selatan daerah penelitian dan setempat dijumpai di bagian utara. Secara megaskopis kenampakan batu lempung dan lanau bersifat non-gampingan adalah: berwarna abu-abu kehijauan sampai hitam, lunak - teguh, terdapat konkresi besi, pyrit, dan batu lempung. Konkresi batu lempung berwarna abu-abu. Batu gamping dijumpai pada hasil pemboran inti mempunyai ciri berwarna putih kecoklatan, lapuk, ketebalan hingga 4 m dinamakan *packstone*. Batu pasir gampingan (*graywacke*) dijumpai dari singkapan di desa Wonokusumo dan hasil pemboran inti dengan ciri berwarna abu-abu, mengandung fosil foraminifera, berbutir halus – sedang. Dari hasil analisa fosil diketahui satuan ini diendapkan pada lingkungan neritik tengah hingga neritik dalam berumur Miosen Tengah

Sebaran satuan ini terutama di bagian selatan daerah penelitian dengan luas 28.31% dari luas daerah penelitian, diperkirakan arah umum jurus N220°E - N260°E dengan kemiringan lapisan 5 - 15°. Lingkungan pengendapan satuan ini diperkirakan adalah neritik tengah – neritik dalam dan secara regional termasuk dalam Formasi Ngrayong bagian atas

### **Satuan Batu Gamping**

Secara megaskopis, Satuan Batu Gamping dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu batu gamping berlapis dan batu gamping masif yang dicirikan oleh permukaannya yang berongga dan kadang kristalin.

Batu gamping berlapis berwarna putih abu-

abu sampai kecoklatan, berlapis tipis, dengan ketebalan dapat mencapai 70 cm, secara umum mempunyai jurus berarah N220°E - N260°E dengan kemiringan perlapisan berkisar antara 5 - 20°, dijumpai jejak kayu yang telah terkristalisasi. Sedangkan batu gamping masif dijumpai pada bagian atas bukit-bukit kerucut dengan bagian atas sebagian telah mengalami pelarutan dan menunjukkan ciri fisik yang khas berupa rongga. Pada bagian atas litologi batu gamping masif kadang dijumpai gamping kristalin yang berkembang dengan baik.

Secara mikroskopis tidak terdapat perbedaan kandungan antara batu gamping masif dan batu gamping berlapis, kenampakan tersebut diduga akibat dari perbedaan energi pada saat pengendapan. pada bagian atasnya. Berdasarkan hasil analisis laboratorium petrografi terhadap beberapa contoh batuan dari beberapa lokasi pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa formasi ini dapat dikategorikan kedalam beberapa jenis batu gamping berupa *packstone* dan *grainstone* (Dunham, 1962). Pembagian jenis batuan tersebut didasarkan pada ukuran dan jenis fragmen, matriks serta kristalisasinya.

Satuan Batu Gamping ini merupakan bagian dari Formasi Bulu tersebar di bagian utara 34.9% dari total daerah penelitian membentuk bukit-bukit kerucut dengan lereng yang terjal dan dari bukti-bukti yang diperoleh selama melakukan pengamatan lapangan di antaranya adalah lapisan batuan mempunyai jurus dan kemiringan yang sama dengan satuan di bawahnya. Diperkirakan bahwa di daerah penelitian satuan ini diendapkan secara selaras di atas Satuan Perselingan Batu Lempung /Lanau, Batu Gamping dan Batu Pasir Gampingan. Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh peneliti terdahulu (Suwarti dan R. Wikarno, 1992) dimana Formasi Bulu diendapkan selaras di atas Formasi Ngrayong.

**Aluvium**

Merupakan endapan permukaan yang pembentukannya berlangsung terus hingga saat ini, terdiri dari material lepas berukuran lempung sampai kerakal, berupa endapan sungai dan rawa. Dalam kaitannya dengan penelitian, rencana area untuk penambangan lempung termasuk dalam satuan litologi aluvium dengan sebaran luas di dataran pada bagian

utara daerah penelitian.

Dari hasil pengujian X-ray diperoleh kandungan unsur dari batu lempung dan lanau pada satuan ini adalah  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$  dan LOI sedangkan  $Na_2O$  hanya dijumpai di beberapa contoh batuan (Tabel 1).

