

DINAMIKA MORFOLOGI DAERAH SISI LUAR (OUTER) DELTA MAHAKAM KALIMANTAN TIMUR, INDONESIA

Oleh:

Haryadi Permana ¹⁾, Nugroho D. Hananto ¹⁾, M. Ma'ruf ¹⁾, Edi Kusmanto ²⁾, Priyadi D. Santoso ²⁾, dan
Praditiya Avianto ²⁾

¹⁾ Puslit Geoteknologi LIPI-Bandung. Komplek LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung - 40135

²⁾ Puslit Oseanografi-LIPI, Jakarta

SARI

Bentuk morfologi bagian luar (outer) delta Mahakam, khususnya Muara Pegah, (Kalimantan Timur) sangat dinamis. Pengukuran batimetri pada dua musim dan tahun berbeda menunjukkan proses sedimentasi dan erosi serta progradasi delta meskipun tidak diikuti oleh perubahan garis pantai yang jelas seperti diamati dari citra satelit.

Peta batimetri 2005 menunjukkan proses sedimentasi yang intensif sedangkan batimetri 2006 menunjukkan proses erosi pada delta bagian luar. Secara umum, bila dibandingkan dengan peta batimetri 1989, delta bagian luar Muara Pegah telah mengalami progradasi. Proses progradasi delta bagian luar Muara Pegah dicirikan oleh proses pergeseran garis kedalaman (batimetri) 5 m sampai 20 m telah bergeser ke arah laut atau ke tenggara disebabkan telah terjadinya penimbunan sedimen dalam jumlah yang cukup berarti. Ke arah luar dari delta front, pada kedalaman 20 m atau lebih, bentuk batimetri dipengaruhi oleh arus di Selat Makassar yang mengalir secara kontinu ke arah utara.

Pemodelan perubahan batimetri pada kawasan Muara Pegah menggambarkan telah terjadinya erosi dasar sungai secara kontinu sebagai pengaruh dari besarnya debit sungai yang mengalir melalui muara menuju laut lepas. Proses erosi sebagai akibat kondisi arus pasang surut juga terlihat di luar muara Pantai Muara Pegah, akan tetapi besarnya sangat bergantung terhadap kondisi arus pasang surut.

Kata Kunci: morfologi delta bagian luar, proses sedimentasi, erosi, progradasi, batimetri, pemodelan, pasang surut

ABSTRACT

The outer delta morphology form of Mahakam delta, e.g. Muara Pegah (East Kalimantan) is very dynamic. The bathymetry of different seasons and times indicate sedimentation, erosion processes and delta progradation although do not followed coastal line changes as shown by satellite image.

The bathymetry map in 2005 show the intensive sedimentation process while in 2006 the bathymetry map indicate the erosion process of the outer delta. In general, since it is compared to the 1989's bathymetry map, the outer delta of Muara Pegah had undergone progradation. The delta progradation of Muara Pegah is characterized by seaward displacement (southeastward) of 5 m and 20 m contour depth as it caused by significance sediment accumulations. To the outer delta front at 20 m depth or more, the bathymetry pattern is influenced by Makassar Strait currents flowing continuously to the North.

The dynamics bathymetry modeling of Muara Pegah illustrates a continuous erosion of the river base being influenced by the important river debit that flows via delta to the open sea. The tide erosion process is also observed at the outer part of Muara Pegah coast line, but the intensity is depend on tide condition.

Keyword: outer delta morphology, sedimentation processes, erosion, prograde, bathymetry, modeling, tide

PENDAHULUAN

Pembentukan delta Mahakam pada suatu paparan selebar 40–50 km di sisi barat selat Makassar terkait dengan pembukaan selat Makassar akibat pemisahan Sulawesi bagian barat dengan daratan Kalimantan sejak 40 juta tahun lalu/Jtl (Eosen) dan puncaknya pada Miosen Tengah atau pada 15 jtl (Hall, 1996). Delta Mahakam yang terletak di 0°21' - 1°10' LS, dan 117°15' - 117°40' BT (gambar 1) mulai memperlihatkan bentuknya seperti sekarang mulai 5000 – 6000 tahun yang lalu (Allen dan Chambers, 1998).

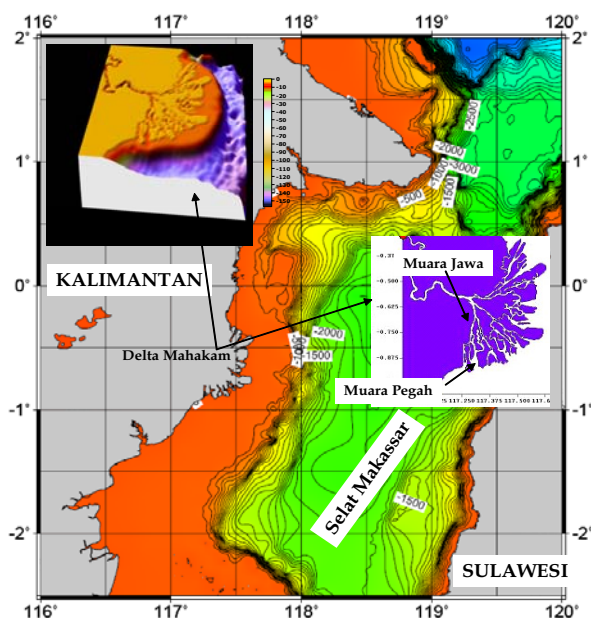
Selama Jaman Kuarter, pembentukan delta Mahakam (modern) dipengaruhi oleh percampuran proses transportasi sedimentasi fluvial dan pengaruh arus pasang surut (Allen dan Mercier, 1994; Lambert, 2003; Husein and Lambiasi, 2005) membentuk morfologi kipas dalam suatu lingkungan transisi berenergi rendah. Stratigrafi endapan delta Mahakam sejak

Plistosen Akhir sampai Resen memperlihatkan kelanjutan proses progradasi mulai dari tahap penurunan muka air laut, kenaikan air laut (*initial rise*), sampai fase modern yaitu fase *highstand* (Robert and Sydows, 1996). Proses progradasi delta terjadi dengan sangat cepat dicirikan oleh perubahan asosiasi fauna yang sangat cepat meliputi daerah yang luas (Lambert, 2003).

