

# PEMAKAIAN KONTAK STRATIGRAFI SECARA STRUKTUR UNTUK EVALUASI BATULEMPUNG HITAM SEBAGAI SUMBERDAYA GEOLOGI DI PERBUKITAN JIWO, BAYAT, KLATEN

Ign. Sudarno \*

## ABSTRACT

*Based on field study of geological structures, the aim of this research is to find steady interpretation to be connected with stratigraphic contact between Eocene Wungkal-Gamping Formation with Oligocene Kebo-Butak Formation. From the geological structural study, the both rocks formation have unconformable contact with each other.*

*Black claystone at eastern Pendul Hill have low total organic content (between 0.2%-0.4%), and the organic carbon have gone through degradation. Because of the degradation, the black claystone is very difficult to become natural oil source rocks.*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Studi stratigrafi di daerah Bayat dan sekitarnya telah dilakukan Bothe (1929), Sumosusastro (1956), Marks (1957). Keterbatasan singkapan batuan yang terdapat di Perbukitan Jiwo, Bayat, menyebabkan hubungan stratigrafi antara Formasi Wungkal-Gamping berumur Eosen dengan Formasi Kebo-Butak berumur Oligosen atas tidak diketahui secara pasti karena kedua formasi di lapangan tidak saling bersentuhan (gambar 8). Hal ini terlihat juga dari peta geologi yang dibuat oleh Bothe (1929), van Bemmelen 1949, Surono dkk (1992), Toha dkk (1994), dan Sudarno (1997).

Dalam pandangan tektonika, ketidakselarasan mempunyai arti bahwa pembentukan suatu formasi batuan tidak menerus diikuti pembentukan formasi yang lebih muda, tetapi diselingi oleh adanya peristiwa tektonika berupa pengangkatan sehingga formasi yang lebih tua pernah tersingkap di permukaan. Secara struktur, ketidakselarasan kebanyakan dicirikan oleh adanya pola struktur geologi yang saling berbeda pada kedua formasi batuan, sehingga struktur geologi berperan penting untuk membantu mengetahui hubungan stratigrafi, terutama apabila singkapan kedua formasi tidak saling bersentuhan secara langsung karena sesuatu sebab.

Sumberdaya geologi dapat berupa batuan induk (*source rocks*) penghasil jebakan minyak atau gas bumi. Keberadaan batuan induk merupakan syarat utama agar minyak atau gas bumi ada di suatu daerah. Apabila pembentukan batuan induk diteruskan dengan pembentukan batuan di atasnya yang bertindak sebagai batuan reservoir tanpa ada selingan peristiwa pengangkatan, maka masih ada harapan terjadinya jebakan hidrokarbon pada batuan reservoir asalkan

persyaratan pembentukan minyak atau gas bumi terpenuhi dan ada lapisan yang bertindak sebagai lapisan penutup (*seal*) batuan reservoir yang berfungsi sebagai penahan agar tidak terjadi migrasi menerus ke atas. Apabila batuan yang lebih tua mengandung litologi yang berperan sebagai batuan induk mengalami pengangkatan karena adanya proses tektonika, akibat pengangkatan menyebabkan minyak atau gas bumi berpindah (migrasi) menuju batuan reservoir karena adanya jebakan stratigrafi atau jebakan struktur. Batuan induk yang mengalami pengangkatan sebelum batuan reservoir di atasnya terbentuk, akan mengakibatkan kandungan karbon organik dalam batuan induk mengalami degradasi, sehingga tidak ada hidrokarbon dalam batuan reservoir.

Di sebelah timur Gunung Pendul di Perbukitan Jiwo Timur tersingkap batulempung hitam berumur Eosen yang diperkirakan dapat bertindak sebagai batuan induk karena adanya kandungan karbon organik purba di dalamnya. Penelitian ini ingin mengetahui proses pengendapan batulempung hitam apakah disusul dengan proses pengendapan batuan reservoir di atasnya yang diselingi adanya proses pengangkatan sebelum batuan reservoir terbentuk. Kalau tidak ada jeda waktu adanya proses pengangkatan, maka hubungan antara batuan berumur Eosen (Formasi Wungkal-Gamping) dengan batuan di atasnya (Formasi Kebo-Butak) adalah selaras. Sebagai akibatnya hidrokarbon masih dapat diharapkan berada dalam formasi batuan yang terletak di atas Formasi Wungkal-Gamping. Sebaliknya kalau hubungan antara kedua formasi tersebut di atas tidak selaras, maka kecil kemungkinannya hidrokarbon didapatkan dalam batuan reservoir di atas Formasi Wungkal-Gamping. Dengan demikian akhirnya dapat dievaluasi apakah masih ada harapan atau tidak adanya jebakan

\* Ir. Ign. Sudarno, MT., Staf Pengajar Jurusan Teknik Geologi FT-UGM

minyak atau gas bumi di daerah Pegunungan Selatan sebagai sumberdaya geologi.

**Permasalahan**

Dari uraian tersebut di atas, masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah adanya kebimbangan menyangkut hubungan stratigrafi antara Formasi Wungkal-Gamping dengan Formasi Kebo-Butak, karena kedua formasi di lapangan tidak saling bersentuhan (gambar 8). Kebimbangan juga diperkuat oleh belum pernah diadakan pengkajian struktur geologi untuk mempertegas bagaimana sesungguhnya hubungan kedua formasi tersebut di atas.

Penelitian ini mempunyai arti yang penting untuk mengkaji apakah batulempung hitam yang terdapat di Perbukitan Jiwo, dapat menghasilkan jebakan hidrokarbon yang terkumpul di dalam batuan reservoir yang ada di Pegunungan Selatan atau tempat lain.

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan yang menggunakan bahan penelitian berupa obyek geologi yang ada di lapangan. Obyek yang diteliti berupa singkapan batuan dan bentang alam yang keduanya menunjukkan adanya jejak-jejak struktur. Jejak struktur berupa lapisan batuan, kekar dan sesar diperoleh pada singkapan batuan. Pada bentang alam, jejak struktur diperoleh berupa pola kelurusan lembah atau sungai. Jejak struktur akan dipakai untuk menetapkan hubungan stratigrafi antara Formasi Wungkal-Gamping dengan Formasi Kebo-Butak.

