

ABRASI PANTAI DAN PENDANGKALAN KOLAM PELABUHAN JETTY PERTAMINA BALONGAN, INDRAMAYU MELALUI ANALISIS ARUS PASANG SURUT, ANGIN DAN GELOMBANG

Oleh :

L. Arifin dan B. Rachmat

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjuna 236 Bandung

Diterima : 18-09-2010; Disetujui : 21-02-2011

SARI

Masalah utama yang terjadi di perairan sekitar kolam Pelabuhan Jetty Pertamina Balongan, Indramayu adalah abrasi dan pendangkalan. Oleh karena itu dilakukan analisis mengenai pendangkalan kolam pelabuhan dan abrasi pantai di lokasi ini dengan menggunakan data arus stasioner, trayektori arus, pasang surut dan hindcasting gelombang. Data penelitian lapangan selama satu bulan memperlihatkan telah terjadi proses pendangkalan dan abrasi pantai di sekitar area Pelabuhan Jetty Pertamina. Proses ini terjadi akibat terganggunya laju sedimen yang berasal dari selatan ke utara dan sebaliknya oleh aliran arus sejajar pantai dan arus pasang surut karena keberadaan Pelabuhan Jetty Pertamina (terganggunya kesetimbangan suplai sedimen). Kecepatan arus pasang surut pada tiga kedalaman berbeda rata-rata berkisar antara 0.168 – 0.215 m/s dan kecepatan arus terbesar sebesar 0.371 m/s terjadi pada saat spring tide. Arus pasang surut dan arus sejajar pantai secara bersinergi mempercepat terjadinya abrasi pantai dan pendangkalan kolam Pelabuhan Jetty. Laju abrasi pantai di perairan ini berdasarkan data PPPGL tahun 2003 adalah sebesar 1 – 4 m per tahun. Salah satu upaya untuk menanggulangi abrasi dan pendangkalan di kolam Pelabuhan Jetty terlebih dahulu harus dilakukan studi pemodelan. Studi pemodelan ini digunakan untuk melihat gambaran secara dinamis kondisi hidro dinamika perairan yang berhubungan dengan proses terjadinya pendangkalan dan abrasi, serta untuk menentukan tipe bangunan pantai yang sesuai.

Kata kunci : pelabuhan, jetty, sedimentasi, pendangkalan, abrasi, arus, sedimen

ABSTRACT

The main problem that occurred around the pool of port Pertamina Jetty Balongan, Indramayu is abrasion and shoaling. Therefore an analysis of the shoaling pool of port and coastal abrasion in this location was conducted by using the stationary current data, trajectory current, tide and wave hindcasting. Data of one-month field observation shows there has been shoaling and coastal abrasion processes in the areas surrounding port Pertamina Jetty. This process occurs due to disruption of the rate of sediment derived from south to north and vice versa by the current flow parallel to the coast and tidal current because of the presence of Pertamina Jetty port (disturbance of equilibrium sediment supply). The velocity of tidal currents on three different average depths ranging from 0.168 – 0.215 m/s and the largest flow velocity of 0.371 m/s during spring tide. The direction of static current measurement and float tracking south-southeast trending dominant at low tide and northwest-north at high tide. Tidal current and longshore current sinergies to accelerate the occurrence of coastal abrasion and shoaling pool of

Harbour Jetty. The rate of coastal abrasion in this water based on PPPGL data of 2003 that is 1 – 4 m/s per year. One effort to overcome abrasion and shoaling in pool Harbour Jetty should be done prior modeling studies. This modeling study is used to portray water hydro dynamics associated with the process of shoaling and abrasion, as well as determine the appropriate types of coastal structures.

Keyword : ports, jetties, sedimentation, shoaling, abrasion, currents, sediment

PENDAHULUAN

Pengukuran arus stasioner dan trayektori arus merupakan bagian dari kegiatan penelitian kelautan yang dilakukan oleh Puslitbang Geologi Kelautan bekerja sama dengan PT Wiratman di perairan Pertamina Balongan, Indramayu pada Bulan Nopember – Bulan Desember 2006. Penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan data hidrografi dan oseanografi khususnya di sekitar perairan Pelabuhan Jetty Pertamina. Tujuan penelitian adalah mencari solusi penanggulangan abrasi pantai dan pendangkalan sekitar Pelabuhan Jetty Pertamina (Gambar 1). Abrasi pantai di sekitar perairan Pertamina Balongan telah menyebabkan mundurnya garis pantai sejauh ratusan meter, yang mengakibatkan sebagian jalur pipa Pertamina di bagian utara Pelabuhan Jetty telah berada di pinggir laut dan terancam korosi (Gambar 2). Pendangkalan karena sedimentasi di sekitar kolam Pelabuhan Jetty telah menyebabkan terganggunya aktifitas bongkar muat gas elpiji karena sering terjadi kapal kandas saat masuk ke area kolam sandar. Abrasi dan pendangkalan di sekitar pantai Pelabuhan Jetty Pertamina sebagian besar disebabkan oleh terganggunya keseimbangan antara suplai sedimen yang masuk dan keluar perairan (Triatmodjo, 1999). Proses angkutan sedimen ini sangat dipengaruhi oleh kondisi arus pasang surut di luar daerah gelombang pecah (*offshore*) dan arus sejajar pantai (*longshore current*) di dalam daerah gelombang pecah (*surfzone*). Di satu sisi sedimen yang diangkut oleh arus sejajar pantai akan terperangkap oleh bangunan jetty sehingga mengakibatkan terjadinya pendangkalan di sekitar Pelabuhan Jetty, sedangkan di tempat lain terjadi abrasi karena pantai kekurangan suplai sedimen.

Pengamatan arus stasioner dilakukan di dua lokasi pengamatan, yaitu di sebelah utara Pelabuhan Jetty dan sebelah selatan Pelabuhan Jetty. Data arus ini terdiri atas arus permukaan (0.2 d), arus menengah (0.6 d) dan arus bawah (0.8 d), dimana d adalah kedalaman air stasiun pengamatan. Secara geografis lokasi titik