Pengaruh interaksi antara aliran sungai, gelombang laut dan sedikit pengaruh pasang-surut dengan energi rendah sampai sedang membentuk *lobate* dari delta Mahakam yang banyak dialiri kanal-kanal sungai dan kanal pasang surut. Morfologi delta Mahakam dicirikan oleh tidak terdapatnya *alluvial floods*, endapan *alluvial levees*, *fluvial overbank*, dan *splay deposit* di delta plain yang merupakan ciri yang membedakan Delta Mahakam dengan tipe *fluvial-dominated* delta lainnya (Allen dan Mercier, 1994).

Latar Belakang

Proses alam berupa erosi dan sedimentasi di sepanjang aliran sungai Mahakam dan deltanya berubah menjadi bencana ketika manusia terlibat dalam proses tersebut. Kegiatan manusia berupa industri pertambangan, minyak dan gas bumi, industri hasil hutan, perikanan dan pembangunan fisik telah mengganggu kondisi lingkungan dan menurunkan daya dukung kawasan Kalimantan Timur umumnya dan delta Mahakam khususnya. Vegetasi asli delta adalah hutan nipah dan bakau dan hutan primer lainnya yang hampir 80% nya telah mengalami konversi dan yang tersisa hanya sekitar 15-20% saja (sekitar 22.000-30.000 ha). Perubahan tataguna lahan telah menyebabkan meningkatnya laju sedimentasi (mencapai 4-10 juta ton/tahun, diikuti oleh proses abrasi lahan yang sangat tinggi yaitu sekitar 139 ha/tahun (dalam Hidayati drr, 2006).



Gambar 1. Delta Mahakam pada paparan di sisi barat selat Makassar. Inset adalah detail dari delta Mahakam, gambaran 3D, lokasi Muara Jawa dan Muara Pegah. (Source map: GMT 3.41)

Permasalahan

Konversi vegetasi, erosi dan perubahan tataguna lahan diperkirakan akan mengganggu kelangsungan delta Mahakam. Laju sedimentasi yang tinggi pada sistem aliran sungai akan mempercepat pendangkalan. Sebaliknya turunnya debit air sungai dan proses erosi pada kawasan delta akibat musnahnya bakau dan nipah serta vegetasi delta lainnya, akan mengakibatkan proses kehilangan lahan delta yang semakin intensif. Oleh sebab itu, sebagai pendekatan, untuk memahami perilaku perubahan kawasan delta akibat kerusakan lingkungan, dicoba dengan melakukan pengamatan perubahan bentuk morfologi sisi luar delta.

Kawasan sisi luar delta memegang peran yang sangat penting sebagai daerah transisi aliran sedimen dari sisi dalam delta ke sisi luar delta sebelum menuju laut lepas. Proses aliran sedimen tersebut sangat dipengaruhi oleh pola morfologi dan pola pergerakan air di sisi luar delta, sedangkan dinamika morfologi juga sangat bergantung pada pola arus pasang surut yang terjadi pada daerah ini yang juga berpengaruh pada keseimbangan sedimen dalam delta secara keseluruhan.

Objektif

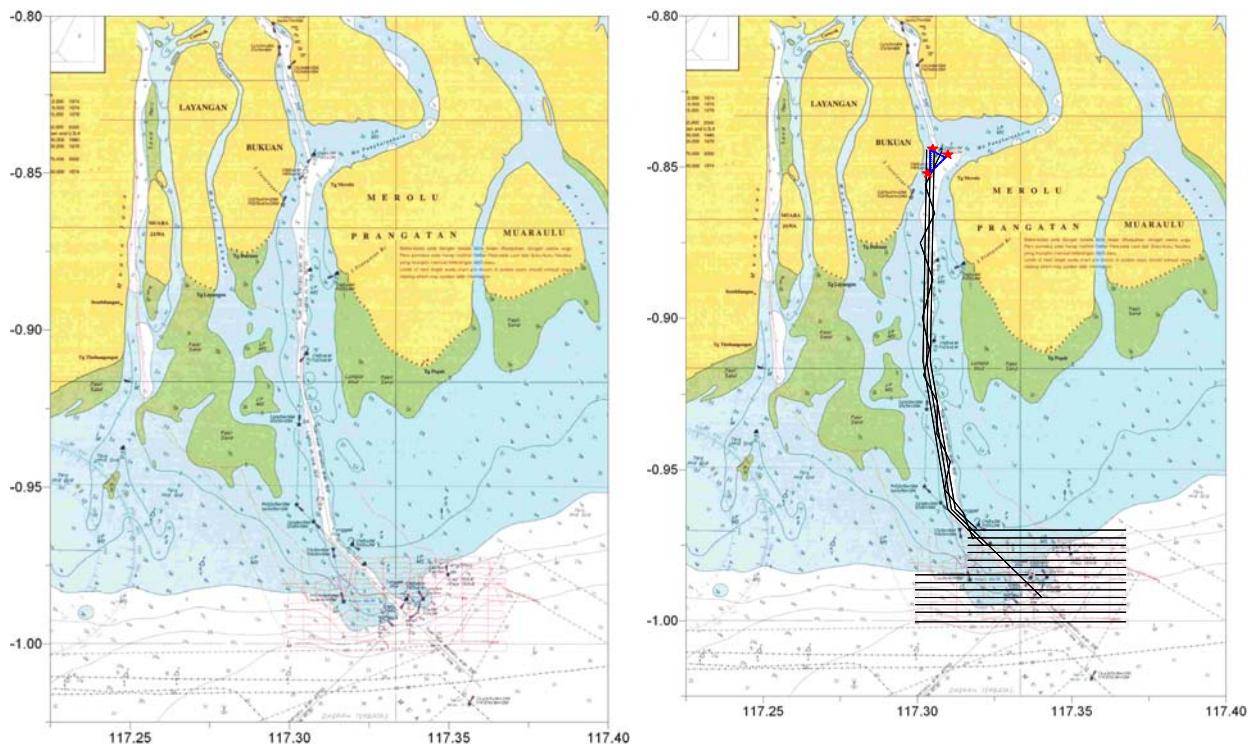
Tulisan ini terbatas hanya membahas perubahan morfologi sisi luar delta Mahakam akibat proses sedimentasi dan erosi dalam kaitannya dengan progradasi bagian luar delta dan pemodelan seperti diuraikan dalam laporan teknis (tidak terbit) berjudul Analisis Proses Pergerakan Air, Sedimentasi dan Perubahan Morfologi Pada Daerah Luar Delta Mahakam Dan Berau (Permana dr., 2005 dan 2006).