Penelitian laboratorium dilakukan untuk mengetahui *Total Organic Carbon Content* (TOC) dalam contoh batulempung hitam dan dilakukan oleh mahasiswa Teknik Geologi yang sedang mengerjakan pembuatan tugas akhir. Perhitungan TOC dilakukan di Lemigas Jakarta karena di UGM belum mempunyai peralatan penghitung TOC.

Penelitian lapangan memerlukan peralatan berupa kompas geologi (merek Breithaut kassel no. 168493) untuk mengukur kedudukan elemen struktur geologi; peta topografi untuk plotting lokasi (gambar 7); palu geologi untuk memecah batu ataupun untuk mencangkul lapisan batuan agar bidang lapisan mudah diukur kedudukannya dengan kompas geologi; GPS untuk mencari koordinat lokasi; kaca pembesar dipakai untuk melihat contoh batuan agar ukuran butir, tekstur batuan, kandungan mineral dapat terlihat lebih jelas; busur derajat digunakan untuk mengukur sudut elemen struktur; sikat halus dipakai untuk menghilangkan kotoran yang mengganggu kenampakan elemen struktur geologi; serta buku untuk mencatat data yang ditemukan di lapangan.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Penelitian struktur geologi yang dilakukan adalah 1. Kedudukan umum lapisan batuan, 2. Kedudukan Struktur Kekar, 3 Kedudukan Struktur Sesar. Dari penelitian struktur geologi tersebut dipakai untuk mengetahui hubungan Stratigrafi Formasi Kebo-Butak dengan Formasi Wungkal-Gamping secara struktur. Kalau hubungan antara kedua formasi diketahui maka dari hubungan itu dapat dipakai untuk bahan evaluasi apakah batulempung hitam dapat menjadi batuan sumber dalam reservoir di atas Formasi Wungkal-Gamping.

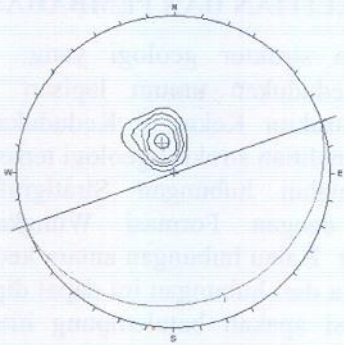
Kedudukan Umum Lapisan Batuan.

Pada Formasi Kebo-Butak yang tersingkap di sebelah selatan Bayat (gambar 8) tersusun oleh batuan sedimen vulkanik klastik yang dapat diukur kedudukan jurus maupun besarnya kemiringan lapisan batuan. Kedudukan lapisan batupasir vulkanik penyusun Formasi Kebo-Butak di daerah penelitian disajikan pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil pengukuran jurus dan kemiringan lapisan batuan penyusun Formasi Kebo-Butak di kaki utara Pegunungan Selatan

No	Lokasi	Jurus/ kemiringan	litologi
1	Tegalrejo	U 60 T/ 15	Batupasir
2	Tegalrejo	U 80 T/ 27	Batupasir
3	Tegalrejo	U 78 T/ 18	Batupasir
4	Tegalrejo	U 60 T/ 22	Batupasir
5	Guyangan	U 87 T/ 20	Batupasir
6	Guyangan	U 72 T/ 23	Batupasir
7	Guyangan	U 79 T/ 25	Batupasir
8	S. Jelok	U 85 T/ 12	Batupasir
9	Karangnongko	U 63 T/ 12	Batupasir
10	Kalinampu	U 46 T/ 33	Batupasir
11	Trembono	U 55 T/ 13	Batupasir
12	Trembono	U 47 T/ 25	Batupasir
13	Talun	U 44 T/ 25	Batupasir
14	Talun Barat	U 64 T/ 26	Batupasir
15	Timur Semen	U 64 T/ 12	Batupasir
16	Semen	U 76 T/ 12	Batupasir
17	Semen	U 55 T/ 15	Batupasir
18	Prengguk	U 80 T/ 17	Batupasir
19	Talunombo	U 75 T/ 27	Batupasir

Hasil pengukuran jurus dan kemiringan pada tabel 1 di atas disajikan dalam bentuk diagram kontur (gambar 1), dan ternyata kedudukan umum lapisan batuan penyusun Formasi Kebo-Butak adalah U 70° T / 17° (gambar 1). Dari jurus lapisan harganya mendekati seragam atau tidak ada penyimpangan (tabel 1), sehingga kedudukan lapisan batuan tidak terganggu oleh sesar.



Gambar 1. Diagram kontur lapisan batuan penyusun Formasi Kebo-Butak pada singkapan di sebelah selatan Bayat dan sekitarnya. Kedudukan umum jurus dan kemiringan lapisan adalah  $U 70^{\circ} T / 17^{\circ}$ .

Kedudukan umum lapisan batuan pada Formasi Wungkal-Gamping.

Formasi Wungkal-Gamping tersingkap di Perbukitan Jiwo barat (di G. Cakaran, G. Jabalkat, Tegal Salam dan Sekarbolo) dan Jiwo timur (di Watuprau, Padasan dan lereng timur Gunung Pendul). Hasil pengukuran kedudukan lapisan batuan sedimen disajikan pada tabel 2 dan 3. Jurus dan kemiringan lapisan batuan pada tabel 2 dan 3 hanya sebagian saja yang dapat diplot pada peta geologi (gambar 8) karena alasan teknik pengeplotan agar dapat dibaca dengan jelas. Beberapa nomor lokasi pengukuran elemen struktur pada tabel 2 dan 3 juga tidak diplot pada gambar 7 karena alasan yang sama di atas.