UMUR	FORMASI	SATUAN BATUAN	KETEBALAN	LITOLOGI	PEMERIAN	KANDUNGAN FOSIL	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
KUARTER	ENDAPAN ALUVIUM	LEMPUNG dan LANAU	> 50 m		Lempung, coklat gelap - hijau - hitam, non gampingan, lunak-teguh Lanau, coklat gelap - hijau - hitam, non gampingan, lunak-teguh	-	Sungai dan rawa
MIOSEN ATAS	BULU	BATU GAMPING	> 150 m		Batu gamping Batu gamping masif, putih kemerahan, komposisi red algae, forambesar, coral, mineral opak Batu gamping berlapis, putih kemerahan, komposisi red algae, forambesar, coral, mineral opak	Red algae, forambesar, coral molusca, echinoderm	Inner shelf
MIOSEN TENGAH	NGRANYONG	PERSELINGAN BATU LEMPUNG, LANAU, BATU GAMPING dan BATU PASIR GAMPINGAN	> 60 m		Perselingan batu lempung, lanau batu gamping dan batu pasir gampingan Batu lempung, abu-abu - hijau non gampingan, lunak Lanau, hitam - kelabu, agak teguh Batu gamping, putih kecoklatan, komposisi benthic foraminifera echinoderm, molusca Batu pasir gampingan, abu-abu - hitam, sedang - kasar, fragmen kuarsa, mineral opak, k-felspar dan foram, terpilah buruk	Foram besar, benthic foraminifera molusca, echinoderm	Neritik tengah - dalam

Gambar 7. Kolom Stratigrafi Daerah Penelitian



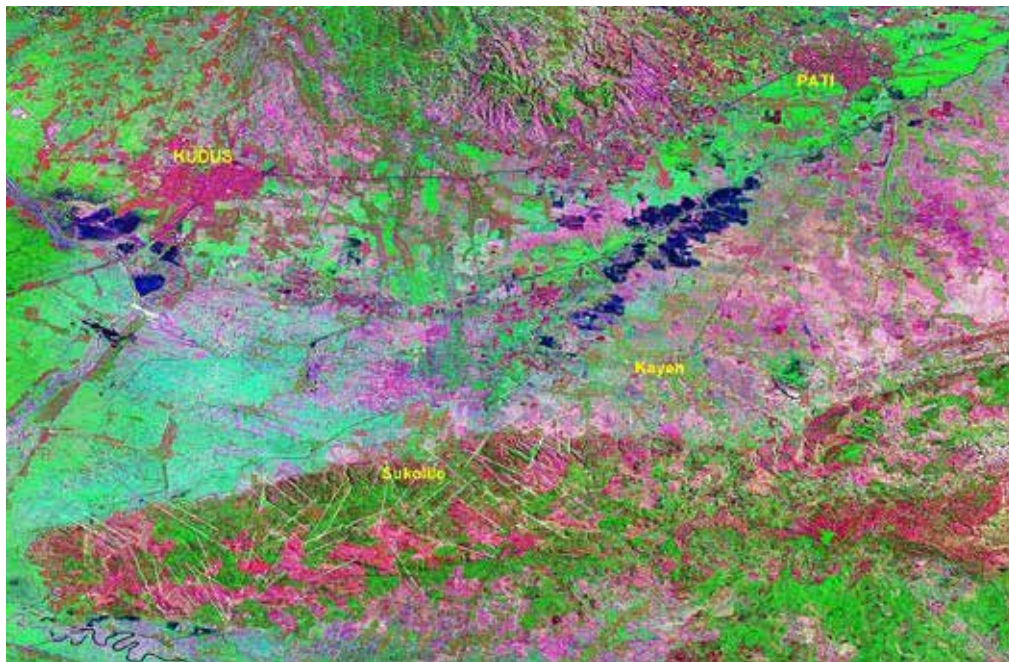
Tabel 1. Hasil uji geokimia XRF batulempung Satuan Aluvium