Hipotesa Kerja

Hipotesa kerja yang dibangun dalam penelitian ini adalah “Proses progradasi delta berlangsung dipengaruhi oleh tingginya laju sedimentasi dan fluktuasi debit sungai”

Metodologi

Metode kerja dalam penelitian ini adalah analisis dan penafsiran citra Landsat daerah delta Mahakam dengan maksud untuk mengetahui perubahan garis pantai antar waktu dan pengukuran batimetri untuk mengetahui sampai sejauh mana telah terjadi perubahan morfologi bagian luar delta. Pemetaan batimetri dilakukan dengan menggunakan 4 buah beam dari transduser ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). Pengukuran dilakukan dengan metode lintasan berdasarkan grid berukuran 200 m x



Gambar 2. Lokasi penelitian pada tahun 2005 (kiri) menunjukkan lintasan pengukuran dan pengamatan dalam penelitian tahun 2006 (kanan).

200 m. Data kedalaman yang diperoleh dikoreksi dan disurutkan pada surut terendah yang didasarkan pada data pasang surut yang terekam selama penelitian. Peta batimetri hasil pengukuran lapangan (Permana drr, 2005 dan 2006) kemudian masing-masing dibandingkan dengan peta batimetri hasil penelitian dan peta Dinas Hidro-Oseanografi (1989).

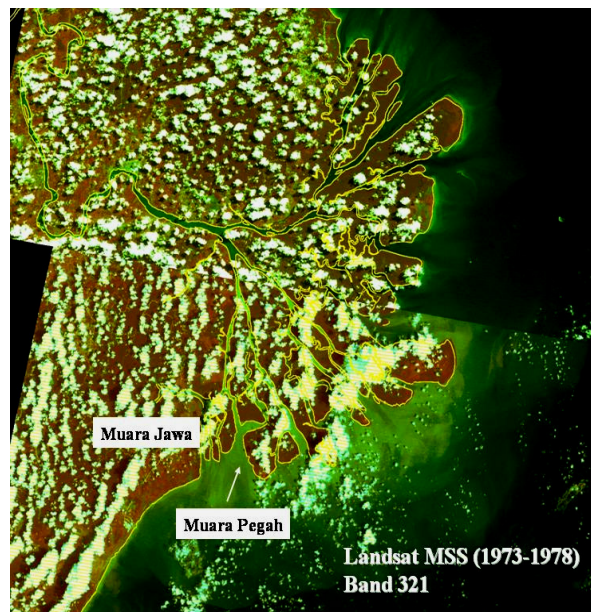
Dalam pemodelan oseanografi, dilakukan kerjasama dengan Laboratorium Oseanografi Lingkungan, ITB dan Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Non-Hayati, Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta. Pemodelan perubahan batimetri pada 2006 menggunakan software publik, yang merupakan hasil modifikasi dari model ECOMSED yang telah dibangun oleh *HydroQual, Inc.*(2002), USA (Ningsih drr, 2006, tidak terbit).

Lokasi Kegiatan

Pengukuran batimetri dilakukan pada bulan Oktober 2005 dan Agustus 2006 di sekitar Muara Pegah (gambar 2). Pengukuran dilakukan di tempat yang sama dengan penelitian tahun 2005 dengan maksud data yang diperoleh dapat dibandingkan dan dianalisis.

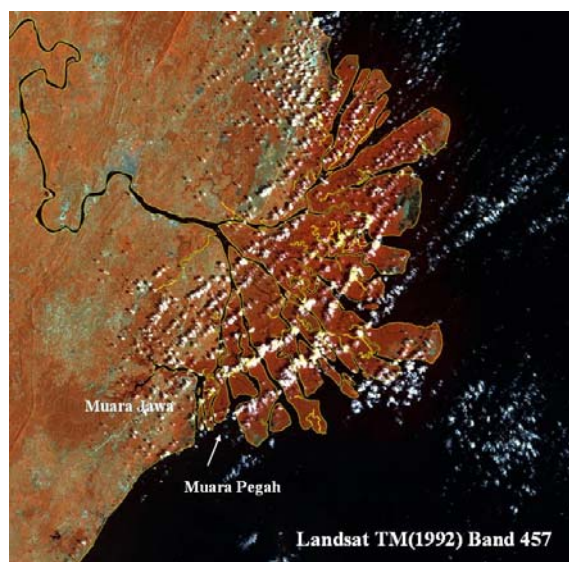
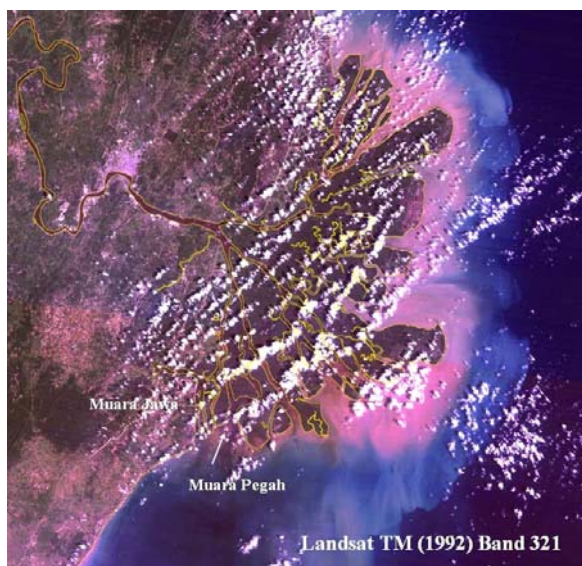
INTERPRETASI CITRA