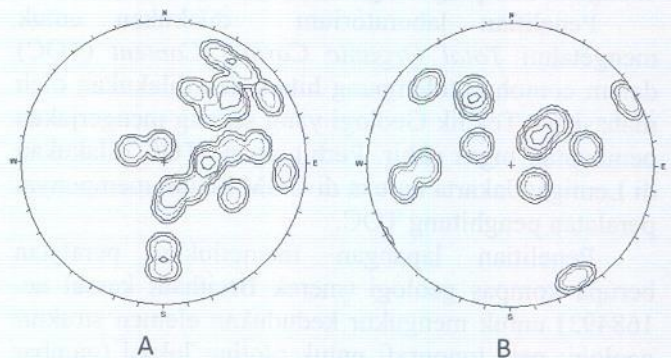
Tabel 2. Pengukuran jurus dan kemiringan lapisan batuan penyusun Formasi Wungkal-Gamping di Perbukitan Jiwo Barat

No	Lokasi	Jurus/ kemiringan	litologi
20	Sekarbolo	U 270 T/ 64	Batugamping
21	Desa Salam	U 116 T/ 74	Batupasir
22	Desa Salam	U 255 T/ 17	Serpih
23	Sekarbolo	U 222 T/ 22	Batugamping
24	Sekarbolo	U 175 T/ 25	Batugamping
25	Sekarbolo	U 270 T/ 50	Batupasir
26	Cakaran	N 140 T/ 54	Serpih
27	Cakaran	N135 T/ 40	Serpih
28	Jabalkat	U 185 T/ 25	Batugamping
29	Jabalkat	U 168 T/ 40	Serpih
30	Jabalkat	U 20 T/ 20	Serpih terbalik
31	Jabalkat	U 130 T/ 74	Serpih
32	Jabalkat	U 185 T/ 74	Serpih
33	Jabalkat	U 170 T/ 56	Serpih
34	Jabalkat	U 148 T/ 75	Serpih
35	Jabalkat	U 265 T/ 26	Batupasir
36	Jabalkat	U 130 T/ 57	Batupasir
37	Jabalkat-Pagerjuran	U 112 T/ 45	Batupasir
38	Jabalkat-Pagerjuran	U 77 T/ 10	Batupasir
39	Jabalkat	U 205 T/ 45	Serpih

Tabel 3. Pengukuran jurus dan kemiringan lapisan batuan penyusun Formasi Wungkal-Gamping di Perbukitan Jiwo Timur

No	Lokasi	Jurus/ kemiringan	Litologi	Keterangan
40	Watuprau	U 62 T/ 49	Batupasir	
41	Watuprau	U 60 T/ 41	Batugamping	
42	Padasan	U 135 T/ 18	Batugamping	
43	Padasan	U 132 T/ 25	Batugamping	
44	Timur Pendul	U 220 T/ 18	Batupasir	Gangguan sesar
45	Timur Pendul	U 43 T/ 70	Batupasir	Gangguan sesar
46	Timur Pendul	U 30 T/ 22	Batupasir	Gangguan sesar
47	Timur Pendul	U 135 T/ 35	Batupasir	
48	Timur Pendul	U 350 T/ 65	Batulempung	Gangguan sesar
49	Timur Pendul	U 358 T/ 50	Batupasir	Terbalik
50	Timur Pendul	U 167 T/ 45	Batupasir	Terbalik
51	Timur Pendul	U 240 T/ 80	Batupasir	Terbalik
52	Timur Pendul	U 150 T/ 83	Batupasir	Terbalik

Dari data pada tabel 2 dan 3 dapat pula disajikan dalam bentuk diagram kontur lapisan batuan penyusun Formasi Wungkal-Gamping di Perbukitan Jiwo barat (Gambar 2 A) dan Jiwo timur (gambar 2B)



Gambar 2. Diagram kontur lapisan batuan penyusun Formasi Wungkal-Gamping yang tersingkap di Perbukitan Jiwo barat (A) dan di Jiwo timur (B).

Batugamping pada singkapan di Sekarbolo dan Watuprau berhubungan secara selaras dengan serpih dan batupasir. Ketiga litologi merupakan penyusun Formasi Wungkal-Gamping, dengan kedudukan lapisan yang bervariasi.

**Kedudukan Struktur Kekar**

Struktur kekar yang ditemukan di lapangan diukur pada batuan penyusun Formasi Kebo-Butak dan penyusun Formasi Wungkal-Gamping. Kekar terbentuk karena proses tektonika yang dialami oleh kedua formasi tersebut. Proses tektonika yang menghasilkan kekar apakah fase tektonika yang sama atau beda, akan ditinjau dari kekar yang dihasilkannya.

**Kekar pada batuan penyusun Formasi Kebo-Butak**

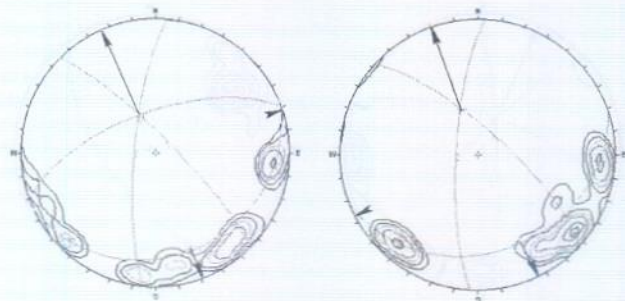
Kekar diukur pada batupasir penyusun Formasi Kebo-Butak di Kalinampu (lokasi 10) dan Guyangan (lokasi 5). Kekar yang ditemukan kebanyakan kekar gerus, dan hasil pengukuran kekar disajikan pada tabel 4, 5, 6 dan 7 di bawah ini. Diagram kontur kekar dari hasil pengukuran disajikan juga untuk menentukan arah gaya pembentuk kekar (gambar 3A, 3B, 4A, dan 4B).

Tabel 4. Hasil pengukuran kekar gerus pada batupasir penyusun Formasi Kebo-Butak di Guyangan (lokasi 5).