No Contoh	Unsur	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI
	Bor Kedalaman (m)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
X-4	BEL 3 (9-10)	54.08	0.88	18.95	8.11	0.03	2.70	0.78	TT	0.44	0.04	13.92
X-5	BEL 3 (40 - 41)	44.13	0.64	18.55	7.07	0.06	11.19	1.25	TT	0.40	0.02	16.67
X-6	BEL 2 (19.00)	53.32	0.68	17.49	7.23	0.16	4.38	1.48	TT	1.16	0.09	14.81
X-7	BEL 2 (24.80)	51.45	0.67	17.77	7.36	0.09	5.93	1.36	TT	1.13	0.13	14.03
X-9	BEL 6 (14.00)	51.16	0.80	22.08	6.31	0.02	3.99	1.06	0.09	0.65	0.02	13.76
X-10	BEL 5 (9 - 10)	55.24	0.89	18.87	7.84	0.05	2.94	0.70	TT	0.23	0.04	13.18
X-11	BEL 1 (9 - 9.15)	36.17	0.53	12.27	4.19	0.82	18.15	0.91	0.13	0.56	0.42	21.04
X-14	BEL 1 (6 - 6.15)	50.67	0.65	16.64	6.80	0.10	7.59	1.20	TT	1.05	0.07	14.48
X-15	BEL 1 (16 - 17)	46.38	0.50	10.85	5.69	0.13	15.01	0.97	0.24	0.76	0.08	11.44

#### 4. STRUKTUR GEOLOGI

Struktur geologi yang dijumpai di daerah penelitian adalah struktur rekahan/kekar dan perlapisan monoklin. Di beberapa lokasi menunjukkan bahwa struktur tersebut tampak

jelas tercermin dari bentuk-bentuk bentang alamnya dan keadaan singkapan batuan di mana struktur itu terdapat. Sedangkan lainnya diketahui dari pengukuran bidang kekar/rekahan dan interpretasi citra (Gambar 8.).



Gambar 8. Kenampakan pelurusan di Daerah Sukolilo (LANDSAT - 7 ETM)

### Kekar

Struktur kekar terutama dijumpai pada Satuan Batu Gamping di sepanjang K. Sat di Desa Gendongan. Di sepanjang lokasi tersebut nampak tebing-tebing terjal dengan dinding gawir yang tegak membentuk blok-blok di kanan-kiri aliran sungai yang rata-rata kering. Kekar juga dijumpai pada batu lempung Satuan Perselingan Batu Lempung-Lanau-Batu Gamping dan Batu Pasir Gamping pada aliran sungai di K. Sat dan Kampung Dopleng.

Pada umumnya kekar-kekar mempunyai arah yang teratur. Analisis kekar baik yang diukur di lapangan maupun dari hasil

interpretasi pelurusan lembah dari peta topografi didapatkan bahwa arah gaya utama penyebab terbentuknya struktur-struktur yang ada di daerah penelitian mempunyai arah berkisar Utara – Selatan yang menimbulkan pola-pola pelurusan berarah barat laut-tenggara dan barat daya-timur laut (Gambar 9.).

Alur-alur pada perbukitan gamping ditafsirkan terjadi karena adanya sistem kekar (Gambar 10.). Melalui bidang kekar inilah terjadi pelarutan maupun proses pengikisan pada batu gamping membentuk pola alur-alur yang terlihat sekarang (Gambar 11.).



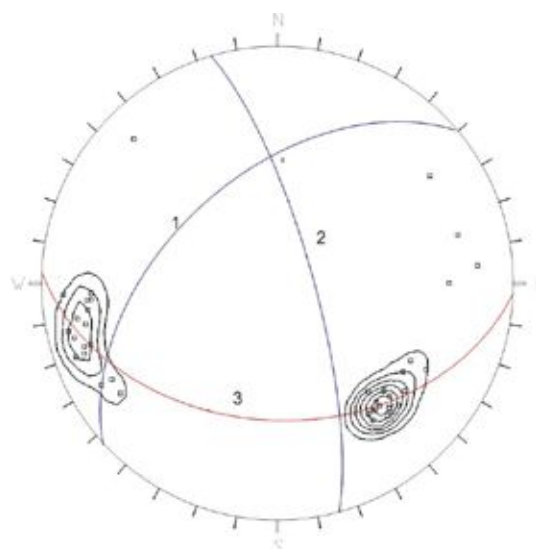
#### Analisa Kekar

Lokasi : G. Sliwing (110.943151 BT ; 6.947810 LS)  
Batuan : Batu gamping

Kedudukan umum kekar  $N92E/83^{(1)}$  dan  $N302E/33^{(2)}$ ;

