

**Estimasi Kecepatan Sedimentasi Di Perairan Astanajapura,
Kabupaten Cirebon, Jawa Barat
(Dalam Kaitanya Dengan Rencana Pengembangan Pelabuhan)**

P. Raharjo dan A. Faturachman

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

Abstract

Planning and development of Cirebon Port is a strategic activity, because some district in the west part (DKI and West Java) and the east part (Central Java and East Java) is connected by the Cirebon district. Cirebon waters is belonging to the Java Sea and also as a connecting same island in front of, such as Kalimantan, Sulawesi and the eastern part of Indonesia islands. Once of constrain for port development in Cirebon district is a sedimentation rate, this problem due to much sediment are carried by the big rivers from the land.

In this research the method are used such as tide observation, current measurement, compiled some base map, sediment rate accounting with determining of age absolute base on ^{210}Pb radioactive.

Mean sea level is 139 cm and low water sea is 59,93 cm below mean sea level, base on Formzal unit 0.51 type of tide is mixed tide to predominantly semi diurnal.

Mean surficial current velocity is 0.072 m/sec and medium current velocity is 0.055 m/sec in the tide, mean surficial current velocity is 0.075 m/sec and medium current velocity is 0.055 m/sec in the ebb. In the near shore the surficial current relative same with the dominant wind direction that is northeast-southwest. There are many big river and Dleweran cape which extends into the sea cause the louping current are the other factor which influence the current.

The average of sedimentation rate in the Astanajapura waters base on radioactive ^{210}Pb dating is 1,37 – 1,5 cm/yr and the average of sediment mass flux is 30,44 – 36,1 kg/m²yr-1

S a r i

Perencanaan dan pengembangan Pelabuhan Cirebon merupakan kegiatan strategis kerana letak kabupaten dan kota Cirebon merupakan sisi penghubung antara beberapa kabupaten di bagian barat (DKI dan Jawa Barat) dan beberapa kabupaten di bagian timur (Jawa Tengah dan Jawa Timur). Demikian juga wilayah perairannya, merupakan bagian dari perairan Laut Jawa yang menghubungkan beberapa pulau di depannya, seperti Kalimantan, Sulawesi dan kepulauan di Kawasan Timur Indonesia. Salah satu kendala bagi perencanaan Pelabuhan Cirebon yaitu masalah sedimentasi yang cukup aktif di perairan ini, hal ini dimungkinkan karena banyaknya sungai-sungai besar yang membawa sedimen dari daratan disamping itu faktor oseanografi juga berperan.

Metoda yang diterapkan pada penelitian ini yaitu dengan melakukan pengamatan pasang surut dan pengukuran arus, membandingkan beberapa peta dasar, menghitung kecepatan sedimentasi pada material halus (suspended sediment) dengan penentuan umur absolut berdasarkan radioaktif ^{210}Pb .

Kedudukan muka air laut rata-rata (mean sea level) sebesar 139 cm dan kedudukan air rendah (LWS) sebesar 59.93 cm dibawah duduk tengah, tipe pasang surutnya adalah "pasang campuran yang condong ke harian ganda", berdasarkan bilangan Formzal F sebesar 0.51.

Kondisi arus pada saat pasang kecepatan arus permukaan rata-rata mencapai 0,072 m/detik dan arus menengah mencapai 0,056 m/detik. Pada saat surut kecepatan arus permukaan rata-rata mencapai 0,075 m/detik dan arus menengah mencapai 0,055 m/detik. Pada daerah dekat pantai pola arus permukaan relatif sama dengan pola arah angin dominan yaitu berarah timurlaut – baratdaya. Faktor lain yang mempengaruhi pola arus adalah banyaknya sungai besar serta adanya Tanjung Dleweran yang menjorok ke laut sehingga terjadi pola arus yang menutup (louping current).

Kecepatan sedimentasi rata-rata di perairan Astanajapura berdasarkan penentuan umur unsur radioaktif ^{210}Pb berkisar antara 1,37 – 1,5 cm/tahun dengan muatan sedimen rata-rata berkisar antara 30,44 – 36,1 kg/m²/tahun.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang dan Permasalahan

Kabupaten dan kota Cirebon dari tahun ke tahun terus berkembang, dan pada saat ini dikenal sebagai salah satu daerah dengan tingkat pembangunan yang relatif tinggi dibanding dengan daerah-daerah lainnya di Propinsi Jawa Barat, terutama dari hasil buminya. Kabupaten dan kota Cirebon berpotensi menjadi salah satu "core bisnis" Jawa Barat dalam bidang industri, pertanian dan kelautan (termasuk pelabuhan dan pelayaran). Dari sisi potensi daerah dan PAD, dari tahun ke tahun memperlihatkan perkembangan ke arah kabupaten dan kota yang berbasis "coastal dan marine" yang akan menjadi salah satu tulang punggung perekonomian daerah dimasa yang akan datang.

Tentunya kesempatan ini harus dipersiapkan dengan suatu perencanaan yang matang, diawali survey geologi kelautan sebagaimana yang telah dilakukan oleh Puslitbang Geologi Kelautan (PPPGL) pada tahun anggaran 2002.

Maksud dan Tujuan

Penyelidikan secara keseluruhan dilaksanakan di perairan pantai dan lepas pantai Cirebon dalam rangka pengumpulan data dan informasi geologi, geologi teknik, geofisika, oseanografi. Dalam makalah ini pembahasan ditekankan untuk mengetahui kecepatan dan proses sedimentasi yang terjadi di perairan Astanajapura. Pembahasan dibatasi pada penentuan langsung kecepatan sedimentasi di lokasi berdasarkan metoda penentuan umur absolut sedimen (Gambar 1).