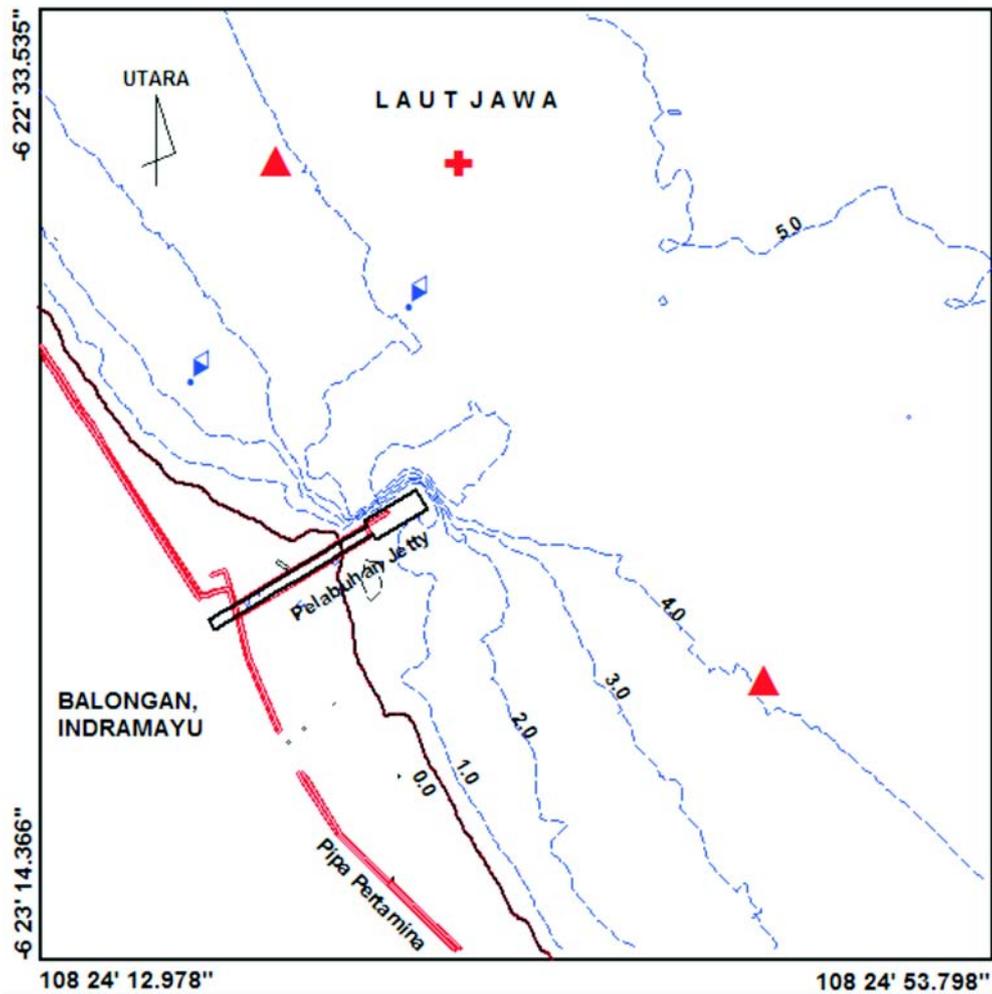
pengukuran arus berada pada koordinat 108° 24' 43.9344" E; 6° 23' 2.3532 S dengan kedalaman stasiun pengamatan 4 m berada di sebelah selatan jetty Pertamina dan koordinat 108° 24' 23.1876" E; 6° 22' 40.0872 S dengan kedalaman stasiun pengamatan 4 m berada di sebelah utara jetty Pertamina. Lokasi titik pengukuran arus diperlihatkan pada Gambar 1.

Pengamatan trayektori arus juga dilakukan di dua lokasi yaitu di lokasi dengan kedalaman laut 7 m, masing-masing untuk arus permukaan, arus menengah dan arus bawah serta di lokasi dekat garis pantai, yaitu pada jarak horisontal 50 m, 75 m dan 100 m dari garis pantai. Pengamatan arus stasioner dan trayektori arus ini dilakukan untuk mendapatkan data harga arah dan kecepatan arus absolut serta pola trayektori arus yang diakibatkan oleh arus pasang surut dan arus sejajar pantai (*longshore current*). Hasil korelasi antara data arus stasioner dan trayektori arus selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan gambaran tentang proses angkutan sedimen pantai yang menyebabkan terjadinya abrasi pantai dan pendangkalan di sekitar lokasi Pelabuhan Jetty Pertamina.

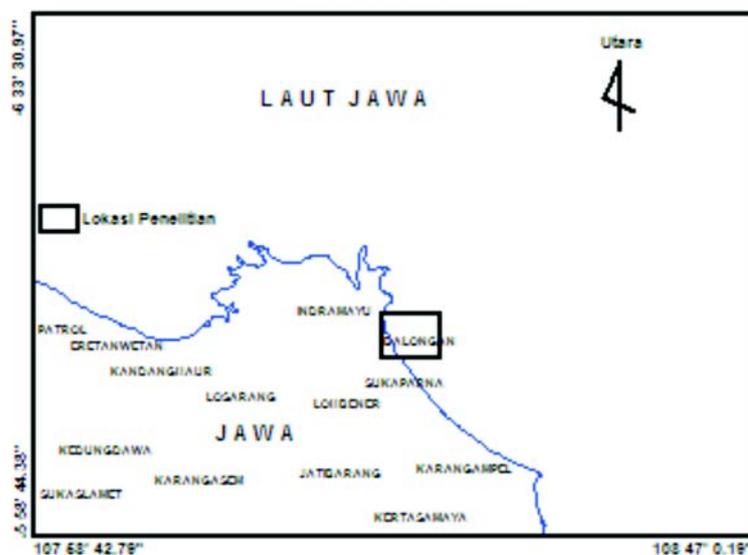
METODOLOGI

Pengamatan Pasang Surut. Penelitian pasang surut dilaksanakan selama 30 hari (29 piantan) penuh secara terus menerus. Pencatatan secara elektronik dilakukan dengan menggunakan sebuah *Valeport TideLog Model 740 Portable Water Level Recorder* yang dikontrol dengan hasil bacaan visual rambu pasang surut setiap 30 menit. Perhitungan duduk tengah dan muka surutan dilakukan dengan menggunakan metode British Admiralty. Pengamatan dilakukan di pelabuhan khusus Pertamina Balongan.

Sistem kerja alat ini didasarkan pada sistem tekanan. Tekanan air laut yang terekam oleh sensor alat ini diubah menjadi sistem digital dalam satuan tekanan (dbar). Selanjutnya data ini disimpan dalam sistem perekam elektronik pada alat *automatic tide gauge*. Data yang



INDEKS PETA



Gambar 1. Lokasi penelitian sekitar Pelabuhan Jetty Pertamina Balongan, Indramayu



Gambar 2. Lokasi pipa Pertamina yang terkena erosi di sebelah utara Pelabuhan Jetty (PPPGL 2006)

terekam merupakan data tekanan air laut dalam satuan dbar. Kemudian data ini dikonversi menjadi satuan meter melalui perangkat lunak komputer. Data pasang surut digunakan untuk mengkorelasi antara pola kecepatan arus dengan pasang surutnya serta untuk mengkoreksi data kedalaman laut.

Pengukuran Arus. Pengukuran kecepatan arus dilakukan untuk mendapatkan besaran kecepatan dan arah arus yang akan digunakan untuk mengetahui sifat dinamika perairan lokal. Pengukuran arus menggunakan alat *Self Recording Automatic Current Meter Valeport, FSI 2D ACM*. Pengukuran arus dibagi menjadi dua kegiatan yaitu pengukuran arus statis dan arus sebaran. Pengukuran arus statis dilakukan di dua lokasi selama 30 hari pada kedalaman 0.6 d, sedangkan pengukuran arus sebaran dilakukan pada saat bulan purnama dan bulan mati masing-masing selama 3x24 jam pada kedalaman 0.2d, 0.6d dan 0.8d. Untuk melihat fenomena hubungan pasang surut air laut dengan pola arusnya dilakukan penggambaran hubungan pola arus dengan pasang surut.

Pengamatan Jejak Arus (*Float Tracking*) dan Arus Sejajar Pantai. Pengamatan *float tracking* dan arus sejajar pantai dilakukan di sekitar area jetty Pertamina. Lokasi ini dipilih untuk mendapatkan data yang baik mengenai jejak

trayektori arus dominan yang paling berpengaruh terhadap Pelabuhan. Pengamatan trayektori arus dan arus sejajar pantai ini dilakukan dengan cara menggunakan enam buah “bouy” yang dilengkapi masing-masing dengan *Global Positioning System* (GPS). Tiga buah untuk pengamatan float tracking dan sisanya untuk pengamatan arus sejajar pantai.

Hindcasting gelombang. Pembuatan diagram bunga angin (*windrose*) dan diagram bunga gelombang (*waverose*) dilakukan dengan menggunakan data angin tahun 2005-2006 dari Stasiun Meteorologi BMG Jatiwangi, Majalengka. Angin merupakan pembangkit gelombang laut. Oleh karena itu data angin ini digunakan untuk memperkirakan tinggi dan arah datang gelombang di sekitar perairan Pertamina, Balongan. Data angin yang diperlukan adalah data angin maksimum harian tiap jam beserta arahnya dan diklasifikasikan berdasarkan kecepatan dan arah. Kemudian dihitung besar persentase kejadiannya. Arah angin digambarkan sesuai dengan arah kompas magnet bumi, seperti utara, timur, selatan dan barat. Data angin dalam bentuk tabel angka tersebut disajikan dalam bentuk diagram bunga angin (*windrose*).