Penafsiran citra satelit bertujuan untuk mengetahui perubahan garis pantai sebagai



Gambar 3. Penafsiran citra Landsat (1973-1978) MSS band 321, warna kuning muda adalah endapan sedimen di mulut delta sedangkan garis kuning adalah garis pantai pada saat itu.

indikator terjadinya progadasi delta di daerah Delta Mahakam. Citra yang dipergunakan adalah citra Landsat multitemporal Landsat MSS tahun 1973 dan 1978, citra Landsat TM5 tahun 1992 dan Landsat ETM+ 7 tahun 2001. Penafsiran citra menggunakan citra dengan skala yang



Gambar 4. Sedimentasi di muara delta Mahakam pada citra Landsat TM tahun 1992 band 321, ditunjukkan oleh warna merah muda (kiri), sedangkan garis kuning adalah garis pantai delta Mahakam berdasarkan penafsiran citra Landsat tahun 1992, band 457. Terlihat bahwa garis pantai tahun 1978 masih tetap sama dengan kondisi 1992 (kanan).

sama dengan maksud melihat aspek perubahan bentuk delta secara temporal (Listiana, 2006).

Citra Landsat TM 5 dan ETM+ 7 digunakan pada kombinasi band 321 yaitu kombinasi band cahaya tampak untuk mengetahui pola sedimentasi dan kombinasi band 457 (kombinasi band infra merah) untuk mengetahui perubahan garis pantai. Melalui kombinasi band 321 terlihat perbedaan kualitas air dengan baik dimana teramati bahwa warna kemerahan adalah sedimen pada laut dangkal dibandingkan dengan sedimen warna kebiruan. Kombinasi band 457 berguna untuk memisahkan obyek air dan non-air. Badan air akan terlihat berwarna lebih gelap, sedangkan obyek vegetasi akan terlihat dengan warna coklat kemerahan.

Penafsiran citra Landsat MSS tahun 1973 dan 1978 pada band 321 menunjukkan pola sedimentasi (warna kuning-coklat muda) di muara dan garis pantai delta berupa garis kuning (gambar 3). Dengan menggunakan citra landsat TM 1992, hasil yang sama ditunjukkan berupa sedimentasi yang intensif di muara Pegah (band 321, gambar 4 kiri) sedangkan dengan band 457 (gambar 4 kanan), penafsiran garis pantai menunjukkan tidak tampak perbedaannya dengan garis pantai pada citra tahun 1973/1978.

Penafsiran citra Landsat ETM tahun 2001 pada band 321 menunjukkan tingkat sedimentasi di mulut delta, terutama di bagian selatan,

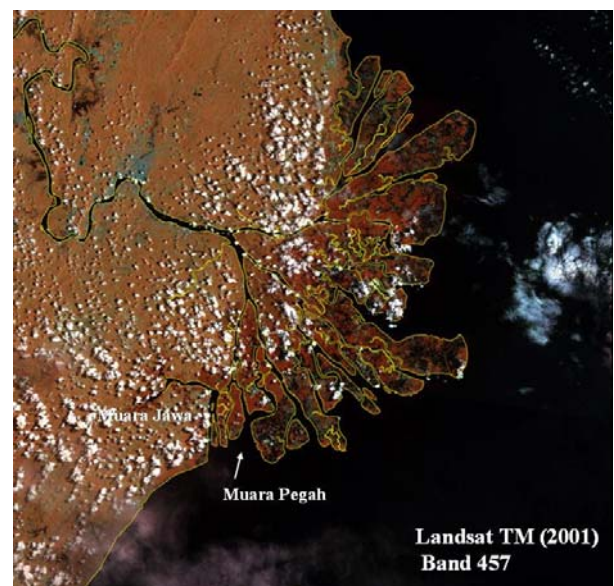
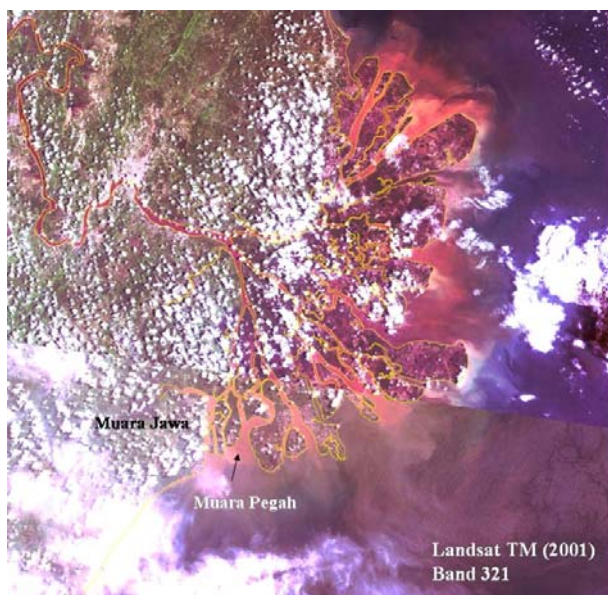
semakin intensif dan meluas (gambar 5 kiri). Hal tersebut menunjukkan tingkat degradasi lahan di hulu Mahakam semakin meluas dan intensif. Walaupun demikian, tidak tampak adanya perubahan garis pantai yang jelas dan tegas pada citra. Garis pantai yang teramati masih tetap seperti pada citra tahun-tahun sebelumnya (1992 dan 1978) seperti diperlihatkan pada gambar 5 (kanan).

Penafsiran garis pantai dengan menggunakan citra Landsat berbeda untuk kurun waktu lebih dari 21 tahun tidak terlihat perubahan garis pantai yang cukup signifikan walaupun tingkat sedimentasi meningkat luar biasa.