Bidang perpotongan  $N72E/63^{(3)}$

Arah gaya diperkirakan N18W



#### Analisa Kekar

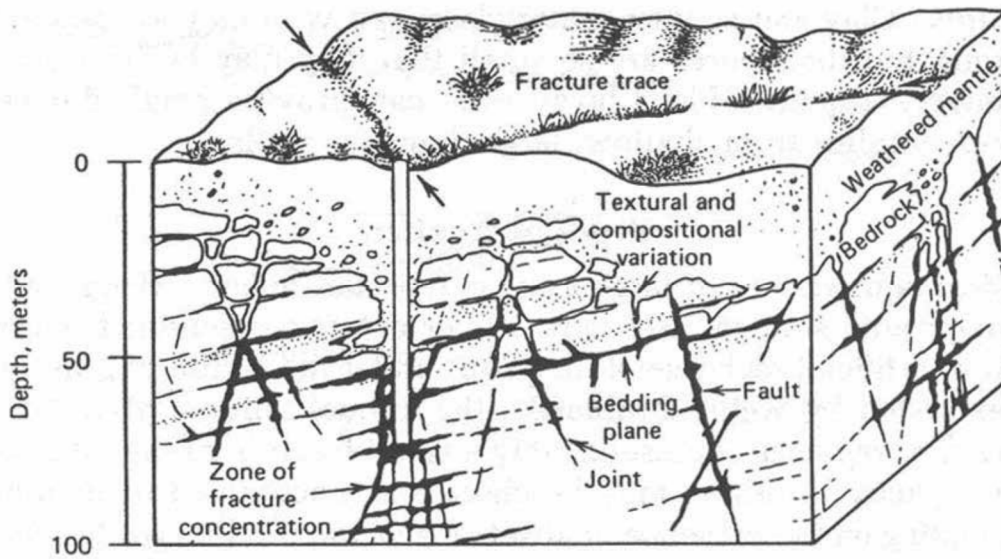
Lokasi : G. Gampingan (110.952548 BT ; 6.958851 LS)  
Batuan : Batu gamping

Kedudukan umum kekar  $N227E/56^{(1)}$  dan  $N343E/80^{(2)}$

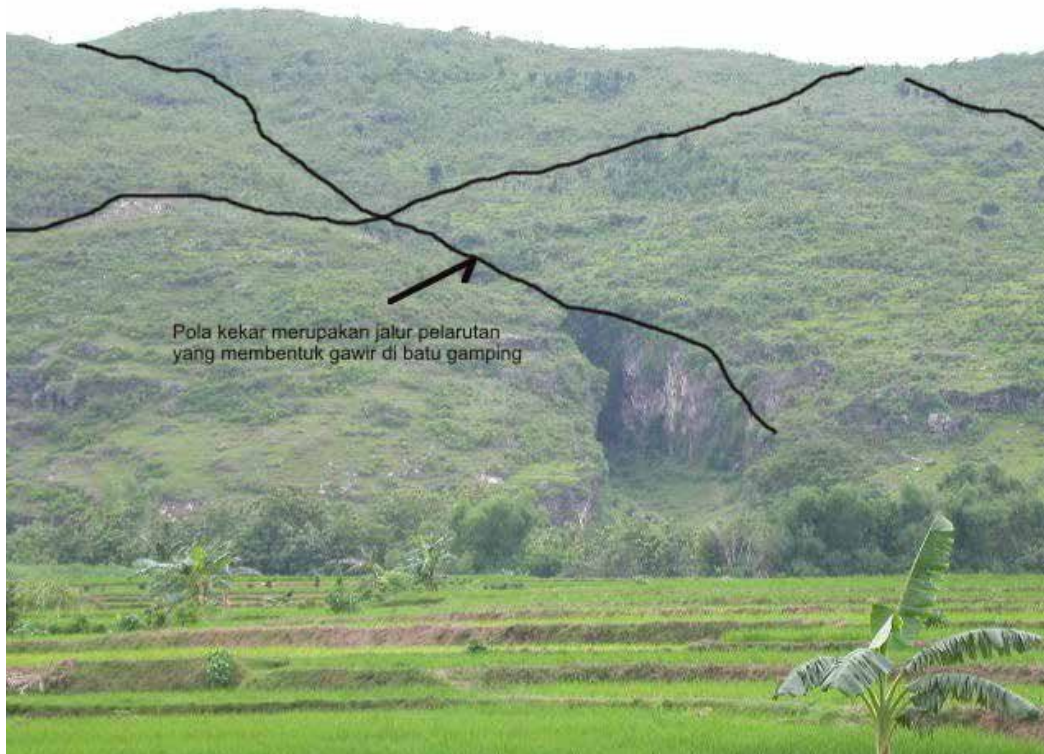
Bidang perpotongan kekar  $N93E/46^{(3)}$