Pembentukan gelombang laut dalam dianalisis dengan rumus empiris yang

diturunkan dari model parametrik berdasarkan spektrum gelombang *Joint North Sea Wave Program* (JONSWAP) (CERC, 1984). Pada proses *hindcasting*, perlu ditentukan kondisi pembentukan gelombang yang terjadi di lokasi perairan. Tinggi gelombang yang didapat dari peramalan gelombang dengan menggunakan data angin dikelompokkan menurut tahun/bulan kejadian dan interval tinggi gelombangnya. Selanjutnya dicari persentase kejadian tinggi gelombang setiap tahun/bulannya menurut besar dan arahnya hasilnya disajikan dalam bentuk tabel dan diagram bunga gelombang (*waverose*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pasang Surut

Berdasarkan data pengamatan tipe pasang surut di perairan Pertamina Balongan adalah tipe campuran dominan ganda (terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam waktu 24 jam) dengan tunggang air maksimum sebesar 107 cm (Gambar 3).

Pengamatan arus

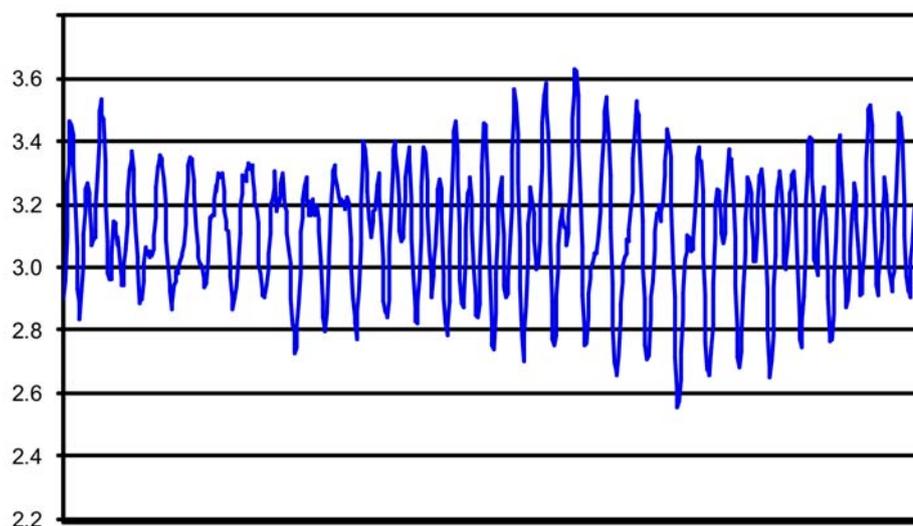
Data arus hasil pengamatan ini diolah untuk mendapatkan data arah dan kecepatan arus yang signifikan yang berpengaruh terhadap proses erosi dan sedimentasi di sekitar Pelabuhan Jetty Pertamina. Berdasarkan hasil pengolahan data arus diperoleh kecepatan arus maksimum dan rata-rata yang terukur pada stasiun pengamatan

arus stasioner adalah sebagai berikut (Tabel 1 dan Tabel 2) :

Kecepatan arus rata-rata pada tiga kedalaman berbeda pada dua lokasi titik pengukuran memperlihatkan harga kecepatan arus di lokasi penelitian berkisar antara 0.168 – 0.215 m/s dan kecepatan arus maksimum berkisar antara 0.201 – 0.371 m/s. Hasil penggambaran pola arus dengan pasang surutnya (Gambar 4 dan Gambar 5) menunjukkan bahwa pada saat kondisi air laut surut arus cenderung berarah ke tenggara-selatan, sedangkan pada saat kondisi air laut pasang arus cenderung berarah ke baratlaut-utara. Hal ini menunjukkan bahwa pola arus di sekitar perairan Pertamina Balongan dominan dipengaruhi oleh pola pasang surutnya.

Pengamatan Jejak Arus (*Float Tracking*) dan Arus Sejajar Pantai

Hasil pengamatan *float tracking* dan arus sejajar pantai di sekitar area Pelabuhan Jetty Pertamina memperlihatkan bahwa jejak trayektori arus secara umum sangat dipengaruhi oleh kondisi pasang surut. Pengamatan *float tracking* dilakukan pada saat kondisi air surut, surut maksimum, menjelang pasang, pasang dan saat pasang maksimum menuju surut. Pada saat surut sampai surut maksimum jejak trayektori arus secara umum berarah tenggara, sedangkan saat pasang sampai pasang maksimum jejak trayektori arus berarah baratlaut. Jejak



Gambar 3. Kurva hasil pengamatan pasang surut di perairan Balongan, Indramayu (PPPGL dan PT Wiratman, 2006).

Tabel 1. Kecepatan dan arah arus pada kedalaman 4 meter saat spring (bulan purnama)
Lokasi pada arus sebaran 1 di sebelah selatan Jetty.

Arus sebaran 1	Kec. Maksimum (m/s)	Kec. Rata-rata (m/s)
Arus Permukaan	0.193 – 0.201	0.168
Arus Menengah	0.203 – 0.213	0.177
Arus Bawah	0.215 – 0.243	0.188

Tabel 2. Kecepatan dan arah arus pada kedalaman 4 meter saat spring (bulan purnama)
Lokasi pada arus sebaran 2 di sebelah utara Jetty.

Arus sebaran 1	Kec. Maksimum (m/s)	Kec. Rata-rata (m/s)
Arus Permukaan	0.338 – 0.371	0.215
Arus Menengah	0.331 – 0.347	0.205
Arus Bawah	0.329 – 0.335	0.190

trayektori arus mengalami perubahan arah pada saat kondisi air menjelang pasang dan menjelang surut, dimana pada saat menjelang pasang jejak trayektori arus berubah dari arah tenggara berbalik menuju barat laut, sedangkan saat menjelang surut terjadi sebaliknya, yaitu jejak trayektori arus berubah dari arah barat laut menuju tenggara (Gambar 6 s.d. Gambar 9).