Batimetri

Pengukuran batimetri yang dilakukan pada waktu dan musim yang berbeda memberikan gambaran umum bagaimana perkembangan morfologi sisi luar delta Muara Pegah. Pengamatan lapangan pada Agustus 2006 bersamaan pada musim peralihan. Pada saat tersebut hujan relatif jarang dibandingkan dengan pada Oktober 2005. Pada saat penelitian, pasang surut meninggalkan dangkalan cukup penting walaupun bulan Agustus bukan bulan dengan debit terendah (Pos Duga Pengamatan, 2003; data 1993-1998).

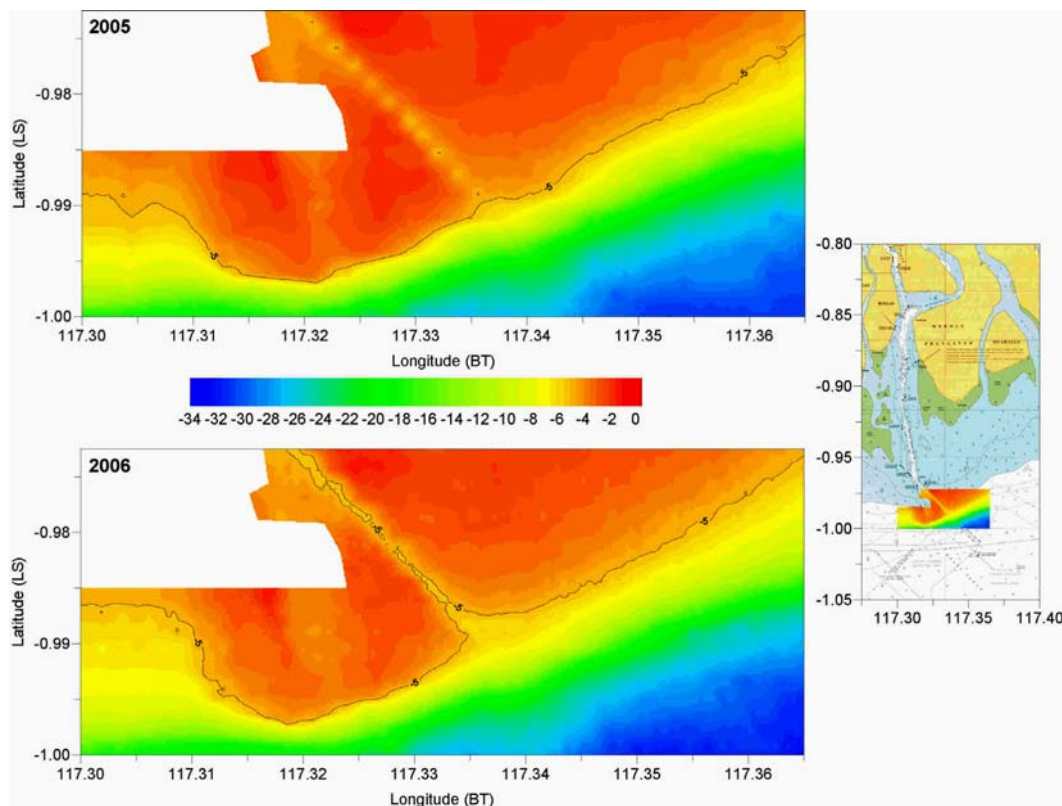
Gambar 6 memperlihatkan batimetri bagian sisi luar Muara Pegah. Teramati bahwa



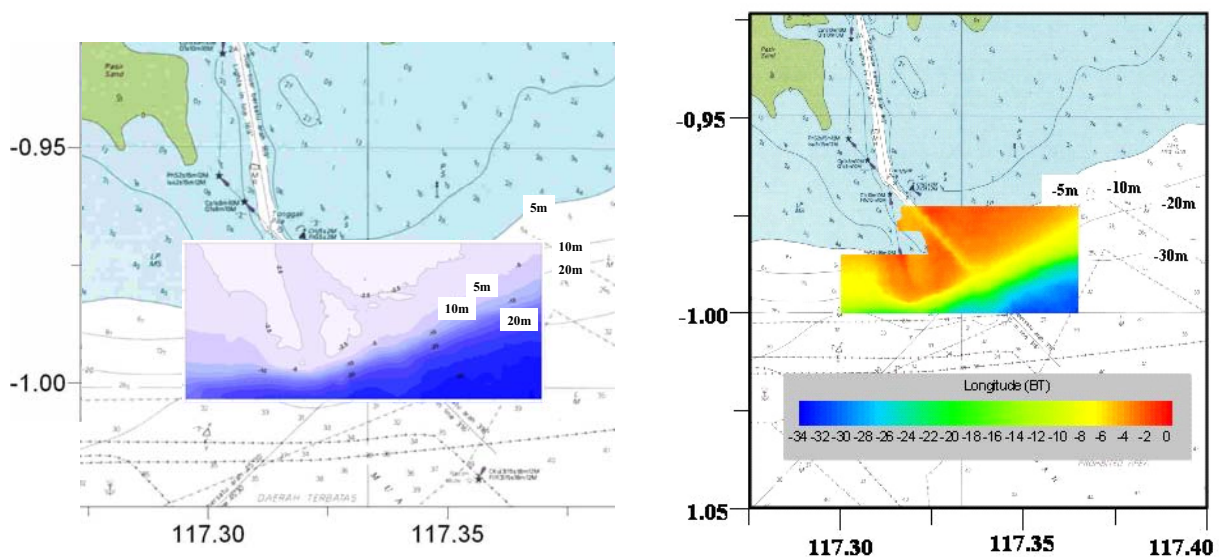
Gambar 5 (kiri). Intensitas sedimentasi delta Mahakam semakin jelas dan meluas terutama di bagian selatan delta, walaupun demikian, pada Citra Landsat TM 2001 tidak menunjukkan adanya perubahan garis pantai yang jelas di daerah delta Mahakam (kanan).

sensitifitas perubahan kedalaman atau ketebalan endapan sedimen di sisi luar Muara Pegah terjadi pada kedalaman 5 m. Gambar 6 (atas) adalah hasil pengukuran pada 2005 dan hasil pengukuran pada 2006 diperlihatkan pada

gambar 6 (bawah). Delta terluar Muara Pegah hasil pengukuran pada 2005 dicirikan oleh kehadiran kanal-kanal sungai (*distributary channel*) bawah permukaan dengan kedalaman rata-rata 4 m terbuka ke arah tenggara diapit



Gambar 6. Batimetri hasil pengukuran pada 2005 (atas) dan batimetri hasil pengukuran pada 2006. Perhatikan garis kedalaman 5 m yang mengalami pergeseran, ditafsirkan sebagai proses erosi.