Arah gaya diperkirakan N7W

Gambar 9. Analisa kekar



Gambar 10. Beberapa faktor yang menimbulkan bukaan, rekahan, dan celahan (Lattman and Parizek, 1964, dikutip dari Todd, 1980)



Gambar 11. Pola kekar yang mengontrol bentuk bentang alam

### Perlapisan

Perlapisan batuan di daerah penelitian menunjukkan perlapisan yang monoklin atau perlapisan dengan kemiringan satu arah. Arah perlapisan berkisar antara N 240° E – N 260° E dengan kemiringan perlapisan 5 - 25°. Diperkirakan perlapisan batuan di daerah ini merupakan sayap antiklin dimana sumbu antiklin berada di sebelah selatan daerah penelitian.

### Sesar

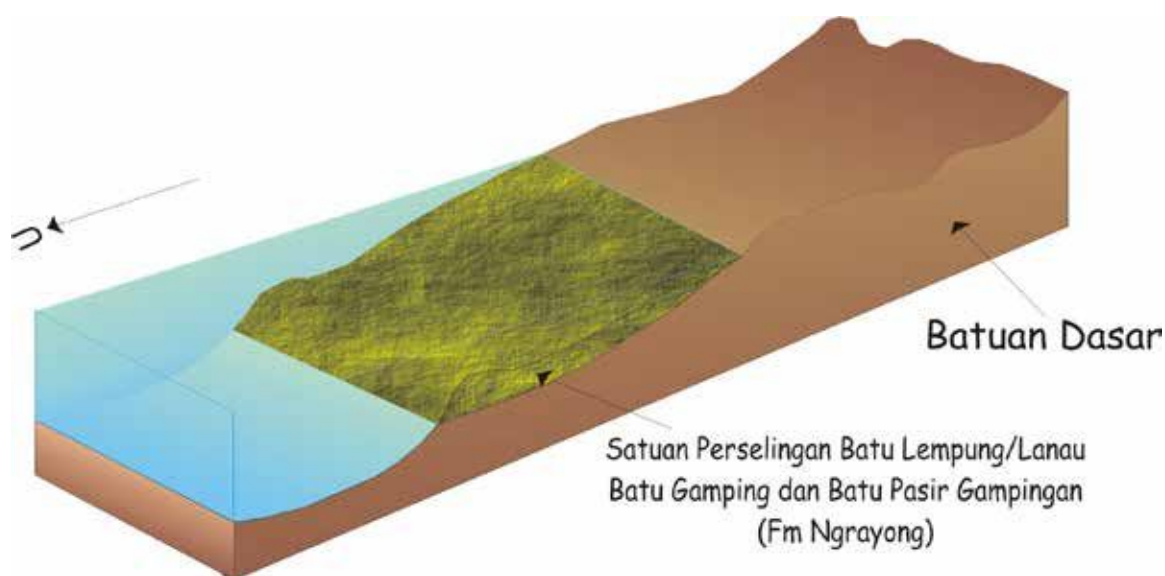
Struktur sesar di daerah batu gamping dengan segala ciri khasnya sangatlah sulit untuk ditemukan mengingat sifat-sifat batuan ini yang sangat berbeda dengan jenis batuan lain terutama sifat mudah melarut pada media air yang bersifat asam. Hal tersebut mengakibatkan jejak-jejak struktur sesar seperti cermin sesar dan gores garis sulit untuk didapatkan. Demikian halnya di daerah penelitian tanda-tanda di lapangan yang meyakinkan untuk mendukung terbentuknya struktur sesar ini sulit di dapat.

Selain data pengukuran di lapangan baik perubahan-perubahan struktur lapisan batuan, terputusnya perlapisan batuan, terdapatnya

bidang-bidang kekar yang merupakan indikasi minor (ekses) dari adanya struktur sesar maupun terdapatnya riam-riam atau air terjun di sepanjang aliran sungai diperlukan data pendukung lain yang bersifat interpretative seperti pelurusan sungai dan lineament dari peta topografi serta hubungannya dengan pola-pola sesar regional yang ada di sekitar daerah penelitian. Dari hasil analisis yang didasarkan pada data sebagaimana tersebut di atas dapat interpretasikan bahwa diperkirakan pola kelurusan yang berhubungan dengan struktur sesar yang ada di daerah penelitian secara umum berarah timur laut-barat daya yang dipengaruhi oleh gaya utama yang bekerja secara regional berarah utara-selatan.