Tujuan penyelidikan adalah dengan mendapatkan informasi tentang kecepatan sedimentasi di lokasi maka data tersebut diharapkan dapat dipergunakan sebagai data penunjang, sehingga berguna sebagai acuan dasar bagi perencanaan pembangunan atau pengembangan pelabuhan.

2. METODA PENYELIDIKAN

Pada makalah ini beberapa metoda yang dibahas tentunya berkaitan dengan proses dan pendekatan (estimasi) penghitungan kecepatan sedimentasi, beberapa metoda

tersebut antara lain gambaran tentang perubahan garis pantai, hidro-oseanografi dan estimasi kecepatan sedimentasi secara insitu (ditempat) dengan metoda penentuan umur sedimen berdasarkan unsur radioaktif ^{210}Pb .

PERUBAHAN GARIS PANTAI

Sebagai gambaran untuk mengetahui perubahan garis pantai dilakukan penggabungan peta-peta dasar dengan digitasi menggunakan GIS (*Geographic Information System*) hanya sebagai bahan perbandingan awal untuk mengetahui kondisi perubahan garis pantai tanpa menghitung secara region karena kemungkinan berbeda datum yang dipergunakan untuk menentukan titik nol garis pantai. Peta-peta tersebut meliputi peta topografi dari US Army tahun 1963 dan peta terbaru yang dibuat oleh BAKOSURTANAL dengan skala 1 : 50.000 tahun 1992 sebagai peta dasar kerja.

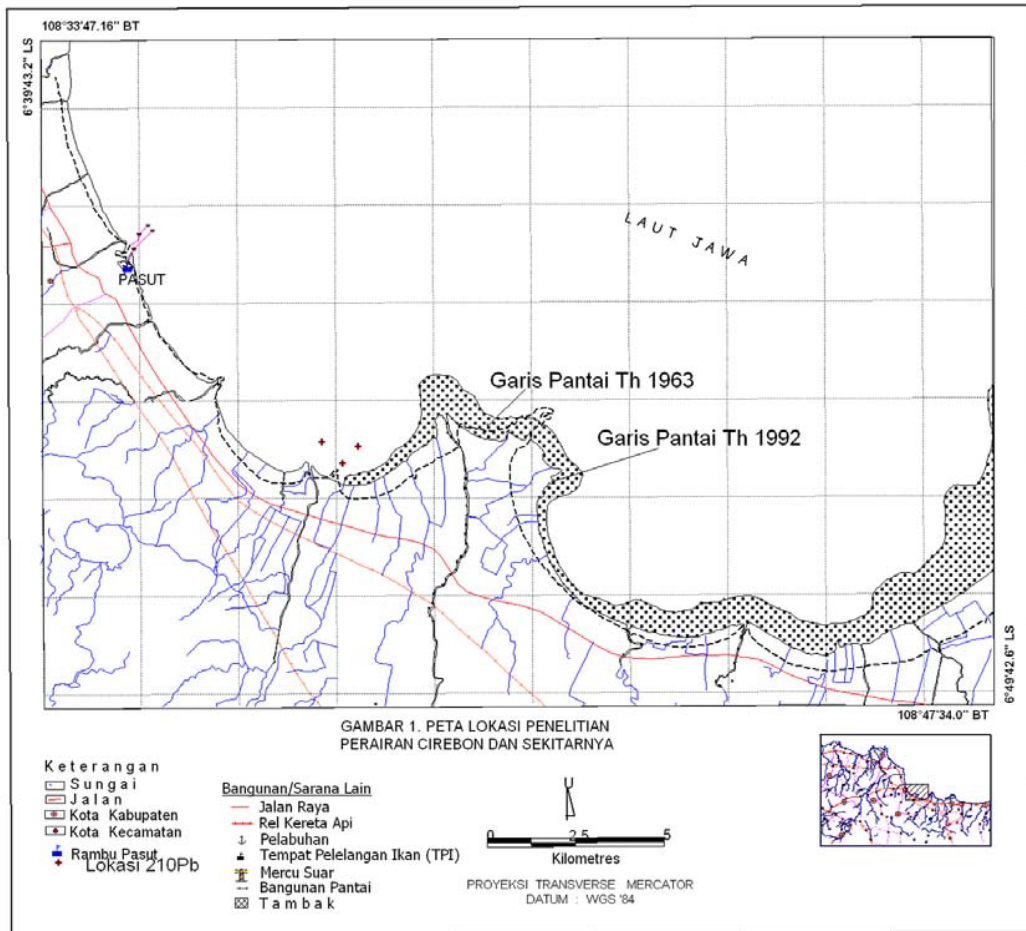
HIDRO-OSEANOGRAFI

Dua faktor oseanografi yang sangat berperan dalam menganalisa proses sedimentasi yang terjadi di pantai, yaitu faktor pasang surut dan arus laut. Kedua faktor tersebut merupakan gejala alam yang saling berkaitan, selain itu faktor manusia baik langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi proses pantai. Untuk maksud tersebut dilakukan beberapa analisis yaitu pasang surut dan arus.

Material sedimen di perairan Astanajapura berasal dari daratan dibawa oleh sungai bersifat suspensi (*suspended sediment*), pada proses pengendapannya dipengaruhi oleh kondisi pasang surut bersamaan dengan arus sejajar pantai (*longshore current*). Oleh sebab itu analisis faktor oseanografi di kawasan ini hanya semata-mata untuk mempelajari gejala sedimentasi yang terjadi di perairan Astanajapura, Kabupaten Cirebon serta untuk mengantisipasi daerah potensi sedimentasi pada masa yang akan datang.