Jur & Kem		Jur & Kem		Jur & Kem		Jur & Kem	
280	84	332	75	310	80	180	85
320	85	270	83	185	72	315	80
185	75	150	75	275	80	330	80
225	75	190	80	264	67	220	72
280	80	350	85	260	70	260	75
185	72	230	80	217	85	230	75
220	77	190	76	345	86	315	80
340	78	225	70	282	75	235	75
235	80	250	75	240	80	185	75
180	80	175	85	260	80	240	80

Tabel 5. Hasil pengukuran kekar gerus pada batupasir penyusun Formasi Kebo-Butak di Kalinampu (lokasi 10)

Jur & Kem		Jur & Kem		Jur & Kem		Jur & Kem	
220	80	300	78	190	85	318	75
305	75	180	78	210	76	190	80
195	80	215	75	306	80	185	79
320	81	310	73	182	81	220	77
219	75	175	73	224	70	314	71
307	76	240	65	315	80	220	75
184	71	225	82	235	75	185	77
230	68	316	79	240	65	221	85
218	84	236	74	220	55	210	85
178	75	205	55	235	76	210	60



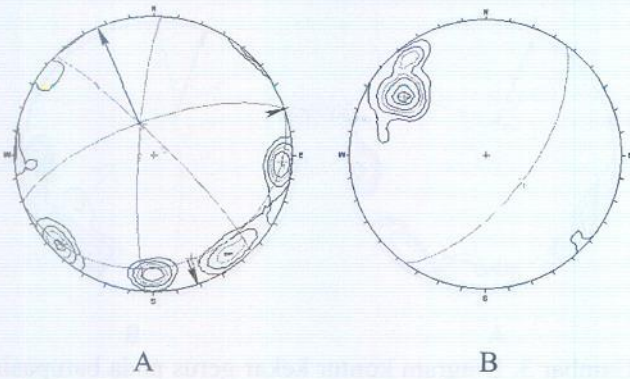
Gambar 3. Diagram kontur kekar gerus pada batupasir penyusun Formasi Kebo-Butak di Guyangan (A) dan di Kalinampu (B). Pada gambar 3 A Pasangan kekar arah utara-selatan & baratlaut-tenggara menghasilkan  $\sigma_1 : 25^\circ/U 160^\circ T$ ;  $\sigma_2 : 65^\circ/U 334^\circ T$ ;  $\sigma_3 : 02^\circ/U 69^\circ$ . Pada gambar 3 B pasangan kekar arah utara-selatan dan baratlaut-tenggara menghasilkan  $\sigma_1 : 28^\circ/U 158^\circ T$ ;  $\sigma_2 : 62^\circ/U 339^\circ T$ ;  $\sigma_3 : 0^\circ/U 247^\circ T$

Tabel 6. Hasil pengukuran kekar gerus pada Batu-gamping penyusun Formasi Wungkal-Gamping di Watuprau (Jiwo timur, lokasi 41).

Jur & Kem		Jur & Kem		Jur & Kem		Jur & Kem	
200	80	215	80	240	75	325	85
310	85	185	85	225	80	230	75
180	80	308	87	40	80	188	82
356	70	180	85	315	85	235	85
320	80	230	82	355	85	184	80
240	80	182	83	185	78	315	85
185	75	317	78	35	86	270	75
265	72	271	75	270	80	237	78
220	82	186	81	318	85	272	76
270	82	275	75	268	73	227	75

Tabel 7. Hasil pengukuran kekar gerus pada batu-gamping penyusun Formasi Wungkal-Gamping di Sekarbolo (Jiwo barat, lokasi 24).

Jur & Kem		Jur & Kem		Jur & Kem		Jur & Kem	
35	60	47	60	30	80	35	70
30	67	37	68	60	80	36	63
25	70	55	60	35	85	36	63
10	68	30	84	45	86	27	75
35	75	10	57	285	87	40	56
25	70	50	75	115	70	37	65
37	68	40	60	155	83	35	53
40	64	40	62	55	79	35	53
40	66	245	87	270	75	35	53
37	65	55	82	10	70	35	55
32	57	225	81	50	80	220	85
25	66	250	75	50	80	33	70
40	75	223	72	50	80		



Gambar 4. A: Diagram kontur kekar gerus dari batugamping penyusun Formasi Wungkal-Gamping di Watuprau (di Jiwo timur, lokasi 41). Pasangan kekar arah utara-selatan dan baratlaut-tenggara menghasilkan  $\sigma_1$ : 17°/U 161°T;  $\sigma_2$ : 72°/U 335°T;  $\sigma_3$ : 02°/U 71°T. B: Diagram kontur kekar gerus pada batugamping penyusun Formasi Wungkal-Gamping di Sekarbolo (di Jiwo barat, lokasi 24). Kedudukan umum kekar U 35 T/ 62.

#### Kedudukan Struktur Sesar

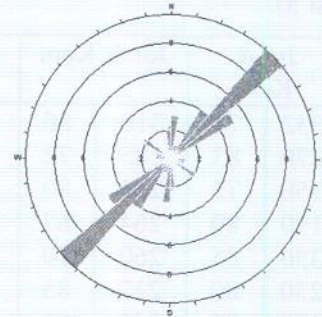
Struktur sesar yang ditemukan di lapangan diukur pada batuan penyusun Formasi Kebo-Butak dan penyusun Formasi Wungkal-Gamping. Sesar yang diukur adalah sesar-sesar minor, terbentuk karena proses tektonika yang dialami oleh kedua formasi tersebut. Proses tektonika yang menghasilkan sesar apakah merupakan fase tektonika yang sama atau beda, akan ditinjau dari sesar yang dihasilkannya.

