

## ENDAPAN MINERAL BERAT DI PERAIRAN PACIRAN DAN SEKITARNYA, LAMONGAN JAWA TIMUR

*Udaya Kamiludin, Maman Surachman dan I.Wayan Luga*

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan  
Jl. Dr. Junjungan 236 Bandung 40174

### Abstract

*The surficial sediments Paciran waters and its vicinity consist of magnetite, hematite, limonite, pyroxene, amphibole, biotite, pyrite and rutile. These heavy minerals can be found in sandy silt, silty sand and sand. The major elements of these heavy minerals can be seen from the chemical analysis as  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$  and  $TiO_2$ . Another mechanical processes of these heavy mineral deposits, especially magnetite and pyrite, some are formed authogenically.*

### Sari

*Sedimen permukaan dasar laut di perairan Paciran dan sekitarnya umumnya mengandung magnetit, hematit, limonit, piroksen, amfibol, biotit, pirit dan rutil. Ragam mineral berat ini terdapat pada satuan lanau pasiran, pasir lanauan dan pasir. Unsur utama pembentuk mineral berat yang terlihat dari analisis kimia berupa  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$  dan  $TiO_2$ . Selain terbentuk secara mekanik endapan mineral berat ini, terutama magnetit dan pirit sebagian terbentuk secara insitu.*

### Pendahuluan

Daerah penyelidikan berada di pantai utara Jawa, Kabupaten Lamongan, propinsi Jawa Timur. Secara geografis terletak pada koordinat  $06^{\circ} 45' - 07^{\circ} 00' LS$  dan  $112^{\circ} 05'' - 112^{\circ} 30'' BT$ .

Batuan darat didominasi oleh batugamping dolomitan dan dolomit yang termasuk kedalam Formasi Kalibeng (Hartono, 1973) atau Formasi Paciran (Pringgoprawiro dalam Situmorang, 1992), batulempung dengan selingan batulanau (Formasi Kujung) dan Aluvium Pantai - Sungai.

Perairan daerah penyelidikan ditutupi oleh sebagian besar lanau, lanau pasiran, pasir lanauan dan pasir (Kamiludin, 1999). Dari keseragaman dan perbedaan jenis sedimen permukaan ini dicoba untuk diketahui lebih jauh, terutama mineral berat yang terkandung didalamnya.

Maksud dari penyelidikan ini adalah untuk mengumpulkan dan menginventarisasi data dasar sumberdaya mineral dengan tujuan memberikan informasi tentang jenis, besaran dan bentukan mineral beratnya.

### Metoda

Pengambilan sedimen permukaan dasar laut adalah dengan menggunakan pemercontoh comot ("grab sampler"). Titik lokasi diusahakan dapat mewakili daerah penyelidikan dengan interval antara 1,25-2,25 km dan di plot mengikuti pola lintasan seismik ke dalam peta kerja skala 1 : 50.000. Operasional lapangan menggunakan kapal motor yang dilengkapi dengan perangkat penentuan posisi "global positioning system" (GPS) jenis Garmin 75 dan 210.

Percontohan sedimen comot dibagi menjadi dua bagian, Bagian pertama disimpan sebagai contoh duplikat dan yang kedua digunakan untuk keperluan berbagai analisis, salah satunya yaitu analisis mineral berat. Preparasi mineral berat diperlakukan pada fraksi 3 phi dengan menggunakan cairan bromoform, kemudian diskriptif kualitatif dan kuantitatif secara mikroskopis serta ditunjang oleh analisis kimia unsur-unsur oksida. Penghitungan butiran ("counting") dari tiap jenis mineral berat dikembalikan kepada berat asal (rata rata 100 gram), kemudian prosentasenya dikonversikan ke dalam ppm. Terakhir,

penggolongan mineral berat menggunakan pendekatan Folk (1980).

### Morfologi Dasar Laut

Berdasarkan peta batimetri, terlihat bahwa morfologi dasar laut dengan sudut kemiringan sedang berkembang di perairan pantai Cumpleng, Wedung, Brondong, Paciran dan Kemantren (Lukman Arifin dalam Kamiludin,1999). Tepian pantainya yaitu Tg. Batusawang, Uj. Paciran, Uj. Kodok dan Tg. Pakis dicirikan oleh kemiringan dasar laut mencolok dengan ditandai perubahan densitas selang kontur tinggi. Di lepas pantai, lereng dasar lautnya berangsur melandai-relatif datar seperti di perairan pantai Palang dan Banyutengah (**gambar 1**).

### Mineral Berat

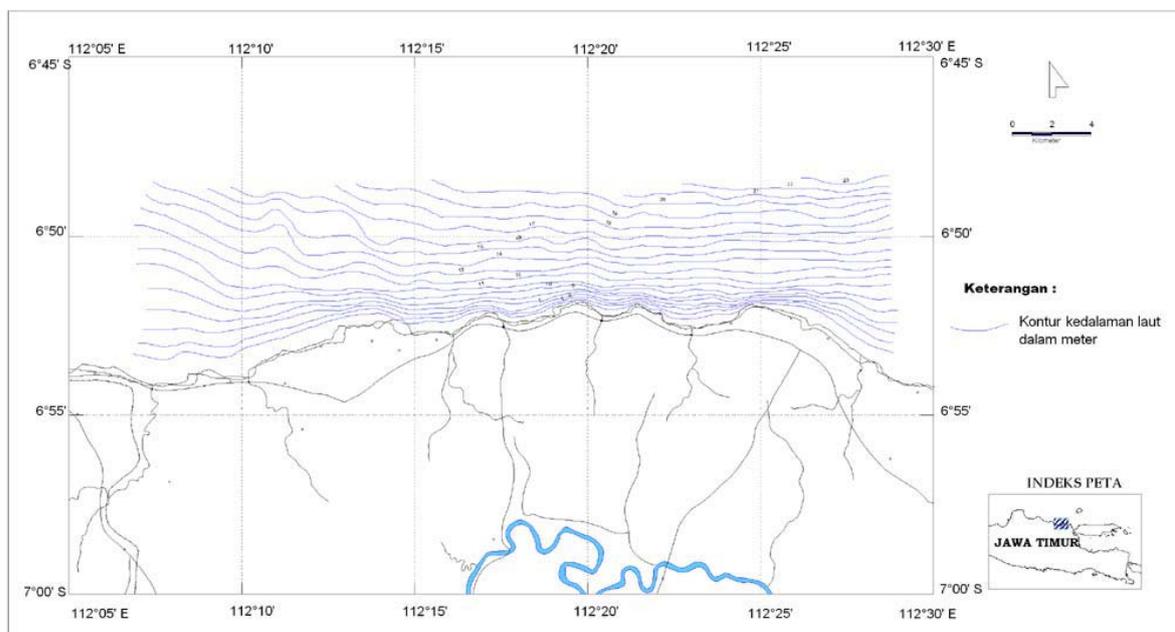
Endapan letakan dapat terbentuk di sepanjang pantai oleh konsentrasi pengaruh aksi gelombang dan arus, dimana material ringan bergerak lebih jauh kemudian yang berat terakumulasi sebagai mineral berat (Jensen, 1981). Dari 83 percontohan sedimen terdapat 26 lokasi yang mengandung fraksi pasir dan dapat dilakukan analisis mineral beratnya (**gambar 2**). Ragam mineral berat yang teridentifikasi terdiri dari magnetit, hematit, limonit, piroksen, amfibol, biotit, pirit dan rutil (**tabel 1**). Ragam mineral berat ini

umumnya terdapat pada satuan lanau pasiran, pasir lanauan dan pasir (**gambar 3**). Ragam mineral berat dengan kadar terkecil adalah magnetit 0,35 ppm sedangkan yang tertinggi adalah amfibol 22,53 ppm.

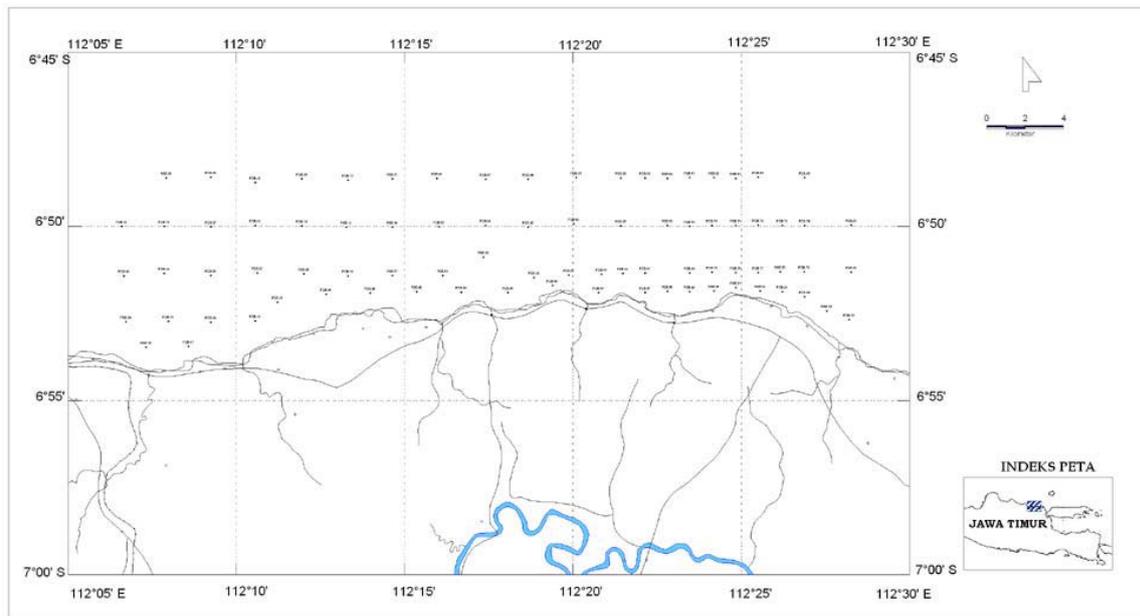
Penarikan garis kontur untuk arah pendugaan sumber batuan asal tidak memungkinkan oleh karena secara kuantitatif, besaran kadar ppmnya tidak beraturan. Namun demikian dicoba untuk dibahas berdasarkan individu besaran kadar ppm tiap percontoh. Berdasarkan penggolongan mineral berat (Folk,1980) dapat dipisahkan kedalam 4 (empat) kelompok yaitu mineral opak, mika, metastabil dan ultrastabil.

**Mineral opak**, terdiri dari magnetit, hematit, limonit dan pirit, masing-masing mempunyai kadar antara 0,35 - 6,14 ppm, 0,35 - 3,29 ppm, 0,51 - 1,61 ppm dan 0,63 - 11,26 ppm.

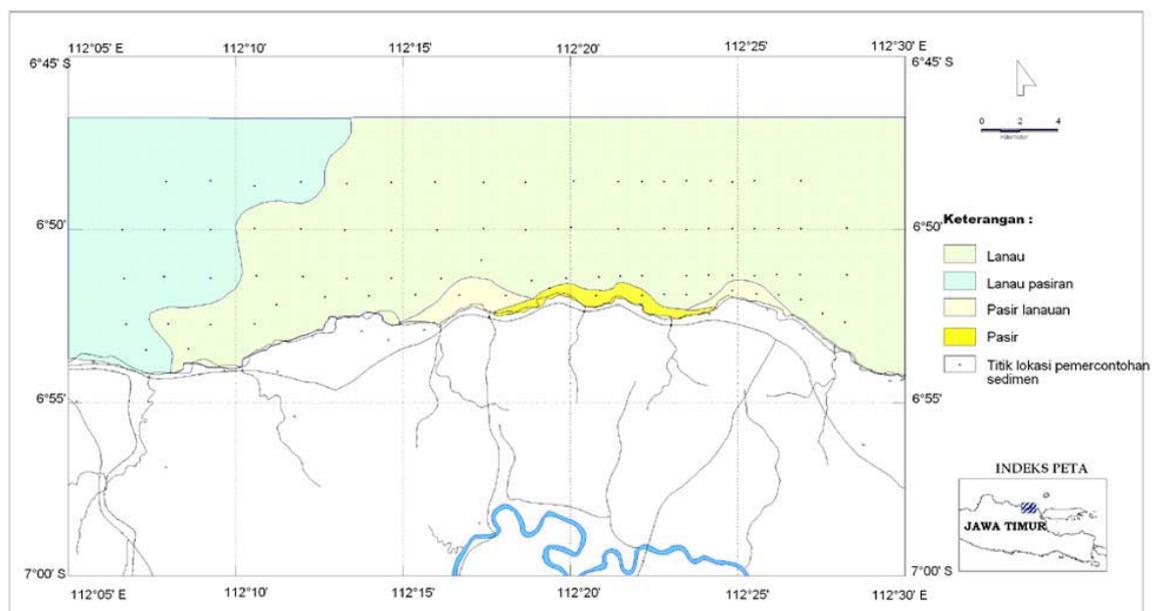
Magnetit/ $Fe^{+2}Fe_2^{+3}O_4$  ini mempunyai bentuk membundar, ditemukan pada 9 lokasi percontohan yang tersebar di pantai-lepas Kali Klero dan pantai antara Brondong-Paciran, dan terdapat pada satuan lanau pasiran, pasir lanauan dan pasir dengan kadar tertinggi 6,14 ppm (PGB.30). Kecilnya kadar magnetit berkaitan dengan penyusun batuan daratnya adalah batugamping. Magnetit memiliki berat jenis tinggi, stabilitas menengah dan tidak terlarut dalam lingkungan oksidasi. Dengan berat jenis tinggi kemungkinan pengendapan secara mekanik sebagai terigenous sedimen



Gambar 1. Peta batimetri daerah perairan Paciran dan sekitarnya, Lamongan Jawa Timur



Gambar 2. Peta lokasi pengambilan contoh sedimen daerah perairan Paciran dan sekitarnya, Lamongan Jawa Timur



Gambar 3. Peta sebaran sedimen permukaan daerah perairan Paciran dan sekitarnya, Lamongan Jawa Timur

tidak akan terangkut jauh dari sumbernya. Pada lingkungan marin magnetit dapat terbentuk secara autigenik dibawah kondisi reduksi, terutama jika berasosiasi dengan glaukonit. Ditinjau dari kadar tertinggi yang tidak lajim yaitu berada di lepas pantai dan terkadang dijumpai adanya glaukonit (Kamiludin, 1999) maka kemungkinan sebagian terbentuk secara insitu.

Hematit/ $Fe_2O_3$  mempunyai sifat fisik merah-kehitaman, bentuk tipis menyudut, teridentifikasi di 20 lokasi percontohan yang tersebar di pantai-lepas Kali Klero, pantai

antara Brondong-Paciran dan Layar-Banyutengah, dan terdapat pada satuan lanau pasir, sebagian kecil pasir lanauan, pasir dan lanau dengan kadar tertinggi 3,29 ppm terdapat pada percontoh PGB.23. Limonit/ Hydrated  $Fe_2O_3$  &  $FeO(OH)$  ditemukan pada 5 lokasi percontohan yang tersebar di pantai antara Brondong-Paciran dengan kadar tertinggi 1,61 ppm (PGB.46). Di bawah kondisi tropik kedua mineral sekunder ini dapat terbentuk dari hasil oksidasi mineral yang mengandung besi (alterasi magnetit) atau residu setelah karbonat dan batuan silikat ("laterite") terlarut.

Endapan Mineral Berat di Perairan Paciran dan Sekitarnya, Lamongan Jawa Timur (U. Kamiludin, et.al)

Tabel 1. Jenis Mineral Berat

| JENIS MINERAL<br>(PPM)   | NOMOR CONTOH |              |              |             |              |              |              |              |             |               |               |              |              |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
|                          | PGB. 21      | PGB. 22      | PGB. 23      | PGB. 24     | PGB. 25      | PGB. 26      | PGB. 27      | PGB. 28      | PGB. 29     | PGB. 30       | PGB. 31       | PGB. 32      | PGB. 33      |
| <b>MINERAL BERAT</b>     |              |              |              |             |              |              |              |              |             |               |               |              |              |
| Magnetit                 |              |              |              |             |              |              |              |              |             | 6.14          |               | 0.35         | 2.92         |
| Ilmenit                  |              |              |              |             |              |              |              |              |             |               |               |              |              |
| Hematit                  | 1.28         | 0.84         | 3.29         | 1.5         | 1.32         | 1.75         | 2.16         | 0.36         | 0.42        |               | 1.68          | 1.06         |              |
| Limonit                  |              |              |              |             |              |              |              |              |             |               |               |              |              |
| Piroksen                 | 1.07         | 0.67         | 4.38         | 1.13        | 1.32         | 4.9          | 1.89         | 0.89         | 0.85        | 7.17          | 3.35          | 1.77         | 4.22         |
| Amfibol                  | 6.82         | 4.52         | 13.69        | 5.44        | 11.11        | 5.78         | 10.8         | 8.02         | 5.93        | 22.53         | 12.08         | 4.26         | 8.44         |
| Biotit                   | 0.64         | 0.5          | 1.64         | 0.75        | 0.53         | 0.53         | 0.81         | 0.71         | 0.42        |               | 1.68          | 0.71         | 0.97         |
| Pirit                    | 1.71         | 1.84         | 5.48         | 2.25        | 4.76         | 2.63         | 2.7          | 1.78         | 1.83        | 11.26         | 2.68          | 1.42         | 3.9          |
| Rutil                    |              | 1            | 1.1          | 0.56        | 0.79         | 0.7          | 0.81         | 0.36         | 0.28        | 3.07          | 1.01          | 0.71         | 0.65         |
| <b>NON MINERAL BERAT</b> |              |              |              |             |              |              |              |              |             |               |               |              |              |
| Dolomit                  | 18.55        | 11.04        |              | 12.75       | 18.79        | 13.13        | 21.06        | 12.84        | 11.01       | 360.42        | 52.34         | 8.87         | 39.29        |
| Cangkang                 | 15.78        | 15.22        | 69.01        | 19.32       | 24.87        | 15.76        | 24.29        | 17.12        | 12.56       | 242.67        | 61.06         | 7.1          | 28.25        |
| <b>J U M L A H</b>       | <b>45.85</b> | <b>35.63</b> | <b>98.59</b> | <b>43.7</b> | <b>63.49</b> | <b>45.18</b> | <b>64.52</b> | <b>42.08</b> | <b>33.3</b> | <b>653.26</b> | <b>135.88</b> | <b>26.25</b> | <b>88.64</b> |

| JENIS MINERAL<br>(PPM)   | NOMOR CONTOH |               |              |              |              |             |             |              |              |             |              |              |              |
|--------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
|                          | PGB. 34      | PGB. 35       | PGB. 36      | PGB. 37      | PGB. 43      | PGB. 44     | PGB. 45     | PGB. 46      | PGB. 47      | PGB. 51     | PGB. 52      | PGB. 55      | PGB. 56      |
| <b>MINERAL BERAT</b>     |              |               |              |              |              |             |             |              |              |             |              |              |              |
| Magnetit                 |              | 5.39          | 1.56         |              | 1.19         | 1.53        |             | 2.02         | 2.25         |             |              |              |              |
| Ilmenit                  |              |               |              |              |              |             |             |              |              |             |              |              |              |
| Hematit                  |              |               | 0.63         |              | 0.68         | 0.85        | 0.35        | 3.23         | 1.35         |             | 0.91         | 0.8          | 1.14         |
| Limonit                  |              |               | 0.63         |              | 0.51         | 0.51        |             | 1.61         |              |             | 0.54         |              |              |
| Piroksen                 | 1.38         | 3.59          | 2.19         | 1.21         | 0.85         | 0.68        |             | 0.81         | 3.15         |             |              |              | 1.91         |
| Amfibol                  | 5.86         | 13.02         | 11.27        | 4.45         | 1.53         | 1.7         | 0.35        | 2.02         | 1.8          | 0.38        | 0.18         |              | 4.58         |
| Biotit                   | 0.69         | 0.9           | 1.25         |              |              |             |             |              |              |             |              |              | 1.14         |
| Pirit                    | 2.41         | 3.14          | 5.01         | 3.24         | 4.77         | 4.26        | 1.38        | 9.28         | 1.35         | 0.63        | 2.9          | 2.14         | 6.48         |
| Rutil                    |              | 1.35          | 0.94         | 0.81         |              |             |             | 0.81         |              |             |              |              |              |
| <b>NON MINERAL BERAT</b> |              |               |              |              |              |             |             |              |              |             |              |              |              |
| Dolomit                  | 13.44        | 101.44        | 17.53        | 17.41        | 7.15         | 6.81        | 2.42        | 20.59        | 13.07        | 4.39        | 9.44         | 4.55         | 9.54         |
| Cangkang                 | 9.65         | 63.74         | 12.21        | 12.15        | 11.4         | 11.06       | 4.67        | 34.71        | 8.11         | 3.26        | 15.07        | 6.96         | 14.87        |
| <b>J U M L A H</b>       | <b>33.43</b> | <b>192.57</b> | <b>53.22</b> | <b>39.27</b> | <b>28.08</b> | <b>27.4</b> | <b>9.17</b> | <b>75.08</b> | <b>31.08</b> | <b>8.66</b> | <b>29.04</b> | <b>14.45</b> | <b>39.66</b> |

Pirit/FeS<sub>2</sub> dijumpai pada seluruh percontohan yang di analisis dengan sifat fisik kuning pucat, bentuk framboidal dan terkadang mengisi cangkang foraminifera kecil ("cavity filling"). Tersebar di pantai-lepas pantai kali Klero, pantai Brondong-Paciran dan Layan-Banyutengah, masing-masing tempat mempunyai kadar tertinggi 11,26 ppm, 9,28 ppm dan 6,48 ppm. Pirit selain sebagai terigenous sedimen terlihat sebagian terbentuk autigenik seperti mengisi cangkang foraminifera kecil.

Unsur utama pembentuk mineral opak tersebut di atas ditunjang oleh analisis kimia (**tabel 2**), terlihat adanya kandungan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> antara 3 - 5 % (Kamiludin, 1999).

Keberadaan magnetit, hematit dan pirit yang selalu ditemukan di muara Kali Klero, Kali Asinan Brondong dan Kali Sibra Banyutengah diperkirakan mempunyai kaitan erat dengan kongkresi batugamping besian dan nodul pirit Formasi Kujung yang tersingkap di bagian selatan hulu-hulu sungainya.

**Mineral mika**, hanya biotit/ $K(Mg,Fe)_3(Al,Fe)Si_3O_{10}(OH)_2$ , dijumpai pada 16 percontohan dengan sifat fisik coklat-coklat muda dengan bentuk membandar-

menyudut tanggung. Kadar mika berkisar antara 0,42 ppm dan 1,68 ppm, terkonsentrasi pada satuan lanau pasiran di perairan pantai-lepas pantai kali Klero dengan kadar tertinggi dijumpai pada percontoh PGB.31. Analisis kimia terlihat adanya unsur utama penyusun mika yaitu K, Mg, Fe, Al dan Si dalam senyawa K<sub>2</sub>O, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub>.

**Mineral metastabil**, yakni piroksen dan amfibol, masing-masing mempunyai kadar antara 0,67 - 7,17 ppm dan 0,18 - 22,53 ppm.

Amfibol terdapat pada seluruh percontohan, sebaliknya piroksen relatif tidak. Piroksen mempunyai sifat fisik hijau kekuningan, umumnya jenis augit, sebagian diopsid, prismatic pendek dengan bentuk menyudut tanggung-menyudut. Sedangkan amfibol mempunyai sifat fisik hijau kecoklatan, jenis hornblenda, prismatic memanjang dengan bentuk sama dengan piroksen. Kedua jenis mineral tersebar di pantai-lepas Kali Klero dan pantai Brondong-Kemantren, masing-masing dengan kadar tertinggi 7,17 ppm dan 22,53 ppm terdapat pada percontoh PGB.30. Kecilnya kadar dan ketidakhadiran piroksen dalam sebagian percontohan dibandingkan dengan amfibol yang selalu ada dan lebih

Tabel 2. Unsur-unsur Utama Kimia (*Chemical Major Elements*)

| UNSUR-UNSUR<br>UTAMA           | NOMOR CONTOH   |         |         |         |         |         |
|--------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                | PGB. 03        | PGB. 09 | PGB. 15 | PGB. 36 | PGB. 57 | PGB. 69 |
|                                | PERSENTASE (%) |         |         |         |         |         |
| SiO <sub>2</sub>               | 43.20          | 44.60   | 43.80   | 41.50   | 40.90   | 44.30   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16.23          | 15.51   | 12.43   | 9.76    | 17.56   | 16.54   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5.20           | 4.70    | 3.90    | 3.20    | 5.40    | 5.90    |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.78           | 0.76    | 0.68    | 0.64    | 0.88    | 0.82    |
| CaO                            | 5.23           | 6.25    | 11.94   | 16.92   | 4.72    | 4.62    |
| MgO                            | 6.10           | 5.73    | 4.50    | 3.87    | 5.23    | 5.87    |
| K <sub>2</sub> O               | 1.47           | 1.44    | 1.21    | 0.94    | 1.49    | 1.48    |
| Na <sub>2</sub> O              | 4.27           | 3.66    | 3.03    | 2.39    | 4.54    | 4.39    |
| MNO <sub>2</sub>               | 0.06           | 0.06    | 0.06    | 0.05    | 0.08    | 0.07    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.34           | 0.36    | 0.94    | 0.29    | 0.29    | 0.34    |
| LOI                            | 15.31          | 15.24   | 12.70   | 19.49   | 16.02   | 14.89   |

besar, disebabkan karena sifat piroksen yang mudah terlarut dalam lingkungan marin setelah diendapkan (Folk, 1980). Piroksen dan amfibol memiliki stabilitas menengah dan merupakan dua macam dari sekian banyak macam mineral pembentuk batuan. Sebagian unsur utama pembentuk kedua mineral ini yaitu Mg, Ca dan Si terlihat dari analisis kimia dalam senyawa MgO, CaO dan SiO<sub>2</sub>. Kehadiran kedua jenis mineral ini kemungkinan dibawa oleh arus sejajar pantai dari sumber batuan vulkanik yang berada di sebelah barat daerah telitian.

**Mineral ultrastabil**, hanya rutil/TiO<sub>2</sub>, dijumpai pada 16 percontohan dengan sifat fisik bening hijau-kekuningan dengan bentuk membundar baik-menyudut tanggung. Kadar rutil antara 0,36 - 3,07 ppm, terkonsentrasi pada satuan lanau pasiran di perairan pantai-lepas pantai kali Klero dengan persentase tertinggi pada percontoh PGB.30. Unsur utama pembentuk rutil terlihat dari hasil analisis kimia berupa titanium oksida (TiO<sub>2</sub>) antara 0,62-0,88 %. Melihat batuan penyusun didominasi batugamping maka tidak tertutup kemungkinan kehadiran rutil akibat adanya alterasi.

### **Simpulan**

- Dasar laut perairan Paciran dan sekitarnya umumnya mengandung mineral berat berupa magnetit, hematit, limonit, piroksen, amfibol, biotit, pirit dan rutil.

- Magnetit, hematit dan pirit mempunyai kaitan erat dengan Formasi Kujung yang sebagian batuanannya mengandung kongkresi batugamping besian dan nodul pirit.
- Piroksen, amfibol dan biotit diduga terkumpul oleh arus sejajar pantai dari sumber batuan vulkanik yang berada di sebelah barat daerah telitian.

### **Daftar Pustaka**

- Folk, R.L., 1980, *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas.
- Hartono., 1973, *Peta Geologi Lembar Tuban*, Jawa, Direktorat Geologi Bandung.
- Situmorang, R. Smith dan E.J. Van Vesse., 1992, *Peta Geologi Lembar Jatirogo-Jawa*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung
- Jensen, M.L. dan Bateman, A.M., 1981, *Economic Mineral Deposits*. Third Edition, John Wiley & Sons.
- Kamiludin, U., Hartono, Suprijadi, D. Arifin, L. Arifin, L. Sarmili dan Nasrun., 1999, *Penyelidikan geologi dan geofisika perairan Paciran dan sekitarnya, Lamongan-Jawa Timur*. Pusat Pengembangan Geologi Kelautan. ❖