## 5. SEJARAH GEOLOGI

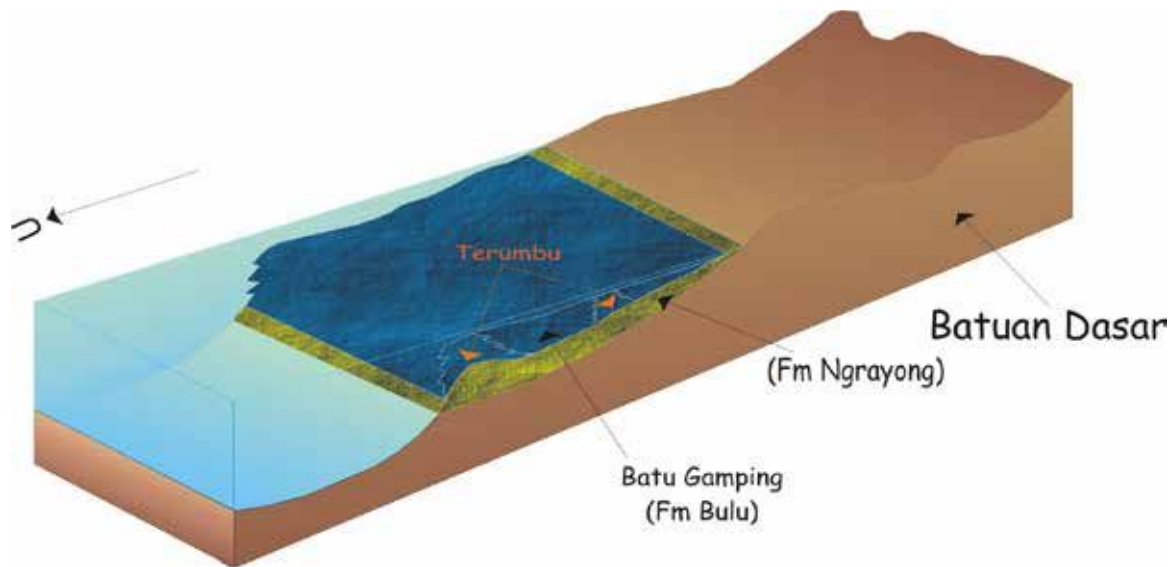
Perkembangan tektonika dan sejarah geologi di daerah penelitian dimulai pada Kala Miosen Tengah. Pada saat itu daerah ini merupakan cekungan laut dangkal (neritik-transisi) yang merupakan tempat pengendapan dari Satuan Perselingan Batu Lempung/Lanau, Batu Gamping dan Batu Pasir Gampingan (Fm Ngrayong, Gambar 12)



Gambar 12. Proses sedimentasi pada Kala Miosen Tengah

Pada akhir Kala Miosen Tengah secara bersamaan mulai diendapkan Satuan Batu gamping (Formasi Bulu) dimana pada Kala Miosen Atas pembentukan Satuan Perselingan Batu Lempung – Lanau – Batu Gamping dan Batu Pasir

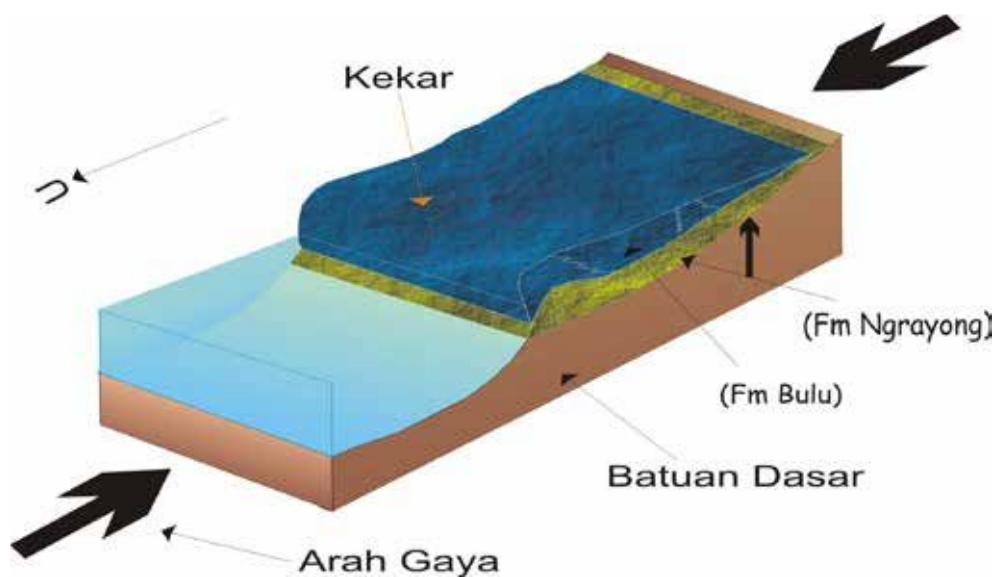
Gampingan (Formasi Ngrayong) berhenti dan Formasi Bulu berkembang dengan baik (Gambar 13).