#### Sesar pada batuan penyusun Formasi Kebo-Butak dan Formasi Wungkal-Gamping

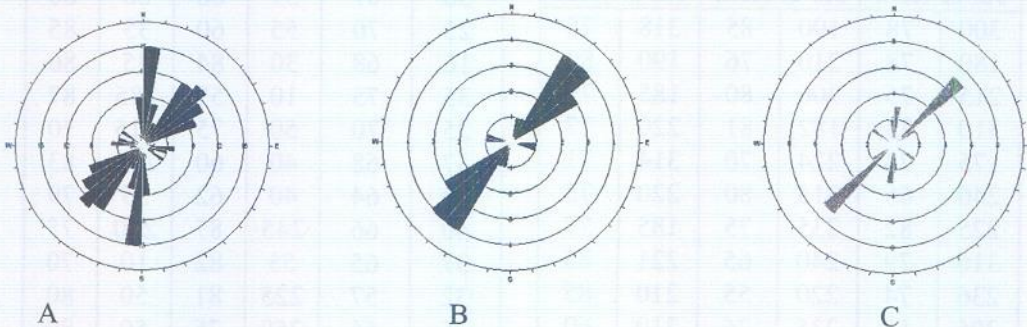
Struktur sesar diukur pada batupasir penyusun Formasi Kebo-Butak di Kalinampu, Guyangan dan Semen, sedangkan sesar pada Formasi Wungkal-

Gamping diukur di Jiwo Barat dan di Jiwo Timur. Elemen sesar yang diukur adalah jurus dan kemiringan bidang sesar, sudut pitch gores garis. Jenis gerakan sesar harus ditetapkan langsung di lapangan, agar data sesar dapat diproses dengan program Stress. Hasil pengukuran sesar disajikan dalam bentuk diagram roset agar mudah diketahui macam polanya (gambar 5A, 5B, 5C)

Pada gambar 5 A tampak pola sesar ada empat, yaitu pola timurlaut-baratdaya (P1), utara-selatan (P2), baratlaut-tenggara (P3) dan timur-barat (P4). Sesar yang banyak ditemukan adalah sesar pola P1 dan P2. Sesar minor yang pada Formasi Wungkal-Gamping di Perbukitan Jiwo barat (gambar 5B) ternyata mempunyai arah timurlaut-baratdaya (P1), mendekati utara-selatan (P2), mendekati timur-barat (P4). Sesar minor yang ditemukan pada Formasi Wungkal-Gamping di Jiwo timur (gambar 5C) mempunyai pola timurlaut-baratdaya (P1), utara-selatan (P2), baratlaut-tenggara (P3). Kalau sesar minor yang ditemukan pada Formasi Wungkal-Gamping di Perbukitan Jiwo barat dan Jiwo timur disatukan, maka akan diperoleh sesar-sesar dengan pola P1, P2, P3 dan P4 (gambar 6).



Gambar 6. Diagram roset sesar minor yang ditemukan pada Formasi Wungkal-Gamping di Perbukitan Jiwo barat dan Jiwo timur (Sudarno 1997).



Gambar 5. Diagram roset sesar minor yang ditemukan pada Formasi Kebo-Butak (A), pada Formasi Wungkal-Gamping di Jiwo Barat (B) dan di Formasi Wungkal-Gamping di Jiwo Timur (C) ((Sudarno 1997)

### Hubungan Stratigrafi Formasi Kebo-Butak dengan Formasi Wungkal-Gamping secara struktur

Hubungan stratigrafi kedua formasi tersebut di atas akan dibahas dari pandangan data struktur lapisan batuan, kekar dan sesar. Hubungan selaras berarti pengendapan Formasi Wungkal-Gamping akan diteruskan dengan pengendapan Formasi Kebo-Butak tanpa ada selingan pengangkatan, sehingga kedudukan lapisan batuan penyusun kedua formasi menjadi sejajar atau mendekati sejajar.

### Hubungan stratigrafi ditinjau dari kedudukan lapisan batuan

Lapisan yang sejajar dapat diketahui dari arah umum kedudukan lapisan batuan yang menunjukkan pola yang sama. Pada Formasi Kebo-Butak kedudukan umum lapisan batuan menunjukkan  $U76^{\circ} T/ 17^{\circ}$  (gambar 1) atau lapisan miring ke arah selatan tenggara. Gaya endogen yang menghasilkan lipatan homogen ini adalah searah dengan arah kemiringan lipatan homogen, yaitu arah selatan tenggara.

Kedudukan lapisan batuan penyusun Formasi Wungkal-Gamping di Perbukitan Jiwo barat dan Jiwo timur ternyata tidak teratur (tabel 2, 3 dan gambar 2A, 2B). Melalui gambar 2A dan 2B dapat dibaca, bahwa jurus dan kemiringan lapisan kedudukannya tidak menunjukkan keteraturan seperti pada gambar 1. Pada gambar 2A dan 2B sukar ditetapkan arah umum jurus dan kemiringan batuan. Adanya perbedaan pola kedudukan lapisan pada kedua formasi batuan berarti lapisan batuan penyusun Formasi Wungkal-Gamping tidak sejajar dengan lapisan batuan penyusun Formasi Kebo-Butak. Ketidak sejajaran lapisan ditunjukkan oleh besarnya kemiringan (*dip*) lapisan yang tidak seragam serta arah jurus juga tidak seragam. Pada diagram kontur gambar 2A dan 2B muncul banyak maksima, dan sudut kemiringan lapisan batuan cenderung lebih terjal dibandingkan sudut kemiringan lapisan pada gambar 1 sebesar  $17^{\circ}$ . Perbedaan pola kedudukan lapisan batuan penyusun kedua formasi tersebut mempunyai arti bahwa hubungan stratigrafi antara Formasi Wungkal-Gamping dengan Formasi Kebo-Butak adalah tidak selaras.