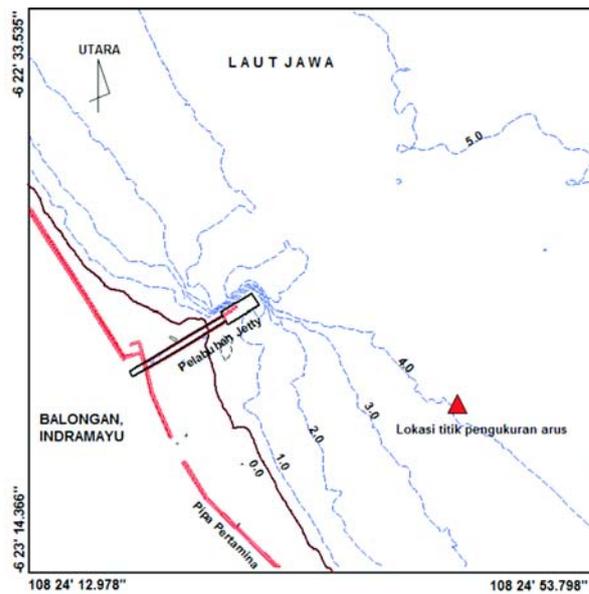
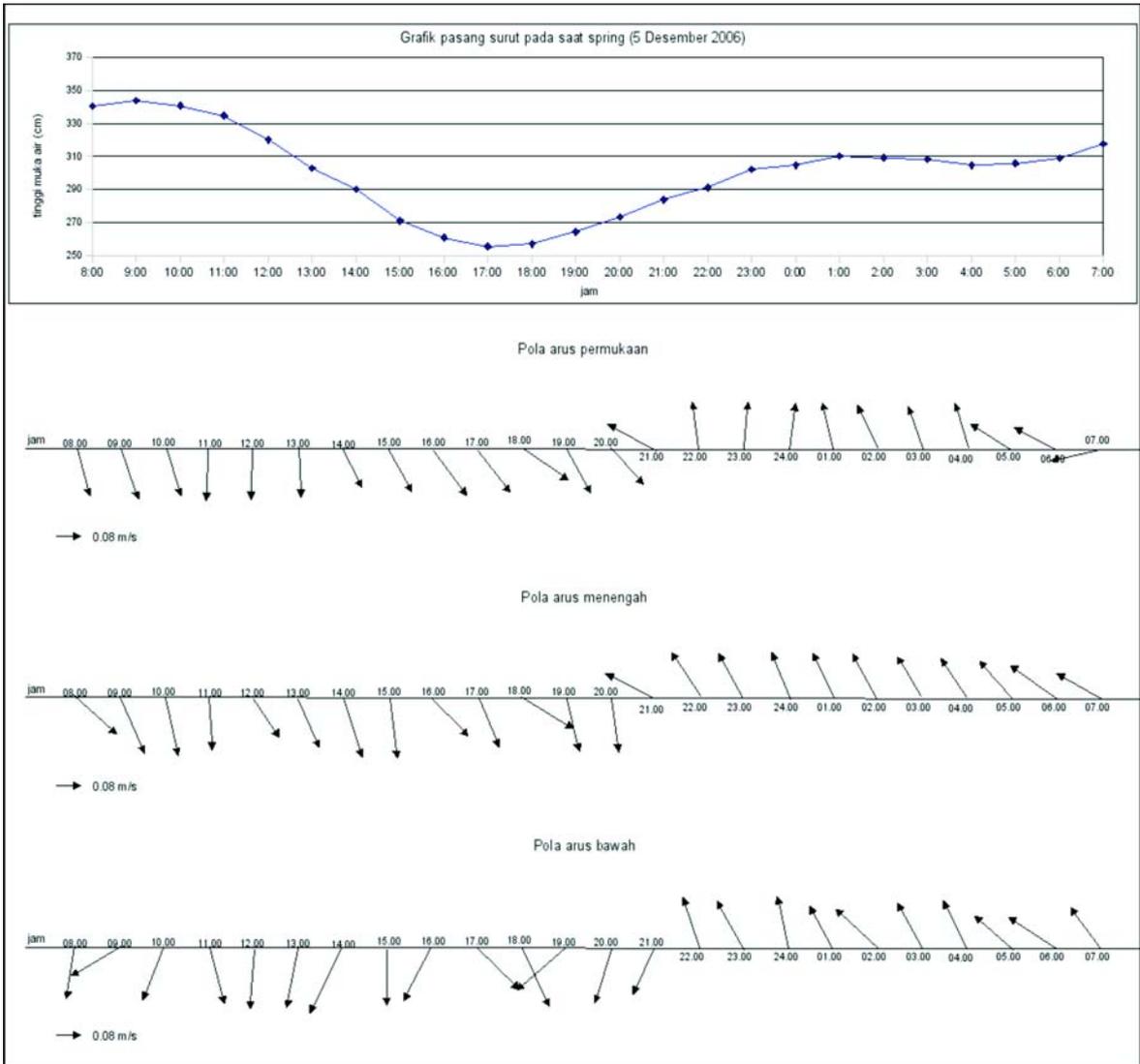
***Hindcasting* Gelombang**

Berdasarkan diagram bunga angin, arah angin dominan di perairan Pertamina, Balongan adalah berasal dari timur, selatan, barat dan utara (Gambar 9). Kecepatan angin dominan bervariasi mulai dari kecepatan 2.5 m/s sampai dengan 7.5 m/s. Arah datang gelombang dominan berdasarkan hasil diagram bunga gelombang adalah berasal dari timur, utara dan barat laut (Gambar 11).

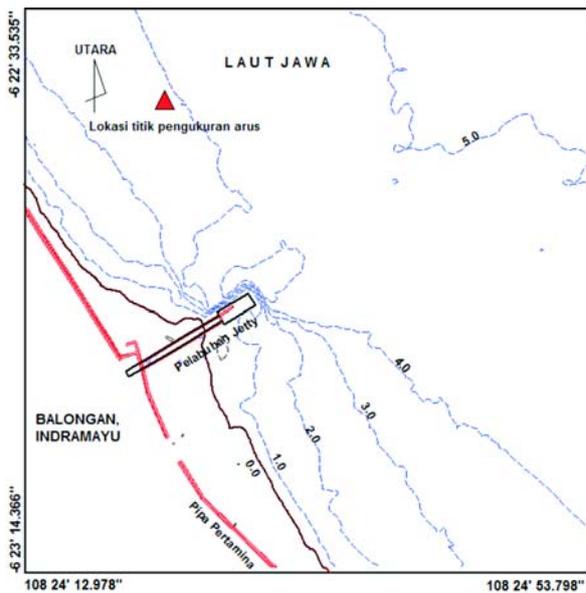
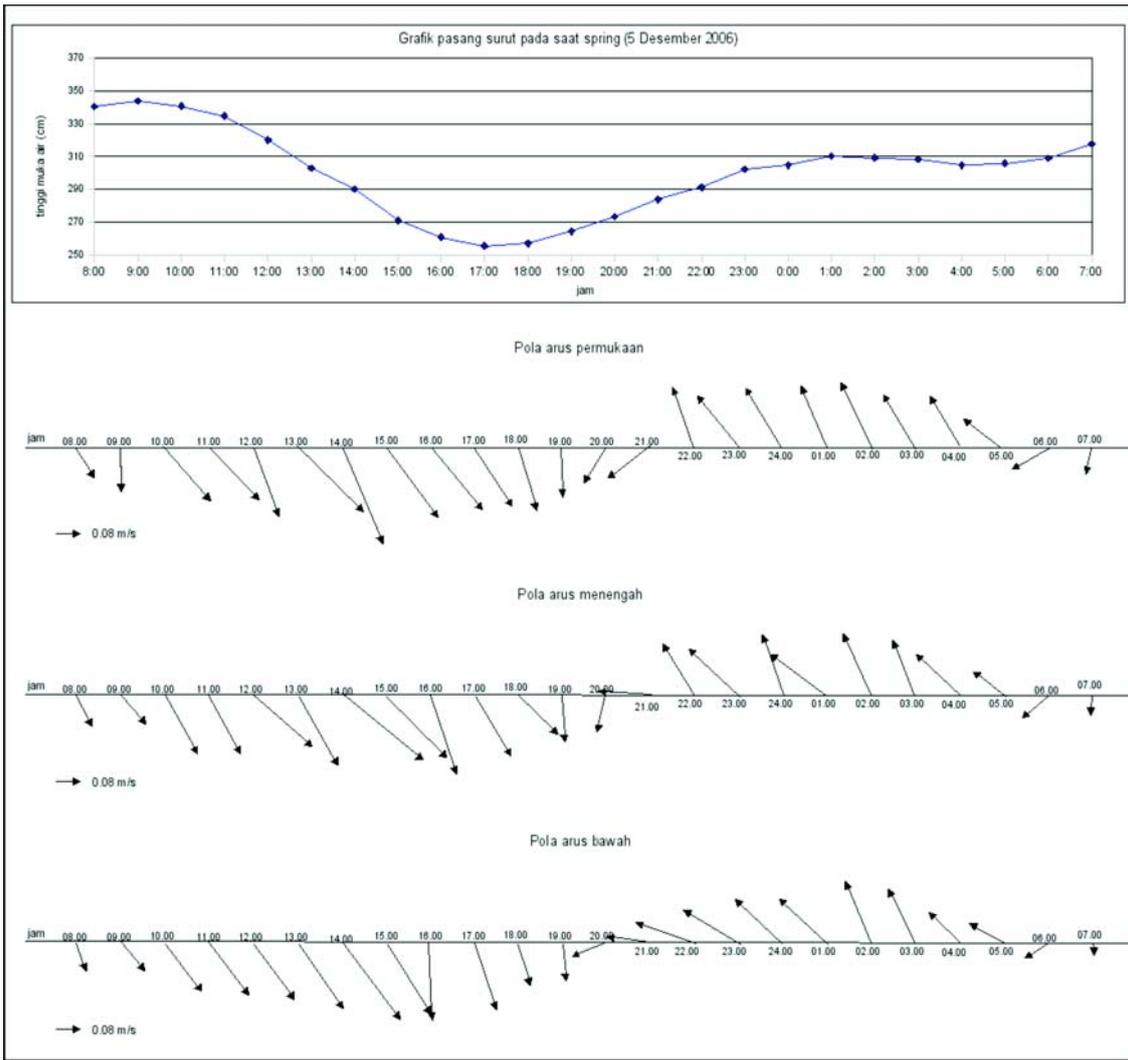
PEMBAHASAN