Gambar 13. Proses sedimentasi pada Kala Miosen Tengah – Miosen Akhir

Cekungan tersebut terangkat lemah oleh orogenesis pada akhir Miosen sampai Pliosen yang menghasilkan struktur perlapisan monoklin yang diperkirakan bagian sayap antiklin dengan sumbu antiklin di sebelah selatan

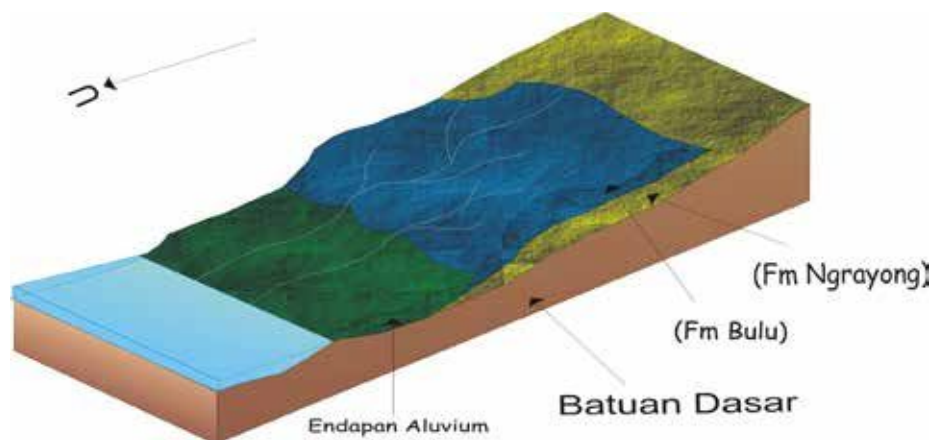
daerah penelitian dan juga mengakibatkan terjadinya struktur-struktur sesar, kekar, dan rekahan pada kedua satuan batuan (Gambar 14.).



Gambar 14. Proses orogenesis pada Kala Miosen akhir - Pliosen

Pada Kala Kuartar, dijumpai endapan alluvium yang didominasi oleh lanau dan lempung dan

tersebar di sebelah utara daerah penelitian (Gambar 15.).



Gambar 15. Proses sedimentasi pada Kala Kuartar

## 6. BAHAN TAMBANG

Bahan tambang yang diamati dikhususkan untuk kebutuhan bahan baku semen yaitu lempung dan batu gamping.

### 6.1 Lempung

Lokasi sumber daya lempung berada di daerah dataran sebelah utara Desa Gadudero. Berdasarkan pemboran di 6 lokasi dengan kedalaman masing-masing 50 m didapatkan bahwa tanah di daerah ini didominasi oleh lempung dan lanau setempat-setempat dijumpai pasir halus. Besaran sumber daya lempung di daerah ini hingga kedalaman 50 m diperkirakan sebesar 350.500.000 m<sup>3</sup>.

### 6.2 Batu Gamping

Lokasi sumber daya batu gamping berada di daerah sebelah selatan Desa Gadudero. Berdasarkan hasil pemetaan geologi serta data pemboran di 10 lokasi diperoleh penyebaran batuan secara horisontal maupun vertikal.

Analisa sumberdaya batu gamping dilakukan dengan menghitung volume total area serta volume Satuan Batu Lempung, selisihnya merupakan volume batu gamping.

$$V_{\text{total}} = V_{\text{batu gamping}} + V_{\text{batu lempung}}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh volume total hingga elevasi 0 m sebesar 3.017.560.000 m<sup>3</sup>. Volume batu lempung hingga elevasi 0 m sebesar 2.678.930.000 m<sup>3</sup> (Gambar 7.1), sehingga volume batu gamping adalah: **338.620.000 m<sup>3</sup>**.