### Hubungan stratigrafi ditinjau dari kedudukan kekar

Gaya endogen yang bekerja di kulit bumi merupakan penyebab terjadinya pengangkatan kulit bumi, sehingga batuan yang diendapkan dalam lingkungan laut, terangkat ke atas menjadi tersingkap di daratan. Kulit bumi di tempat lain mengalami penurunan, sehingga terjadi genang laut di tempat itu. Daratan yang muncul berhubungan dengan terbentuknya lipatan antiklin, daerah yang tenggelam

berhubungan dengan terbentuknya lipatan sinklin. Proses pembentukan antiklin dan sinklin juga diikuti dengan pembentukan struktur kekar dan sesar (patahan), sehingga pola sumbu lipatan, pola kekar dan sesar menjadi saling berhubungan serta berpola tertentu karena terbentuk oleh gaya endogen yang sama. Kalau terdapat berbagai macam batuan sedimen yang dihasilkan oleh proses pengendapan yang berurutan tanpa diselingi adanya proses pengangkatan atau penurunan, maka hubungan batuan sedimen satu dengan batuan sedimen yang saling bersentuhan dinamakan hubungan selaras. Ketika terjadi proses pengangkatan, struktur sesar dan kekar yang terdapat pada batuan sedimen yang berhubungan selaras tadi mempunyai pola tertentu yang sesuai dengan arah gaya endogen penyebab terjadinya pengangkatan.

Menunjuk pada batuan sedimen penyusun Formasi Wungkal-Gamping dan Formasi Kebo-Butak di daerah penelitian, apabila hubungan kedua formasi tersebut saling selaras, maka pola kekar dan sesar yang terdapat pada kedua formasi akan sesuai dengan arah gaya endogen penyebab terjadinya struktur lipatan pada kedua formasi tersebut. Kalau antara kedua formasi batuan berhubungan secara tidak selaras, pola sesar dan kekar pada masing-masing batuan penyusun kedua formasi akan menjadi berbeda. Struktur pada formasi batuan yang lebih tua akan lebih kompleks dibandingkan dengan struktur pada batuan yang lebih muda karena batuan yang lebih tua mengalami gaya endogen atau fase tektonika lebih banyak (lebih dari satu kali fase tektonika) daripada batuan yang lebih muda.

Struktur kekar yang terdapat pada Formasi Wungkal-Gamping dan Formasi Kebo-Butak di daerah penelitian diteliti dengan saksama. Hasil penelitian kekar pada kedua formasi batuan ditampilkan pada tabel 4, 5, 6, dan 7 di depan. Arah gaya pembentuk kekar dapat dibaca pada gambar 3A, 3B, dan 4A. Gaya pembentuk kekar dirangkum dalam tabel 8 berikut.

Tabel 8. Kedudukan gaya endogen pembentuk kekar gerus pada Formasi Wungkal-Gamping dan Formasi Kebo-Butak

No	Formasi	Lokasi	Kedudukan Gaya		
			$\sigma 1$	$\sigma 2$	$\sigma 3$
1	Kebo-Butak	Guyangan	25 / U 160 T	65 / U 334 T	2 / U69 T
2	Kebo-Butak	Kalinampu	28 / U 158 T	62 / U 339 T	0 / U 247 T
3	Wungkal-Gamping	Watuprau	17 / U 161 T	72 / U 335 T	2 / U 71 T

Kekar gerus pada Formasi Wungkal-Gamping di lokasi Sekarbolo ( gambar 4B) tidak menunjukkan berpasangan sehingga kedudukan gaya tidak dapat dihitung, tetapi dapat dibaca kedudukan umum adalah U 35 T / 62 ( arah timurlaut-baratdaya )

Dari tabel 8 terlihat bahwa  $\sigma$  1 pembentuk kekar pada kedua formasi batuan kedudukannya dapat dikatakan relatif hampir sama. Kedudukan  $\sigma$  1 yang bekerja pada Formasi Wungkal-Gamping sekalipun sama, dapat diartikan bahwa hubungan kedua formasi bisa selaras juga bisa tidak selaras. Dalam kondisi hubungan tidak selaras, formasi yang lebih tua mengalami atau terkena gaya tektonika dengan fase yang sama dengan formasi yang muda. Dalam kasus kekar di daerah penelitian ini, data kekar kurang dapat meyakinkan untuk dipakai sebagai dasar penentu adanya hubungan ketidak selarasan antara kedua formasi batuan. Kekar-kekar berarah timurlaut-baratdaya yang ditemukan pada kedua formasi (gambar 3A, 3B, 4A, 4B) terjadi karena akibat adanya reaktivasi sesar tua yang umurnya Kapur ( Sudarno, 1997).

#### Hubungan stratigrafi ditinjau dari kedudukan sesar

Seperti halnya kekar, struktur sesar juga diteliti di daerah penelitian. Hasil penelitian sesar minor tersaji dalam bentuk diagram roset pada gambar 5A, 5B, 5C, dan 6 di depan. Pada batuan penyusun Formasi Kebo-Butak ditemukan sesar pola P1, P2, P3 dan P4 (gambar 5A). Pada batuan penyusun Formasi Wungkal-Gamping juga ditemukan sesar pola P1, P2, P3, dan P 4 (gambar 6). Sesar pola P 2 dan P 3 terbentuk oleh gaya endogen dengan  $\sigma$  1 yang arahnya sama dengan gaya pembentuk kekar gerus. Sesar pola P1 merupakan pola hasil reaktivasi sesar tua berumur Kapur. Sesar pola P4 terbentuk oleh gaya tektonika umur Plistosen, yaitu gaya tektonika yang paling muda (Sudarno 1997). Sama halnya dengan kekar, ternyata struktur sesar juga kurang dapat meyakinkan untuk dipakai sebagai dasar penentu adanya hubungan ketidak selarasan antara kedua formasi batuan di daerah penelitian.

#### Potensi Batuan Induk Penghasil Hidrokarbon

Di sebelah timur Gunung Pendul di Jiwo timur ditemukan batulempung hitam yang diperkirakan mengandung karbon organik yang dapat menjadi batuan induk penghasil jebakan hidrokarbon (minyak bumi atau gas bumi). Batulempung hitam merupakan bagian dari Formasi Wungkal-Gamping berumur Eosen. Uji contoh kandungan bahan karbon organik telah dilakukan di Lemigas (table 9).