Berdasarkan data pasang surut, arus stasioner, trayektori arus, arus sejajar pantai dan *hindcasting* gelombang memperlihatkan bahwa proses pendangkalan di sekitar kolam Pelabuhan Jetty Pertamina Balongan disebabkan oleh adanya angkutan sedimen dari selatan ke utara dan dari utara ke selatan oleh gerak aliran arus, yaitu arus pasang surut dan arus sejajar pantai. Kedua arus ini secara bersinergi mempercepat terjadinya proses pendangkalan di kolam Pelabuhan Jetty Pertamina. Arus pasang surut berperan mengangkut sedimen dari arah laut

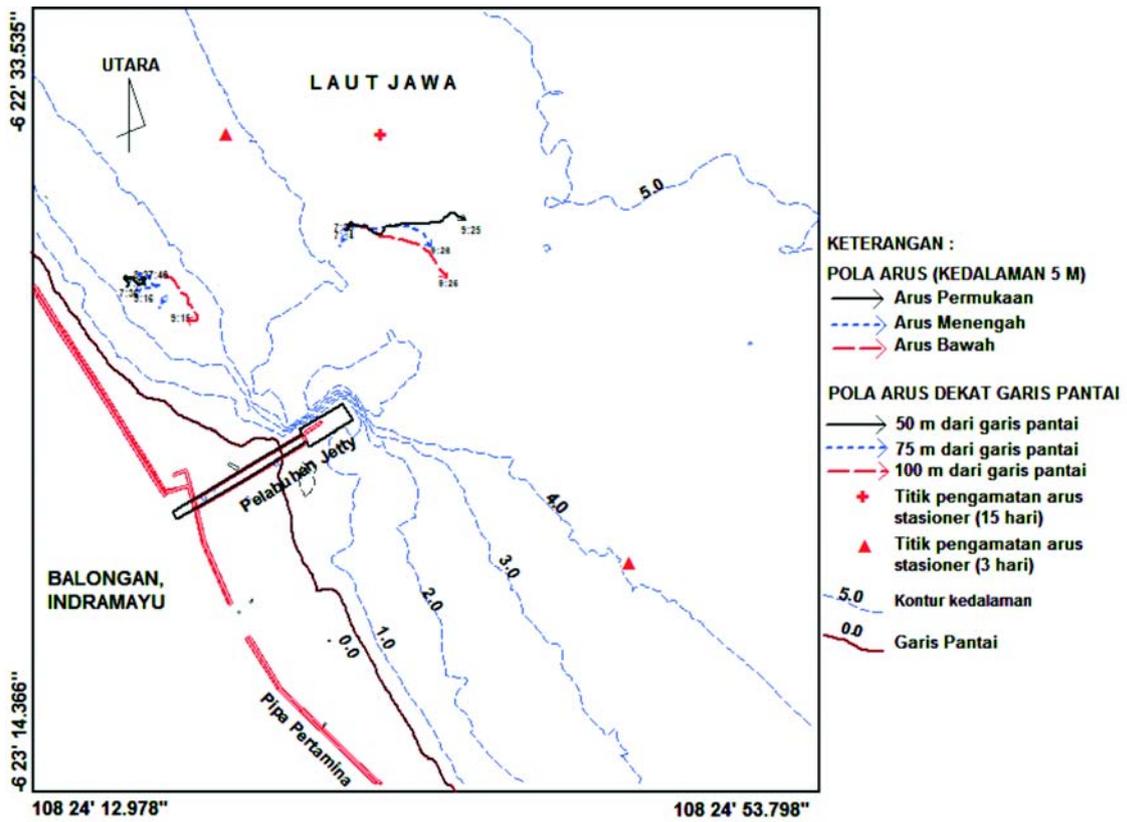
kearah pantai, sedangkan arus sejajar pantai meneruskan dan mengendapkan sedimen tersebut di sekitar pantai dan kolam Pelabuhan Jetty. Arus sejajar pantai yang terjadi di lokasi ini disebabkan oleh gelombang yang datang dari arah timur saat musim timur yang menyebabkan arus sejajar pantai ke arah barat laut (Gambar 12) dan gelombang yang datang dari arah utara – barat laut saat musim barat yang menyebabkan arus sejajar pantai ke arah tenggara. Sedimen yang terbawa adalah merupakan material hasil dari proses abrasi pantai di sebelah selatan dan utara Pelabuhan Jetty Pertamina. Sedimen ini didominasi oleh pasir halus hingga sedang dan pasir lanauan (Darlan, dkk., 2002). Pada saat kondisi air pasang aliran arus pasang surut atau arus sejajar pantai dominan bergerak dari selatan ke utara, aliran arus ini saling memperkuat dan membawa material hasil abrasi sepanjang pantai di sebelah selatan Pelabuhan Jetty ke arah utara. Karena adanya bangunan Pelabuhan Jetty Pertamina yang menjorok ke arah laut, arus yang menyusur sejajar pantai akan tertahan sehingga terjadi pola perubahan arah dan kecepatan arus, dimana arus menjadi turbulen dan kecepatannya berkurang, aliran arus ini tak mampu lagi untuk mengangkut sedimen sehingga menyebabkan sedimen yang terangkut terperangkap dan terendapkan di sekitar area kolam Pelabuhan Jetty Pertamina. Sehubungan bangunan jetty berbentuk jetty berongga, maka sedimen tersebut tidak hanya diendapkan di sebelah