• Pengamatan Pasang Surut

Pengamatan pasang surut dalam penyelidikan ini dilakukan di satu stasiun pengamatan yang ditempatkan di Pelabuhan Cirebon dengan koordinat $108^{\circ}34'18''$ BT dan $-6^{\circ}42'56''$ LS.



Data pengamatan pasang surut dipakai sebagai gambaran terhadap kondisi arus dan koreksi terhadap kedalaman laut (batimetri) dilakukan dengan metoda seri pendek selama 15 piantan yang diamati mulai tanggal 28 April sampai 12 Mei 2002.

- **Pengamatan Arus**

Untuk mengetahui pergerakan massa air yang menyangkut arah dan kecepatan gerak massa air yang tentunya membawa muatan sedimen maka pengamatan arus perlu dilakukan. Metoda yang diterapkan adalah "Float Tracking Survey". Pengamatan dilakukan pada kondisi bulan mati pada tanggal 5 Mei 2002, dan hanya diamati pada saat mendekati pasang maksimum dan surut maksimum dalam satu hari pengamatan. Pengukuran dilakukan pada masing-masing kedalaman permukaan (0.6 meter) dan menengah (1.8 meter) karena kedalaman di lokasi ini relatif dangkal.

ESTIMASI KECEPATAN SEDIMENTASI BERDASARKAN DATING ²¹⁰Pb

Tujuan utama dating adalah untuk menentukan umur absolut sedimen dasar laut dari contoh sedimen yang mewakili secara keseluruhan di daerah penyelidikan, diharapkan dengan mengetahui umur absolut dapat diketahui genesa dan laju akumulasi sedimen (sedimentasi) berdasarkan aktifitas kandungan ²¹⁰Pb dalam sedimen. Metoda ini akurat untuk umur kurang dari 100 tahun yang lalu.

²¹⁰Pb hadir dikebanyakan batuan, tanah dan sedimen yang merupakan seri peluruhan dari Uranium-238. Dengan model seperti constant rate of supply (CRS) dan beberapa asumsi, maka aktifitas (desintegrasi per unit waktu) ²¹⁰Pb dapat dihitung besaran umurnya yang kemudian dikonversikan menjadi laju sedimentasi.

Dalam lapisan tanah terdapat radionuklida alam ^{226}Ra kemudian membentuk ^{222}Rn yang mudah menguap ke udara dan di udara ^{222}Rn membentuk ^{210}Pb yang setimbang dengan ^{210}Po . Radionuklida ^{210}Pb dari udara akan turun ke air dan bersama-sama dengan partikel dalam air akan mengendap (Gambar 2).

Pelaksanaan pengambilan contoh dilakukan pada 3 lokasi yang dianggap mewakili secara keseluruhan di daerah penelitian (lihat Gambar 1) dengan menggunakan pipa PVC diameter 7 cm dengan bagian bawah ditutup (*Core Cather*), ditekkan secara perlahan pada sedimen berbutir halus. Cara meletakkan PVC berisi sedimen adalah posisi berdiri agar endapan halus lapisan atas tidak tercampur dengan lapisan dibawahnya.

dengan mendorongnya keluar dan setiap 2 cm dipotong menggunakan pleksiglas, bagian tepi diambil disingkirkan dan bagian tengah dimasukkan dalam kontainer untuk ditentukan aktivitas ^{210}Pb , selanjutnya sedimen dikeringkan, dihaluskan, diayak lolos 100 mesh, dihomogenkan, kemudian dicacah menggunakan spektrometer gamma.

Untuk mengetahui umur dari sedimen berdasarkan kandungan ^{210}Pb maka Rumus perhitungan adalah sebagai berikut :

$$C_0/C_s = e^{-\lambda t}$$

C_0 = kandungan ^{210}Pb unsupported (^{210}Pb total - ^{210}Pb supported) pada sedimen permukaan undisturbed.

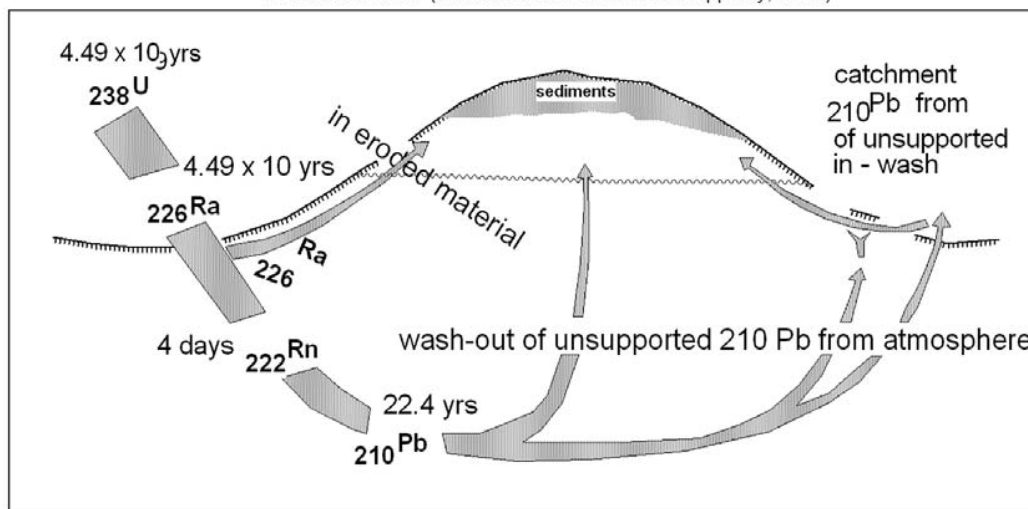
C_s = kandungan ^{210}Pb unsupported (^{210}Pb total - ^{210}Pb supported) pada sedimen pada kedalaman tertentu.