Tabel 9. Hasil analisis TOC (Hendriyanto, 2008)

No.	No. Sampel	Kandungan TOC (%)
1	NHGP01	0.4103
2	NHGP02	0.4215
3	NHGP03	0.2943
4	NHGP04	0.2714
5	HGP0501	0.1599
6	HGP0502	0.1966
7	HGP0503	0.2428
8	HGP0504	0.1923

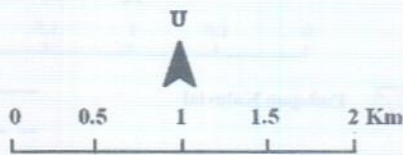
Dari beberapa contoh batulempung hitam yang diuji (table 9) ternyata besaran TOC antara 0,1599 % sampai 0,4215 % (Hendriyanto, 2008). TOC dalam batulempung hitam ternyata kurang dari setengah persen, berarti batuan tersebut tidak memenuhi syarat menjadi batuan induk minyak bumi karena tidak ekonomis (Waples, 1985)

Dari pembahasan hasil penelitian di depan, ternyata dari kajian struktur lapisan batuan di daerah penelitian, hubungan antara Formasi Wungkal-Gamping dengan Formasi Kebo-Butak adalah hubungan tidak selaras. Hubungan tidak selaras mempunyai arti bahwa setelah pembentukan Formasi Wungkal-Gamping tidak langsung diteruskan dengan pengendapan Formasi Kebo-Butak, tetapi terjadi pengangkatan Formasi Wungkal-Gamping tersebut, sehingga terbentuk kondisi daratan saat itu. Ketika Formasi Wungkal-Gamping berada pada kondisi daratan, kandungan karbon organik yang ada dalam batulempung hitam menjadi teroksidasi atau mengalami degradasi sehingga tidak dapat berubah menjadi gas atau minyak bumi.

Ketidakselarasan berarti bahwa tidak ada tempat atau ruang (reservoir) untuk tempat terkumpulnya karbon organik yang dapat menjadi minyak bumi atau gas bumi sebelum karbon organik mengalami degradasi. Berhubung karbon organik mengalami degradasi lebih dulu sebelum terbentuknya batuan reservoir di atas Formasi Wungkal-Gamping, maka kandungan karbon organik dalam batulempung hitam tidak dapat menghasilkan hidrokarbon dalam formasi di atas Formasi Wungkal-Gamping, sehingga Formasi Bebo-Butak, Semilir, Nglanggran, Sambipitu, Oyo, Wonosari dan Formasi Kepek yang ada di Pegunungan Selatan Yogyakarta dan sekitarnya tidak akan mengandung hidrokarbon yang berasal dari batulempung hitam. Selain alasan harga TOC kurang dari satu persen dan alasan karbon organik mengalami degradasi sebelum pembentukan Formasi Wungkal-Gamping tersebut di atas, maka batulempung hitam di daerah penelitian tidak berpotensi sebagai penyedia minyak bumi di Pegunungan Selatan.