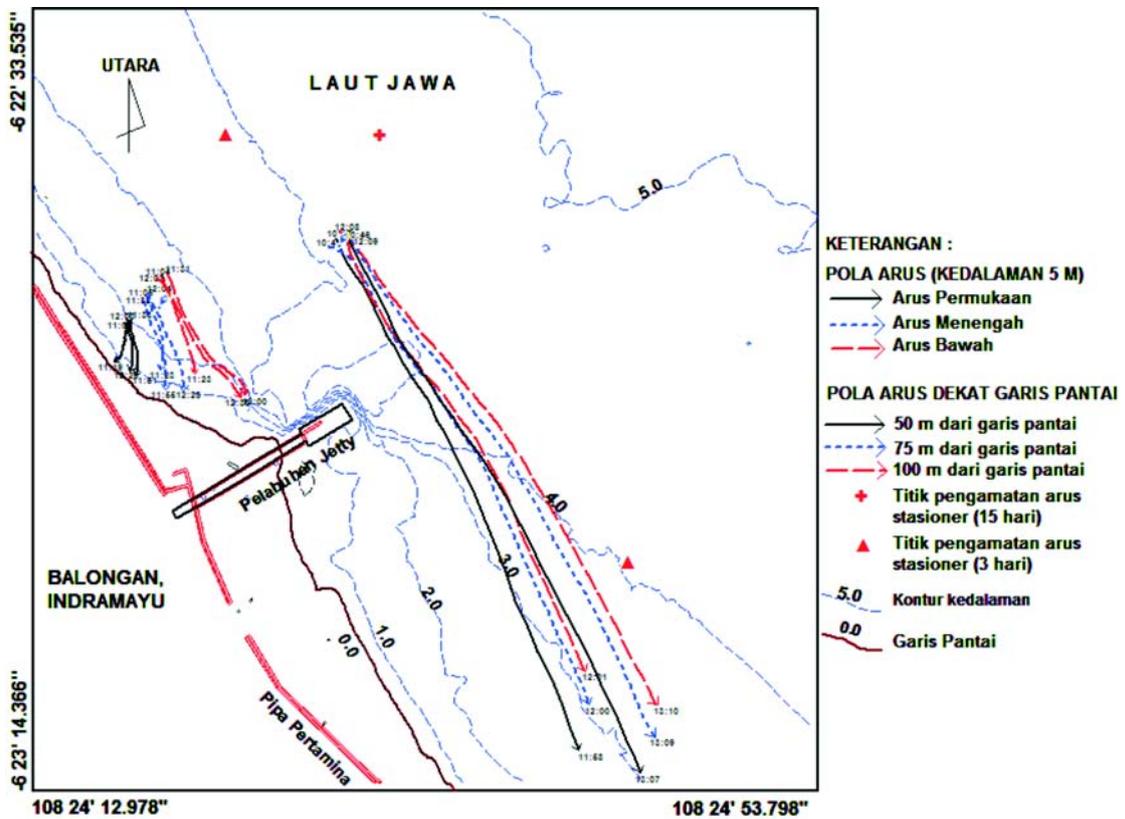
Gambar 4. Hubungan pola arus dan pasang surut di lokasi sebelah selatan Pelabuhan Jetty (PPPGL dan PT Wiratman, 2006)



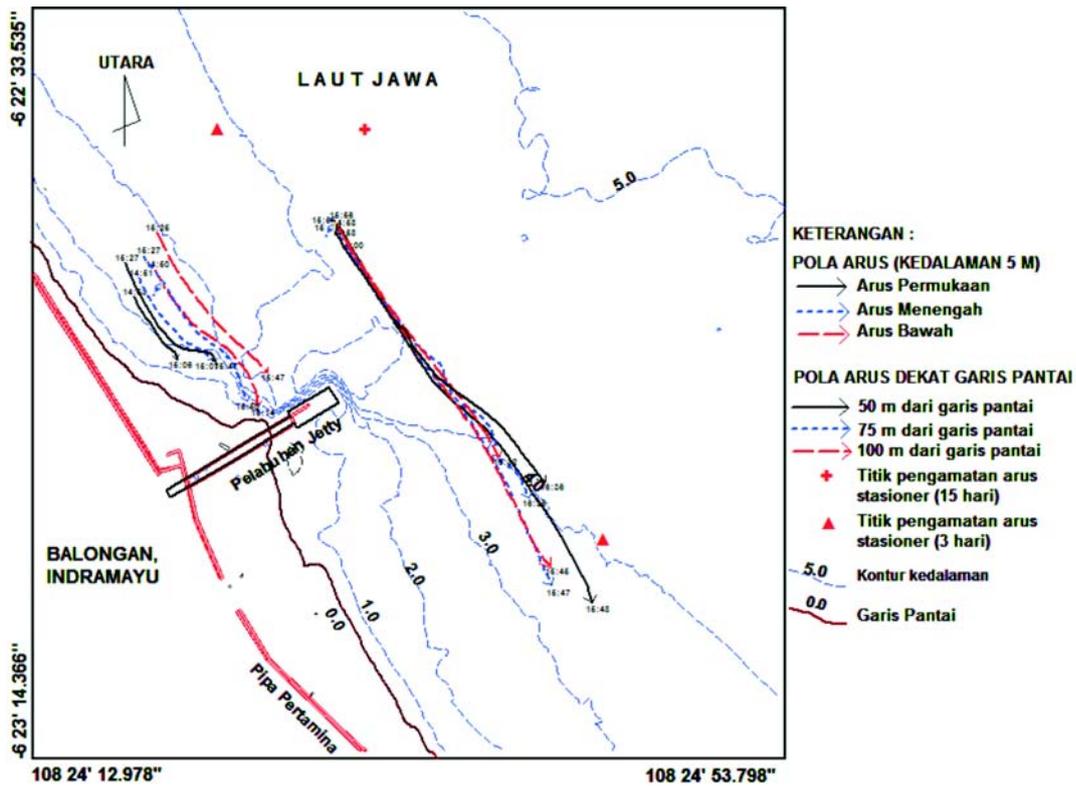
Gambar 5. Hubungan pola arus dan pasang surut di lokasi sebelah utara Pelabuhan Jetty (PPPGL dan PT Wiratman, 2006)



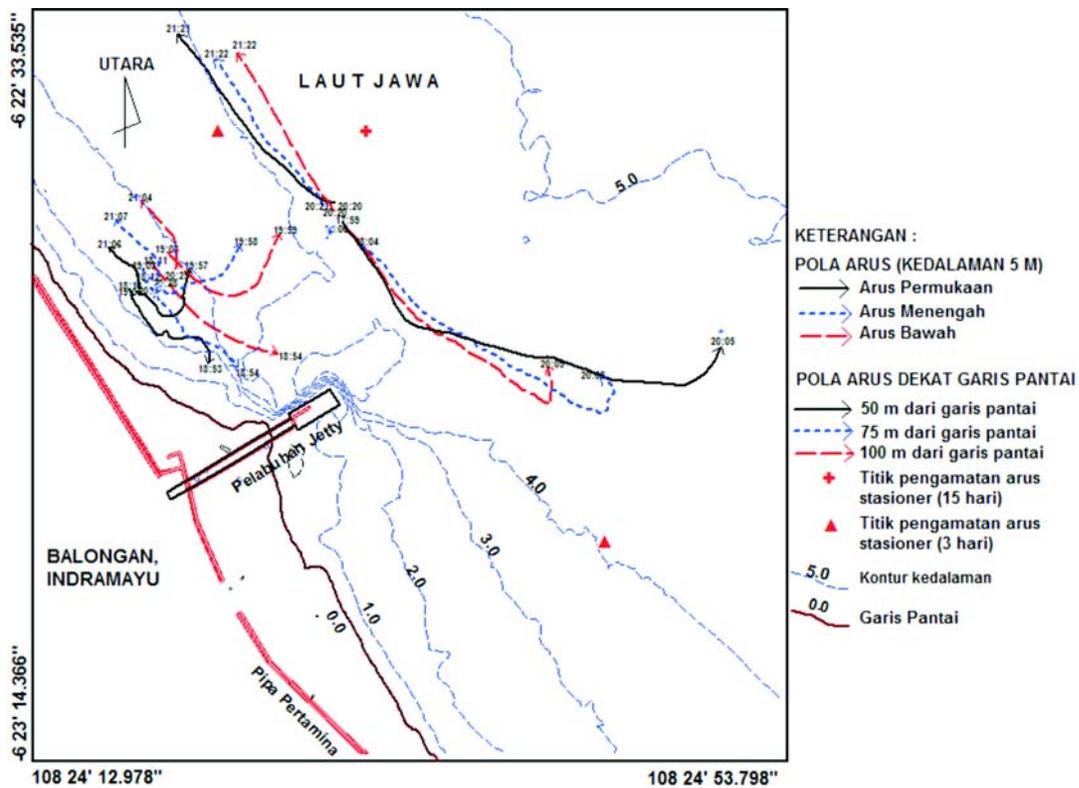
Gambar 6. Trayektori arus pada saat kondisi air pasang maksimum (PPPGL dan PT Wiratman, 2006)