λ = tetapan (0.693/waktuparao ^{210}Pb = 0.693/22.26)

t = umur sedimen dalam tahun

Bila ^{210}Pb supported > ^{210}Pb total berarti umurnya > 150 tahun

Gambar 2. Skema perjalanan unsur ^{226}Ra dan ^{210}Pb menuju suatu lingkungan sedimentasi di air (Modifikasi dari Oldfield dan Appleby, 1984)



METODA ANALISIS LABORATORIUM

Metoda analisis untuk menentukan laju sedimentasi menggunakan penentuan umur absolut sedimen berdasarkan dating ^{210}Pb diperlukan beberapa peralatan laboratorium antara lain ; ayakan 100 mesh, spektrometer gamma Ge(Li), SRM IAEA-315, dan timbangan. Tata kerja yang dilakukan untuk analisis yaitu sedimen dikeluarkan dari PVC

3. HASIL PENELITIAN

Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai yang terjadi di daerah selidikan terlihat dari hasil penggabungan peta dasar yang dibuat oleh US Army tahun 1963 dan BAKOSURTANAL tahun 1992 (lihat Gambar 1). Penambahan lahan ini terjadi akibat terjadinya sedimentasi di muara-muara

sungai besar yang tentunya membawa banyak material sedimen asal daratan. Material sedimen yang mengendap umumnya berukuran halus (*suspended material*) sehingga sedimen tersebut dapat dibawa cukup jauh dari sumbernya oleh arus sungai hingga ke muara-muara sungai dan oleh pengaruh energi laut yaitu gelombang dan arus sedimen tersebut kembali bergerak dan diendapkan sejajar pantai (*longshore current*).

Pengamat Pasang Surut

Dari hasil perhitungan metoda harmonis British Admiralty didapat kedudukan muka air laut rata-rata (*mean sea level*) sebesar 139 cm dan kedudukan air rendah (LWS) sebesar

59,93 cm dibawah duduk tengah, yang selanjutnya akan digunakan untuk koreksi batimetri. Dari hasil analisis konstanta harmoniknya diperoleh bilangan Formzal F sebesar 0,51. Kondisi ini menunjukkan tipe "pasang campuran yang condong ke harian ganda", artinya dalam satu hari terjadi 2 kali pasang dan dua kali surut. Tidak terjadi amplitudo pasang yang mencolok dan fluktuasi muka air laut tersebut diikuti oleh gerakan massa air yang periodik.

Kurva pasang surut selama 15 hari tertera pada **Gambar 3**, sedangkan hasil akhir perhitungan konstanta harmonis dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Akhir Pasang Surut Konstanta Pasang Surut:

| | S0 | M2 | S2 | N2 | K2 | K1 | O1 | P1 | M4 | MS4 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|
| A(cm) | 139.0 | 15.7 | 18.5 | 9.6 | 4.3 | 10.5 | 7.1 | 3.5 | 0.5 | 2.2 |
| g (°) | | 110.0 | 163.2 | 231.6 | 163.2 | -105.8 | 465.1 | -105.8 | 372.0 | -53.9 |

- Berdasarkan data pengamatan pasang surut kedudukan air rendah (LWS) pada surut besar adalah 59,93 cm di bawah duduk tengah.
- Konstanta Formzal = 0,513
- Tipe pasang surut adalah pasang campuran ganda dominan (*mixed tide, predominantly semi diurnal*)

Pengamatan Arus

Hasil plot lintasan disajikan pada peta pola pergerakan massa air pada saat pasang dan pada saat surut. Penggabungan vektor kecepatan pada saat pasang dan pada saat surut memperlihatkan bahwa pola arus di sekitar daerah Perairan Astanajapura membentuk suatu trayektori arus yaitu :

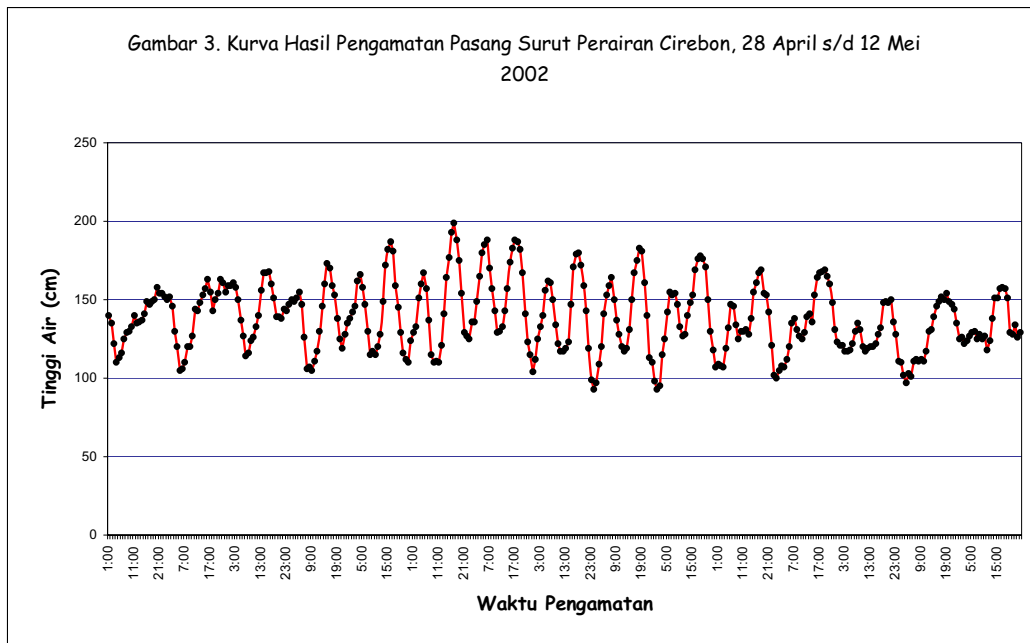
Pada saat pasang kondisi arus permukaan dengan kecepatan arus maksimum 0,142 m/detik, kecepatan arus minimum 0,029 m/detik dan kecepatan arus rata-rata 0,072 m/detik. Kondisi arus menengah dengan kecepatan arus maksimum 0,121 m/detik, kecepatan arus minimum 0,027 m/detik dan kecepatan arus rata-rata 0,056 m/detik.

