

STUDI DINAMIKA ANGKUTAN SEDIMEN DI PELABUHAN KHUSUS PERTAMINA UP-VI BALONGAN DENGAN METODE PERUNUT RADIOISOTOP

Tommy Hutabarat, Syafalni, Barokah Alyanta, dan Ali Arman Lubis
Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi - Batan

ABSTRAK

STUDI DINAMIKA ANGKUTAN SEDIMEN DI PELABUHAN KHUSUS (PELSUS) PERTAMINA UP-VI BALONGAN DENGAN METODE PERUNUT RADIOISOTOP. Menurut pihak manajemen pelabuhan, alur dan kolam pelabuhan khusus (pelsus) PERTAMINA telah mengalami pendangkalan. Untuk itu telah dilakukan penelitian dinamika angkutan sedimen di pelabuhan khusus (pelsus) Pertamina UP VI Balongan dengan metode perunut radioisotop. Pertamina UP VII Balongan mempunyai dua pelabuhan khusus yaitu pelsus I dan Pelsus II. Dalam penelitian ini digunakan perunut isotop Ir-192 yang diinjeksikan pada setiap pelsus. Pelacakan perunut radioisotop dilakukan diatas kapal menggunakan seperangkat alat instrumen nuklir dan secara bersamaan dilakukan penentuan posisi kapal dengan GPS. Dari hasil penelitian diperoleh rata-rata laju angkutan sedimen sekitar pelsus I sebesar 0,96 ton/hr/m dan pada pelsus II sebesar 0,57 ton/hr/m. Dari hasil analisis pola kontur diperoleh arah pergerakan sedimen dominan sekitar Pelsus I dan Pelsus II pada kondisi musim barat masing-masing menuju barat laut dan tenggara. Untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap perlu dilakukan penelitian pada musim timur.

ABSTRACT

STUDY OF SEDIMENT TRANSPORT DYNAMIC AT SPECIFIC HARBOUR OF PERTAMINA UP VI BALONGAN BY RADIOISOTOPE TRACER METHOD. Sedimentation in sea route and pool of specific harbours of Pertamina hindered the operational effectiveness of the transport in and out of the harbour. For that reason, the research on sediment transport dynamic at specific harbour of Pertamina UP VI Balongan by radioisotope tracer method has been carried out. Pertamina UP VI Balongan has two specific harbours namely pelsus I and pelsus II. In this research, Ir-192 was used as a tracer that was injected on each specific harbour. Tracing of radioisotope tracer and positioning were done over the boat using both nuclear instrument tool and GPS. The results show that the average of rate of sediment transport around pelsus I was 0,96 ton/hr/m and pelsus II was 0,57 ton/hr/m. Direction of sediment movement at pelsus I and pelsus II were toward south west and south east, respectively. To obtain a more complete direction of the flow through at the year, it is suggested to conduct additional research during east monsoon season.

PENDAHULUAN.

Penggunaan radioisotop sebagai perunut dalam masalah sedimentologi mempunyai arti yang sangat penting sebab dapat memberikan informasi yang lebih teliti dan lebih cepat dalam batas-batas kemampuannya. Dalam penelitian pergerakan angkutan sedimen seperti : sedimen sungai, muara dan pelabuhan, teknologi perunut radioisotop telah banyak dipakai di negara-negara maju untuk penelitian tersebut (1). Angkutan sedimen yang terangkut oleh aliran air pada daerah buangan akhir di bagian hilir seperti muara dan pelabuhan akan menyebabkan pendangkalan. Dalam bidang maritim atau pelayaran hal ini tentu akan sangat merugikan atau mengganggu arus lalu lintas kapal.

Pelabuhan laut merupakan sarana transportasi laut yang harus dijaga dan dipelihara agar pelabuhan berfungsi dengan baik untuk kapal yang keluar dan masuk pelabuhan tersebut. Pemeliharaan pelabuhan sangat tergantung pada tingkat sedimentasi dari waktu

ke waktu yang secara alami akan berlangsung terus menerus. Sedimentasi merupakan proses alamiah yang tidak mungkin dapat dicegah. Untuk itu diperlukan usaha-usaha untuk mengendalikan atau mengurangi proses sedimentasi.

Pelabuhan khusus (PELSUS) PERTAMINA Balongan, Indramayu terdiri dari PELSUS I dan PELSUS II. Lokasi kedua pelabuhan sangat strategis karena langsung berada di dalam daerah kegiatan-kegiatan PERTAMINA. Dengan demikian kegiatan bongkar muat barang dapat dilaksanakan dengan mudah dan cepat. Menurut pihak manajemen pelabuhan, PELSUS PERTAMINA dalam hal ini alur dan kolam pelabuhan telah mengalami pendangkalan. Untuk itu telah dilakukan studi dinamika angkutan sedimen pada kedua PELSUS tersebut menggunakan teknik perunut radioisotop. Tujuan studi adalah untuk menentukan arah pergerakan sedimen yang paling dominan dan estimasi laju angkutan sedimen sesuai dengan kondisi ketika penelitian dilakukan serta

diharapkan akan bermanfaat dalam usaha meminimalkan proses pendangkalan terhadap kedua pelabuhan tersebut.

TEORI.

Perunut radioisotop.

Banyak jenis radioisotop yang dapat dan telah digunakan sebagai perunut dalam sedimentologi. Jenis radioisotop yang akan digunakan dalam suatu jenis pekerjaan haruslah memenuhi beberapa pertimbangan antara lain:

- (1). Waktu paruh dari radioisotop, hal ini menyangkut lamanya pekerjaan agar supaya aktifitas radioisotop pada pengukuran terakhir masih dapat terdeteksi.
- (2). Aspek keamanan dari bahaya radiasi atau kontaminasi bagi para pelaksana atau lingkungan daerah operasi.

Beberapa jenis radioisotop yang dapat digunakan dalam studi angkutan sedimen dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Jenis radioisotop untuk studi angkutan sedimen.