Didalam proses eksplorasi batu gamping perlu diperhatikan faktor konservasi terutama air tanah. Dalam hal ini digunakan asumsi bahwa zona jenuh air berada pada level 10 m diatas lapisan batu lempung sehingga untuk keperluan konservasi, sumberdaya batu gamping yang akan ditambang sebaiknya berada pada level 20 m diatas lapisan batu lempung. Dengan asumsi diatas maka volume sumberdaya batu gamping pada level 20 m diatas batu lempung adalah:

$$3.017.5560.000 \text{ m}^3 - 2.796.730.000 \text{ m}^3 = \mathbf{220.820.000 \text{ m}^3}$$

Disarankan untuk melakukan penyelidikan sebaran vertikal batuan secara lebih rinci jika akan dilakukan kegiatan eksploitasi sehingga didapat jumlah cadangan terukur.

## 7. KESIMPULAN DAN SARAN

### 7.1 Kesimpulan

Beberapa hal penting dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Beberapa bentuk bentang alam karst dijumpai di daerah ini seperti *conical hill* meskipun secara umum tidak berkembang dengan baik.
2. Satuan batuan di daerah penelitian terdiri dari Satuan Perselingan Batu Lempung, Lanau, Batu Gamping dan Batu Pasir Gampingan (Formasi Ngrayong), Satuan Batu Gamping (Formasi Bulu) dan Endapan Aluvium.
3. Kedudukan lapisan batuan secara umum berarah N2400E – N2600E dengan kemiringan berkisar antara 50 – 250.
4. Struktur geologi yang berkembang di daerah ini adalah kekar dan perlapisan sedangkan untuk sesar tidak ada bukti yang cukup kuat untuk menarik kesimpulan adanya struktur ini. Kedudukan kekar secara umum berarah Timur Laut – Barat Daya dengan kemiringan bervariasi.

Lapisan batuan monoklin diduga sebagai bagian sayap antiklin yang bersumbu di sebelah selatan daerah penelitian. Dari hasil analisa kekar diperkirakan gaya yang berkerja di daerah ini berarah utara – selatan.

5. Sumberdaya batu lempung di daerah ini sebesar 344.650.000 m<sup>3</sup> sedangkan batu gamping sebesar 543.420.000 m<sup>3</sup>. Untuk penambangan batu gamping pada level 20m diatas batulempung sumberdaya batu gamping sebesar 303.420.000 m<sup>3</sup>

### 7.2. Saran

1. Dalam rangka eksplorasi lanjut bahan tambang di lokasi ini diperlukan penyelidikan lebih rinci untuk mengetahui penyebaran batuan secara vertikal sehingga dapat dihitung cadangan terukur dari sumber daya geologi yang ada.
2. Dalam kegiatan eksploitasi batu gamping disarankan untuk tidak menambang seluruh batu gamping yang ada demi konservasi air tanah di daerah tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bemmelen, van, R.W., 1949, The Geology of Indonesia, Martinus Nyhoff, The Haque, Nederland.
- Dunham, R. J. 1962. Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Memoir I, v. 43, hal. 108 – 123.
- Koesoemadinata, R.P., 1987. Reef Carbonate Exploration. Program IWPL-MIGAS, Jakarta.
- Pettijohn F. J., 1957, Sedimentary Rocks, Harper and Row, Second Edition.
- Pringgoprawiro, H., 1983, Biostratigrafi dan Paleogeografi Cekungan Jawa Timur Utara: Suatu Pendekatan Baru. Disertasi Doktor, ITB, Bandung (tidak diterbitkan).
- Suwarti, T. dan Wikarno, R. 1992. Peta Geologi Lembar Kudus, Jawa, Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Tucker, M. E. and P. Wright, 1990. Carbonate Sedimentology. Blackwell Scientific Publication. Oxford.

Todd, D.K. 1980. Ground Water Hidrology. New York: John Wiley and Sons.

Tucker, M. E., 2001, Sedimentary Petrology: Third Edition, John Wiley & Sons Ltd, England, 234p.

Wilson, .J. L., 1975, Carbonate facies in geologic history: Springer-Verlag, NewYork.