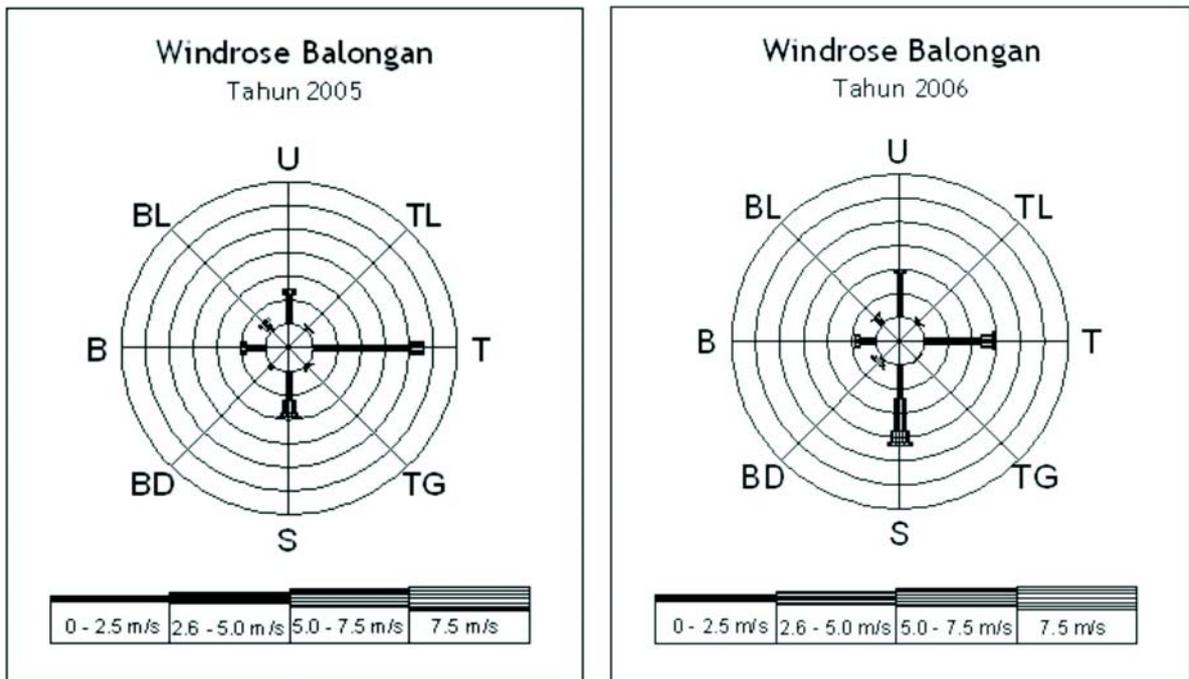
Gambar 7. Trayektori arus pada saat kondisi air surut (PPPGL dan PT Wiratman, 2006)



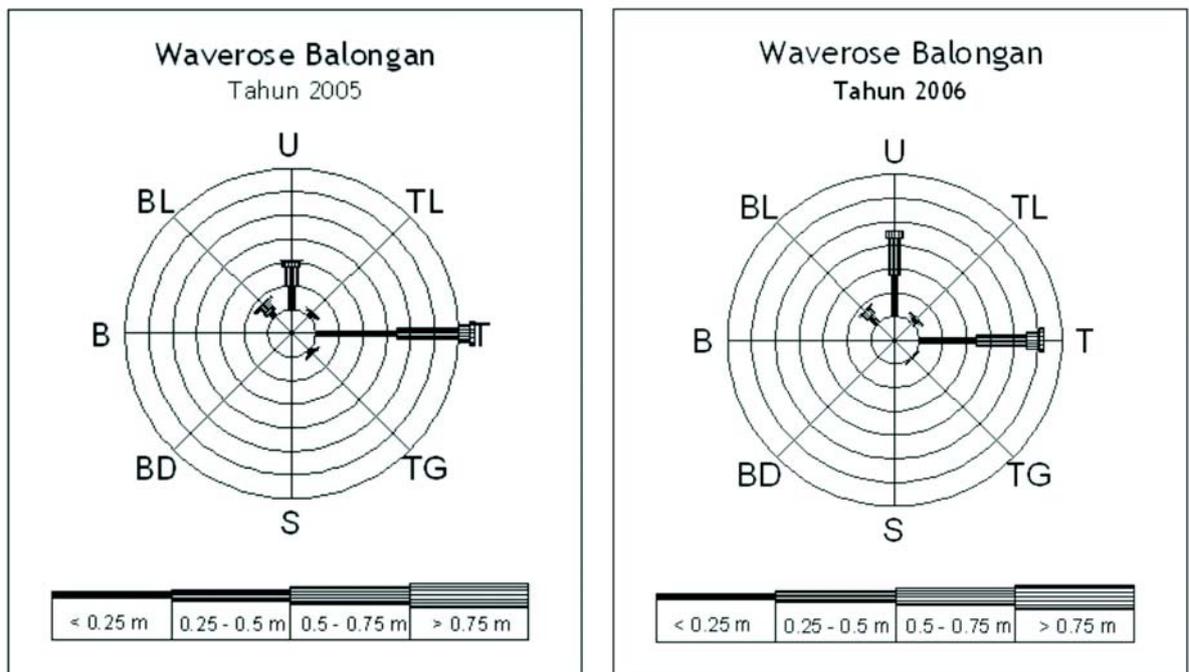
Gambar 8. Trayektori arus pada saat kondisi air menjelang surut minimum (PPPGL dan PT Wiratman, 2006)



Gambar 9. Trayektori arus pada saat kondisi air menjelang pasang dan pasang (PPPGL dan PT Wiratman, 2006)



Gambar 10. Diagram bunga angin (windrose) tahun 2005 – 2006 menggunakan data angin sekunder dari Stasiun Pengamatan Meteorologi BMG Jatiwangi, Majalengka, Jawa Barat



Gambar 11. Diagram bunga gelombang (waverose) tahun 2005 – 2006 hasil hindcasting menggunakan data angin sekunder dari Stasiun Pengamatan Meteorologi BMG Jatiwangi, Majalengka, Jawa Barat



