

Hubungan Kumpulan Mineral Berat pada Sedimen Pantai dan Lepas Pantai dengan Batuan Asal Darat di Perairan Teluk Pelabuhan Ratu, Jawa Barat

D. SETIADY

Puslitbang Geologi Kelautan
Jln. Dr. Junjuran 236, Bandung 40174

SARI

Berdasarkan kontur kedalaman, morfologi dasar laut di sebelah selatan daerah penelitian sangat terjal, sedangkan di utara landai. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengendapan sedimen adalah dari selatan ke utara dan menerus ke arah barat. Hal ini didukung oleh pola arus di sekitar daerah penyelidikan. Kestabilan batuan pada morfologi perbukitan di sekitar Sungai Cimandiri berhubungan dengan proses erosi, pelapukan, dan transportasi di pantai dan lepas pantai. Keberadaan mineral di daerah penyelidikan akibat proses tersebut, terakumulasi di sekitar muara Sungai Cimandiri, dari pantai sampai ke lepas pantai. Mineral tersebut diendapkan oleh arus sejajar pantai di sekitar pantai Daerah Cibelendung sampai Karangbeureum. Mineral magnetit dan mineral piroksen dominan sepanjang pantai lepas pantai perairan Teluk Pelabuhan Ratu. Kehadiran mineral augit dan diopsid menunjukkan batuan asalnya adalah batuan beku basa (basal). Berdasarkan hal tersebut kemungkinan batuan sumber mineral-mineralnya adalah batuan beku basa (basal), sedangkan kehadiran mineral horeblendita dan biotit menunjukkan batuan asalnya adalah batuan beku intermedier (andesit).

Kata kunci: augit, diopsid, basal, horeblendita, biotit, Pelabuhan Ratu

ABSTRACT

Based on the depth contour, the sea bottom morphology in southern part of the researched area is very steep, while in the northern area it is sloped slightly. It shows that sedimentation process is from south to the north and continues to the west. It is supported by the current process in studied area. Rock slope stability of hilly morphology in the Cimandiri River area is related to weathering, erosion, and transportation process in coastal and nearshore areas. The presence of mineral in the studied area caused by those processes, was accumulated in the mouth of Cimandiri River, coastal, and nearshore areas. Those minerals were deposited in Cibelendung to Karangbeureum nearshore area by the long-shore current. Magnetite and pyroxene minerals are dominant along the coastal and offshore areas of Pelabuhan Ratu Bay. The presence of augite and diopside shows that the source rock is basic igneous rocks (basalt), while the presence of hornblende and biotite minerals tend to indicate that the source rock is intermediate igneous rocks (andesite).

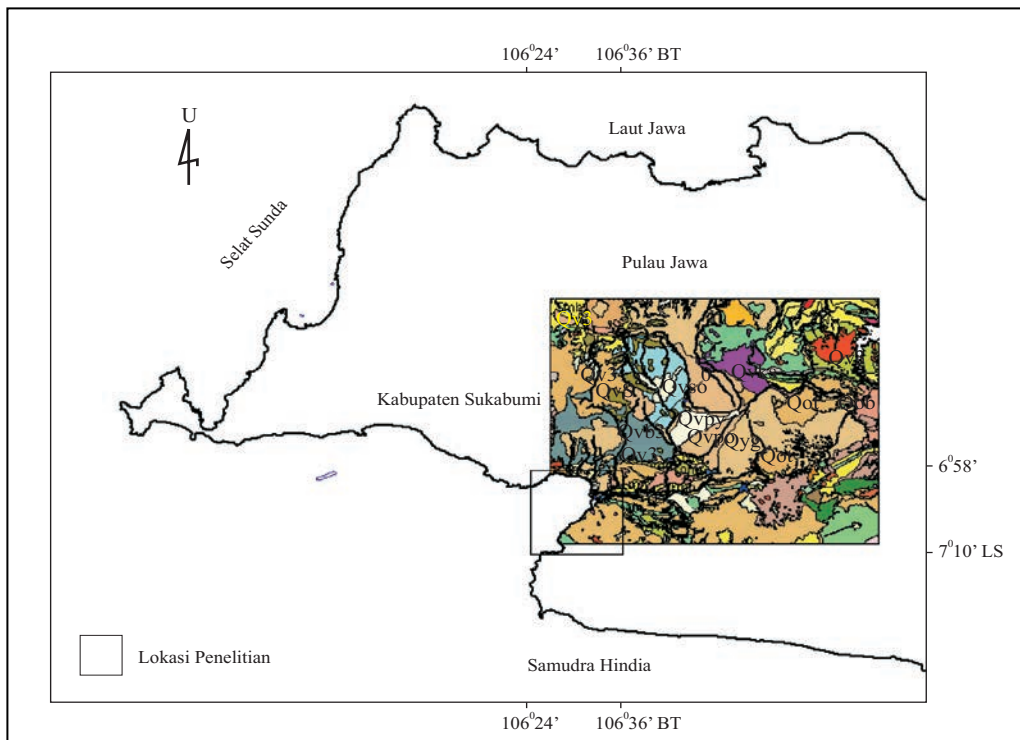
Kata kunci: augite, diopside, basalt, hornblende, biotite, Pelabuhan Ratu

PENDAHULUAN

Daerah penelitian (Gambar 1) terletak di perairan Kabupaten Sukabumi, kurang lebih 60 km ke arah selatan dari Kota Sukabumi. Lokasi penelitian dimulai dari perairan sekitar Karangbeureum sebelah barat

sampai ujung selatan daerah Ciletuh. Berdasarkan peta lokasi pengambilan percontohan, koordinat daerah penelitian terletak antara 106°24' - 106°36' Bujur Timur dan 6°58' - 7°10' Lintang Selatan.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kumpulan mineral yang terdapat di pantai dan



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.

lepas pantai perairan Teluk Pelabuhan Ratu, serta hubungannya dengan batuan induk yang terdapat di daerah penyelidikan berdasarkan asosiasi mineral.

Tataan geologi daerah penelitian dapat diketahui berdasarkan Peta Geologi Lembar Pelabuhan Ratu (Sukamto, 1975) dan Lembar Leuwidamar (Sujatmiko dan Santosa 1992).

Tektonika di Jawa Barat umumnya dipengaruhi oleh tektonika regional yang dicirikan oleh deformasi batuan bantuh (perlapisan batuan serpih hitam tergeruskan, bongkah batuan, zona breksi, serta foliasi batuan sedimen). Deformasi ini terjadi pada Kala Kapur Akhir hingga Paleosen Akhir-Eosen Tengah. Tektonika berikutnya terjadi pada Kala Eosen - Oligosen, sehingga batuan di daerah Ciletuh yang berumur Eosen - Oligosen terlipat dengan arah sumbu lipatan timur laut - barat daya, juga terjadi deformasi dengan arah sumbu $U280^{\circ}T$ (Suparka, 1980). Pada Kala Miosen Tengah terjadi kegiatan tektonika lagi yang mengakibatkan di Jawa Barat Selatan terjadi pergeseran vertikal, dan di beberapa tempat mengalami pelipatan kuat serta pergeseran, menghasilkan sesar-sesar bongkah dengan arah timur laut - barat daya dan utara barat laut - selatan tenggara

hingga barat laut - tenggara (Suparka, 1980). Akibat proses tektonika ini Tinggian Sukabumi, Rendahan Cibadak - Pelabuhan Ratu, Zona Cimandiri, serta Lajur Jampang bagian utara mengalami pelipatan dan pensesaran longitudinal. Kegiatan tektonika Plio-Plistosen mengakibatkan terjadinya pelipatan dan pengangkatan di seluruh Jawa Barat. Pada Kala Kuarter, kegiatan tektonika ditandai oleh gempa bumi dan aktivitas gunung api Kuarter, dengan episentrum gempa bumi berkaitan dengan sesar-sesar yang berkembang sebelumnya.

Dari hasil penelitian Sukamto (1975) dapat disimpulkan:

- Formasi Citirem terdiri atas diabas dan basal. Setempat-setempat dijumpai sienit, andesit, dan spilit yang kebanyakan berupa aliran lava. Sebagian memperlihatkan struktur bantal, amigdaloidal, dan sedikit berubah secara hidrotermal. Formasi ini merupakan satuan batuan vulkanik berumur Pratersier.
- Anggota Cikarang Formasi Jampang, dicirikan oleh litologi tuf dan tuf lapili berselingan dengan tuf berbatuapung, batupasir berbatuapung, tuf gampingan, batulempung tufan,

batupasir gampingan, napal tufan, napal globigerina; sisipan lava, breksi yang sebagian bersifat konglomerat, breksi tuf, batugamping tufan, dan batugamping terbreksikan (Sukanto, 1975). Setempat-setempat dijumpai bola tuf. Batuan vulkanik yang dijumpai pada umumnya terpropilitkan. Satuan ini berumur Miosen Awal, dengan tebal keseluruhan sekitar 2500 m, terletak tak selaras menindih Formasi Ciletuh.

- Formasi Bentang Bagian Atas yang terdiri atas tuf kristal, tuf abu, dan tuf litik, pada umumnya napalan dan berbatuapung, berselingan dengan batupasir tufan, napal tufan, dan batugamping napalan, setempat-setempat glokonitan; dan napal yang kaya akan Globigerina. Umur satuan ini Miosen Akhir hingga Pliosen dengan ketebalan maksimum 350 m. Satuan ini terletak selaras menindih Formasi Cibodas.

Analisis Batuan Dasar didasarkan pada satu asumsi yang menyatakan bahwa setiap tipe batuan (atau kelompok batuan) sumber cenderung memiliki kumpulan mineral tertentu, sehingga adanya suatu kumpulan mineral dalam tubuh sedimen tertentu akan mengindikasikan tipe batuan sumbernya. Walau demikian, perlu selalu disadari bahwa komposisi suatu sedimen tidak hanya dipengaruhi oleh batuan sumber, namun juga oleh proses pelapukan, pengangkutan, diagenesis, dan daur ulang partikel mineral. Berdasarkan hal tersebut, maka penulis melakukan pendekatan terutama pada kumpulan mineral berat.

METODE PENELITIAN

Analisis mineral berat merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam penentuan asal batuan, dan penjelasan di bawah ini terutama akan ditujukan pada berbagai hal mengenai mineral berat dan kaitannya dengan batuan sumber.

Mineral berat adalah mineral yang memiliki berat jenis lebih besar daripada medium yang digunakan untuk memisahkannya dari mineral ringan. Karena itu, sebenarnya istilah mineral berat tidak merujuk pada mineral dengan batasan berat jenis tertentu. Proses pemisahan mineral berat dari mineral ringan biasanya dilaksanakan dengan menggunakan larutan berat (terutama dengan Bromoform; BJ 2,85-2,89). Karena itu, secara operasional, mineral berat didefi-

nisikan sebagai mineral yang memiliki berat jenis $\geq 2,90$ (Friedman dan Sanders, 1978).

Lokasi pemercontohan sedimen, titik kedalaman, dan lokasi pemboran ditentukan dengan melihat kondisi geologi daerah penyelidikan terutama kaitannya dengan mineral dan batuan yang terdapat sepanjang pantai daerah penelitian. Geologi daerah tersebut yang ditampilkan pada Gambar 2 adalah berdasarkan Peta Geologi Lembar Pelabuhan Ratu (Sukanto, 1975), dan Lembar Leuwidamar (Sudjatmiko dan Santosa, 1992).

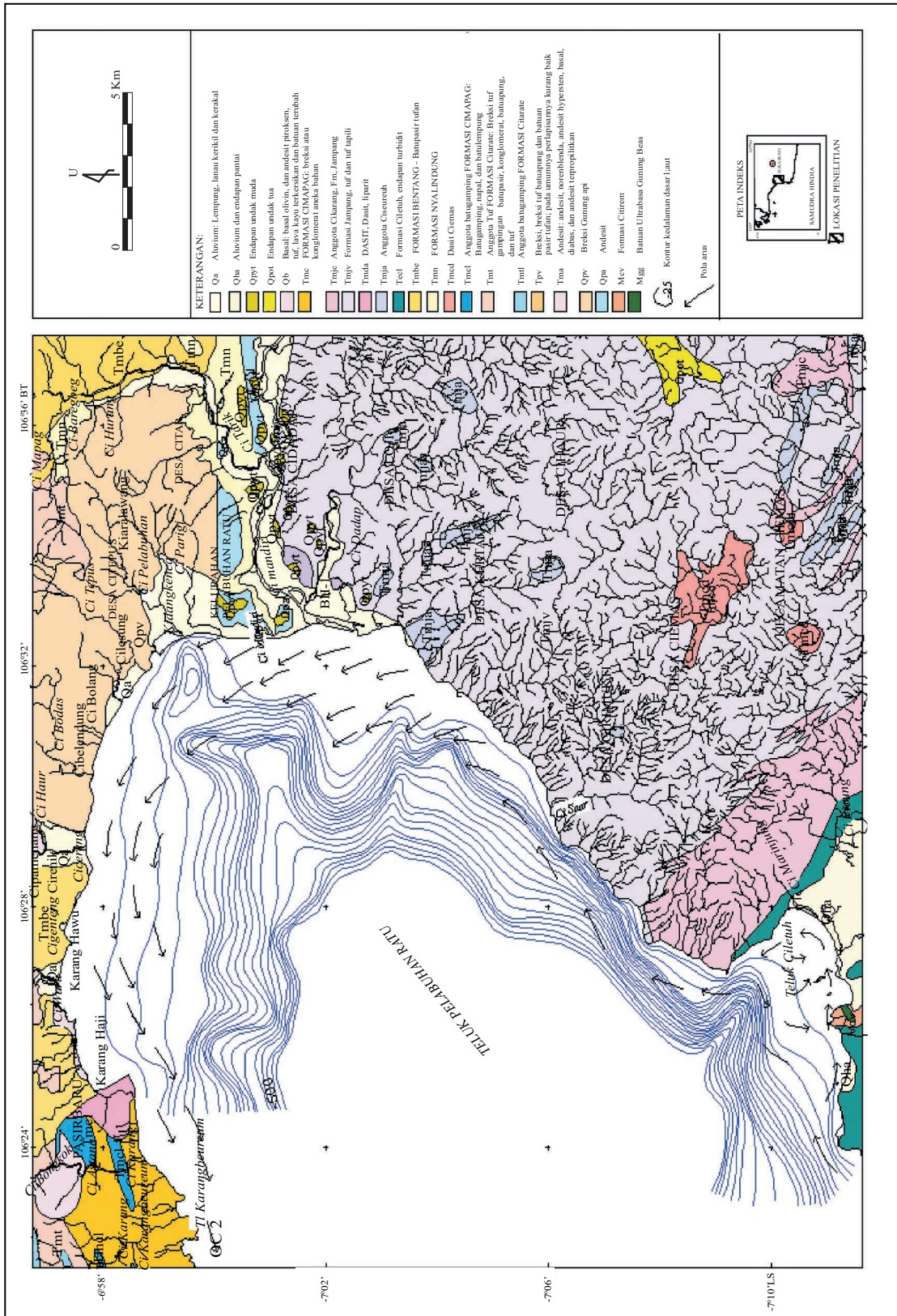
Berkaitan dengan hal tersebut di atas, telah dilakukan pemercontohan sedimen pantai pada delapan lokasi dengan menggunakan bor tangan (BTSB) dan 31 pemercontohan sedimen dan batuan beku di pantai (PBS), sedangkan percontoh laut sebanyak 61 lokasi dengan menggunakan pemercontoh comot, serta dua lokasi bor mesin (BH) (Gambar 3).

Pada 37 percontoh sedimen telah dilakukan analisis mineral berat, dan pemisahan mineral berat dilakukan dengan menggunakan larutan berat Bromoform (BJ 2,88). Jadi mineral berat yang diperoleh mempunyai berat jenis sama dan atau lebih besar dari 2,88. Adapun kandungan setiap mineral berat (dalam persen) tiap lokasi didapat berdasarkan hasil perkalian antara perbandingan jumlah mineral yang bersangkutan terhadap jumlah keseluruhan mineral berat yang ada dengan persen total mineral berat. Persen total mineral berat ini diperoleh dengan membandingkan berat mineral berat dengan berat asal kering dan kemudian mengalikannya dengan perbandingan antara berat mineral 3 phi terhadap berat mineral hasil Bromoform, tentu saja setelah dikurangi berat mineral yang bersifat magnet (dengan menggunakan *hand magnet*). Analisis mineral berat dilakukan terhadap butiran dengan ukuran besar butir 3 phi, kemudian dilakukan analisis mikroskopis secara langsung terhadap kandungan mineral tersebut.

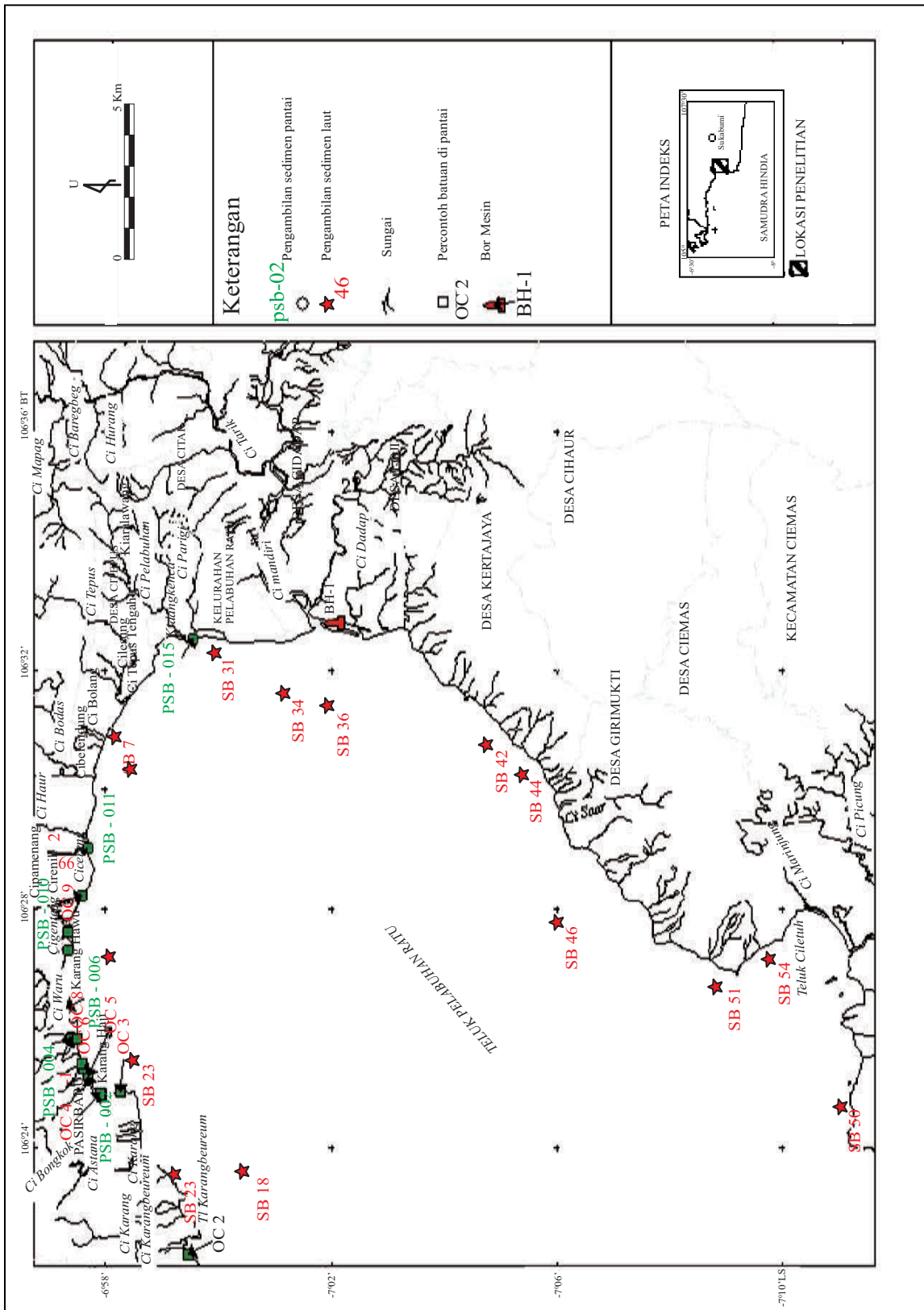
HASIL PENELITIAN

Morfologi daerah penelitian berdasarkan kemiringan lereng dan litologi (Faturochman dan Setiady 2006), dapat dibedakan menjadi tiga macam:

- Satuan morfologi dataran rendah yang tersusun oleh aluvium yang menempati daerah muara Sungai Cimandiri. Pola aliran sungai sebagian



Gambar 2. Peta geologi, kontur kedalaman, dan pola arus daerah perairan Kabupaten Sukabumi dan sekitarnya.



Gambar 3. Peta lokasi pengambilan percontoh sedimen.

besar berpola dendritik, sementara pada daerah dataran aluvium sungai tersebut bermeander yang mengindikasikan kedewasaan Sungai Cimandiri.

- Satuan morfologi perbukitan bergelombang, berupa perlipatan yang menempati muara Sungai Ciletuh sampai muara Sungai Cimarunjung. Satuan ini merupakan sumbu lipatan yang mempunyai arah timur laut - barat daya.
- Satuan morfologi perbukitan terjal yang mempunyai kemiringan lereng terjal (Gambar 4). Pada daerah tertentu, yaitu di sekitar Karang Hawu dan Cisaar, Desa Kertajaya dan Desa Girimukti, batuan pembentuknya didominasi oleh batuan beku.



Gambar 4. Morfologi perbukitan terjal dengan lembah yang tererosi pada bagian bawahnya.

Hasil analisis kestabilan lereng (*slope stability*) memperlihatkan bahwa, morfologi dataran didominasi oleh erosi alur, sedangkan morfologi perbukitan bergelombang didominasi oleh rayapan tanah. Sementara itu, morfologi perbukitan terjal didominasi oleh jatuhnya batuan dan longsoran setempat, yang berhubungan dengan proses pelapukan, erosi, dan transportasi.

Berdasarkan hal tersebut, maka kumpulan mineral pada sedimen di pantai dan lepas pantai berhubungan dengan ketiga proses di atas, yang terdapat di bagian hulu ataupun sepanjang pantai.

Terhadap 37 percontoh sedimen telah dilakukan analisis mineral berat yang terdiri atas lima belas percontoh sedimen permukaan dasar laut (SB), dan tujuh percontoh sedimen pantai di permukaan (PSB) (Gambar 3). Dari hasil analisis didapatkan tiga belas mineral, yaitu: magnetit, piroksen, zirkon, horenblenda, hematit, limonit, augit, diopsid, dolomit, biotit, pirit, kuarsa, dan rutil. (Tabel 1, 2 dan 3).

Sementara analisis petrografis dilakukan terhadap percontoh yang berasal dari enam lokasi singkapan batuan sepanjang pantai Teluk Pelabuhan Ratu, dan masing-masing batuan adalah: basal, andesit horenblenda, andesit basaltis, olivin andesit, basal piroksen, grewake litik, dan tuf.

Kawasan perairan Teluk Pelabuhan Ratu dan sekitarnya, Kabupaten Sukabumi mempunyai panjang garis pantai lebih kurang 72 km, yang terdiri atas muara-muara sungai besar dari ke tujuh sungai yang menempati bagian barat daya, utara, dan barat

Tabel 1. Hasil Analisis Mineral Berat di lepas Pantai Teluk Pelabuhan Ratu, di Permukaan Dasar Laut (dalam %)

Mineral	No. Percontoh	SB 07 (12m)	SB 16 (19m)	SB 18 (8m)	SB 21 (9m)	SB 23 (24m)	SB 25 (19m)	SB 29 (11m)	SB 31 (8m)
	Magnetit		7,22980	3,3105	3,08610	0,84680	0,01460	0,10360	2,05210
Hematit		0,01755	0,08391	0,00865	0,00011	0,00009		0,00108	0,00020
Limonit		0,01103		0,00426				0,00061	
Augit		0,01338	0,09409	0,00679		0,00201		0,00150	0,00016
Diopsid		0,00814	0,01313	0,00306				0,00054	
Horenblenda		0,00579	0,00364	0,00226		0,00035		0,00027	
Biotit		0,00325	0,00219	0,00053		0,00013			
Zirkon		0,00036							
Dolomit		0,00253	0,00802	0,00306	0,00013	0,00067	0,00191	0,00077	0,00032

Tabel 2. Hasil Analisis Mineral Berat di lepas Pantai Kabupaten Sukabumi, di Permukaan Dasar Laut (dalam %)

Mineral	No. Per - contoh							
	SB 36 (8m)	SB 42 (58m)	SB 44 (120m)	SB 46 (12m)	SB 51 (65m)	SB 54 (7m)	SB 50 (24m)	SB 34 (6m)
Magnetit	0,44640	0,15720	0,06330	0,43730	0,24820	0,08460	0,20300	0,98190
Hematit	0,00018	0,00007	0,00064		0,00013	0,00007		0,00018
Limonit	0,00004							0,00028
Augit				0,00560				
Diopsit								
Horenblenda				0,00091				
Biotit								
Zirkon								
Dolomit	0,00083	0,00037	0,00171	0,00126	0,00034	0,00009	0,00017	0,00177

Tabel 3. Hasil Analisis Mineral Berat di Pantai Kabupaten Sukabumi pada Sedimen Hasil Bor Tangan

Mineral	Bor						
	BH 1 (11-12m)	BH 1 (27-28m)	BH 1 (33-34m)	BH 1 (36-37m)	BH 1 (40-41m)	BH 1 (43-44m)	BH 1 (47-48m)
Magnetit	2,88100	2,18680	6,18510	4,18520	5,50510	4,54630	6,10950
Hematit	0,00103	0,00222	0,00125	0,01113	0,00397		0,00325
Limonit					0,00149	0,00046	0,00108
Augit	0,06595	0,04433	0,12667	0,20819	0,16212	0,00371	0,12392
Diopsit	0,00247	0,00397	0,00458	0,01309	0,01243		0,01264
Horenblenda	0,00144	0,00604	0,00208	0,01244	0,01889	0,00278	0,00975
Biotit		0,00111			0,00099		
Zirkon	0,00123						
Dolomit	0,00165	0,00254	0,01166	0,01702	0,00199	0,00232	0,00578
Pirit		0,00127	0,00291	0,00785	0,00199		

lembar peta, yaitu Sungai Ciletuh, Cisaar, Cidapad, Cimandiri, Citepus, Cicareme, dan Cikarang di kawasan lereng dan beberapa Daerah Aliran Sungai/ DAS (*Catchment area*). Sungai-sungai tersebut cenderung dominan membawa muatan mineral dalam sedimen (Gambar 3).

Pola aliran sungai daerah penelitian umumnya subparalel dan subdendritik dengan arah aliran menuju ke arah muara Sungai Cimandiri, melewati lembah-lembah lereng perbukitan bergelombang terjal dengan kemiringan lereng daerah perbukitan berkisar antara 2 % hingga 10 %. Sungai Cimandiri itu sendiri termasuk dalam morfologi dataran rendah

aluvium dengan ketinggian dari 0 – 50 m di atas permukaan laut. Berdasarkan peta geologi (Gambar 2), anak sungai yang mengalir ke Sungai Cimandiri adalah Sungai Citarik dan Sungai Cidapad. Batuan di sekitar Sungai Cimandiri adalah andesit (Qpa), endapan undak muda (Qpyt), dan Formasi Jampang (Tmjv). Sementara batuan di sekitar Sungai Citarik adalah Formasi Bentang (Tmbe), dan Formasi Nyalindung (Tmn). Batuan di sekitar Sungai Cidapad adalah Formasi Jampang (Tmjv) dan anggota Ciseureuh (Tmja). Batuan yang menempati satuan morfologi lembah Sungai Cimandiri ini umumnya adalah aluvium hasil erosi batuan dasar batupasir,

breksi, andesit, dan lava basal. Hasil erosi dan pelapukan formasi tersebut di atas diangkut melalui sungai-sungai tersebut.

Daerah penelitian merupakan daerah tektonika yang kuat, sehingga batuan mudah sekali terdeformasi, tererosi, dan tertransportasi. Longsoran yang banyak dijumpai di daerah sekitar aliran Sungai Cimandiri dan sekitarnya, pada umumnya mempunyai tipe longsoran jatuhnya batuan (*rockfall*) dan nendatan (*slumping*). Hal ini dapat dijumpai di daerah penelitian, termasuk di kawasan Desa Loji.

Pantai merupakan suatu lingkungan yang kompleks dan masih dipengaruhi oleh proses marin dan proses asal darat, sehingga kumpulan mineral yang terdapat pada sedimen tersebut adalah pencerminan mekanisme proses erosi dan pelapukan batuan asal darat, serta transportasi/sedimentasi yang bervariasi, mulai dari arus traksi, saltasi, dan suspensi, serta pencucian oleh gelombang dan arus laut. Dalam hal ini pendekatan yang dilakukan hanya terhadap kumpulan mineral yang terdapat pada sedimen pantai dan lepas pantai dengan batuan yang terdapat sepanjang pantai.

Pantai di daerah penelitian terdiri atas pantai berpasir, pantai berkerikil dan berbongkah, serta pantai berbatuan dasar (batuan beku).

Pantai berpasir dicirikan dengan relief pantai yang rendah (datar), kemiringan tidak lebih dari 8° . Tubuh pantai disusun oleh batuan lunak yang umumnya berupa endapan aluvium, dengan material penyusun berupa endapan pasir homogen dijumpai di sekitar muara Sungai Cimandiri. Pasir pantainya berkembang membentuk suatu delta sepanjang lebih kurang 1,5 km. Secara setempat dan dengan dimensi yang tidak begitu luas pada beberapa tempat karena proses erosi dan transportasi, dijumpai batuan keras bersifat lepas dengan ukuran kerikil hingga kerakal, seperti di Karanghawu, sekitar aliran Sungai Citepus. Pelamparan satuan (tipe) pantai ini terletak di sekitar muara-muara sungai besar, yaitu Sungai Cimandiri dan Sungai Ciletuh, dengan lebar dataran pantai 500 m sampai 1 km dari garis pantai ke arah daratan.

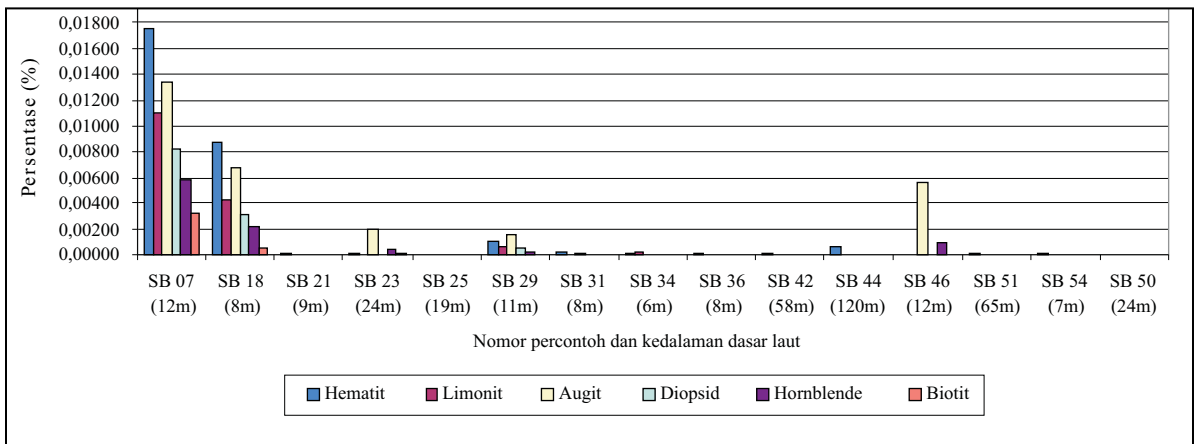
Pantai berkerikil dan berbongkah secara umum dicirikan oleh kemiringan paras pantai yang relatif rendah hingga sedang (tidak lebih dari 12°) dengan pelamparan batuan lepas berukuran kerikil hingga bongkah. Bentuk butir relatif membundar dan bersifat lepas hasil rombakan formasi penyusun tubuh

pantai seperti Anggota Ciseureuh yang terdapat di sekitar pantai Desa Kertajaya dan terlampar pada bentukan pantai berupa teluk. Makin ke arah utara atau mendekati muara, ukuran bongkah makin besar dengan dataran pasir makin sempit. Material lain yang menyusun pantai tipe ini adalah hasil rombakan satuan breksi gunung api yang dijumpai di sekitar muara Sungai Cibodas, Desa Cibelandung serta di selatan daerah penelitian, di sebelah barat muara Sungai Ciletuh. Di utara, pantai tipe ini dijumpai pada bentukan pantai berupa teluk di sisi barat dan timur Tanjung Karanghaji (PSB 004) yang berada di sekitar muara Sungai Cibongkok dan Sungai Ciastana.

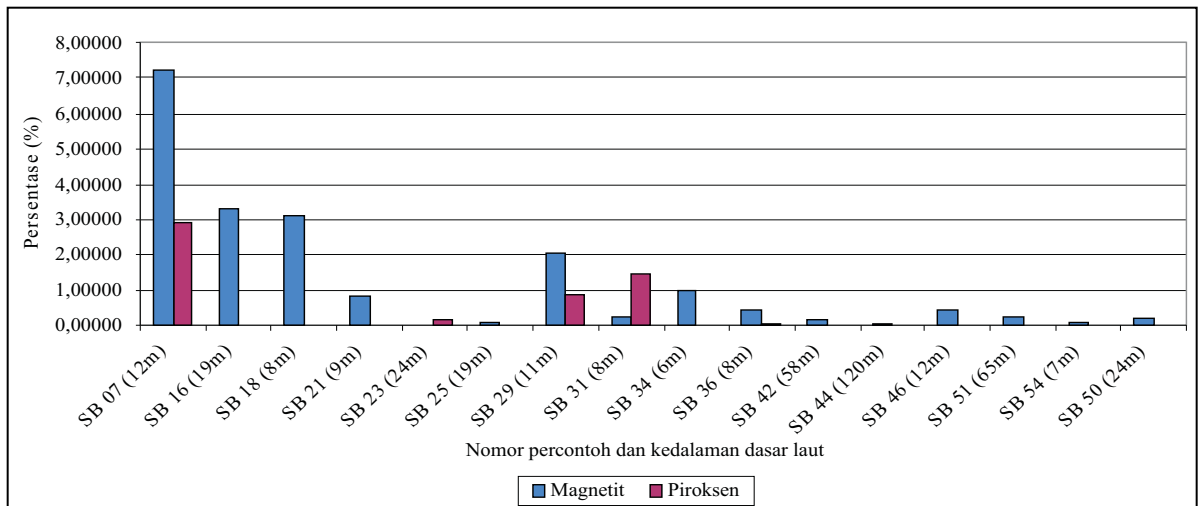
Pantai berbatuan dasar dicirikan oleh penampakan relief atau kemiringan paras pantai yang tinggi (di atas 12°) bahkan di beberapa lokasi kemiringan paras pantai hingga mencapai 60° . Tebing pantainya sekaligus sebagai singkapan batuan formasi. Penyusun paras pantai merupakan satuan batuan yang menempati beberapa tempat di bagian tenggara daerah penelitian; umumnya terdiri atas singkapan-singkapan batuan dasar Formasi Jampang yang berupa batuan lava andesit dengan banyak rekahan diisi oleh kalsit, basal, breksi, dan batupasir. Di beberapa tempat, terutama di bagian selatan daerah penelitian, dijumpai pasir berukuran halus sampai kasar, sedangkan di pantai Tanjung Cisanguh - Tanjung Pamipiran dijumpai fragmen batuan beku berkomposisi andesit sampai basal dan pasir berukuran halus sampai kasar. Tipe ini dicirikan oleh relief tinggi dan bertebing dengan ketinggian mencapai lebih dan 20 m dari permukaan laut. Di beberapa tempat dijumpai pula kantong-kantong pasir dan fragmen batuan seperti yang dijumpai di sekitar pantai Cibutun - Balekambang.

Sementara itu sedimen di permukaan dasar laut daerah penelitian terdiri atas: pasir, pasir lanauan, lanau, lanau pasiran, dan lempung pasiran, warna abu-abu kehijauan sampai abu-abu kehitaman, besar butir pasir halus, bentuk butir, menyudut tanggung sampai membundar tanggung.

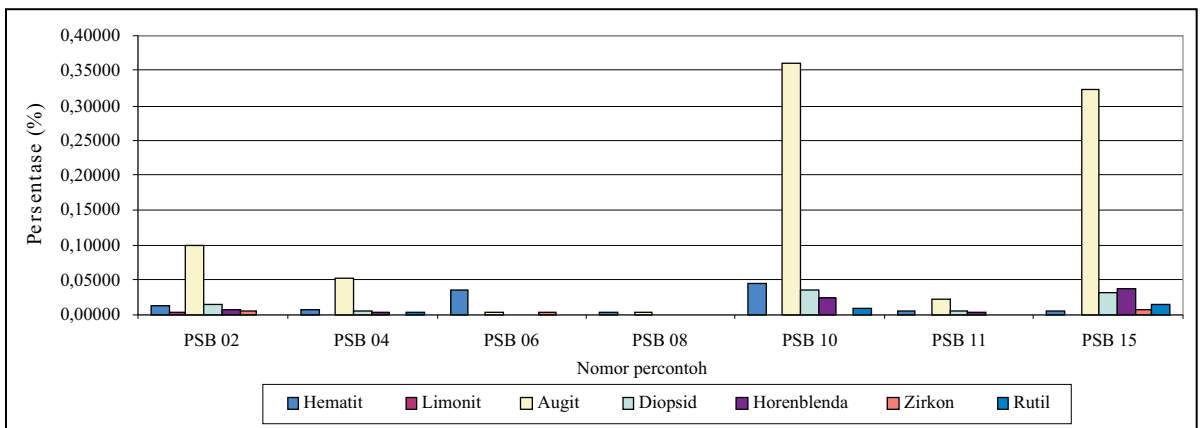
Hasil analisis menunjukkan bahwa mineral berat di lepas pantai (SB) terdiri atas magnetit (0,06330 - 7,22980), hematit (0,00007 - 0,08391 %), limonit (0,00004 % - 0,01103 %), augit (0,00560 - 0,09409 %), diopsid (0,00054 - 0,01313), horeblenda (0,00091 - 0,00579), dan dolomit (0,00009 - 0,00802) (Tabel 1; Gambar 5, 6, dan 7).



Gambar 5. Kandungannya mineral berat di lepas pantai (SB).



Gambar 6. Kandungannya mineral magnetit dan piroksen di lepas pantai.



Gambar 7. Kandungannya mineral berat di permukaan pantai.

Analisis mineral berat terhadap percontohan bor tangan (BTST) di pantai menunjukkan kandungan magnetit (2,29200 - 13,68490 %), hematit (0,00727 - 0,01032 %), limonit (0,00169 % - 0,03367 %), augit (0,05256 - 0,69665 %), diopsid (0,00277 - 0,13242 %), horenbenda (0,00077 - 0,05682), zirkon (0,00573 - 0,01052 %), dan dolomit (0,00646 - 0,06735 %) (Tabel 2).

Sementara itu, kandungan mineral berat di pantai dari hasil analisis percontohan bor mesin (BH-1) terdiri atas magnetit (2,18680 - 6,10950 %), hematit (0,00103 - 0,01113 %), limonit (0,00046 % - 0,00149 %), augit (0,00371 - 0,20819 %), diopsid (0,00247 - 0,01243 %), horenbenda (0,00144 - 0,01889), zirkon (0,00123 %), dolomit (0,00199 - 0,01702 %), pirit (0,00199 - 0,00785), dan kuarsa (0,00054 - 0,01702 %) (Tabel 3). Analisis petrografi batuan sepanjang pantai Teluk Pelabuhan Ratu menunjukkan karakteristik sebagai berikut:

Basal, Lokasi Cibelandung

Sayatan tidak berwarna - kecoklatan, hipokristalin, porfiritik, *intersertal*. Fenokris terdiri atas plagioklas, piroksen, zeolit, serisit, dan mineral bijih yang tertanam dalam massa dasar mikrolit plagioklas, piroksen, dan gelas vulkanik. Batuan ini termasuk ke dalam batuan vulkanik ekstrusif (*extrusive igneous rocks*), tipe *mesosilicic rocks* (kandungan silika SiO_2 52 - 65 %), terbentuk pada kondisi mirip dengan andesit, yaitu bertekanan rendah dan mempunyai suhu tinggi. Basal ini biasa berasosiasi dengan batuan andesit, banyak mengandung olivin, piroksen, dan plagioklas; terbentuk pada lapisan atas dasar laut (biasanya berbentuk lava bantal). Kemungkinan basal ini dari Formasi Citirem.

Andesit Horenbenda, Lokasi Cibelandung

Sayatan tidak berwarna, hipokristalin, porfiritik, *intergranular*, *intersertal*, subhedral - anhedral, struktur aliran (*trachytic*). Komposisi mineral terdiri atas plagioklas, mineral bijih, biotit, horenbenda, dan mineral lempung (serisit) yang tertanam dalam massa dasar mikrolit dan gelas. Batuan ini termasuk jenis batuan vulkanik ekstrusif tipe *persilicic rocks* (kandungan silika SiO_2 > 65 %), terbentuk pada kondisi tekanan rendah dan mempunyai suhu yang tinggi. Biasanya berbentuk aliran lava atau kubah apabila terjadi di daerah yang diduga ada aktivitas tektonika, umumnya berasosiasi dengan batuan basal.

Andesit Basatis, Lokasi Desa Loji

Sayatan berwarna terang - abu-abu kecoklatan, hipokristalin, porfiritik, *intergranular*, subhedral - anhedral; fenokris terdiri atas plagioklas, dan mineral bijih, sedangkan mineral ubahan adalah karbonat yang tertanam dalam massa dasar mikro kristalin dan gelas. Batuan ini termasuk ke dalam batuan vulkanik ekstrusif, *persilicic rocks* (kandungan silika SiO_2 > 65 %); terbentuk pada kondisi tekanan rendah dan mempunyai suhu yang tinggi; biasanya berbentuk aliran lava atau kubah apabila terjadi di daerah yang di duga ada aktivitas tektonika, umumnya berasosiasi dengan batuan basal. Batuan ini telah mengalami sedikit ubahan, terlihat dari pengamatan mikroskopis sebagian fenokris telah mengalami ubahan menjadi mineral lempung.

Basal, Lokasi Desa Kertajaya

Sayatan berwarna terang - abu-abu terang, hipokristalin, porfiritik, masa dasar afanitik, *intergranular*, subhedral-anhedral; fenokris terdiri atas plagioklas, piroksen, mineral bijih, serta mineral ubahan karbonat yang tertanam dalam massa dasar mikro kristalin dan gelas. Batuan ini termasuk ke dalam batuan tipe batuan vulkanik ekstrusif, jenis *mesosilicic rocks* (kandungan silika SiO_2 52 - 65 %); terjadi pada kondisi yang mirip dengan andesit, yaitu bertekanan rendah dan mempunyai suhu tinggi. Umumnya berasosiasi dengan batuan andesit, banyak mengandung olivin, piroksin, dan plagioklas, dan terbentuk pada lapisan atas dari dasar laut (biasanya berbentuk lava bantal). Batuan ini banyak mengandung piroksen sehingga dinamakan piroksen basal.

Grewake Litik, Lokasi Desa Kertajaya

Sayatan tidak berwarna sampai abu-abu kecoklatan, butiran membundar tanggung sampai menyudut tanggung, berukuran halus sampai sedang, kemas terbuka, pemilahan baik, butiran terdiri atas felspar, kuarsa, piroksen, fragmen batuan, dan mineral bijih; matriks tersusun oleh gelas, karbonat, dan mineral lempung. Batuan ini termasuk ke dalam batuan sedimen klastika, dihasilkan oleh arus bawah laut yang bergerak ke daerah tepi lereng benua yang kemudian terendapkan secara bertahap, biasanya tahap awal yang khas dari proses pergerakan tektonika. Banyak mengandung material yang tidak stabil, kaya akan kuarsa dan chert ± 75 %, serta mengandung fragmen batuan.

Tuf, Giri Mukti

Analisis sayatan memperlihatkan tipe klastika, pemilahan buruk, bentuk butir menyudut tanggung, kemas terbuka; terdiri atas kristal kuarsa, epidot, klorit, zoisit, dan mineral bijih yang tertanam dalam matriks mineral lempung dan gelas. Batuan ini termasuk ke dalam batuan piroklastika, biasanya berukuran kasar, terdapat sisipan lava pada pola letusan campuran antara eksplosif dan efusif, dan secara kimiawi termasuk ke dalam felsik atau intermedier.

Basal Piroksin, Lokasi: Ciletuh

Sayatan berwarna terang - abu-abu terang, porfiritik, holokristalin, *intergranular*; fenokris terdiri atas plagioklas, piroksen, mineral bijih, dan mineral ubahan berupa klorit, yang tertanam dalam massa dasar mikrokristalin dan gelas. Batuan ini termasuk ke dalam batuan vulkanik ekstrusif tipe *mesosilicic rocks* (kandungan silika SiO_2 52 – 65 %), yang terbentuk pada kondisi tekanan rendah dan suhu tinggi; biasa berasosiasi dengan andesit; mengandung banyak olivin, piroksin, dan plagioklas. Batuan ini banyak mengandung piroksen, sehingga dinamakan piroksen basal; terbentuk pada lapisan atas dasar laut (biasanya berbentuk lava bantal).

Basal dan andesit yang terdapat di daerah penyelidikan berasal dari Formasi Andesit Tua, grewak berasal dari Formasi Ciletuh, sedangkan tuf berasal dari Anggota Cikarang Formasi Jampang.