Radioisotop	Simbol	Energi γ (MeV)	Pemancar Radiasi	Waktu Paruh (hari)
Emas	Au-198	0,41	Gamma	2,7
Chromium	Cr-51	0,31	Gamma	27,8
Iridium	Ir-192	0,36	Gamma	74,0
Scandium	Sc-46	0,9 dan 1,11	Gamma	84,0

2. Karakteristik angkutan sedimen

Karakteristik angkutan sedimen pada suatu sistim aliran bergantung pada berat jenis butir sedimen, tebal lapisan sedimen bergerak dan kecepatan pergerakan lapisan sedimen tersebut. Ketebalan butiran perunut terkubur atau tebal lapisan sedimen (E) dapat dihitung menggunakan persamaan kesetimbangan cacahan (*count rate balance*) :

$$1/\beta \times \alpha/f_0 \times N/A \times E = 1 - e^{-\alpha E} \dots \dots \dots (1)$$

di mana :

- β = faktor butiran perunut terkubur dalam sedimen (tanpa satuan)
- α = koefisien absorpsi sinar gama didalam sediment (cm^{-1})
- f_0 = respon detektor terhadap sinar gama ($\text{cps}/\mu\text{Ci}/\text{m}^2$)
- N = total cacahan (cps/m^2)
- A = aktifitas radioisotop (μCi)
- E = tebal lapisan sedimen bergerak (cm)

Dengan diperolehnya harga V dan E, maka laju angkutan sedimen dapat dihitung

(diperkirakan) menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$q_s = \rho_s \cdot E \cdot V \dots \dots \dots (2)$$

dimana :

- q_s = karakteristik angkutan sedimen (ton/hari/m-lebar haluan)
- ρ_s = densitas butiran sedimen (ton/m^3)
- E = tebal rata-rata lapisan angkutan sedimen (m)
- V = kecepatan rata-rata pergerakan lapisan sedimen (m/hari)

Para pakar sedimentologi telah banyak menggunakan persamaan (1) untuk mengestimasi kuantitas angkutan sedimen sungai, laut dan di daerah alur pelayaran berdasarkan perunut radioisotop. Laju angkutan sedimen (q_s) merupakan pernyataan tentang angkutan sedimen dalam ton per hari per meter lebar laluan populasi angkutan sedimen.

BAHAN DAN METODE.

Bahan dan Peralatan.

Peralatan utama yang digunakan untuk studi sedimen ini adalah seperangkat alat instrumen nuklir berupa detektor Sintilasi Kedap Air yang terdiri dari kristal NaI(Tl) dengan photo multilier yang dihubungkan dengan kabel panjang ± 75 m ke ratemeter IPP-4 dan Rekorder. Detektor Sintilasi dilengkapi dengan Sledge (kerangka) untuk penelitian di laut. Selain peralatan utama juga dibutuhkan peralatan penunjang seperti GPS yaitu alat untuk penentuan posisi selama pengukuran (pelacakan) dan alat injeksi radioperunut ke dasar laut. Seluruh kegiatan pekerjaan dilakukan diatas kapal, sedangkan bahan perunut yang digunakan adalah bahan Iridium gelas buatan Perancis dengan komposisi sebagai berikut : $\text{SiO}_2 = 48 \%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 19 \%$, $\text{TiO}_2 = 5 \%$, $\text{CaO} = 17 \%$, $\text{MgO} = 5,72 \%$, $\text{K}_2\text{O} = 5 \%$ dan $\text{IrO}_2 = 0,28 \%$.

Metode.

Analisis butiran sedimen dasar.

Sebelum dilakukan aktifitas gelas Iridium, perlu diketahui karakteristik butiran sedimen pada lokasi penelitian. Distribusi butiran sedimen dibutuhkan sebagai acuan pada saat pembuatan bahan perunut agar bahan perunut yang dibuat menyerupai distribusi butiran sedimen pada lokasi yang dipelajari. Pengambilan contoh sedimen dilakukan menggunakan alat *grabbing* (*sediment sampler*) dan analisis distribusi butiran dilakukan dengan metode hidrometri. Sebelum digunakan, gelas Iridium terlebih dahulu digerus hingga berbentuk

pasir dan kemudian diayak untuk mendapatkan ukuran yang sesuai dengan ukuran rata-rata sedimen dasar daerah penelitian. Untuk mendapatkan radioperunut Ir-192 sebanyak ± 250 gram serbuk Iridium diaktifkan di Pusat Produksi Radioisotop - BATAN.

Pelepasan dan pelacakan perunut radioisotop.

Dalam studi ini perunut radioisotop Ir-192 diinjeksikan ke dasar laut sebanyak 6 titik injeksi pada daerah penelitian. Masing-masing sebanyak 250 gram dalam tabung injektor dibawa dengan kapal/perahu menuju titik injeksi. Kemudian tabung injektor dihubungkan melalui selang dengan tangki udara tekan berisi air dan diturunkan hingga mendekati dasar laut. Selanjutnya klep udara tekan dibuka sehingga tekanan udara menekan tutup tabung injektor dan pasir Iridium tumpah ke dasar laut. Pelacakan perunut radioisotop dilakukan di atas kapal menggunakan seperangkat alat instrumen nuklir dan secara bersamaan dilakukan penentuan posisi kapal dengan GPS (*Global Positioning System*). Lintasan kapal bergerak secara transversal maupun longitudinal mulai dari sekitar titik injeksi hingga pada daerah yang masih terdapat anomali cacahan. Selama pencacahan radioperunut didapatkan titik-titik pengamatan yang akan digunakan sebagai bahan untuk analisis pergerakan sedimen. Jangkauan lintasan pelacakan sangat tergantung pada pola penyebaran radioperunut.

HASIL DAN PEMBAHASAN.

Langkah awal dari seluruh rangkaian teknis penelitian sedimentasi suatu pelabuhan adalah pengambilan sampel sedimen sebagai acuan pada penentuan ukuran butiran perunut radioisotop yang akan dilepaskan pada titik-titik yang telah ditentukan sebagai titik injeksi (Gambar.1). Hasil analisis butiran terhadap 15 sampel sedimen yang diambil dari lokasi penelitian diperoleh bahwa butiran sedimen pada wilayah Pelsus I dan Pelsus II adalah lanau (silt) yang termasuk dalam golongan "*fine grained sediment*" yaitu dengan diameter dibawah 62 mikron (Gambar 2). Penelitian untuk mendapatkan pola arah angkutan sedimen dan estimasi laju angkutan sedimen telah diinjeksikan perunut radioisotop Ir-192 sebanyak 6 titik injeksi yaitu 3 titik injeksi masing - masing T-1, T-4 dan T-5 pada sekitar lokasi Pelsus I dan 3 titik injeksi lainnya yang dinamakan T-2, T-3 dan T-6 pada sekitar lokasi pelsus II. Dari hasil analisis pelacakan (*tracking*) diperoleh pola kontur yang menunjukkan arah penyebaran

perunut sebagai indikator pergerakan sedimen yaitu dari perubahan pergeseran pusat masing-masing kontur (Gambar.3-8). Setelah mengikuti perkembangan pola kontur dispersi perunut dari pelacakan ke - 1 hingga pelacakan terakhir maka akan dapat diketahui arah pergerakan perunut dominan setiap titik injeksi. Karakteristik arah pergerakan sedimen dominan dan estimasi laju angkutan sedimen setiap titik dapat dilihat pada Tabel 3-8. Pada titik T-3, T-4 dan T-6 arah pergerakan sedimen dominan ke arah barat laut. Arah distribusi perunut yang diinjeksikan pada titik T-3 dominan menuju alur dan kolam Pelsus II yang dapat diartikan bahwa alur dan kolam Pelsus II terisi sedimen dari arah tenggara menuju alur. Sedangkan pada titik T-4 arah distribusi perunut dominan menuju alur dan kolam Pelsus I dan kontribusi sedimen berasal dari arah tenggara. Arah penyebaran perunut pada titik lainnya seperti T-1, kurang jelas karena pergerakannya sangat lambat namun dominan kearah timur. Untuk titik T-5 memperlihatkan pergerakan sedimen dominan ke arah selatan, sedangkan titik T-2 dominan ke arah tenggara. Hasil dispersi perunut dari titik T-6 menunjukkan pergerakan sedimen menuju Barat Laut dan dapat dikatakan tidak memberikan kontribusi untuk Pelsus II namun kemungkinan memberikan kontribusi ke Pelsus I. Dari enam titik pengamatan, sangatlah jelas bahwa pergerakan perunut sangat dipengaruhi oleh arus dasar laut yang cukup kuat dan perubahan arah dapat disebabkan karena pergantian musim. Dispersi perunut juga dipengaruhi oleh gaya hidrolik laut. Selanjutnya gambar pola kontur setiap pelacakan dianalisis menjadi gambar distribusi cacahan /*diagram transport* (Gambar. 9-14). Perubahan posisi titik berat dispersi dari titik pelepasan memberikan suatu informasi tentang kecepatan (v) bergerak dari sedimen. Untuk menghitung tebal lapisan sedimen bergerak (E) digunakan persamaan (1). Hasil analisis variabel dinamika dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2-7. Dari ke - 6 titik injeksi diperlihatkan bahwa kecenderungan perubahan penurunan kecepatan gerak perunut diikuti oleh perubahan penambahan tebal perunut terkubur karena semakin lemah kemampuan gaya dorong arus air terhadap perunut. Fenomena ini sebagai indikator kecepatan dan tebal sedimen bergerak menuju kolam dan Pelsus I dan II. Laju angkutan sedimen (qs) setiap titik ditentukan menggunakan persamaan (2) dengan densitas sedimen sebesar $2,4 \text{ ton/m}^3$. Nilai rata-rata laju angkutan pada T-2 dan T-3 sebesar $0,57 \text{ ton/hr/m}$, sedangkan pada T-1, T-4 dan T-5 sebesar $0,96 \text{ ton/hr/m}$. Perbedaan yang cukup signifikan ini dapat disebabkan oleh perbedaan volume profil alur Pelsus I dan II sehingga

mempengaruhi kecepatan angkutan sedimen. Arah pergerakan sedimen dominan sekitar Pelsus I dan Pelsus II pada kondisi musim barat menuju barat laut dan tenggara (Gambar. 15)

KESIMPULAN.

1. Pada kondisi musim barat mulai tanggal 29-3-1996 hingga tanggal 9-5-1996 arah angkutan sedimen yang dominan untuk Pelsus I dan Pelsus II menuju barat laut dan tenggara.
2. Dari hasil yang ditunjukkan oleh titik T-1, T-4 dan T-5, pergerakan sedimen akan mengisi alur Pelsus I, sedangkan titik T-2 dan T-3 akan mengisi alur Pelsus II.
3. Nilai rata-rata laju angkutan pada T-2 dan T-3 sebesar 0,57 ton/hr/m, sedangkan pada T-1, T-4 dan T-5 sebesar 0,96 ton/hr/m.
4. Untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap perlu dilakukan penelitian pada musim timur karena data yang didapat dirasakan masih kurang.

DAFTAR PUSTAKA.

1. THORKILD THOMSON. The Applications of Radioisotope Tracers for Determination of Bedload Transport in Alluvial Rivers, Nordiac Hydrology Vol.II, Copenhagen, 1980.
2. CAILLOT A. Bedload Transport Guidebook on Nuclear Tech in Hydrology, IAEA Tech. Report Series No. 91, Vienna 1983.
3. CAILLOT A. Tracer Techniques in Sediment Transport, IAEA, Tech. Report Series, No.145, Vienna, 1973.
4. KRICKMORE M.J. The Use of Nuclear Techniques in Sediment Transport and Sedimentation Problems, International Hydrology Programme, United Nations Educational, UNESCO, Paris, 1990.
5. HEBBEL D.W. Sand Transport Studies With Radioactive Tracers, Amer. Soc. Civ. Eng. Hyd. Div. America, 1964.
6. ARTHUR T. IPPEN, Ph.D, Estuary and Coastline Hydrodynamics McGraw-Hill Book Company, Inc, New York. 1966.