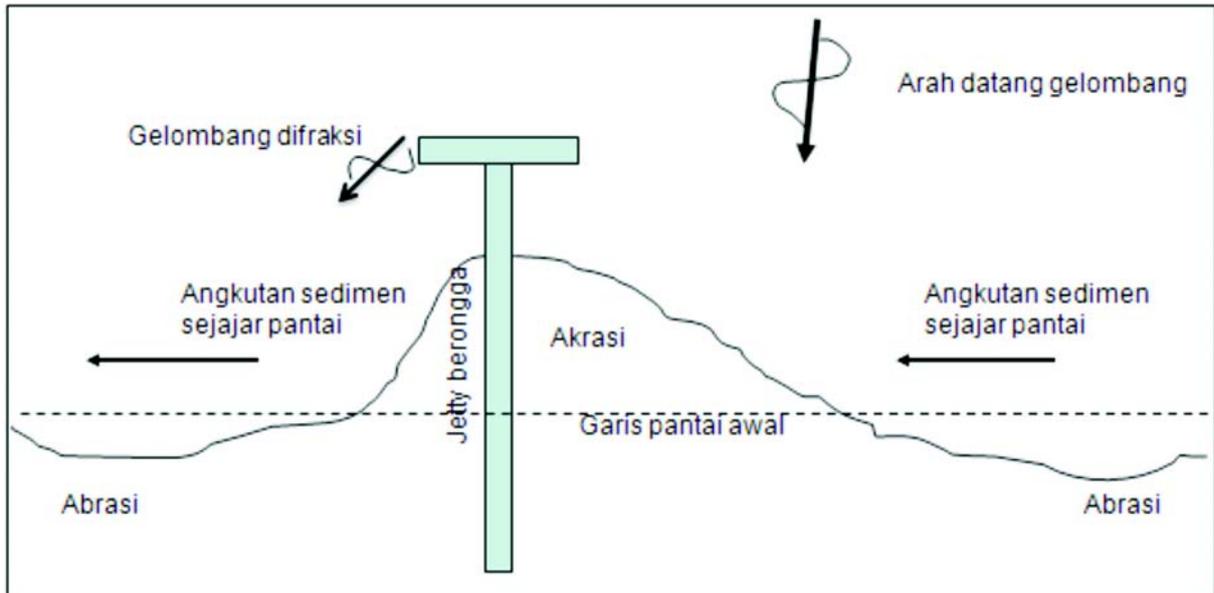
Gambar 12. Proses arus sejajar pantai yang terjadi di sekitar pantai Pelabuhan Jetty Pertamina, Balongan (PPPGL dan PT Wiratman, 2006; Google Earth, 2011)

selatan jetty tapi juga di bawah jetty hingga bagian utara jetty.

Sedimentasi terjadi juga di sebelah selatan Pelabuhan Khusus Pertamina, dimana letak Pelabuhan Khusus Pertamina terletak di sebelah utara Pelabuhan Jetty Pertamina. Sedangkan garis pantai antara Pelabuhan Jetty Pertamina dan Pelabuhan Khusus mengalami abrasi pantai yang cukup parah. Kecepatan laju abrasi pantai di sekitar perairan Balongan mencapai 1 – 4 m/tahun (PPPGL, 2003). Terjadinya abrasi pantai di lokasi ini disebabkan sedikitnya suplai sedimen dari selatan yang mengisi kehilangan material di lokasi ini karena sebagian besar material sedimen tertahan oleh keberadaan bangunan Pelabuhan Jetty, sedangkan proses pengangkutan sedimen oleh arus sejajar pantai ke arah utara terus berlangsung sehingga pantai akan mengalami defisit material. Seiring dengan berjalannya waktu defisit material di lokasi ini menimbulkan tergerusnya garis pantai dan menyebabkan abrasi yang cukup parah. Gambar 13 memperlihatkan ilustrasi proses sedimentasi di Pelabuhan Jetty Pertamina, sedangkan Gambar 14 memperlihatkan abrasi yang terjadi di bagian selatan Pelabuhan Jetty Pertamina.

Pada kondisi air surut arus sejajar pantai dan arus pasang surut saling melemahkan, karena arah gerakan arus sejajar pantai dan arus pasang surut saling berlawanan. Secara umum pada kondisi surut arah arus bergerak dari utara ke selatan, namun demikian gerak aliran arus ini hanya mengangkut sedikit material sedimen sehingga proses sedimentasi di sebelah utara Pelabuhan Jetty Pertamina relatif sedikit. Kondisi ini kemungkinan akan berubah saat musim barat, karena arah datang gelombang pada saat musim barat dominan berasal dari arah utara – barat laut, sehingga kemungkinan sedimentasi cukup besar terjadi di bagian sebelah utara jetty.

Melihat kondisi hidro dinamika perairan di sekitar perairan Pelabuhan Jetty Pertamina Balongan, upaya penanggulangan pendangkalan kolam pelabuhan dan abrasi pantai di lokasi ini terlebih dahulu harus dilakukan studi pemodelan. Studi pemodelan ini digunakan untuk melihat gambaran secara dinamis kondisi hidro dinamika perairan yang berhubungan dengan proses terjadinya pendangkalan dan abrasi, serta untuk menentukan tipe bangunan pantai yang sesuai. Pemodelan dilakukan untuk



Gambar 13. Ilustrasi proses sedimentasi dan abrasi pantai di sekitar Pelabuhan Jetty Pertamina, Balongan



Gambar 14. Abrasi pantai di sebelah selatan Pelabuhan Jetty Pertamina, Balongan (PPPGL, 2006)

mempelajari pola sirkulasi arus yang terjadi, arah dan tinggi gelombang datang, proses angkutan sedimen (*sediment transport*) untuk memperkirakan perubahan kedalaman laut akibat adanya struktur jetty dan pemodelan perubahan garis pantai untuk mengetahui pola perubahan garis pantai yang terjadi.

KESIMPULAN

Terjadinya pendangkalan di kolam Pelabuhan Jetty Pertamina dan abrasi pantai di sekitar perairan Pertamina Balongan diakibatkan terganggunya gerak aliran arus sejajar pantai dan arus pasang surut oleh keberadaan bangunan Pelabuhan Jetty Pertamina yang menjorok ke tengah laut terutama terhadap proses angkutan sedimen dari selatan ke utara dan sebaliknya.

Kondisi musim (musim barat/timur) berperan sangat menentukan terhadap terjadinya sedimentasi yang mengakibatkan pendangkalan di kolam Pelabuhan Jetty Pertamina dan abrasi di sekitar perairan Pertamina Balongan.

Upaya penanggulangan pendangkalan kolam Pelabuhan Jetty Pertamina Balongan dan abrasi pantai terlebih dahulu harus dilakukan studi pemodelan untuk melihat gambaran secara dinamis kondisi hidro dinamika perairan yang berhubungan dengan proses terjadinya pendangkalan dan abrasi, serta untuk menentukan tipe bangunan pantai yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 2005, *Data Klimatologi Stasiun Pengamatan Meteorologi Jatiwangi Tahun 2005*, BMG Jatiwangi, Majalengka.
- _____, 2006, *Data Klimatologi Stasiun Pengamatan Meteorologi Jatiwangi Tahun 2006*, BMG Jatiwangi, Majalengka.
- CERC, 1984, *Shore Protection Manual: US Army Coastal Engineering Research Center*, Washington.
- Darlan, Y., U. Kamiludin, I. N. Astawa, N. A. Kristanto, K. T. Dewi, D. A. S. Ranawijaya, dan K. Hardjawidjaksana, 2002, *Kajian Penanggulangan Proses Erosi Pantai Tirtamaya dan Sekitarnya, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat*; Laporan Proyek Penyelidikan Geologi Kelautan Tematik, Puslitbang Geologi Kelautan Bandung.
- PPPGL, 2003, *Laporan Akhir Penelitian Kelautan Untuk Penggantian Submarine Pipeline SPM 35.000 DWT, UP VI, Balongan*, Puslitbang Geologi Kelautan, Bandung.
- PPPGL dan PT Wiratman, 2006, *Studi Kelautan dan Penyusunan Basic Design*
- Pengembangan Dermaga LPG/Prophylene PT Pertamina (Persero) Unit Pengolahan **VI Balongan**, Puslitbang Geologi Kelautan, Bandung.
- Triatmodjo, 1999, *Teknik Pantai*, 397 hal, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta