

## GENESA DAN KARAKTERISTIK ENDAPAN PASIR BESI

### GENESIS AND CHARACTERISTICS OF IRON SAND DEPOSITS

Sitti Hafsa Kotarumalos<sup>1\*</sup>, Resti Limehuwey<sup>2</sup>, Warni Multi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Geofisika, Universitas Pattimura; Jl.Ir.M.Putuhena, Poka, Ambon, Maluku; Telp/Fax. (0911) 3684030

[sitti.kotarumalos@fatek.unpatti.ac.id](mailto:sitti.kotarumalos@fatek.unpatti.ac.id)

**Abstrak.** Secara Geografis Kepulauan Indonesia merupakan wilayah yang memiliki potensi sumber daya mineral sangat tinggi. Salah satunya adalah keterdapatannya endapan pasir besi yang cukup melimpah di pesisir Kepulauan Indonesia seperti Pesisir Sumatera, Jawa, Lombok, Sumbawa, Sumba, Flores, Maluku dan Timor. Pembentukan endapan pasir besi dalam jumlah cukup besar dan sebaran yang luas di daerah pesisir tidak terlepas dari berbagai faktor. Faktor – faktor tersebut adalah kandungan unsur besi pada batuan sumber, media transportasi alam berupa aliran air sungai, gelombang laut, dan angin, serta proses geologi seperti pelapukan, erosi, transportasi, dan sedimentasi. Hasil sedimentasi pasir besi termasuk dalam kategori endapan alochton, dengan nilai ekonomi yang disebut oleh para ahli geologi sebagai endapan placer. Endapan pasir besi dapat terbentuk pada lingkungan-lingkungan seperti pada air tawar (daratan berlumpur dan danau), rawa-rawa, lagoon hingga air laut dalam, dimana kondisi pengendapannya akan menentukan susunan mineralogi, ukuran butir, kemurnian, dan luas penyebaran.

**Kata kunci:** cekungan sedimentasi; endapan alochton; endapan placer

**Abstract.** Geographically, the Indonesian Archipelago is an area with very high mineral resource potential. One of them is the presence of iron sand deposits which are quite abundant on the coasts of the Indonesian Archipelago such as the Coasts of Sumatra, Java, Lombok, Sumbawa, Sumba, Flores, Maluku and Timor. The formation of iron sand deposits in large quantities and widely distributed in coastal areas is inseparable from various factors. These factors are the content of iron in source rock, natural transportation media in the form of river flow, sea waves, and wind, as well as geological processes such as weathering, erosion, transportation, and sedimentation. The results of iron sand sedimentation are included in the category of allochton deposits, with economic value referred to by geologists as placer deposits. Iron sand deposits can form in environments such as fresh water (muddy land and lakes), swamps, lagoons to deep seawater, where the depositional conditions will determine the mineralogy composition, grain size, purity, and distribution area.

**Keywords:** sedimentation basin, allochton deposits, placer deposits

#### 1. PENDAHULUAN

Endapan pasir besi merupakan hasil rombakan dari sumber-sumber batuan mengandung unsur besi (Fe) dan cebakan unsur besi yang telah terbentuk sebelumnya. Melalui proses pelapukan, sumber-sumber tersebut diubah menjadi beragam partikel mineral dengan dominan kandungan unsur Fe yang diangkut (transportasi) oleh media (terutama air sungai) dan kemudian terakumulasi pada suatu cekungan sedimen.

Pada endapan primer, akumulasi unsur besi sangat berhubungan dengan sifat-sifat kimia dari magma dan proses magmatisme yang terjadi. Sedangkan pada endapan sekunder khususnya pasir besi, kondisi tersebut sangat dipengaruhi oleh keterdapatannya batuan sumber, media transportasi, cekungan pengendapan, dan proses geologi. Umumnya mineral pembawa besi yang terkandung di dalam endapan pasir besi berasal dari batuan sumber berupa batuan basaltik dan andesitik vulkanik.

Kebutuhan akan besi dari tahun ke tahun makin meningkat. Data dari Diktat Genesa Bahan Galian, Bandung : Departemen Teknik Pertambangan (Darijanto, Dr. Ir. Totok dan Syafrizal ST. MT., 2003), pada saat ini kebutuhan besi baja di Indonesia mencapai sekitar sembilan juta ton pertahun. Bahan baku bijih besi yang digunakan untuk pembuatan besi baja tersebut saat ini masih diimpor. Indonesia sebagai negara yang mempunyai cadangan bijih besi yang melimpah, harus dapat dimanfaatkan sebagai kekayaan alam yang ada sebaik mungkin. Dengan mengetahui karakteristik kualitas dan kuantitas dari endapan bijih besi dalam bentuk endapan pasir besi ini, maka nantinya kita akan dapat menentukan metode eksplorasi yang tepat dan memanfaatkannya dalam bidang industri sesuai dengan kualifikasi dari endapan pasir besi itu sendiri.

## 2. METODE PENELITIAN

Penulisan ini berdasarkan tinjauan dari beberapa pustaka dan situs-situs internet yang berhubungan dengan judul penulisan, kemudian dari pustaka dan situs-situs tersebut dibuat ringkasan yang selanjutnya disusun menjadi sebuah tulisan.

Secara umum pasir besi terdiri dari mineral opak yang bercampur dengan butiran-butiran dari mineral non logam seperti, kuarsa, kalsit, feldspar, ampibol, piroksen, biotit, dan *turmalin*. mineral opak tersebut terdiri dari magnetit, *titaniferous* magnetit, ilmenit, limonit, dan hematit. *Titaniferous* magnetit adalah bagian yang cukup penting merupakan ubahan dari magnetit dan ilmenit. Hematit ( $Fe_2O_3$ ) dan magnetit ( $Fe_3O_4$ ) merupakan contoh mineral utama pada batuan sedimen yang kaya unsur besi. Oleh karena itu, mineral-mineral ini bernilai ekonomis. Kandungan unsur besi tidak hanya terdapat pada mineral tersebut, tetapi juga pada kelompok mineral oksida, hidroksida, karbonat silikat, sulfida, dan endapan-endapan lainnya yang akan memberikan informasi tentang kondisi pengendapan, diagenesa dan proses-proses lainnya yang berlangsung selama pengendapan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Endapan pasir besi memiliki perbedaan genesa dibandingkan dengan mineralisasi logam lainnya yang umum terdapat. Pembentukan pasir besi merupakan produk dari proses kimia dan fisika dari batuan yang berkemposisi menengah hingga basa atau dari batuan bersifat andesitik hingga basaltik yang mengandung unsur besi (Fe).