**Gambar 7. Peta lokasi pengukuran elemen struktur geologi di daerah penelitian**

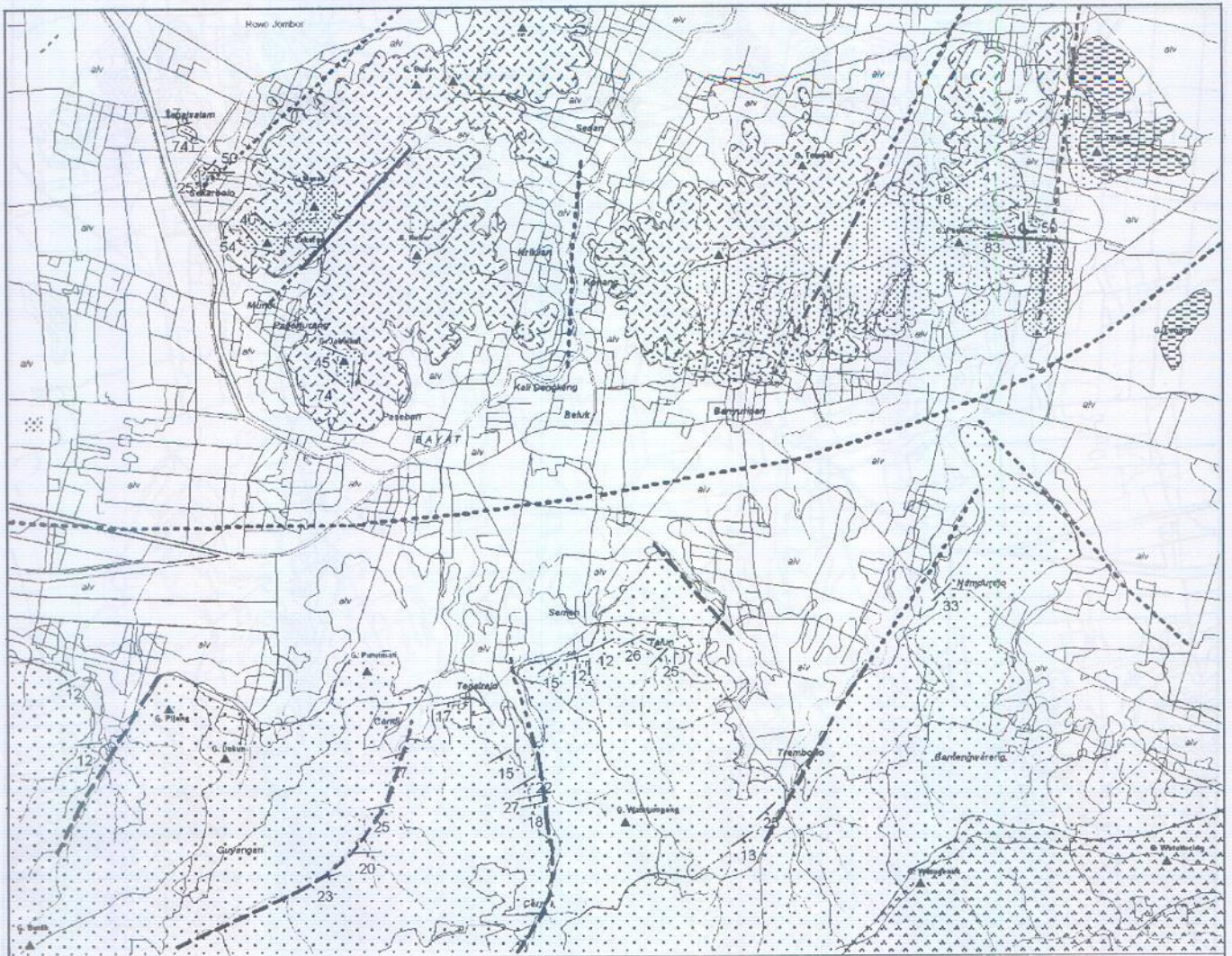


① Lokasi pengukuran elemen struktur geologi

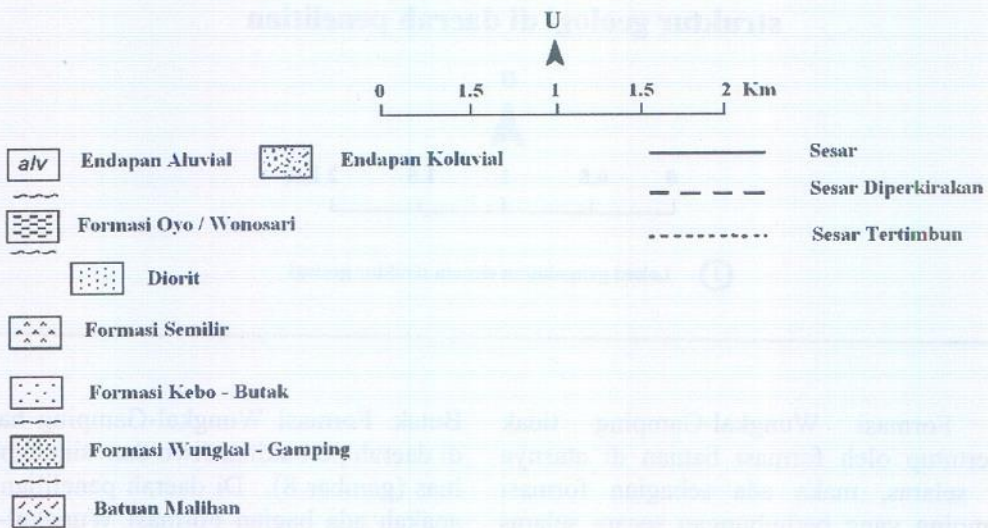
Apabila Formasi Wungkal-Gamping tidak seluruhnya tertutup oleh formasi batuan di atasnya secara tidak selaras, maka ada sebagian formasi Wungkal-Gamping yang berhubungan secara selaras dengan formasi batuan di atasnya. Kalau ada gejala geologis demikian maka masih dapat dimungkinkan adanya hidrokarbon yang berasal dari batulempung hitam di dalam Formasi Kebo-Butak atau formasi batuan yang umurnya lebih muda dari Formasi Kebo-

Butak. Formasi Wungkal-Gamping hanya tersingkap di daerah perbukitan Jiwo dan singkapannya pun tidak luas (gambar 8). Di daerah penelitian sulit diketahui apakah ada bagian Formasi Wungkal-Gamping yang berhubungan secara selaras dengan formasi batuan yang umurnya lebih muda karena terbatasnya singkapan Formasi Wungkal-Gamping.





**Gambar 8. Peta Geologi Daerah Bayat dan Sekitarnya**



## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Hubungan antara Formasi Wungkal-Gamping dengan Formasi Kebo-Butak adalah tidak selaras. Kajian dari struktur geologi menjadi memperkuat hubungan kedua formasi dari kajian umur geologi.
2. Kandungan karbon organik dalam batulempung hitam sukar dapat diharapkan menjadi batuan induk penghasil minyak atau gas bumi di dalam batuan yang ada di Pegunungan Selatan Yogyakarta dan sekitarnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian dapat terselenggara dan diselesaikan karena adanya dukungan dana dari Program Hibah Kompetisi (PHK) A3 di Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, serta bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Pimpinan Program Hibah Kompetisi (PHK) A3 di Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, sehingga proposal yang diajukan dapat diterima dan hasil penelitian diizinkan untuk dimuat pada Media Teknik
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada dan Ketua Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada yang telah mengizinkan proposal penelitian ini dapat dilaksanakan dengan dukungan fasilitas peralatan laboratorium yang ada di Jurusan Teknik Geologi.

## DAFTAR PUSTAKA

Bothe, A.Ch.D., 1929, The Geology of the Hills near Djiwo and the Southern Range: Fourth Pasific Science Congress.

- Marks, P., 1957, Stratigraphic Lexicon of Indonesia: Pusat Djawatan Geologi Bandung, Publikasi keilmuan no. 31 seri Geologi.
- Hendriyanto, N., 2008, Studi Geokimia dan Petrografi Organik Batulempung Formasi Wungkal-Gamping di Daerah Gunung Pendul, Bayat, Klaten, Jawa Tengah: Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik UGM, Tugas Akhir, tidak diterbitkan.
- 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, p.115- 134.
- Sudarno, Ign. 1997, Kendali Tektonik Terhadap Pembentukan Struktur pada Batuan Paleogen dan Neogen di Pegunungan Selatan Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya, Tesis Magister di ITB (tidak diterbitkan).
- Surono, B. Toha, I. Sudarno, dan S. Wiryosujono, 1992, Geologi Lembar Surakarta-Giritontro, Jawa: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Toha, B., R.D Purtyasti, Sriyono, Soetoto, W. Rahardjo dan S. Pramumijoyo, 1994, Geologi Daerah Pegunungan Selatan, Suatu Kontribusi, dalam Proceedings Geologi dan geotektonik Pulau Jawa Sejak Akhir Mesozoik Hingga Kuarter: Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik UGM., h. 19 - 36.
- van Bemmelen, R.W., 1949, The Geology of Indonesia vol. I A: Government Printing Office, The Hague, 732 p.
- Waples, D.W., 1985, Geochemistry in Petroleum Exploration, International Human Resources Development Corporation, Boston.