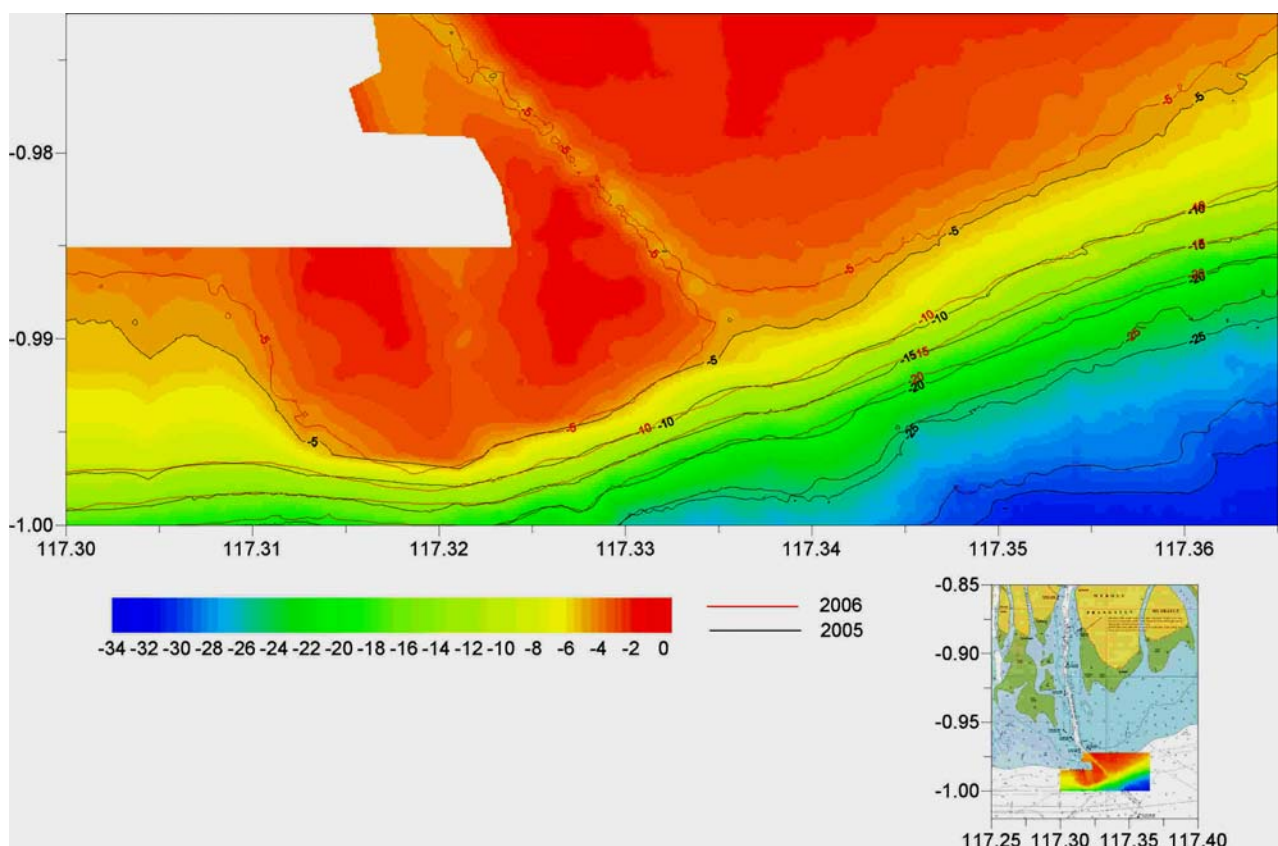


Gambar 7. Batimetri muara Pegah hasil pengukuran pada Agustus 2006 (kanan) dan Oktober 2005 (kiri) dibandingkan dengan batimetri 1989, teramati adanya progradasi delta Mahakam bagian luar di Muara Pegah.