Mineralogi Endapan Pasir Besi dari mineral-mineral bijih besi magnetit adalah mineral dengan kandungan Fe paling tinggi, tetapi terdapat dalam jumlah kecil. Sementara hematit merupakan mineral bijih utama yang dibutuhkan dalam industri besi. Mineral-mineral pembawa besi dengan nilai ekonomis, susunan kimia dan kandungan Fe serta klasifikasi komersil dapat dilihat pada (Tabel 1).

**Tabel 1.** Mineral-mineral bijih besi bernilai ekonomis (M. L. Jensen & A.M. Bateman, 1981)

Mineral	Susunan kimia	Kandungan Fe (%)	Klasifikasi komersil
Magnetit	FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72,4	Magnetik atau bijih hitam
Hematit	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	70,0	Bijih merah
Limonit	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .nH <sub>2</sub> O	59 – 63	Bijih coklat
Siderit	FeCO <sub>3</sub>	48,2	<i>Spathic, black band, clay ironstone</i>

### 3.1. Genesa Endapan Pasir Besi

Endapan pasir besi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yang pertama merupakan konsentrasi besi primer terjadi karena proses hidrotermal, kedua besi laterit terbentuk karena proses rombakan dan sedimentasi secara kimia dan fisika dari batuan beku, sedimen dan metamorf yang mengandung logam senyawa besi. Besi merupakan logam yang sangat melimpah di alam, karena semua jenis batuan mengandung besi dengan kelimpahannya menempati urutan ke empat dari seluruh elemen penyusun batuan, dan nomor dua setelah alumunium dari logam yang ada di bumi ini. Di Indonesia endapan bijih besi dalam bentuk pasir besi.

#### 3.1.1. Sumber Material

Material yang masuk kedalam endapan mineral sedimen telah diperoleh terutama dari pelapukan batuan sedimen. Berdasarkan mineral pembentukannya maka batuan asal yang menghasilkan unsur Fe dalam jumlah yang besar adalah batuan beku basa hingga ultra basa. Sumber mineral magnetit biasanya terdapat dalam semua jenis batuan. Sering kali dijumpai dalam batuan beku ekstrusif basa (*mafic*) dan ultrabasa (*ultramafic*) sebagai hasil diferensiasi magma. Agak jarang dalam pegmatit dan *hydrothermal vein*. Ditemukan dalam kumpulan yang banyak sebagai batuan sedimen detrital (*alluvial*) dan pasir laut serta gumuk (*dune deposits*) di gurun pasir). Pada lingkungan metamorf mineral ini dibentuk oleh reduksi hematit yang berasal dari disosiasi sulfida dan besi silikat (*iron silicate*). Hematit bisa merupakan mineral sekunder dalam sebagian besar batuan beku, secara khusus lava karena ini di bentuk di bawah kondisi oksidasi. Jarang dalam batuan beku plutonik akan tetapi biasa dalam pegmatit dan *hydrothermal vein*. Mineral ini juga terbentuk sebagai hasil proses sublimasi *volcanic exhalation*.

#### 3.1.2. Pelapukan pada Iklim Tropis dengan Iklim Sedang

Pelapukan pada daerah beriklim tropis dan iklim sub-tropis pada iklim sedang merupakan keterdapatn batuan silikat yang secara ekstensif tidak dapat dipindahkan. Sisa yang ada dalam lempung dengan *oksida*

*hydrous* dari besi dan juga butir-butir sisa kuarsa. Lahan lempung merupakan produk yang umum dari pelapukan batuan seperti itu pada daerah iklim sedang. Di bawah kondisi-kondisi ini, pelapukan batuan tertransport lebih lanjut, pemisahan menjadi lebih banyak dan silikat secara menyeluruh terdekomposisi, tetapi terutama sekali pada air permukaan yang secara ekstensif memisahkan silika di dalam larutan. Hasilnya adalah tanah laterit yang merupakan suatu campuran *hydrous oksida* aluminium dan besi dengan beberapa silika dan pengotor lain. Bahkan silikat aluminium *hydrous* (lempung) dari daerah beriklim sedang adalah *oksida hydrous* aluminium (bauxit).

### 3.1.3. Agen-agen Dekomposisi yang Beroperasi di Permukaan

Keterdapatannya di permukaan adalah air, oksigen, gas asam-arang, asam-alkali, kehidupan hewan dan tumbuh-tumbuhan, serta sebagian dari produk yang dapat larut dari dekomposisi batuan itu sendiri. Tanpa air dekomposisi sedikit terjadi sehingga hidrasi merupakan suatu faktor penting baik dalam disintegrasi maupun dekomposisi.

Gas asam-arang yang larut dalam air adalah bahan pelarut kuat, terutama pada batugamping. Larutan asam seperti asam belerang, ada beberapa sulfat dihasilkan oleh oksidasi sulfida yang merupakan agen aktif proses dekomposisi.

### 3.1.4. Pelarutan dan Transportasi

Bahan pelarut utama adalah air karbonat, asam organik lain dan *humic* serta pelarutan sulfat. Air karbonat merupakan bahan pelarut yang sangat efektif untuk batugamping, besi, mangan, dan fosfor. Dimana besi ada dalam keadaan yang mengandung besi, pelarutannya tidak sulit karena bentuknya dan larut dan tidak stabil. Tetapi besi *ferric* tidak dapat larut dalam air permukaan pada umumnya dan hanya mengalami pelarutan pertama dimana terdapat perubahan yang mengandung besi. Lapisan biji besi yang dibentuk *Precambrian* sebelum tumbuh-tumbuhan atau bahan organik menjadi sangat berlimpah karena tertransport sebagai bikarbonat. Mengandung besi *ferrous bicarbonate* atau dalam keadaan koloidal kalsium karbonat dengan jumlah yang sangat banyak terdapat di dalam pelarutan dan dari kalsium karbonat tertransport ke dalam air pada kedudukan pH yang lebih tinggi, dimana pengendapan dapat terjadi untuk membentuk endapan sedimen.

### 3.1.5. Konsentrasi Sisa

Konsentrasi sisa menghasilkan akumulasi mineral berharga ketika unsur pada batuan dan endapan mineral yang tertransport selama pelapukan. Konsentrasi seharusnya secara meluas menuju suatu penurunan dalam volume yang diakibatkan hampir secara keseluruhan dipengaruhi oleh pelapukan kimia. Residu dapat terus tertimbun sampai volume dan kemurnian dari unsur tersebut sangat penting secara ekonomis.

### 3.1.6. Proses Pembentukan

Pada endapan mineral ekonomis memerlukan keterdapatannya batuan atau lapisan yang berisi mineral berharga dan unsurnya dapat larut di bawah permukaan. Kondisi-kondisi iklim secara kimia mengandung mineral kuarsa yang reliefnya tidak terlalu besar, agar residu yang berharga dapat dihanyutkan dengan cepat ketika dibentuk. *Crustal stabilitas Long-Continue* (stabilitas kerak yang menerus) sangat penting agar residu dapat tertimbun dan endapan tersebut tidak rusak oleh proses erosi.

### 3.1.7. Sedimentasi

Proses pembentukan sedimentasi berbeda dengan penguapan. Sedimentasi tidak hanya dalam pembentukan batuan sedimen pada umumnya tetapi dalam endapan mineral berharga seperti besi, mangan, tembaga, fosfat, batubara, serpih yang mengandung minyak, karbonat, batuan sedimen, lempung, diatomaceous earth (tanah diatome), bentonit, magnesit, belerang, dan secara langsung lebih sedikit yaitu endapan uranium-vanadium. Unsur ini mungkin dianggap sebagai variasi yang luar biasa dari suatu batuan sedimen yang terjadi karena dipengaruhi oleh bahan kimia atau sifat fisis yang terjadi atas material organik dan anorganik. Sumber ini seperti pada batuan sedimenter adalah dari batuan lainnya yang sudah mengalami disintegrasi dan sumber yang terakhir yaitu pada batuan beku. Sebagian material dipeoleh dari endapan sebelumnya.

### 3.1.8. Kondisi Pengendapan

Di bawah kondisi-kondisi pengendapan yang terjadi menentukan bagian besar komposisi secara mineralogi dari endapan yang dihasilkan, ukurannya, kemurnian, dan distribusi baik areal dan secara stratigrafi. Bijih besi sedimen dan mangan diendapkan dalam *fresh water* dan air laut, rawa/payau (*swamp*), danau, *lagoon* (danau di pinggir laut), dan di samudra. Adapun belerang dan fosfat terbentuk pada umumnya di bawah kondisi-kondisi laut.

### 3.1.9. Pemisah Depositional Mangan dan Besi

Pembentukan bijih mangan dan pemisahannya dari besi selama pengendapan terdapat pelarutan karbonat, pemisahan mangan yang terjadi lebih stabil di dalam pelarutan dibanding besi karbonat, karena tertansport lebih jauh dan mengalami pemisahan dengan besi. Pemisah besi dan mangan dalam suatu lingkungan berlangsungnya oksidasi, sebab oksidasi besi diendapkan pada potensi oksidasi yang lebih rendah dibanding pada setiap pH yang lebih rendah, tetapi di suatu lingkungan yang netral kedua-duanya baik besi dan mangan dapat diendapkan bersama-sama sebagai karbonat.

### 3.1.10. Siklus Besi

Daya larut yang rendah dari besi, larutan mungkin mengandung besi yang dihancurkan selama pelapukan batuan dan tertransportasi ke lokasi pengendapan yang baik. Hal-hal yang menyebabkan besi hilang selama transportasi antara lain :

1. Jika pelarutan melintas batugamping, dimana terjadi reaksi yang menyebabkan pengendapan ferro-karbonat atau ferro-oksida.
2. Jika pelarutan terdapat di dalam suatu cekungan yang tertutup akan mengalami penguapan.
3. Mengalami kontak dengan bahan organik.

Dengan penurunan isi karbon dioksida (gas asam-arang) dari suatu pelarutan, yang mana diendapkan di dalam rawa, hanya sedikit memberi endapan *low-grade*. Bijih besi terutama berisi limonit dengan beberapa ferro-karbonat dan fosfat besi bercampur dengan lempung dan pasir. Besi yang menjangkau pada cekungan batubara turun sebagai endapan siderit. Untuk pengendapan oksida yang luas, maka besi harus menjangkau lautan.

## 3.2. Karakteristik Endapan Pasir Besi

Endapan placer merupakan karakteristik dari endapan pasir besi yang terbentuk akibat proses pemilahan selama proses pengendapan dengan bergantung pada besar butir dan berat jenis. Istilah placer dalam ilmu

geologi merupakan istilah struktur pengendapan yang pengertiannya masih simpang siur antara struktur lenticular bedding, cross bedding dan current ripple lamination. Namun dalam peristilahan bahasa Indonesia, hal tersebut dapat disimpulkan berdasarkan pengertian-pengertian yang diberikan oleh Zitzmann dan Neumann-Redlin pada 1976 serta Koesoemadinata pada 1985. Dengan demikian, endapan placer juga berarti sebagai kumpulan detritus yang memiliki struktur gelembur gelombang yang terbentuk oleh jumlah pasir halus yang sedikit dalam endapan dominan lempung dan dominan pasir.

Endapan placer tergolong pada tipe endapan sekunder, yang pembentukannya sangat didominasi oleh konsentrasi mekanik dari mineral bijih sebagai akibat dari proses pelapukan mekanis. Menurut Zitzmann dan Neumann-Redlin pada 1976, berdasarkan lokasi pengendapannya, endapan placer (mineral letakan) dapat dibagi menjadi :

1. Endapan *placer eluvial* (dekat atau di sekitar sumber mineral bijih primer), yang terbentuk dengan hanya sedikit tertransportasi (material mengalami pelapukan setelah pencucian).
2. *Placer alluvial*, merupakan endapan placer terpenting. Terbentuk di sungai bergerak secara terus-menerus oleh air, pemilahan berdasarkan berat jenis sehingga mineral bijih yang berat terbawa relatif lebih dekat. Intensitas pengayaan akan didapat jika kecepatan aliran menurun, seperti di bagian dalam meander.
3. *Placer laut/ pantai*, terbentuk karena adanya aktivitas gelombang memukul pantai, mengabrasi, dan mencuci pasir pantai. Mineral yang umum disini adalah ilmenit, magnetit, Monazit, Rutil, Zircon, dan intan, tergantung dari batuan terabrasi.
4. Fosil *placer*, merupakan endapan sekunder purba yang telah mengalami pembatuan dan telah termetamorfkan.

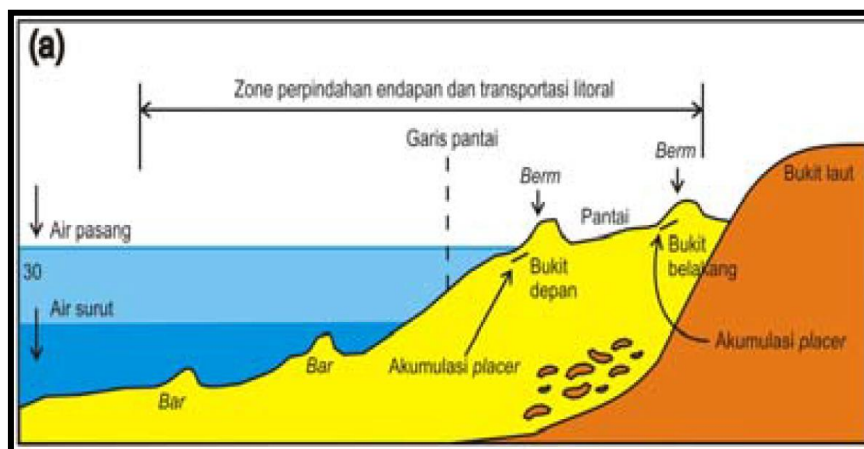
Genesa endapan *placer* pantai terbentuk ketika terjadi dominasi proses mekanis menghancurkan massa batuan yang selanjutnya diikuti oleh pendistribusian material hancuran di sepanjang daratan. Perpindahan partikel sedimen sepanjang daratan dapat terjadi dengan pergeseran, penggelindingan, lompatan atau perputaran. Perpindahan partikel dimulai ketika gaya geser menyebabkan pergerakan material yang sesuai dengan arah umum gaya tersebut. Gaya geser terbagi menjadi dua komponen yaitu gaya dorong yang searah aliran dan gaya angkat yang tegak lurus arah aliran. Ketika kedua gaya tersebut memiliki nilai yang cenderung rendah maka butiran atau partikel yang terbawa akan berhenti bergerak dan mulai terendapkan.

Transportasi dan pengendapan endapan *placer* pantai di dalam fluida dipengaruhi oleh gelombang, pasang surut, arus, dan angin. Secara garis besar faktor-faktor tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut (Macdonald, 1968):

### **3.2.1. Gelombang**

Gelombang terbentuk ketika beberapa bentuk energi disalurkan pada massa air. Energi tersebut dapat berasal dari pasang surut air laut, penurunan tekanan atmosfer, perbedaan hambatan angin pada muka air, impulsivitas dari gempa bumi dan pergerakan kerak di bawah air secara tiba-tiba. Pada pemecahan gelombang di laut dangkal terjadi pelepasan energi potensial secara mendadak sehingga gelombang osilasi akan berubah menjadi gelombang translasi. Dengan demikian, endapan pantai yang dibentuk oleh gelombang translasi, berasal dari material yang terbawa oleh gelombang osilasi sebelumnya. Pembentukan atau pengikisan pantai selama beberapa waktu sangat dipengaruhi oleh tingkat kecuraman dan sudut gelombang (tinggi/panjang gelombang) ketika mendekati pantai. Gelombang curam akan lebih merusak dibanding dengan gelombang datar dan akan cenderung memindahkan material ke dalam laut. Nilai-nilai

kritis kecuraman juga tergantung pada bagian atas material alam pantai dan karakteristik alamnya. Selama proses erosi, pasir yang lebih ringan mengalami perpindahan dengan meninggalkan residu berupa mineral berat. Mineral berat tersebut meluas dari dasar *berm* (tanggul) hingga tepi air laut, terlihat pada (Gambar 1). Dimensi akhir dari mineral berat akan sangat ditentukan oleh perluasan erosi dan perbandingan awal mineral berat di pantai dan gumuk. Akumulasi kekasaran mineral berat terdapat secara paralel terhadap sumbu gumuk dengan bagian paling tebal berada di dasar gumuk. Keterdapat bagian paling tebal tersebut sesuai dengan kemiringan lereng ke arah laut, yang merupakan karakteristik daerah pantai. Selama siklus pembentukan dan erosi terus berganti, maka akan terjadi penutupan endapan *placer* lama, perbanyak ukuran atau mungkin pemindahan endapan secara bersamaan dari pantai. Selanjutnya mineral-mineral tersebut akan membentuk akumulasi endapan lain di lepas pantai atau bermigrasi ke tempat pengendapan lainnya.



**Gambar 1.** Tipe bentuk pantai dengan *bar* lepas pantai.  
Lensa-lensa akumulasi mineral terbentuk pada sistem *dune*. (Macdonald, 1968)

### 3.2.2. Pasang Surut

Pasang surut adalah bentuk gelombang yang sangat panjang mencapai satu setengah keliling bumi dengan periode selama 45 menit hingga 12 jam, sebagai akibat gaya gravitasi antara matahari dan bulan terhadap bumi. Gelombang pasang surut berperan penting dalam pembentukan endapan *placer* pantai yang terlihat pada (Gambar 1). Gelombang pasang surut berpengaruh pada kenaikan dan penurunan saat perpindahan gelombang menuju pantai. Variasi tersebut menyebabkan peningkatan pengaruh terhadap jumlah sedimen dan jarak antar partikel tunggal yang berpindah. Kondisi tersebut akan meningkatkan proses pemilahan oleh gelombang sehingga menghasilkan akumulasi *placer* yang semakin luas dan konsentrasi tinggi.

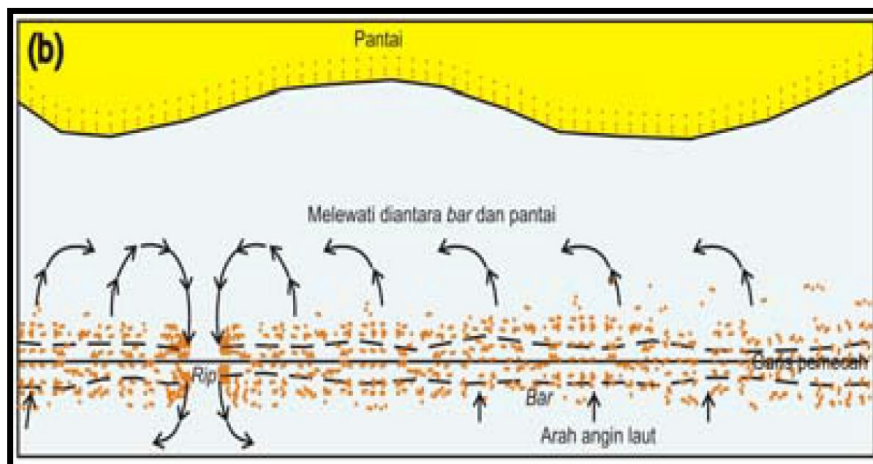
### 3.2.3. Arus

Arus laut memiliki peran penting dalam pemindahan litoral sepanjang garis pantai. Arus laut tersebut dapat dibedakan menjadi empat tipe. Tipe arus *rip* dan arus *density* memindahkan material menjauhi pantai, dan arus transprt massa memindahkan material ke arah pantai, terlihat pada (Gambar 2, 3, & 4).

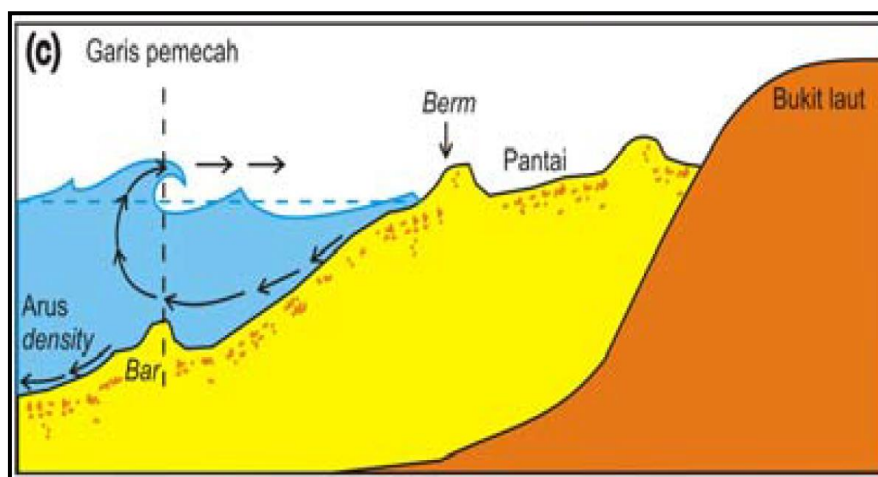
1. Arus *rip* ini terjadi ketika muncul gelombang yang menyebabkan pengembangan air di antara garis lepas pantai dengan pantai itu sendiri. Apabila angin darat yang kuat juga berhembus, perkembangan tekanan

air di dalam bar akan menyebabkan aliran bawah laut dengan kecepatan cukup dan memotong saluran menuju tingkatan terendah dari sedimen bawah laut sekaligus membawa material menjauh dari pantai menuju laut dalam, terlihat pada (Gambar 2).

2. Arus *density* Arus ini terbentuk pada zona gelombang akibat perbedaan berat jenis suspensi butiran dan akibat air yang lebih tenang di luar garis pemecah. Semenjak menjauhi pantai terjadi penurunan tekanan yang menyebabkan transportasi material juga semakin jauh dari pantai (Gambar 3).
3. Arus *longshore* Ketika gelombang menghantam suatu sudut pantai, gelombang baliknya memiliki komponen gaya pada arah sepanjang pantai. Efek kumulatifnya adalah muncul arus *longshore* yang berperan sebagai medium transportasi litoral sepanjang garis pantai. Pada beberapa lokasi, arah arus *longshore* dapat mengalami perubahan. Pada arus *longshore* terdapat satu pola dominan pada masing-masing garis pantai. Hal ini dibuktikan dengan pembentukan endapan pasir pada laut dalam dan akumulasi mineral berharga pada aliran bawah bagian atas pantai. Ketika perpindahan arus berlangsung dari laut dangkal ke laut dalam, arus tersebut akan mengalami penyebaran dan kehilangan kecepatan, sehingga terjadi pengendapan muatan pasir ke bagian bawah. Kondisi tersebut akan menghasilkan bentuk lidah pasir di bagian bawah arus laut (Gambar 4).

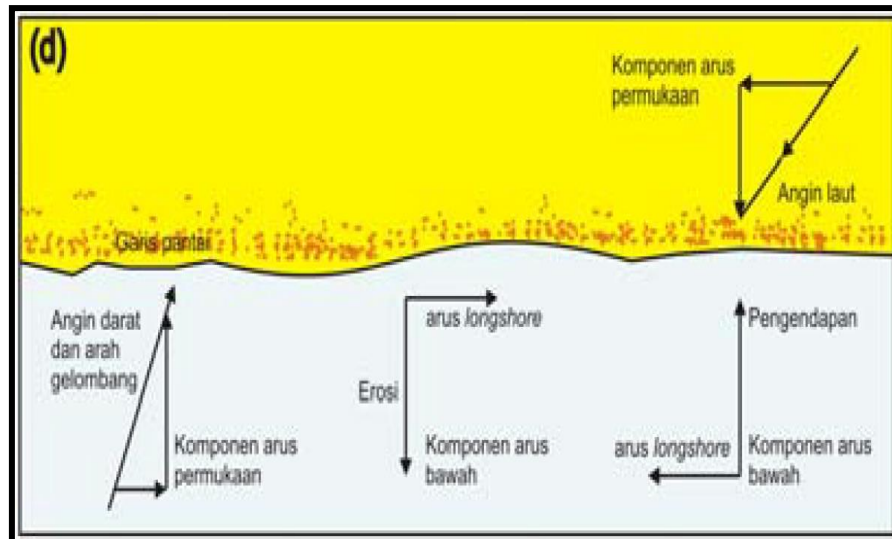


Gambar 2. Pembentukan arus *rip* di bagian terendah *bar* lepas pantai. (Macdonald, 1968)



Gambar 3. Pembentukan arus *density* dengan arah menuju laut dari garis pemecah. (Macdonald, 1968)





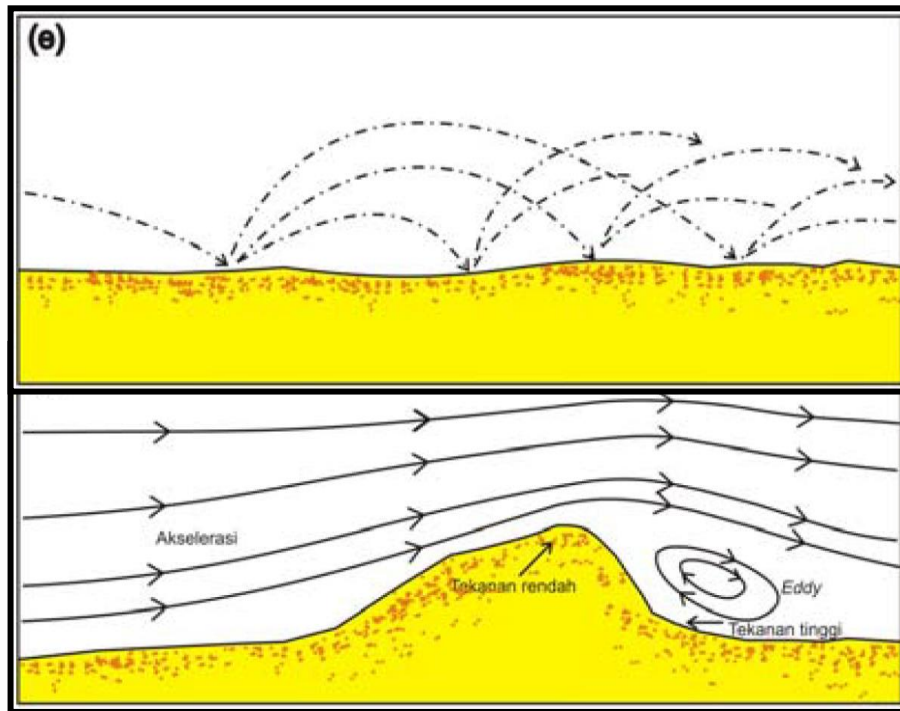
**Gambar 4.** Pembentukan arus *longshore* dan pengaruh arah angin pada pembentukan dan erosi pantai.  
(Macdonald, 1968)

Arus transport massa terjadi ketika gelombang osilasi mencapai laut dangkal. Energi arus ini menyebabkan perpindahan sedimen yang terjadi secara berulang dan meluas. Seiring dengan pergerakan partikel air mengikuti gelombang, terjadi perpindahan endapan ke arah pantai. Arus transport massa berfungsi mengembalikan pasir dan mineral berat menuju zona gelombang untuk diendapkan kembali oleh gelombang translasi.

#### 3.2.4. Angin

Apabila energi yang dimiliki gelombang dan arus sebagian hilang saat berlangsungnya proses perpindahan, maka angin mengambil peranan penting dalam proses pemindahan material dari gundukan depan menuju dataran yang lebih tinggi. Daerah tersebut umumnya berada diluar jangkauan gelombang. Pada beberapa garis pantai, pembentukan tetap endapan dari laut hanyalah sebagian dari migrasi umum pasir yang menjauh dari pantai. Konsentrasi mineral berat yang terbentuk oleh aksi gelombang akan terdistribusikan kembali pada placer hembusan angin. Hembusan angin di sepanjang permukaan tanah terjadi secara turbulen dan memiliki batas bawah kecepatan dimana butiran tidak akan berpindah. Di atas kecepatannya, perpindahan lapisan dimulai ketika butir pasir besar bergulung dan menumbuk partikel lainnya. Partikel tersebut terlempar ke udara dan terbawa ke depan secara parabolik dengan jarak pendek lalu jatuh ke tanah menumbuk partikel lainnya terlihat pada (Gambar 5). Pelemparan ke udara terus terjadi dan berulang hingga energi angin berkurang di bawah tingkat yang dibutuhkan untuk mengawali perpindahan. Kecepatan angin yang lebih besar dibutuhkan untuk menghasilkan gaya yang dapat mengangkat butiran pasir dari lapisannya dan membawanya ke dalam air kemudian mengendap. Kondisi tersebut membutuhkan hembusan angin ke arah atas dan kecepatan di atas puncak gundukan pasir. Selanjutnya pasir akan terangkat oleh angin dan terendapkan pada sisi bawah angin terlihat pada (Gambar 5).

Pada lokasi pengendapan terjadi penurunan kecepatan, kenaikan tekanan, dan pembentukan aliran pusaran (eddy current) yang berlawanan pada zona distribusi. Butiran pasir yang hanya mengalami proses dari rayapan permukaan dan mengalami suatu pemilahan gravitasi secara berlanjut dengan tergantung pada kekuatan angin dan batas kecepatan dari setiap butiran. Pengaruh faktor-faktor pembentukan tersebut, akan terus terjadi selama periode pergantian kestabilan dan migrasi endapan *placer* garis pantai tetap berlangsung. Masing-masing endapan *placer* yang terbentuk akan memiliki hubungan yang saling mempengaruhi satu sama lain selain efek dari kestabilan *placer* pantai.



**Gambar 5.** Pergerakan parabola butiran pasir akibat hembusan angin dan akselerasi angin di atas gunduk (*dune*). (Macdonald, 1968)

### 3.2.5. Pemanfaatan Endapan Pasir Besi

Endapan mineral logam besi dan campuran diantaranya besi, mangan, nikel, krom, molybdenum, wolfram, vanadium, kobalt, dan titanium. Logam-logam tersebut pada saat ini sangat diperlukan untuk industri, baik industri kecil, menengah ataupun industri besar yang melibatkan teknologi sederhana, menengah ataupun teknologi tinggi. Demikian tinggi perannya dalam membangun kehidupan negara, sehingga tidak mengherankan apabila negara maju selalu mencari dimana keterdapatan logam tersebut bersembunyi dengan berbagai cara dan teknologi.

#### 3.2.5.1. Logam Campuran Besi

Termasuk di dalam golongan ini adalah logam-logam yang sangat penting dicampur dengan besi untuk mendapatkan baja yang di perlukan orang. Logam-logam tersebut yang dimaksudkan adalah mangan, nikel, krom, molybdenum, wolfram, vanadium, kobalt dan titanium. Unsur lain yang sering dimanfaatkan sebagai bahan pencampur adalah fosfor dan silika. Dengan mencampur salah satu atau gabungan dari beberapa logam tersebut dalam proses pembuatan baja, sebanyak beberapa persen saja sudah cukup dapat menghasilkan jenis baja khas yang mempunyai sifat-sifat lebih baik seperti kekerasan bertambah,

keawetan, keringanan, lebih tahan terhadap suhu tinggi, tahan terhadap korosi, dan lebih kuat. Pada kenyataan industri tidak akan dapat berkembang tanpa dukungan baja khusus tersebut. *Alloy* (campuran logam) besi dengan karbon, dikenal sebagai baja karbon. Baja karbon biasanya mempunyai kelemahan antara lain kekerasan baja ini tidak merata atau kemampuan mengerasnya kurang baik. Di samping itu sifat mekanis rendah pada suhu tinggi dan tahan terhadap bermacam-macam baja panduan yang pada dasarnya memadu baja dengan unsur-unsur lain. Paduan baja dengan karbon dan sifat-sifatnya dapat dilihat pada (Tabel 2). Teknologi yang akan berkembang pada masa mendatang adalah teknologi yang berbasis pada teknotrika (teknologi elektronika) di samping berbasis pada kimia dan bioteknologi. Oleh sebab itu tidak ada salahnya orang geologi juga mengetahui bahan-bahan logam yang dapat dibuat *alloy* (campuran logam) dan menunjang teknotrika. Teknologi tersebut untuk masa mendatang merupakan salah satu barometer negara industri. Jenis-jenis bahan magnetis antara lain :

1. Bahan jenis pelat / lempeng Bahan ini merupakan pelat baja listrik. Dengan menambahkan silikon dalam komposisinya maka dapat memperbaiki sifat-sifat magnet baja dan tahanan listriknya akan naik sedangkan kerugiannya arus akan menurun.  
Kegunaan :
  - a. Baja transformator yang mengandung kurang dari 40 % sisikon dipakai untuk pembuatan transformator tenaga.
  - b. Baja dinamo yang mengandung 1 sampai 2 % silikon dipakai untuk mesin-mesin listrik.
  - c. Tebal pelat baja dibuat dalam ukuran 2x 1m, 1,5-0,75m dan seterusnya.
2. Bahan ini merupakan logam besi yang bersifat magnet, sehingga dapat menarik atau menolak logam lain yang berada disekitarnya.  
Kegunaan :  
Kegunaan jenis batang atau pejal antara lain magnet baja untuk dinamo sepeda dan elemen utama dalam pembuatan alat geofisika jenis magnetometer, di samping itu juga dipergunakan untuk pengeras suara dalam alat speaker.

**Tabel 2.** Paduan Baja, Sifat dan, Kegunaan. (Sukadarrumidi, 2007)

Jenis	Sifat	Kegunaan
<b>Baja Karbon Rendah</b>		
0,04-0,10 % C	Kenyal	Baja plat, Baja Siku
0,10-0,15 % C	Kekuatan tarik kecil	kawat
0,15-0,20 % C	Kekuatan tarik cukup	Konstruksi jembatan dan bangunan
0,20-0,30 % C	Cukup ditempa Mudah dikerjakan mesin Regangan besar	Baut-baut Mur-mur Paku keling
<b>Baja Karbon Sedang</b>		
0,3-1,7 % C	Dapat ditempa Dapat ditempa	Alat-alat perkakas Bagian-bagian mesin
<b>Baja Karbon Tinggi</b>		
0,70-0,96 % C	Getas	Pegas, palu, gergaji, pahat potong

1-1,6 % C

Getas

Kikir daun, gergaji, peluru bantalan

### 3.2.5.2. Logam *Ferro-Magnetik*

Besi, nikel, kobalt, dan *alloy* logam-logam tertentu di kenal sebagai bahan yang kuat kemagnetannya. Logam-logam ini disebut ferro-magnetik. Contohnya sebagai berikut :

1. *Alloy* (campuran logam) besi – nikel (*Permalloy*) besi-nikel premeabilitasnya sangat di pengaruhi oleh perubahan perbandingan masing-masing bahan *alloy* (campuran logam). Kegunaannya membuat magnet-magnet listrik dan membuat peralatan telekomunikasi.
2. *Alloy* (campuran logam) besi – silikon dengan memadukan silikon pada besi maka tahanan listrik menjadi lebih besar sehingga mengurangi kerugian yang disebabkan arus pusar dan memungkinkan memperkecil kerugian. Adapun kegunaan *alloy* (campuran logam) besi – silikon sebagai *Alloy* (campuran logam) besi – silikaan telah menggantikan penggunaan inti besi yang dibuat dari karbon biasa dan dapat mengurangi kerugian tenaga listrik.
3. Baja karbon Kegunaannya seperti pada (Tabel 2). Paduan baja, sifat dan kegunaannya.
4. Alni merupakan *alloy* (campuran logam) dari aluminium , nikel, dan besi serta ditambahkan lagi silikon. Kegunaan dari alni sama dengan kegunaan baja – karbon.

### 3.2.5.3. Logam *Ferro-Magnetik*

Bismut, garam dapur, timbal, emas, tembaga, antimon, kaca, flint, dan air raksa tidak ditarik oleh medan magnet bahkan ditolak sedikit. Bahan-bahan yang demikian disebut sebagai bahan diamagnetik. Aluminium, platina, oksigen, sulfat, tembaga, ferri khlorida dan banyak garam logam ditarik sedikit oleh medan magnet yang kuat. Bahan-bahan ini disebut sebagai bahan paramagnetik. Karena efek magnet paramagnetik dan diamagnetik kecil sekali maka bahan-bahan tersebut disebut non ferro magnetik. *Alloy* (campuran logam) yang mempunyai sifat demikian antara lain :

1. Alsiferi merupakan singkatan dari alluminium – silikon dan ferro, yang mengandung 9,5 % silikon, 5,6 % alluminium dan sisanya besi. Kegunaan *alloy* (campuran logam) ini antara lain : Dipakai sebagai serbuk untuk pembuatan magnetodielektrik.
2. *Ferrit* Bahan ini dibuat dari ferri oksida ( $Fe_2O_3$ ) dengan oksida lainnya seperti oksida nikel (NiO) dan oksida seng (ZnO). Kegunaan ferrit antara lain : Bahan ini dipergunakan sebagai bahan magnet dan ketahanan jenisnya cukup besar maka dipakai sebagai inti dalam frekuensi tinggi dimana kerugian arus pusar kecil.

### Pemanfaatan Pasir Besi Sebagai Bahan Beton Penahan Radiasi

Pemanfaatan pasir besi cukup bervariasi antara lain sebagai bahan untuk membuat semen Portland, bahan untuk membuat tungku api, bahan utama membuat sponge biji cukup tinggi, maka endapan pasir besi ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran membuat beton penahan radiasi sebagai pengganti penahan radiasi yang biasanya terbuat dari timah hitam ataupun barit. Dengan demikian apabila rencana mendirikan PLTN direalisasikan kebutuhan beton penahan radiasi dapat dipenuhi, sehingga kekhawatiran pada masyarakat sekitar tidak akan terjadi. Di samping itu kebutuhan beton penahan radiasi untuk pelayanan

unit radiologi di rumah sakit, kamar rontgen dapat digantikan dengan beton pasir besi yang harganya relatif murah.

#### 4. KESIMPULAN

Secara umum genesa endapan pasir besi merupakan logam yang sangat melimpah di alam, karena semua jenis batuan mengandung besi dengan kelimpahannya menempati urutan ke empat dari seluruh elemen penyusun batuan, dan nomor dua setelah aluminium dari logam yang ada di bumi ini. Di Indonesia endapan bijih besi dalam bentuk pasir besi. Mineralogi endapan pasir besi dibagi menjadi empat yaitu besi oksida, besi karbonat, besi silikat, dan besi sulfida. Karakteristik endapan pasir besi terdiri dari endapan *placer* di mana terbagi lagi yaitu endapan sekunder, endapan sedimenter (*placer*), endapan *placer residual stream* atau endapan *placer alluvial*, dan karakteristik secara umum endapan *placer*. Pemanfaatan endapan pasir besi yaitu tersusun atas logam campuran besi, logam ferro-magnetik logam, non ferro-magnetik, dan pemanfaatannya sebagai bahan beton penahan radiasi. Penulisan ini berdasarkan tinjauan dari beberapa pustaka dan situs-situs internet yang berhubungan dengan judul penulisan, kemudian dari pustaka dan situs-situs tersebut dibuat ringkasan yang selanjutnya disusun menjadi sebuah tulisan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Darijanto, Dr. Ir. Totok dan Syafrizal ST. MT., 2003, *Diktat Genesa Bahan Galian*, Bandung: Departemen Teknik Pertambangan.
- Macdonald, Eoin H., (1968), *Manual of Beach Mining Practice: Exploration and Evaluation*, Australia: Department of External Affairs Canberra.
- M. L. Jensen & A. M. Bateman, 1981, *Economic Mineral Deposits : Iron & Ferroalloy Metals* in (ed) P. 392.
- Sukandarrumidi, 2007, *Geologi Mineral Logam*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, h. 126-144.
- Zitzmann, A. dan Chr. Neumann-Redlin, 1976, *The Genetic Types of Iron Ore Deposits in Europe and Adjacent Areas*, Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover Germany, I: 13-35.