Pada saat surut kondisi arus permukaan kecepatan arus maksimum 0,116 m/detik kecepatan arus minimum 0,028 m/detik dan

kecepatan arus rata-rata 0,075 m/detik. Kondisi arus menengah kecepatan arus maksimum 0,106 m/detik, kecepatan arus minimum 0,030 m/detik dan kecepatan arus rata-rata 0,055 m/detik.

Secara keseluruhan arah arus dominan pada saat pasang menunjukkan arah ke selatan relatif baratdaya dan pada saat "slack" berbelok ke arah barat, sedangkan pada saat surut memperlihatkan arah ke utara relatif timurlaut kemudian berbelok ke arah barat pada saat "slack" atau sejajar dengan garis pantai sebelah barat Tanjung Dleweran. Dari data tersebut juga didapatkan kecepatan rata-rata arus permukaan pada saat surut relatif lebih besar dari kecepatan rata-rata arus saat pasang, sedangkan kecepatan rata-rata arus menengah pada saat surut relatif lebih kecil dari kecepatan rata-rata arus saat pasang.

Dari hasil analisis arus permukaan, khususnya daerah dekat pantai menunjukkan pola arus permukaan relatif sama dengan pola arah angin dominan yang bertiup di daerah ini yaitu berarah timurlaut - baratdaya. Hal ini menunjukkan bahwa selain akibat perubahan muka air (pasang surut), pengaruh angin permukaan cukup berperan dalam pembentukan pola arus di daerah ini. Faktor lain yang mempengaruhi pola arus di daerah



selidikan adalah sirkulasi massa air akibat dari banyaknya sungai-sungai besar seperti S. Bangkaderes, yang bermuara di daerah ini.

Penentuan Laju Sedimentasi Berdasarkan Dating ²¹⁰Pb

Daerah selidikan memiliki banyak muaramuara sungai cukup besar studi tentang proses sedimentasi di lingkungan perairan pantai adalah sangat kompleks dan sangat berbeda dengan lingkungan lainnya. Lingkungan perairan pantai adalah suatu lingkungan dimana terjadi interaksi dan merupakan daerah transisi antara proses laut (pasang surut, arus dan gelombang) dan aliran sungai.

Sedimen yang berasal dari daratan (aliran sungai) adalah akibat erosi dan jumlah

sedimen yang ditransport oleh sungai dipengaruhi oleh relief, litologi, iklim dan akibat aktivitas manusia. Sedimen yang berasal dari laut dipengaruhi oleh kondisi pasang surut, arus dan gelombang.

Pada penyelidikan ini tidak dilakukan pengukuran secara rinci terhadap faktor-faktor iklim penyebab sedimentasi di lingkungan perairan pantai dan muatan sedimen (*sediment discharge*) di sungai karena memerlukan waktu yang cukup panjang.

Untuk mengetahui proses sedimentasi di daerah telitian metoda pendekatan yang dilakukan adalah metoda penentuan umur sedimen dengan radioisotop ²¹⁰Pb (Tabel 2, 3 dan 4), serta pengamatan karakteristik pantai dan arus secara langsung di lapangan.

Tabel 2. Data Analisis ²¹⁰Pb Pada contoh sedimen Pb-01 Cirebon Menggunakan Alat Spektrometer Gamma (*92x Spectrum Meter, Ortec*)

| NO | Kode | Berat Kering (gram) | Aktivitas Pb ²¹⁰ (Bq/Kg) | Estimasi Umur (tahun) | Muatan Sedimen (kg/m ² /th) | Kecepatan Sedimentasi (cm/th) |
|----|--------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------------|--|-------------------------------|
| 1. | PB-1 (0-2) | 84,52 | 13,11 | 0,40 | 111,09 | 4,88 |
| 2. | PB-1 (2-4) | 85,91 | 10,06 | 0,60 | 236,76 | 1,00 |
| 3. | PB-1 (4-6) | 85,11 | 9,84 | 0,80 | 253,29 | 2,50 |
| 4. | PB-1 (6-8) | 81,58 | 19,21 | 2,07 | 36,25 | 1,57 |
| 5. | PB-1 (8-10) | 81,42 | 11,95 | 2,72 | 72,07 | 3,08 |
| 6. | PB-1 (10-12) | 77,11 | 12,61 | 3,66 | 48,59 | 2,13 |

| | | | | | | |
|-----|--------------|-------|-------|-------------------|-------|------|
| 7. | PB-1 (12-14) | 79,46 | 7,99 | 3,69 | - | - |
| 8. | PB-1 (14-16) | 79,75 | 11,52 | 4,77 | 45,23 | 1,85 |
| 9. | PB-1 (16-18) | 79,73 | 11,86 | 6,44 | 27,10 | 1,20 |
| 10. | PB-1 (18-20) | 89,28 | 12,41 | 14,60 | 6,71 | 0,24 |
| 11. | PB-1 (20-22) | 86,04 | 6,28 | 9,76 | - | - |
| 12. | PB-1 (22-24) | 89,20 | 9,84 | Tidak terestimasi | 11,16 | 0,89 |
| 13. | PB-1 (24-26) | 98,72 | 9,84 | 18,59 | - | - |
| 14. | PB-1 (26-28) | 98,40 | 7,66 | Tidak terestimasi | - | - |
| 15. | PB-1 (28-30) | 93,33 | 8,10 | 14,43 | - | - |
| 16. | PB-1 (30-32) | 81,13 | 7,23 | Tidak terestimasi | - | - |
| 17. | PB-1 (32-33) | 81,13 | 8,32 | Tidak terestimasi | - | - |