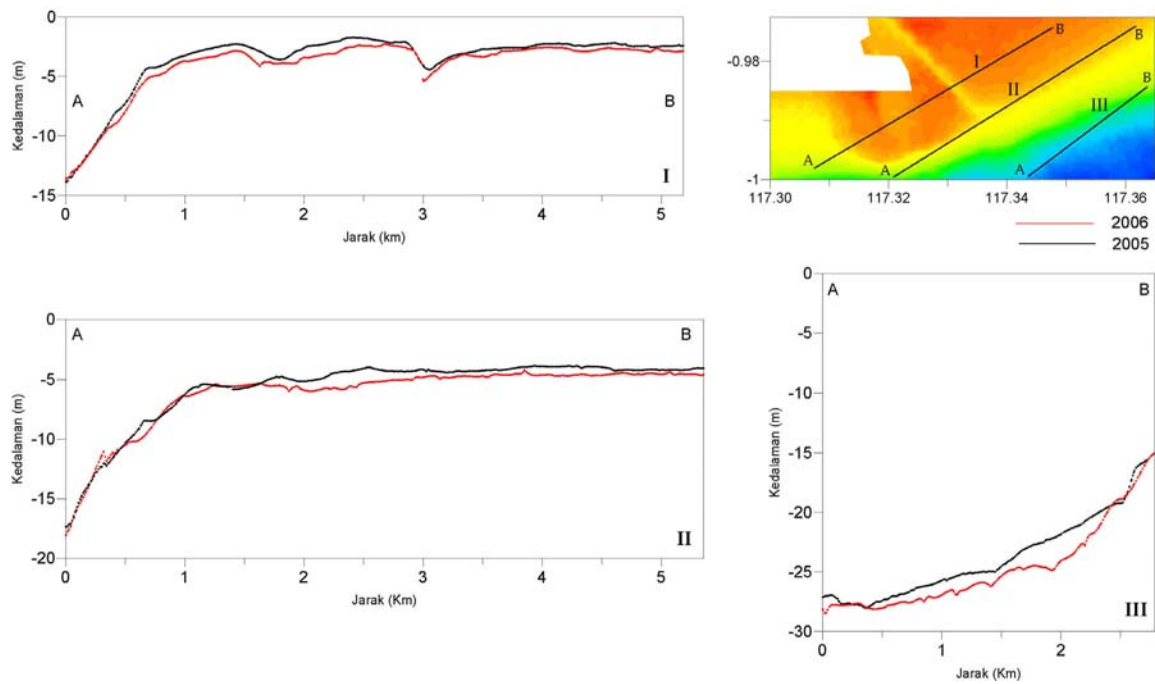
oleh suatu tanggul atau punggung berarah barat-laut-tenggara dengan kedalaman sampai 0,4m, dibatasi oleh tepian lereng pada kedalaman 5 m dan berakhir di suatu lereng (*prodelta*) mulai dengan kedalaman 10 m sampai 34 m. Hasil pengukuran pada 2006 memberikan gambaran berbeda. Kanal utama menjadi lebih dalam sampai 5 m, tampak memisahkan bagian punggung delta menjadi dua bagian. Begitu pula halnya bagian punggung yang mengalami perubahan kedalaman menjadi sekitar 1m. Sebaliknya pada bagian lereng delta, relatif tidak banyak mengalami perubahan bentuk morfologi. Walaupun demikian, hasil pengukuran lapangan baik tahun 2005 maupun 2006, bila dibandingkan dengan peta batimetri hasil penelitian dan peta Dinas Hidro-Oseanografi (1989) terlihat jelas telah terjadi kemajuan delta pada sisi luar akibat sedimentasi. Garis kontur pada pengamatan 2005 tampak lebih maju ke arah laut atau tenggara dibandingkan dengan hasil penelitian 2006, terutama pada kedalaman

5 m dan 10 m. Hal tersebut menandakan telah terjadinya penimbunan sedimen atau telah terjadi proses progradasi dari delta muara Pegah.

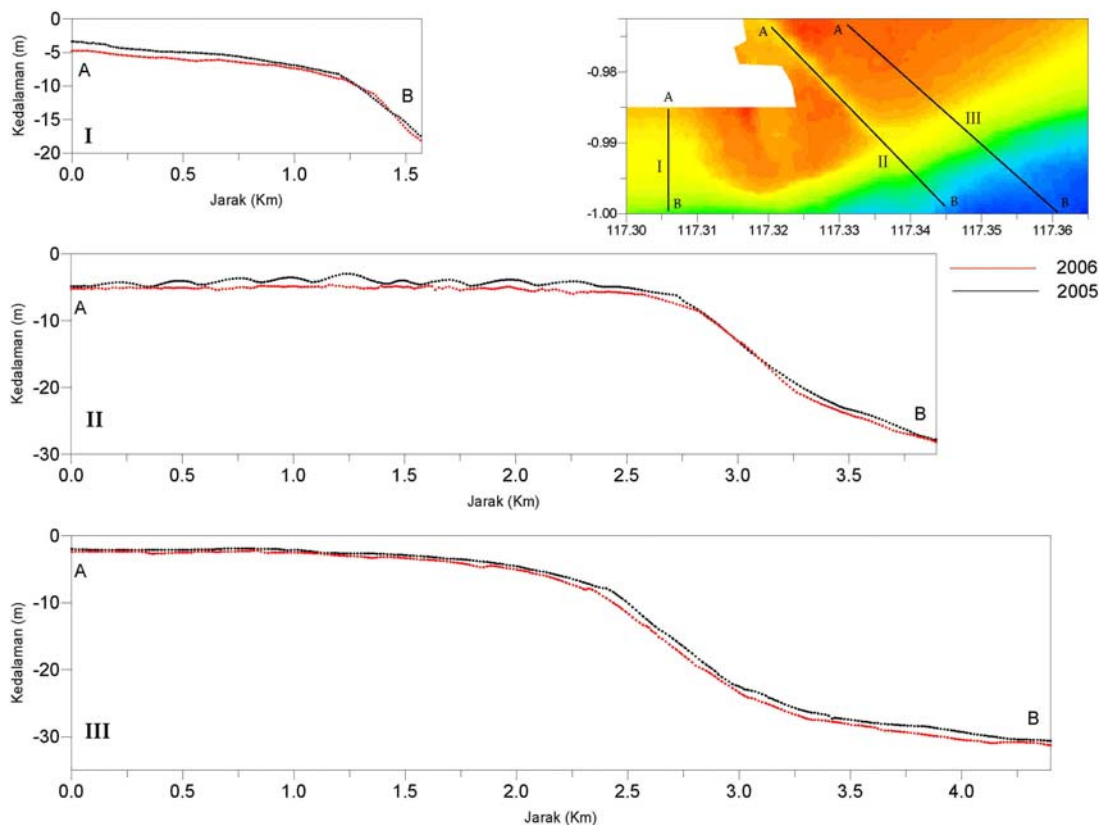
Adanya perubahan kedalaman antara pengukuran tahun 2005 dibandingkan dengan tahun 2006 mengindikasikan adanya erosi terhadap hasil pengendapan kembali sedimen di Muara Pegah. Gambar 7 bawah memperlihatkan pergeseran garis kontur yang mengindikasikan telah terjadi erosi di sisi luar Muara Pegah. Erosi paling intensif terjadi pada kontur kedalaman 5 m, terutama sekitar kanal dan bagian utara dan selatan punggung, yang mengalami kemunduran cukup jauh. Perbandingan profil batimetri baik sejajar maupun tegak lurus terhadap delta Mahakam bagian luar tahun 2005 dan 2006 lebih memperjelas proses erosi yang telah terjadi seperti diperlihatkan pada gambar 8. Pada gambar 9 diperlihatkan profil delta bagian luar tegak lurus terhadap garis pantai. Erosi di sisi barat dan tengah lebih intensif dibandingkan dengan lintasan timur.