Tabel.2. Variabel dinamika perunut titik T-1

Tanggal	Arah pergerakan An sedimen	Kecepatan (m/hari)	Tebal sedimen Bergerak (cm)	Laju angkutan qs (ton/hr/m)
29-03-1996	Timur	8,00	-	-
01-04-1996	Timur	12,00	-	-
04-04-1996	Timur	2,90	1,60	0,11
07-04-1996	Timur	1,60	8,10	0,31
11-04-1996	Timur	2,00	5,10	0,24
15-04-1996	Timur	1,10	7,50	0,20
19-04-1996	Timur	0,40	9,70	0,09
23-04-1996	Timur	1,10	9,10	0,24
02-05-1996	Barat laut	0,11	10,30	0,03
06-05-1996	Barat laut	0,72	7,80	0,14

Tabel.3. Variabel dinamika perunut titik T-2

Tanggal	Arah pergerakan An sedimen	Kecepatan (m/hari)	Tebal sedimen Bergerak (cm)	Laju angkutan qs (ton/hr/m)
31-03-1996	Tenggara	12,00	-	-
02-04-1996	Tenggara	10,67	-	-
05-04-1996	Tenggara	8,00	4,80	0,92
08-04-1996	Tenggara	5,33	1,80	0,23
12-04-1996	Tenggara	2,46	5,50	0,32
16-04-1996	Tenggara	1,88	4,60	0,21
20-04-1996	Tenggara	1,43	7,20	0,25
24-04-1996	Barat laut	0,32	6,20	0,05
03-05-1996	Barat laut	0,24	10,10	0,06
07-05-1996	Barat laut	0,84	5,70	0,11

Tabel.4. Variabel dinamika perunut titik T-3

Tanggal	Arah pergerakan An sedimen	Kecepatan (m/hari)	Tebal sedimen Bergerak (cm)	Laju angkutan qs (ton/hr/m)
29-03-1996	Barat laut	36,00	-	-
01-04-1996	Barat laut	20,00	-	-
04-04-1996	Barat laut	8,57	5,40	1,11
07-04-1996	Barat laut	6,40	10,20	1,57
11-04-1996	Barat laut	3,40	11,40	0,93
15-04-1996	Barat laut	2,40	11,60	0,67
19-04-1996	Barat laut	2,50	12,50	0,75
23-04-1996	Barat laut	2,30	13,20	0,73
01-05-1996	Barat laut	1,41	18,10	0,61
08-05-1996	Barat laut	1,85	17,60	0,78

Tabel.5. Variabel dinamika perunut titik T-4

Tanggal	Arah pergerakan An sedimen	Kecepatan (m/hari)	Tebal sedimen Bergerak (cm)	Laju angkutan qs (ton/hr/m)
31-03-1996	Barat laut	12,00	-	-
02-04-1996	Barat laut	9,33	-	-
05-04-1996	Barat laut	8,33	-	-
08-04-1996	Barat laut	5,33	1,00	0,13
12-04-1996	Barat laut	2,77	5,20	0,35
16-04-1996	Barat laut	2,82	5,20	0,35
20-04-1996	Barat laut	1,71	8,20	0,34
24-04-1996	Barat laut	2,00	6,40	0,31
02-05-1996	Barat laut	1,94	4,80	0,22
06-05-1996	Barat laut	2,00	5,80	0,28

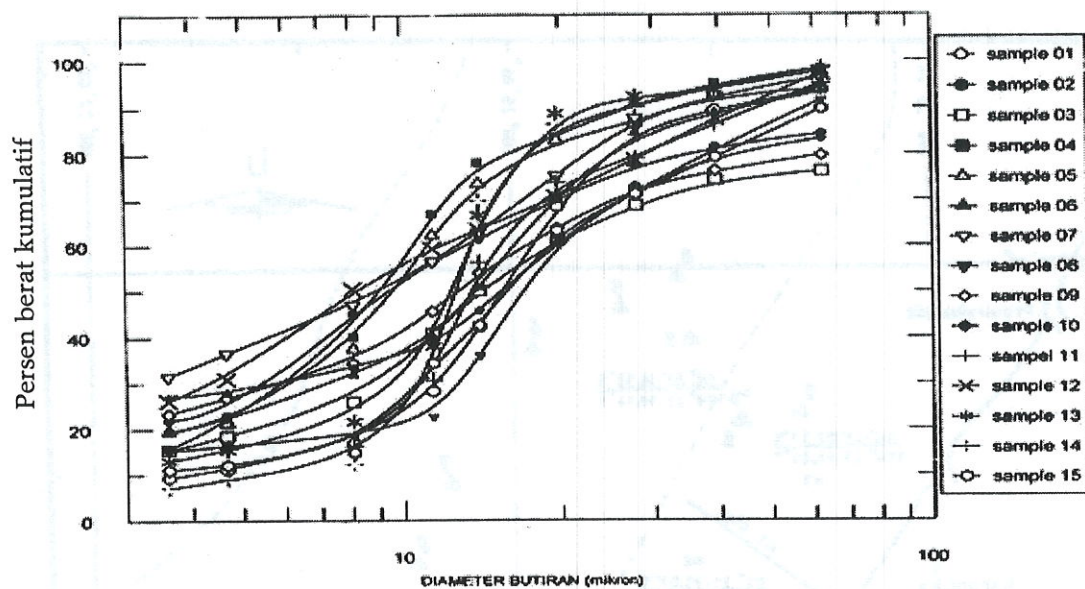
Tabel.6. Variabel dinamika perunut titik T-5

Tanggal	Arah pergerakan An sedimen	Kecepatan (m/hari)	Tebal sedimen Bergerak (cm)	Laju angkutan qs (ton/hr/m)
10-04-1996	Selatan	36,00	-	-
13-04-1996	Selatan	10,70	-	-
16-04-1996	Selatan	5,14	5,90	0,73
21-04-1996	Selatan	3,30	6,30	0,50
25-04-1996	Selatan	4,00	7,20	0,69
30-04-1996	Selatan	2,10	9,40	0,47
05-05-1996	Selatan	1,69	13,80	0,56
10-05-1996	Barat laut	0,77	6,60	0,12

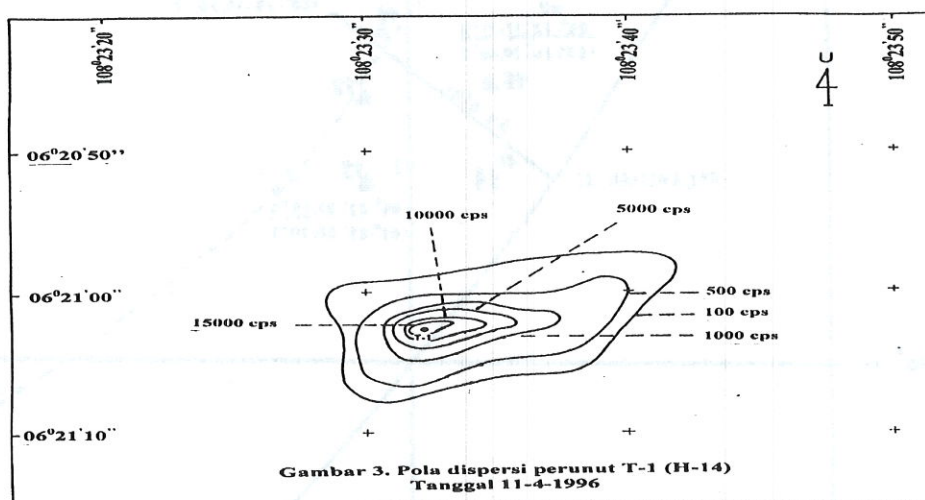
Tabel.7. Variabel dinamika perunut titik T-6

Tanggal	Arah pergerakan An sedimen	Kecepatan (m/hari)	Tebal sedimen Bergerak (cm)	Laju angkutan qs (ton/hr/m)
10-04-1996	Barat laut	8,00	-	-
13-04-1996	Barat laut	28,70	-	-
17-04-1996	Barat laut	11,43	7,70	2,11
21-04-1996	Barat laut	6,67	7,00	1,12
25-04-1996	Barat laut	3,50	9,60	0,81
01-05-1996	Barat laut	3,09	7,50	0,56
06-05-1996	Barat laut	2,00	12,60	0,60
09-05-1996	Barat laut	2,27	11,00	0,60

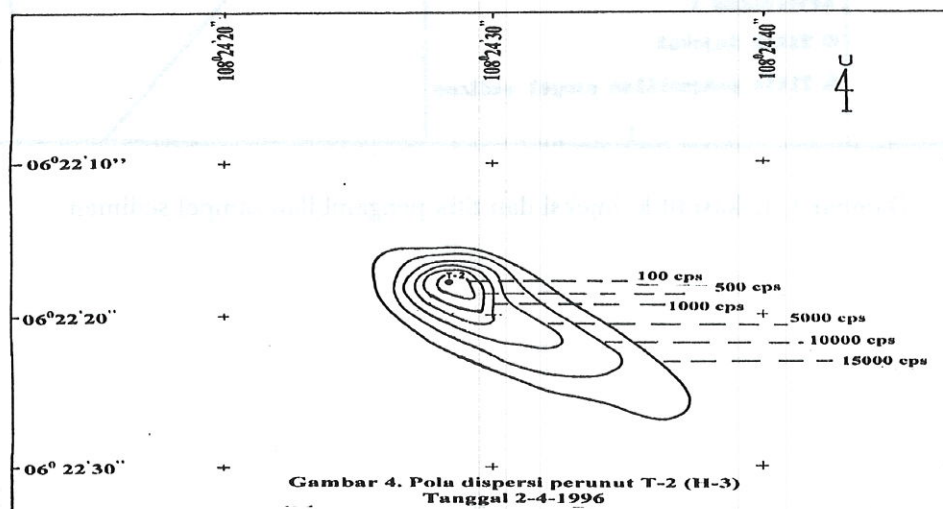
299



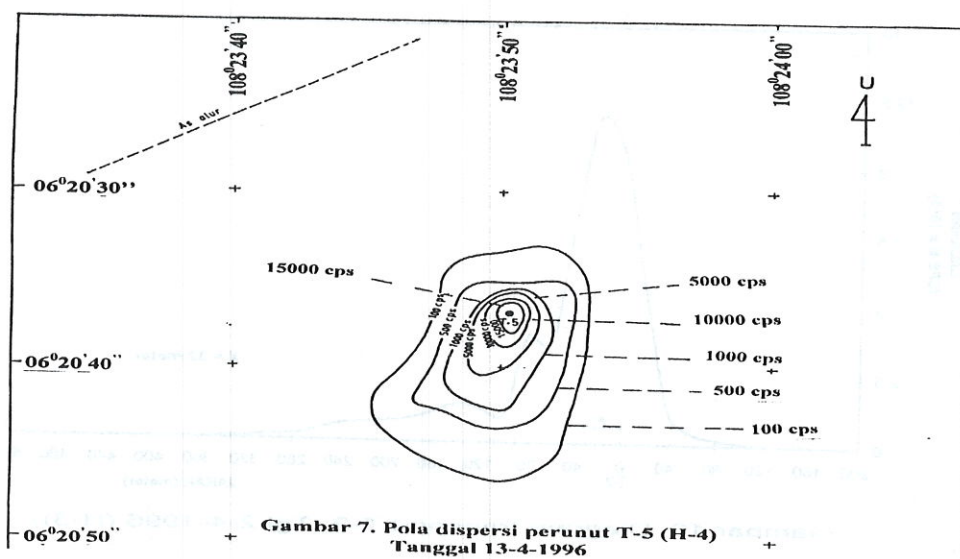
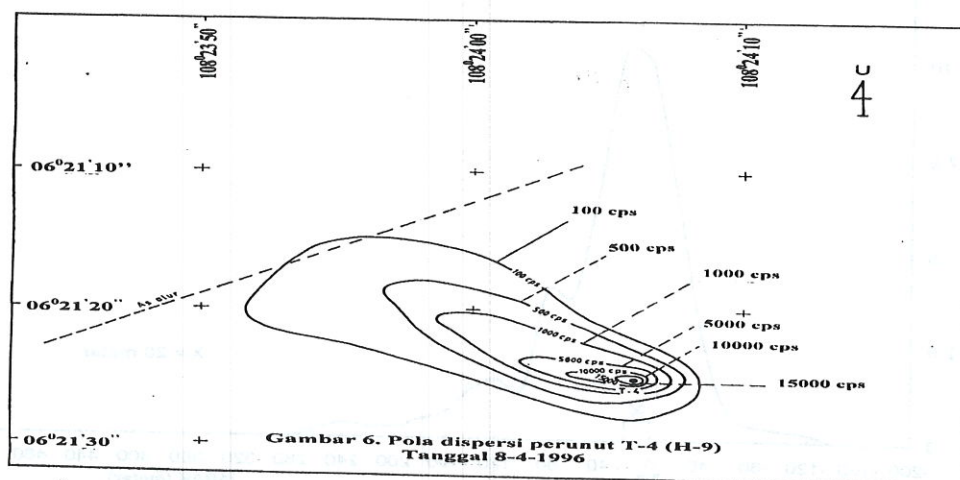
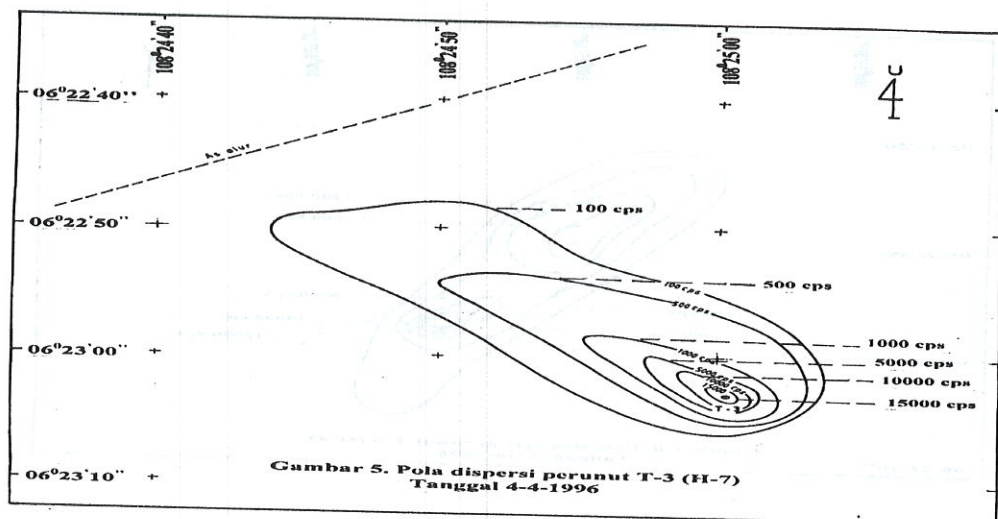
Gambar 2. Kurva distribusi ukuran butiran

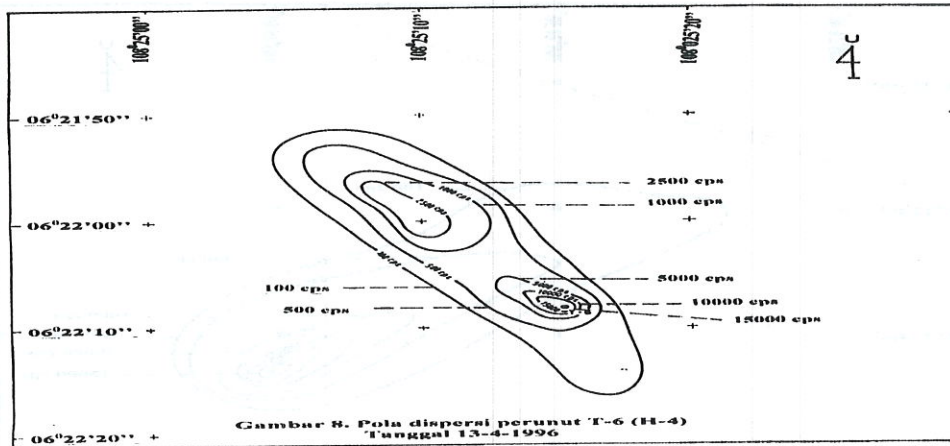


Gambar 3. Pola dispersi perunut T-1 (H-14)
Tanggal 11-4-1996

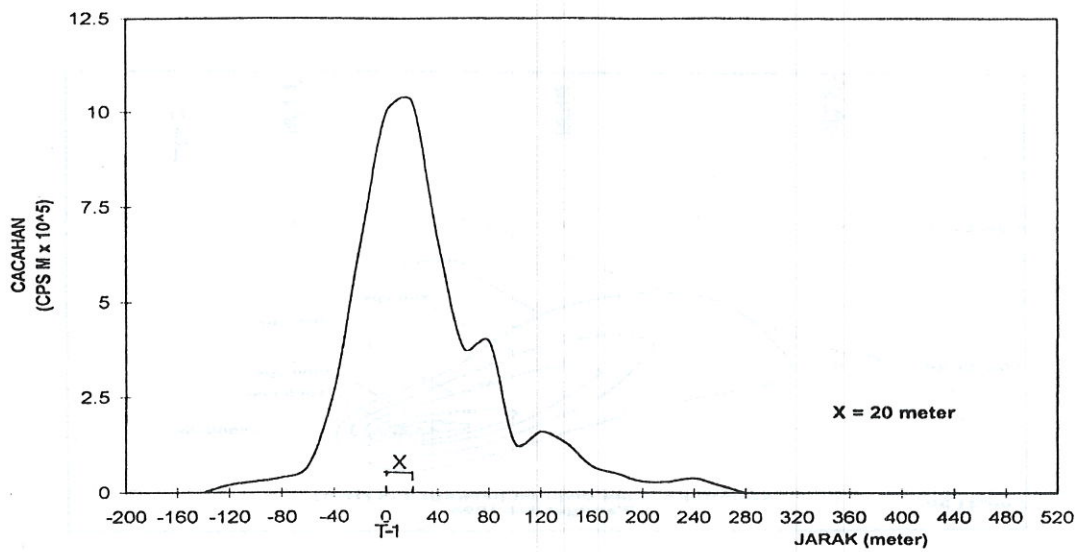


Gambar 4. Pola dispersi perunut T-2 (H-3)
Tanggal 2-4-1996

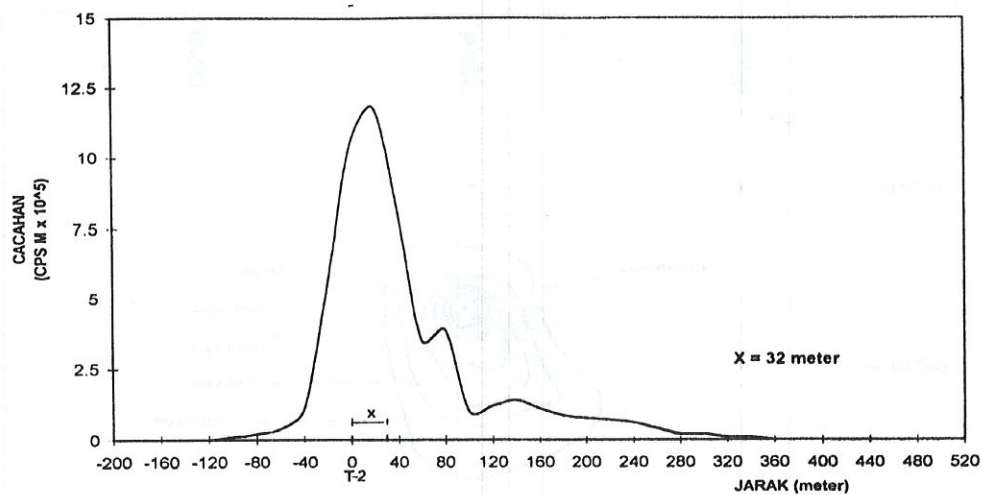




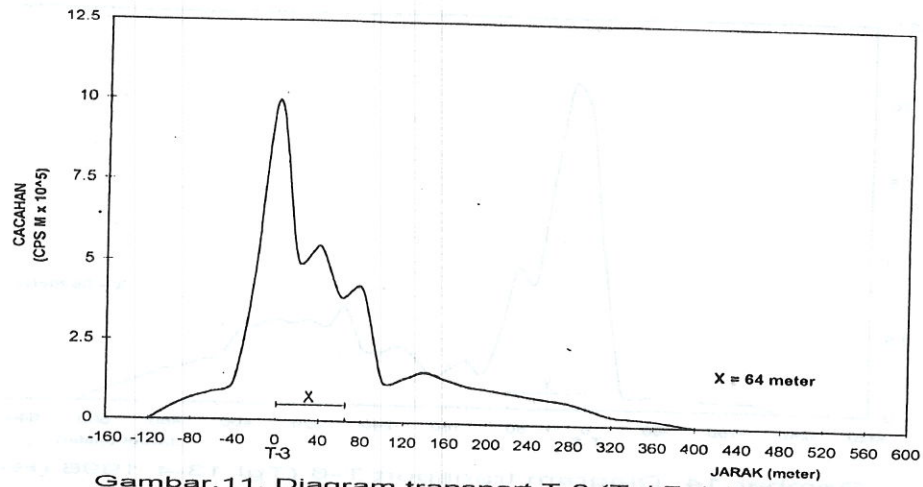
Gambar 8. Pola dispersi perunut T-6 (H-4)
Tanggal 13-4-1996



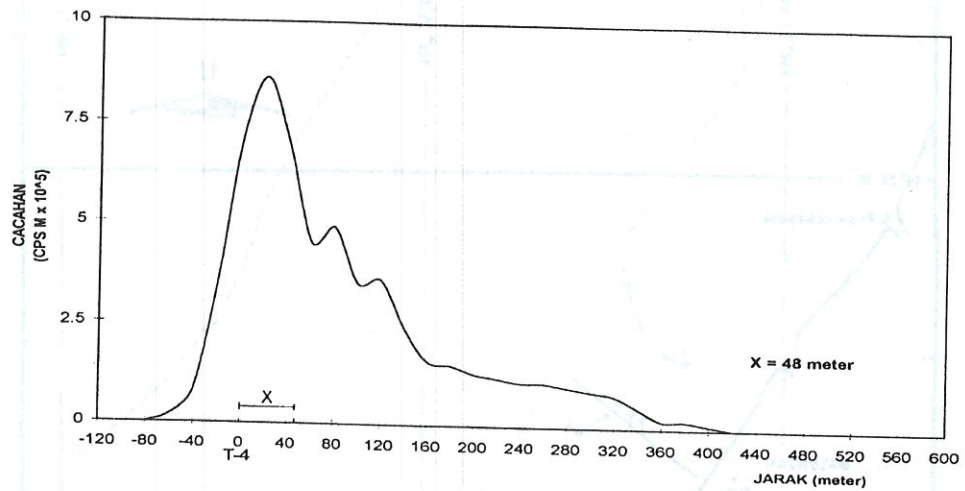
Gambar.9. Diagram transport T-1 (Tgl 15-4-1996 (H-18)).



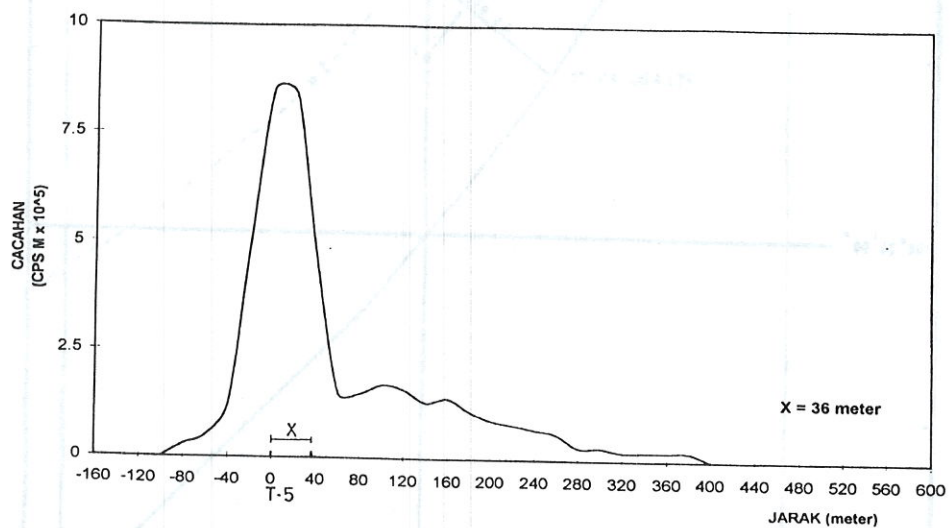
Gambar.10. Diagram transport T-2 (Tgl 2-4-1996 (H-3)).



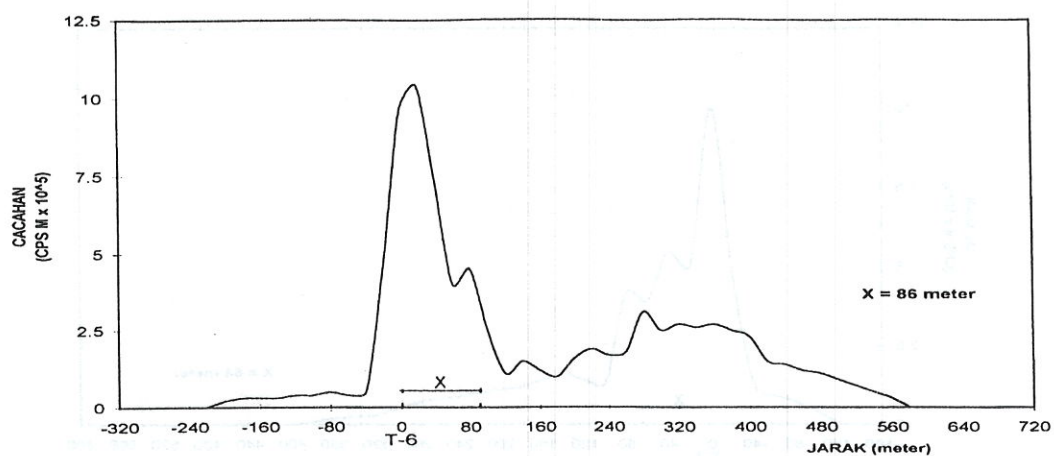
Gambar.11. Diagram transport T-3 (Tgl 7-4-1996 (H-10)).



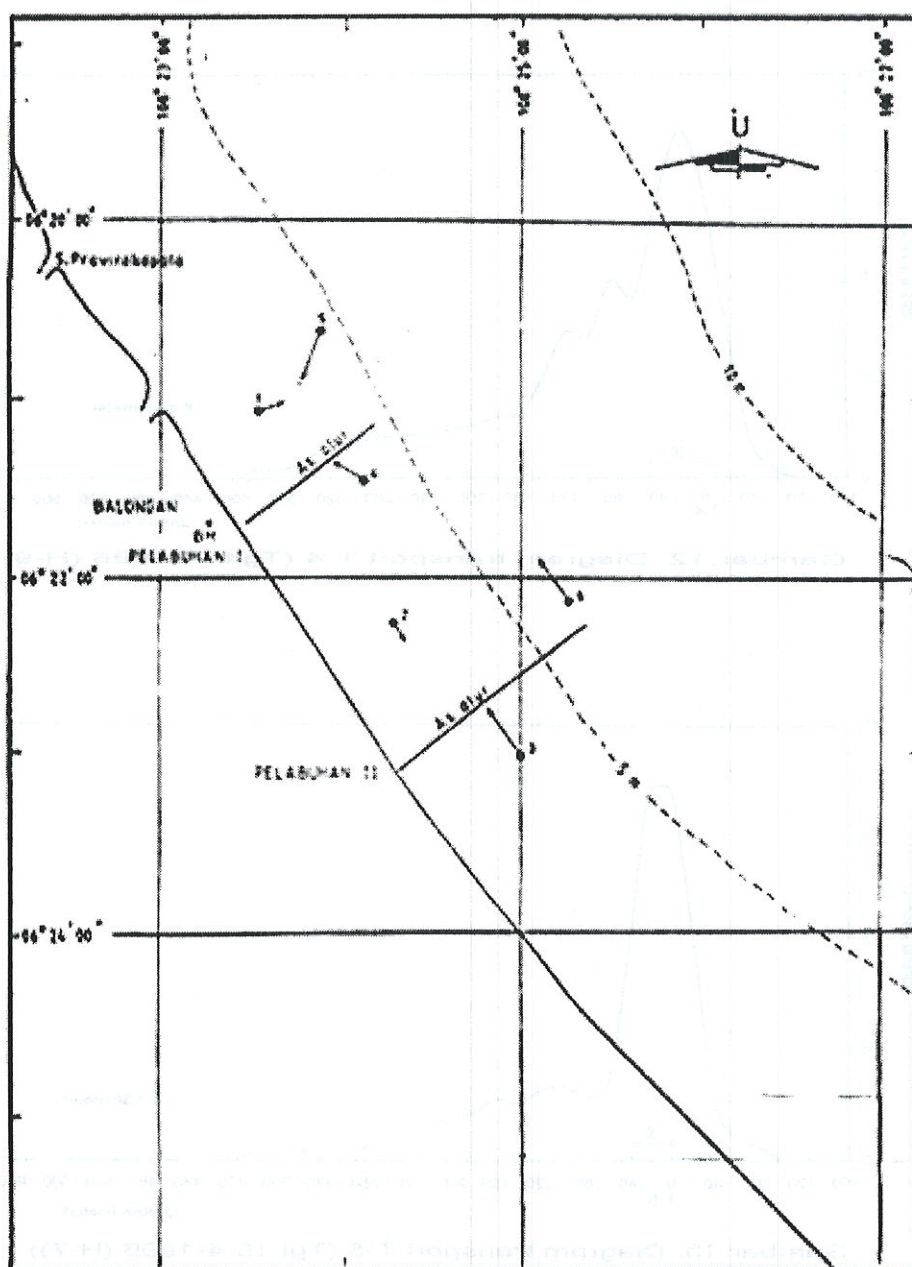
Gambar.12. Diagram transport T-4 (Tgl 8-4-1996 (H-9)).



Gambar.13. Diagram transport T-5 (Tgl 16-4-1996 (H-7)).



Gambar.14. Diagram transport T-6 (Tgl 13-4-1996 (H-4)).



Gambar 15. Arah pergerakan sediment musim barat