Tabel 3. Data Analisis ²¹⁰Pb Pada contoh sedimen Pb-2 Cirebon Menggunakan Alat Spektrometer Gamma (92x Spectrum Meter, Ortec)

| NO | Kode | Berat Kering (gram) | Aktivitas Pb ²¹⁰ (Bq/Kg) | Estimasi Umur (tahun) | Muatan Sedimen (kg/m ² /th) | Kecepatan Sedimentasi (cm/th) |
|----|--------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------------|--|-------------------------------|
| 1 | PB-2 (0-2) | 80,80 | 16,38 | 1,91 | 24,99 | 1,05 |
| 2. | PB-2 (2-4) | 83,62 | 9,37 | 2,76 | 56,94 | 2,35 |
| 3. | PB-2 (4-6) | 77,29 | 9,61 | 3,91 | 38,31 | 1,74 |
| 4. | PB-2 (6-8) | 76,01 | 9,77 | 5,94 | 22,58 | 1,00 |
| 5. | PB-2 (8-10) | 76,57 | 9,29 | 5,01 | - | - |
| 6. | PB-2 (10-12) | 74,75 | 8,85 | 6,93 | 43,82 | 1,11 |
| 7. | PB-2 (12-14) | 68,35 | 9,68 | Tidak terestimasi | - | - |
| 8. | PB-2 (14-16) | 80,86 | 6,85 | Tidak terestimasi | - | - |
| 9. | PB-2 (16-18) | 96,83 | 6,41 | 25,49 | - | - |

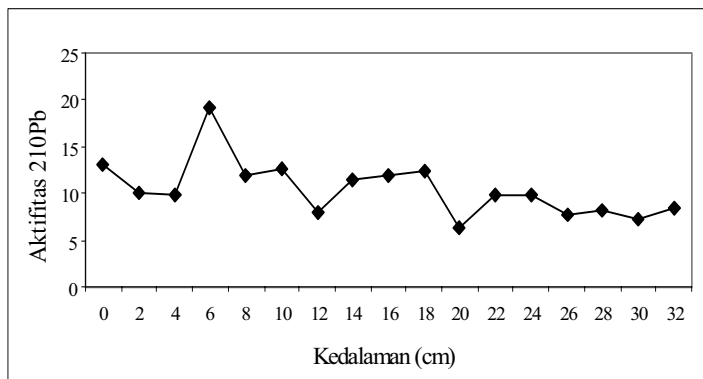
Tabel 4. Data Analisis ²¹⁰Pb Pada contoh sedimen Pb-3 Cirebon Menggunakan Alat Spektrometer Gamma (92x Spectrum Meter, Ortec)

| No. | Kode | Berat Kering (gram) | Aktivitas Pb ²¹⁰ (Bq/Kg) | Estimasi Umur (tahun) | Muatan Sedimen (kg/m ² /th) | Kecepatan Sedimentasi (cm/th) |
|-----|--------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------------|--|-------------------------------|
| 1 | PB-3 (0-2) | 64,87 | 17,49 | 0,87 | 41,78 | 2,30 |
| 2. | PB-3 (2-4) | 89,34 | 12,09 | 1,60 | 67,36 | 2,74 |
| 3. | PB-3 (4-6) | 84,87 | 10,34 | 2,17 | 82,41 | 0,92 |
| 4. | PB-3 (6-8) | 91,99 | 8,66 | 2,53 | 144,19 | 0,79 |
| 5. | PB-3 (8-10) | 77,53 | 6,97 | 2,53 | - | - |
| 6. | PB-3 (10-12) | 91,94 | 9,40 | 3,11 | 84,01 | 3,45 |
| 7. | PB-3 (12-14) | 88,85 | 8,36 | 3,49 | 132,11 | 5,26 |
| 8. | PB-3 (14-16) | 92,30 | 8,93 | 4,14 | 78,41 | 3,08 |
| 9. | PB-3 (16-18) | 87,61 | 9,87 | 5,38 | 39,76 | 1,61 |
| 10. | PB-3 (18-20) | 90,13 | 8,84 | 6,57 | 41,63 | 1,68 |

| | | | | | | |
|-----|----------------|--------|------|-------------------|-------|------|
| 11. | PB-3 (20-22) | 95,08 | 8,66 | 8,39 | 29,88 | 1,10 |
| 12. | PB-3 (22-24) | 95,35 | 8,07 | 10,65 | 23,84 | 0,88 |
| 13. | PB-3 (24-26) | 102,91 | 7,61 | 13,72 | 18,62 | 0,65 |
| 14. | PB-3 (26-28) | 108,17 | 7,49 | Tidak terestimasi | - | - |
| 15. | PB-3 (28-30) | 127,95 | 5,91 | 10,18 | - | - |
| 16. | PB-3 (30-32) | 96,92 | 8,22 | Tidak terestimasi | - | - |
| 17. | PB-3 (32-33) | 97,34 | 6,94 | 20,47 | - | - |
| 18. | PB-3 (33-36) | 99,70 | 7,04 | Tidak terestimasi | - | - |
| 19. | PB-3 (36-37,5) | 68,06 | 9,52 | Tidak terestimasi | - | - |

Dari hasil analisa penentuan umur berdasarkan radioisotop ^{210}Pb seperti diatas maka dapat digambarkan aktivitas ^{210}Pb total terhadap kedalaman contoh sedimen sehingga diketahui nilai kesetimbangan ^{210}Pb (Gambar 4,5 dan 6).

aktivitas ^{210}Pb di kedalaman 14 cm - 18 cm (4 cm ketebalan lapisan) terjadi selama 5.6 tahun sehingga rata-rata kecepatan sedimentasi berdasarkan contoh Pb-01 adalah 1,5 cm/tahun dan muatan sedimen rata-rata adalah 36,1 kg/m²/th.



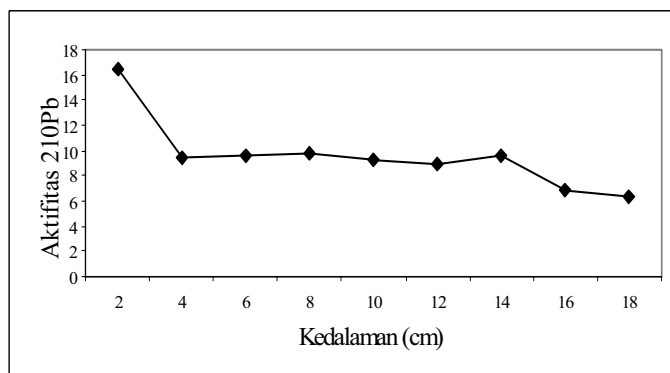
Gambar 4. Aktivitas ^{210}Pb total dalam sedimen terhadap kedalaman pada contoh sedimen PB-01.

Pada contoh sedimen PB-1 aktivitas total ^{210}Pb mendekati konstant mulai kedalaman dari 14 cm disebut *baseline* yang merupakan aktivitas dari *supported* ^{210}Pb . *Supported* ^{210}Pb dihitung dari rata-rata harga aktivitas ^{210}Pb , terjadi kesetimbangan radioaktif antara ^{210}Pb terukur dengan ^{226}Ra yaitu pada kedalaman mulai 14 cm - 18 cm adalah = 11,69 Bq/kg.

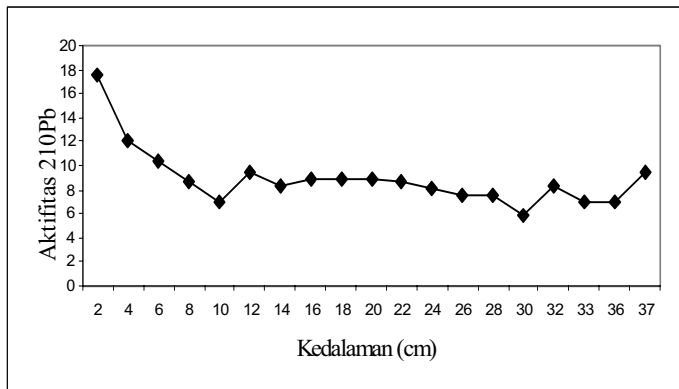
Kecepatan sedimentasi rata-rata untuk sedimen PB-01 yang mewakili berdasarkan kesetimbangan

Pada contoh sedimen PB-2 aktivitas total ^{210}Pb mendekati konstant mulai kedalaman dari 4 cm disebut *baseline* merupakan aktivitas dari *supported* ^{210}Pb . *Supported* ^{210}Pb dihitung dari rata-rata harga aktivitas ^{210}Pb , terjadi kesetimbangan radioaktif antara ^{210}Pb terukur dengan ^{226}Ra yaitu pada kedalaman mulai 4 cm - 10 cm adalah = 9,51 Bq/kg.

Kecepatan sedimentasi rata-rata untuk sedimen PB-2 yang mewakili berdasarkan



Gambar 5. Aktivitas ^{210}Pb total dalam sedimen terhadap kedalaman pada contoh sedimen PB-02.



Gambar 6. Aktivitas ^{210}Pb total dalam sedimen terhadap kedalaman pada contoh sedimen PB-03.

kesetimbangan aktivitas ^{210}Pb di kedalaman 4 cm – 8 cm (4 cm ketebalan lapisan) terjadi selama 4.9 tahun sehingga rata-rata kecepatan sedimentasi berdasarkan contoh Pb-2 adalah 1,37 cm/tahun dan muatan sedimen rata-rata adalah 30,44 kg/m²/th.

Pada contoh sedimen PB-02 aktivitas total ^{210}Pb mendekati konstant mulai kedalaman dari 12 cm disebut *baseline* merupakan aktivitas dari *supported* ^{210}Pb . *Supported* ^{210}Pb dihitung dari rata-rata harga aktivitas ^{210}Pb , terjadi kesetimbangan radioaktif antara ^{210}Pb terukur dengan ^{226}Ra yaitu pada kedalaman mulai 12 cm – 16 cm adalah = 8,89 Bq/kg.

Kecepatan sedimentasi rata-rata untuk sedimen PB-03 yang mewakili berdasarkan kesetimbangan aktivitas ^{210}Pb di kedalaman 16 cm – 22 cm (6 cm ketebalan lapisan) terjadi selama 6.7 tahun sehingga rata-rata kecepatan sedimentasi berdasarkan contoh Pb-3 adalah 1,46 cm/tahun dan muatan sedimen rata-rata adalah 37,09 kg/m²/th.

Beberapa hasil analisa tidak terestimasi dikarenakan oleh material sedimen yang bersifat butiran dan dianggap tidak dapat mewakili umur sesungguhnya.

Hasil perhitungan kecepatan sedimentasi berdasarkan contoh sedimen yang diambil di perairan Astanajapura diketahui bahwa rata-rata kecepatan sedimentasi secara vertikal berkisar antara 0,73 cm/tahun hingga 1,4 cm/tahun.

4. PEMBAHASAN

Perencanaan tata ruang dan lingkungan terutama dalam kaitannya dengan rencana untuk pengembangan pelabuhan oleh pemerintah daerah setempat tentunya perlu memperjimbangkan berbagai disiplin ilmu kelautan diantaranya aspek geologi, geofisika dan oseanografi, aspek-aspek tersebut dapat sebagai faktor penunjang maupun sebagai faktor kendala. Dengan mengetahui berbagai aspek tersebut diatas tentunya dapat memberikan kemudahan dalam perencanaan. Pengembangan atau pembangunan suatu pelabuhan tentunya mempunyai dampak terhadap lingkungan atau dapat merubah kondisi lingkungan aslinya.

Kondisi pasang surut sangat besar pengaruhnya pada muara-muara sungai (*estuary*) seperti di Astanajapura. Jadi bila suatu pelabuhan dibangun pada muara-muara sungai, maka dua hal yang perlu diperhatikan yaitu : navigasi melalui muara harus cukup aman, pengendapan (sedimentasi) harus cukup kecil.

Kondisi arus di perairan Astanajapura memperlihatkan bahwa selain akibat perubahan muka air (pasang surut), pengaruh angin permukaan cukup berperan dalam pembentukan pola arus didaerah ini. Gerakan air akibat pasang surut yang terjadi di perairan Astanajapura ini menjadi arus berputar (*rotating movement*) yang disebut “vortex” (Ealze). Hal ini dapat terjadi akibat arus dominan yang bergerak dari arah timur laut ke barat daya dan pengaruh pasang surut serta membentur Tanjung Dleweran.

Perubahan garis pantai yang terjadi di perairan Astanajapura yaitu majunya garis pantai atau penambahan lahan terjadi akibat proses sedimentasi cukup intensif yang dipengaruhi oleh faktor oseanografi serta klimatologi.

5. KESIMPULAN

Pembangunan pelabuhan di daerah baru ataupun perluasan merupakan suatu akibat dari berkembangnya kebutuhan akan bahan baku, mineral ataupun peningkatan industri dan penduduk sehingga diperlukan adanya perluasan dan intensifikasi agar pelabuhan dapat menangani kenaikan jumlah muatan dan mempercepat penanganan muatan (*cargo handling*) guna mempertinggi efisiensi. Hal ini sesuai dengan keinginan Pemda Jawa Barat untuk mengembangkan pelabuhan lama Cirebon atau membangun suatu pelabuhan baru di perairan Astanajapura namun beberapa aspek yang dapat menjadi kendala sebaiknya di ketahui dahulu sejak dini.

Tipe pasang surut di daerah ini adalah "pasang campuran yang condong ke harian ganda", artinya dalam satu hari terjadi 2 kali pasang dan dua kali surut. Tidak terjadi amplitudo pasang yang mencolok dan fluktuasi muka air laut tersebut diikuti oleh gerakan massa air yang periodik, dapat dikatakan bahwa energinya kecil sehingga pergerakan masa air yang berasal dari beberapa muara sungai besar dan membawa material sedimen dapat terendapkan di tepi pantai.

Kondisi arus di perairan Astanajapura memperlihatkan kecepatan rata-rata arus permukaan pada saat surut yaitu 0,075 m/detik relatif lebih besar dari kecepatan rata-rata arus saat pasang yaitu 0,072 m/detik, sedangkan kecepatan rata-rata arus menengah pada saat surut yaitu 0,055 m/detik relatif lebih kecil dari kecepatan rata-rata arus saat pasang yaitu 0,056 m/detik.

Dari hasil penyelidikan ini diketahui bahwa di perairan Astanajapura kecepatan sedimentasi secara vertikal berkisar antara 1,37 cm/tahun hingga 1,5 cm/tahun, sedangkan muatan sedimen rata-rata berkisar antara 30,44 kg/m²/th hingga 36,1 kg/m²/th. Sedimentasi yang terjadi terutama disebabkan oleh banyaknya muara-muara sungai seperti

Sungai Bangkaderes, Sungai Dleweran, dan Sungai Pengarengan yang membawa cukup banyak muatan sedimen. Namun untuk mengetahui lebih rinci asal dan muatan sedimen yang berasal dari daratan di masa mendatang perlu dilakukan kajian tentang kondisi iklim dan faktor hidrologi pada sungai-sungai yang dianggap sebagai sumber sedimen.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Bapak Ir. Subaktian Lubis M.Sc selaku Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, dan para editor serta rekan-rekan yang telah membantu hingga selesainya tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Doodson, A.T., Warburg, H.D., 1936, *Admiralty Tide Tables Part III*, Hydrographic Departement, Admiralty, London.
- Faturachman, A., Raharjo, P., dkk., 2002, *Laporan Hasil Kajian Proses Sedimentasi di Perairan Cirebon*, PPPGL, Bandung. Tidak dipublikasi.
- Ron Szymzack., 1989, *²¹⁰Pb As a Tracer for Sediment Transport and Deposition in the Dutch German Waddensea*, Proceeding KNGMG, Symposium Coastal Lowlands, Geology and Geotechnology.
- Berger G.W, EISMA, D. and Van Bennekom, A.J., 1987, *²¹⁰Pb Derived Sedimentation Rate in the Vlieter, A Recently Filled in Tidal Channel in The Wadden Sea*. Netherlands Journal of Sea Research 21(4).
- Sanchez-Cabeza, J.A., 2000, *Sediment Core Profiles and Accumulation Rates*, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Craib, J.S., 1999, *A Sampler For Taking Short Undisturbed Marine Cores Sediment*. ❖