PEMBAHASAN

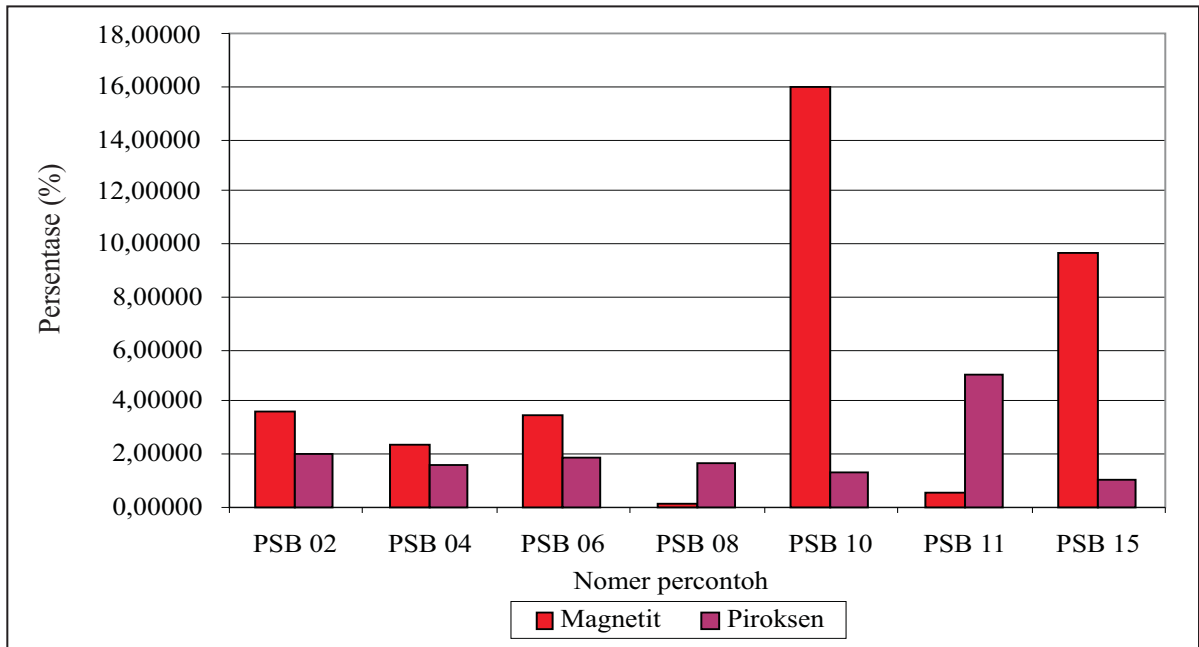
Dalam Gambar 2 yang menampilkan peta geologi dan kontur kedalaman dasar laut, terlihat bahwa sebelah selatan daerah penyelidikan sekitar Cisaar, morfologinya sangat terjal. Hal ini menunjukkan bahwa pada daerah ini proses erosi sangat tinggi. Semakin ke utara, morfologi dasar laut semakin landai sehingga memungkinkan terjadinya pengendapan sedimen. Sungai yang terbesar di daerah penyelidikan adalah Sungai Cimandiri yang merupakan daerah sesar yang kuat; batuan di sini mengalami pensesaran, pelapukan, transportasi, dan akhirnya terjadi sedimentasi di sekitar muara Sungai Cimandiri. Berdasarkan hal tersebut maka batuan induknya yang berupa andesit (Qpa;

Gambar 2) diasumsikan berasal dari hulu Sungai Cimandiri. Kontur kedalaman dasar laut, semakin ke utara dan ke arah barat semakin landai, sehingga sedimen hanya diendapkan di sekitar Cibelandung sampai Cikarang. Hal ini sesuai dengan pengukuran arus yang dilakukan oleh Geurhaneu (Setiady drr., 2005), yang menunjukkan arus sejajar pantai dari selatan menuju utara kemudian ke arah barat (Gambar 2).

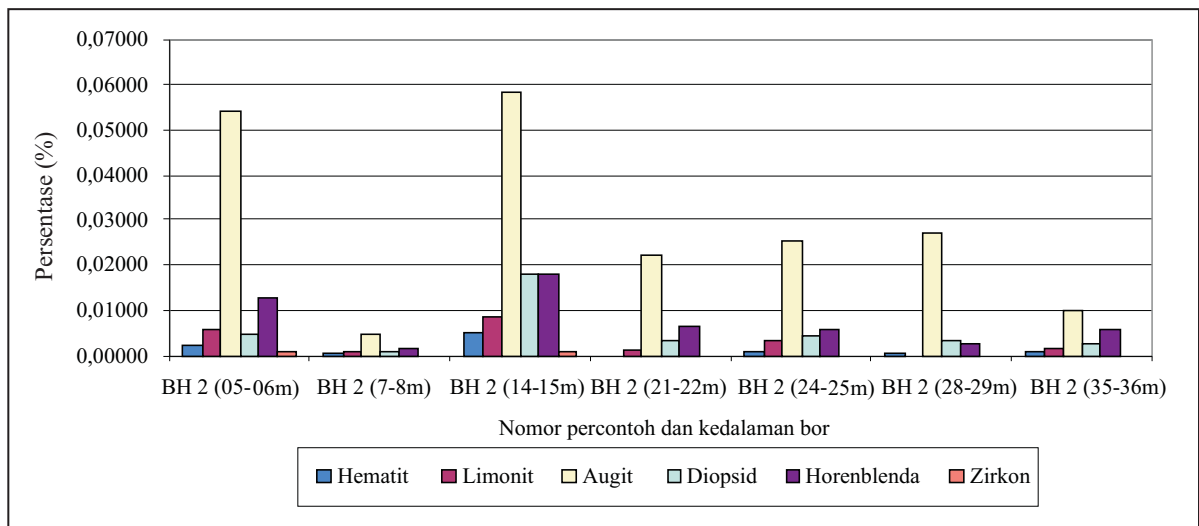
Hasil analisis mineral berat di pantai dan lepas pantai, memperlihatkan bahwa kandungan mineral berat di lepas pantai Cibelandung sampai Teluk Ciletuh secara umum semakin mengecil ke arah Teluk Ciletuh, kecuali augit pada percontoh SB-46 sangat tinggi (Gambar 5). Kandungan mineral berat, magnetit, dan piroksen di SB-07 (Cibelandung), tempat tersingkapnya batuan basal dan andesit horenblenda, sangat tinggi. Namun ke arah Ciletuh kandungan magnetit dan piroksen mengecil (Gambar 6). Hal ini menunjukkan kemungkinan bahwa sumber batuan tersebut adalah andesit horenblenda dan basal yang berada di sekitar Desa Cibelandung. Sementara keberadaan augit yang tinggi kemungkinan mengindikasikan adanya batuan basa di sekitar daerah tersebut (Pettijohn, 1975).

Diagram kandungan mineral berat sepanjang pantai dari Cikarang sampai Cibelandung, memperlihatkan bahwa secara umum kandungan mineral beratnya membesar ke arah Teluk Cibelandung (Gambar 7). Demikian juga dengan kandungan magnetit dan piroksen (Gambar 8). Hal ini menunjukkan bahwa batuan sumber kemungkinan berada di sekitar Desa Cibelandung, yaitu andesit horenblenda dan basal; sedangkan kandungan augit yang tinggi pada PSB-10 kemungkinan mengindikasikan adanya batuan basa di sekitar daerah tersebut (Pettijohn, 1975).

Berdasarkan diagram kandungan mineral berat dari data bor BH-1 di Desa Loji (Gambar 9) terlihat bahwa secara umum kandungan mineral augit relatif semakin membesar ke bawah. Kandungan mineral magnetit juga semakin tinggi ke arah bawah (Tabel 3; Gambar 10). Hal ini menunjukkan bahwa batuan sumber di Desa Loji ini berasal dari batuan andesit atau basal, yang banyak mengandung mineral magnetit dan augit (Pettijohn, 1975). Mineral magnetit dan augit mempunyai berat jenis yang sangat tinggi, sehingga semakin ke dalam semakin besar. Lokasi bor BH-1 terletak di sekitar muara Sungai Cimandiri, sehingga kandungan



Gambar 8. Kandungan magnetit sepanjang pantai perairan Kabupaten Sukabumi.



Gambar 9. Kandungan mineral berat dari BH-1.

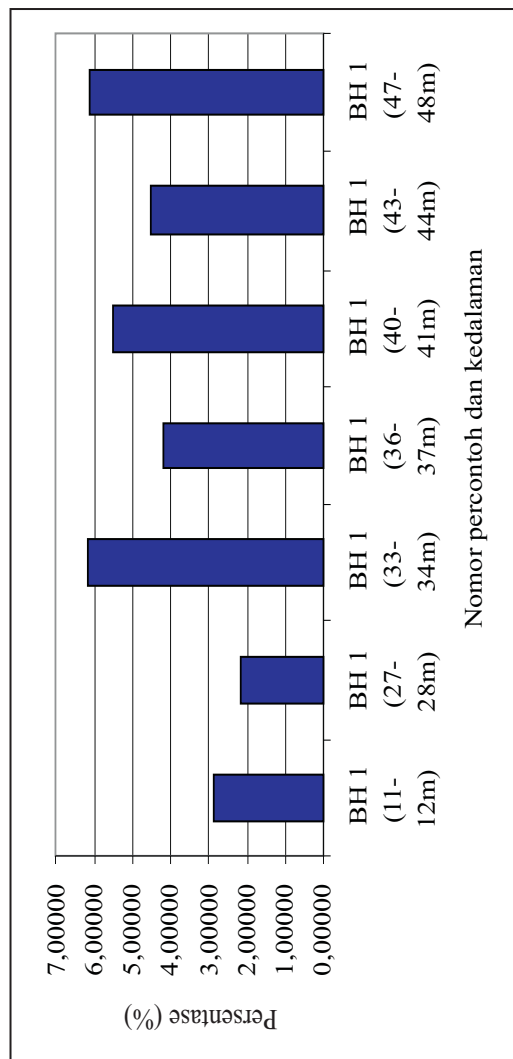
mineral yang terdapat di lubang bor BH-1 diduga sumbernya berasal dari Sungai Cimanjiri. Hal ini ditunjukkan oleh garis kontur kandungan mineral magnetit, piroksen, dan hematit seperti tersaji pada Gambar 11, 12, dan 13. Mineral-mineral yang terkumpul di sekitar muara Sungai Cimanjiri terbawa oleh arus sejajar pantai, kemudian terendapkan di sekitar Cibelandung sampai Ciastana.

Kehadiran beberapa kumpulan mineral berat dalam suatu sedimen kemungkinan besar mengindikasikan bahwa sedimen tersebut berasal dari beberapa tipe batuan sumber (Tabel 4).

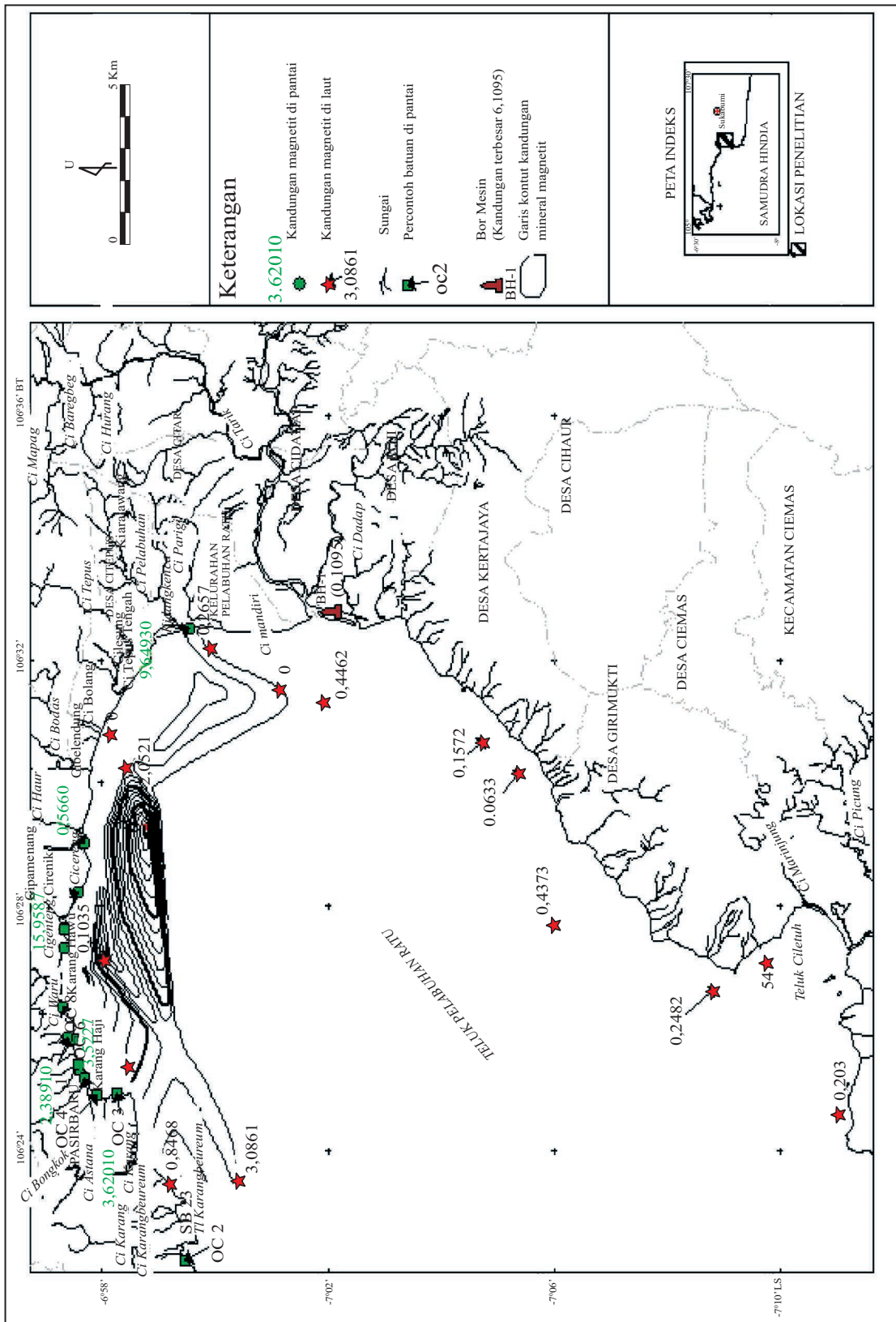
Sepanjang pantai Pelabuhan Ratu kumpulan mineral berat dari arah barat (PSB-01) ke arah timur (Cibelandung PSB-15) semakin tinggi kandungannya, sedangkan magnetit dan piroksen kandungan-

Tabel 3. Hasil Analisis Mineral Berat di Pantai dengan Bor Mesin (BH) (Perairan Teluk Pelabuhan Ratu, Jawa Barat)

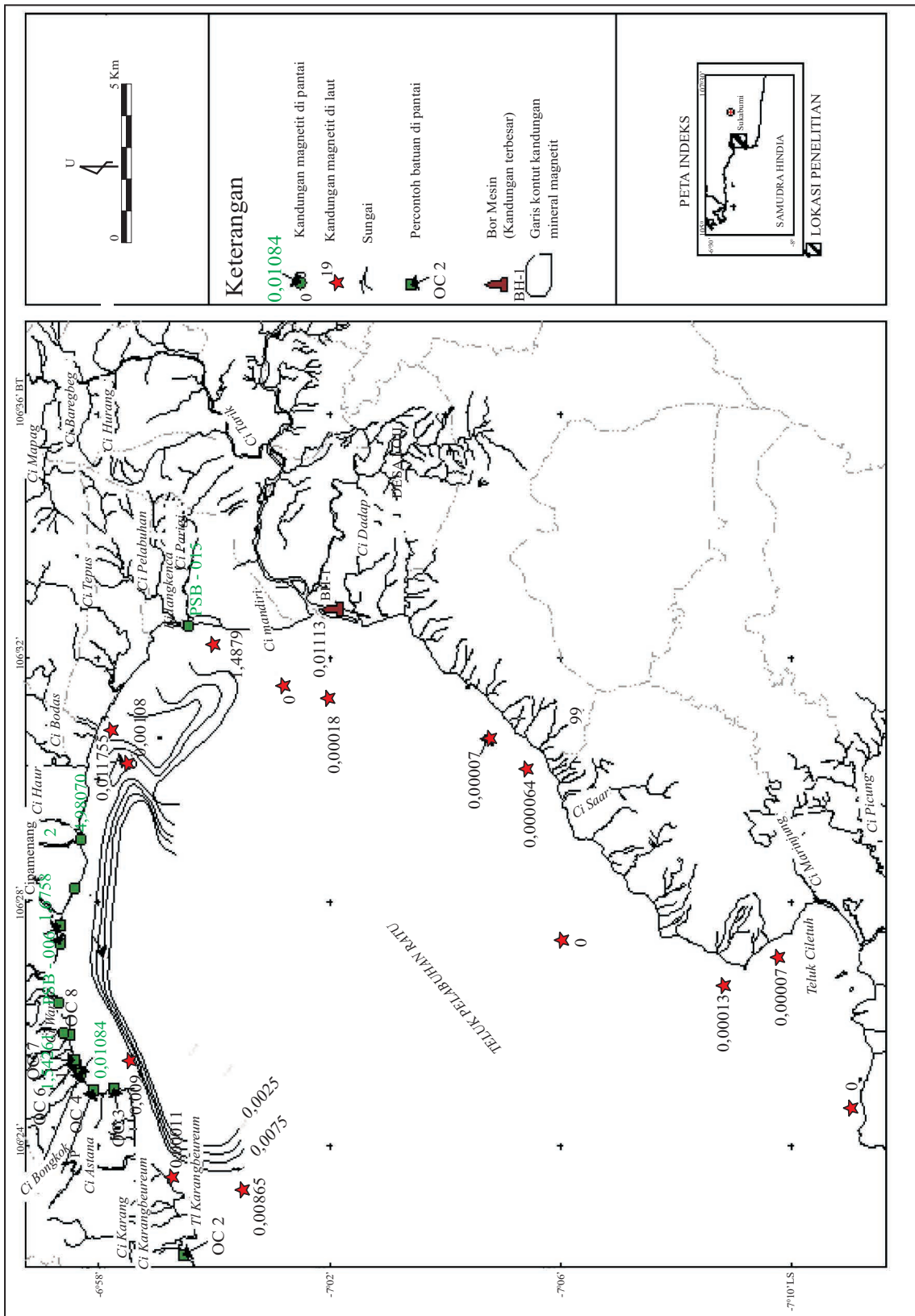
Mineral	Bor														
	BH 1 (11-12m)	BH 1 (27-28m)	BH 1 (33-34m)	BH 1 (36-37m)	BH 1 (40-41m)	BH 1 (43-44m)	BH 1 (47-48m)	BH 1 (11-12m)	BH 1 (27-28m)	BH 1 (33-34m)	BH 1 (36-37m)	BH 1 (40-41m)	BH 1 (43-44m)	BH 1 (47-48m)	
Magnetit	2,88100	2,18680	6,18510	4,18520	5,50510	4,54630	6,10950	Horenblenda	0,00144	0,00604	0,00208	0,01244	0,01889	0,00278	0,00975
Hematit	0,00103	0,00222	0,00125	0,01113	0,00397	0,00325	Zirkon	0,00123							
Limonit					0,00149	0,00046	0,00108	Biofit	0,00111						0,00099
Augit	0,06595	0,04433	0,12667	0,20819	0,16212	0,00371	0,12392	Pirit	0,00127	0,00291	0,00785	0,00199			
Diopsid	0,00247	0,00397	0,00458	0,01309	0,01243	0,01264									



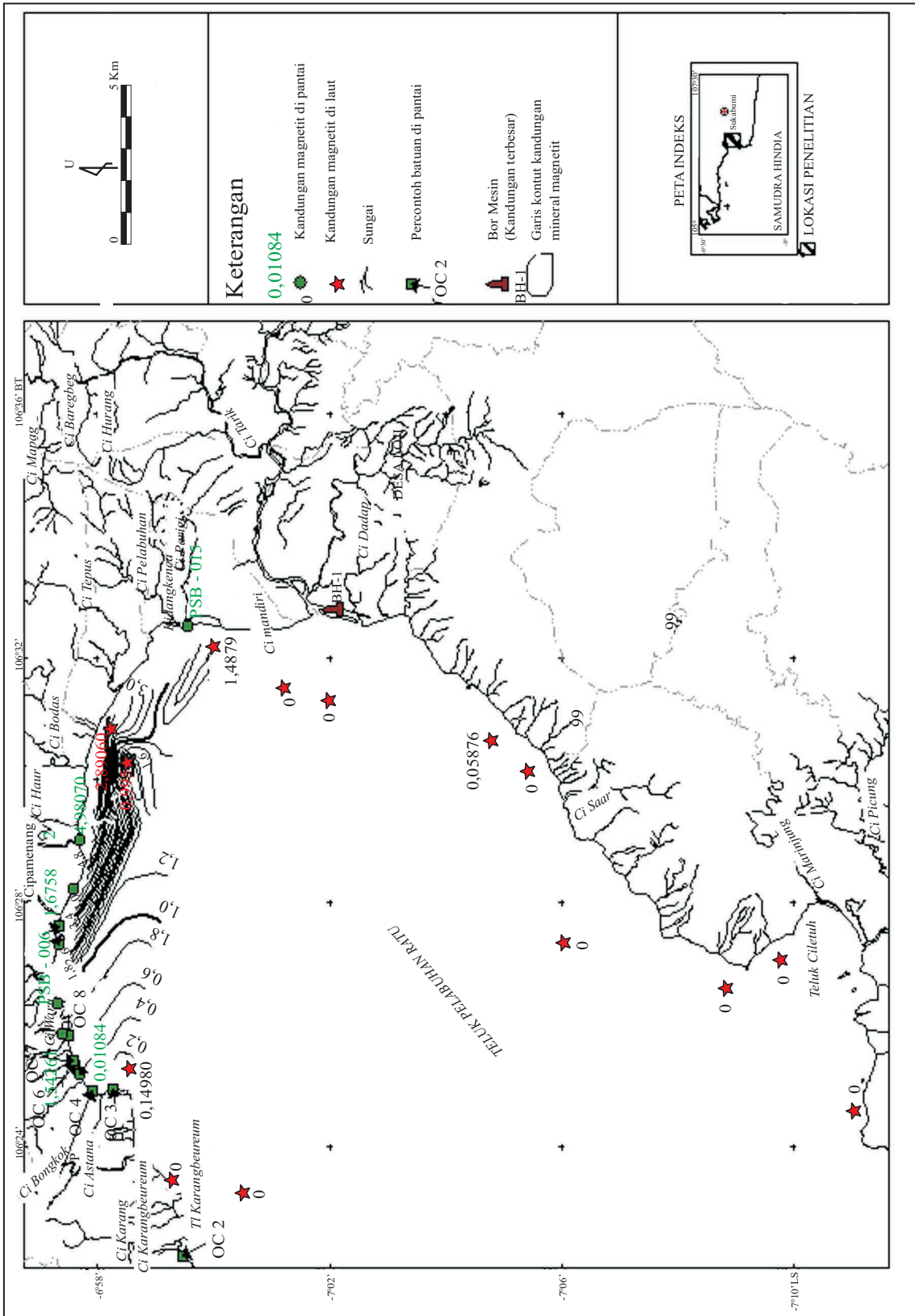
Gambar 10. Kandungan magnetit hasil bor mesin di Desa Loji.



Gambar 11. Peta kontur mineral magnetit dan lokasi kandungan mineral magnetit.



Gambar 12. Peta kontur mineral dan nilai kandungan mineral hematit.



Gambar 13. Peta kontur mineral dan nilai kandungan mineral pirosken.

Tabel 4. Beberapa Jenis Mineral Berat dan Batuan Sumbernya (Pettijohn, 1975)

Jenis Mineral	BATUAN SUMBER			
	Batuan beku		Batuan Metamorf	
Berat	Basa	Asam	Hidrothermal	Tkt Tinggi
Augit	x			
Hipersten	x			
Ilmenit	x	x		
Leukosen	x	x		
Magnetit	x	x		x
Olivin	x			
Rutil	x			
Biotit		x	x	x
Hornblenda		x	x	x
Zirkon		x		

nya sangat tinggi dan dominan sepanjang pantai dan lepas pantai Teluk Pelabuhan Ratu. Berdasarkan hal tersebut, maka kemungkinan batuan sumber mineral-mineral tersebut adalah batuan beku basa (basal) dan batuan beku intermedier (andesit).

Di lepas pantai, kumpulan mineral berat sangat tinggi di SB-07 (sekitar Cibelandung), dan semakin berkurang ke arah timur SB-18 dan SB-21 serta ke arah barat (Ciletuh). Berarti kemungkinan batuan sumber kumpulan mineral tersebut adalah batuan basal dan andesit.

Kehadiran mineral tersebut di atas yang dikombinasikan dalam peta kontur terlihat pada Gambar 11, 12, dan 13. Pada peta kontur tersebut, terlihat bahwa mineral magnetit, piroksen, dan hematit di lepas pantai yang mempunyai kandungan besar terletak antara Cibelandungan dan Karangbeureum. Dari percontoh pantai, kandungan mineral tertinggi terdapat di Ciastana. Berdasarkan peta geologi, batuan di Ciastana adalah basal dan andesit piroksen (Qb). Sementara kandungan mineral magnetit, piroksen, dan hematit di lepas pantai sebelah barat sangat kecil. Hal ini berarti batuan induk mineral tersebut adalah andesit yang berasal dari sekitar hulu Sungai Cimandiri. Kemudian oleh arus sejajar pantai dari selatan menuju utara, mineral tersebut diendapkan di sekitar Cibelandung dan Karangbeureum.

KESIMPULAN

Berdasarkan kontur kedalaman dasar laut dan arus sejajar pantai terlihat bahwa di sebelah selatan daerah penyelidikan sekitar Cisaar, morfologinya sangat terjal. Semakin ke utara morfologi dasar laut semakin landai. Hal ini yang menunjukkan bahwa proses pengendapan sedimen dari selatan ke utara menerus ke arah barat, didukung oleh pola arus di sekitar daerah penyelidikan.

Sungai yang terbesar di daerah penyelidikan adalah Sungai Cimandiri yang merupakan daerah sesar yang kuat, sehingga batuan tersebut mengalami pensesaran, pelapukan, transportasi, dan sedimentasi di sekitar muara Sungai Cimandiri.

Di lepas pantai, kumpulan mineral berat sangat tinggi di SB-07 (sekitar Cibelandung), dan semakin berkurang ke arah timur, SB-18 dan SB-21, serta ke arah selatan (Ciletuh). Berdasarkan kandungan mineral magnetit, piroksen, dan hematit, lokasi terbesar di laut terdapat di antara Cibelandung dan dekat Karangbeureum. Sementara dari percontoh pantai, kandungan yang tinggi juga terdapat di sekitar daerah tersebut. Berdasarkan peta geologi batuan induknya adalah batuan basal dan andesit.

Batuan sumber kumpulan mineral tersebut adalah basal dan andesit horenlenda Cibelandung yang termasuk ke dalam Formasi Citirem; dan yang

paling besar adalah andesit (Qpa) yang berasal dari sekitar Sungai Comandiri.

Ucapan Terima Kasih—Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada K. Budiono, L. Sarmili, H.C. Widi, N.C. Aryanto, dan rekan-rekan satu tim lainnya di lapangan, atas kerja sama selama di lapangan sampai selesainya tulisan ini.

ACUAN

- Betekhtin, A., 1956. *A Course of Mineralogy*. Peace Publisher, Moscow, 642 h.
- Folk, R.L., 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hamphill Publishing Company Austin, Texas, h.170 - 174.
- Friedman, G.M. dan Sanders, J.E., 1978. Principles of sedimentology, XIII, New York, John Willey & Son, 792 h.
- Faturochman, A. dan Setiady D, 2006. Dampak Stabilitas lereng terhadap pencemaran di Perairan Pelabuhan Ratu, Sukabumi. *Jurnal Geologi Kelautan*, 4(2), h.35 - 41.
- Hartono, D. dan Aryanto, N. C. 1996. *Buku Panduan Analisis Mineral Berat dan Analisis Mineral Oles* (Laporan Intern PPPGL), h.3 –17
- Setiady, D., Aryanto, N.C., Geurhaneu, N., Sarmili, L., Budiono, K., Catur Widi, dan Setya Budhy, 2005. Potensi *Mineral Lepas Pantai, Perairan Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat*. Laporan intern PPPGL tidak di publikasikan.
- Sukamto, R., 1975. *Peta Geologi Lembar Pelabuhan Ratu*, skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sudjatmiko dan Santoso, S., 1992. *Peta Geologi Lembar Leuwidamar*, skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Pettijohn, F.J., 1975. *Sedimentary Rocks*, 3 rd ed. XII, New York, Harper & Row Publisher, 628 h.