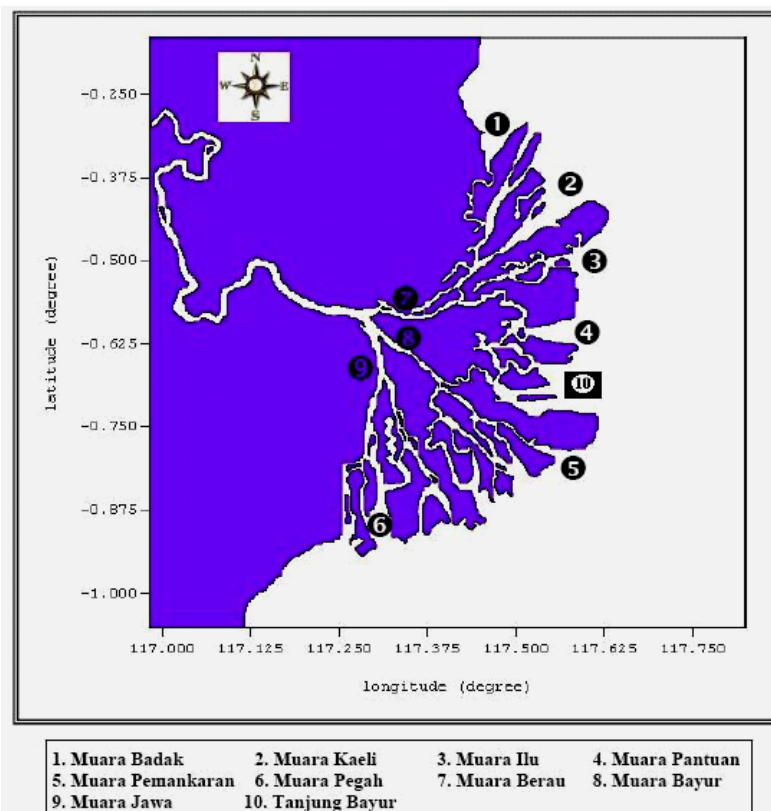
Gambar 8. Perubahan garis kedalaman yang mengindikasikan telah terjadinya erosi terhadap endapan sedimen di sisi luar delta Muara Pegah. Garis merah adalah kontur kedalaman hasil pengukuran tahun 2006, sedangkan kontur garis hitam hasil tahun 2005.



Gambar 9. Profil sejajar pantai morfologi bawah permukaan delta Muara Pegah bagian luar memperlihatkan indikasi telah terjadinya erosi endapan sedimen. Garis merah adalah kontur kedalaman hasil pengukuran tahun 2006, sedangkan kontur garis hitam hasil tahun 2005.



Gambar 10. Profil morfologi bawah permukaan delta Mahakam pada lintasan tegak lurus terhadap garis pantai. Proses erosi sedimen tampak jelas pada lintasan I dan II. Garis merah adalah kontur kedalaman hasil pengukuran tahun 2006, sedangkan kontur garis hitam hasil tahun 2005.



Gambar 11. Delta Mahakam disusun oleh 10 sistem muara yang berbeda (Ningsih, 2006). Muara Jawa (9) dan Muara pegah (6) merupakan daerah kajian sedangkan lokasi sumber dan titik verifikasi konsentrasi sedimen warna merah .

Apabila dibandingkan dengan data batimetri 1989, di delta Muara Pegah telah terjadi proses pengendapan kembali sedimen atau proses progradasi pantai. Sebaliknya, membandingkan hasil penelitian pada waktu yang berbeda, antara 2005 dan 2006, telah terjadi proses erosi terhadap endapan sedimen yang di bawa ke kawasan sisi luar delta Muara Pegah. Dapat ditafsirkan, di Muara Pegah telah terjadi proses pengendapan kembali dan erosi dari sedimen yang dibawa dari bagian hulu sungai Mahakam.

PEMODELAN

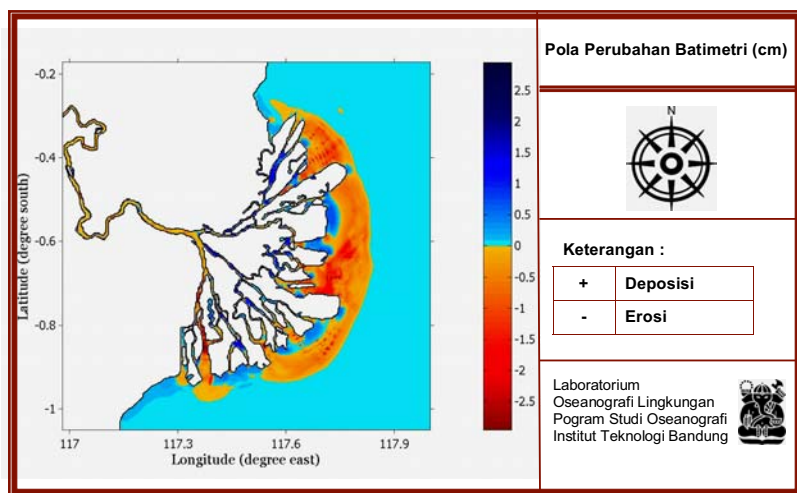
Pemodelan perubahan batimetri yang disimulasikan secara regional meliputi seluruh kawasan Estuari Delta Mahakam dimaksudkan untuk menjelaskan fenomena proses alam di Muara Pegah. Gambar 11 memperlihatkan sistem delta Mahakam yang terdiri atas 10 muara dimana pemodelan hanya dilakukan di Muara Pegah (nomor 6). Tahap selanjutnya disimulasikan perubahan batimetri pada lokasi yang lebih rinci sehingga proses perubahan

batimetri dapat terlihat lebih jelas. Parameter pemodelan antara lain data batimetri, pasang surut, temperatur dan salinitas, konsentrasi sedimen dan debit sungai.

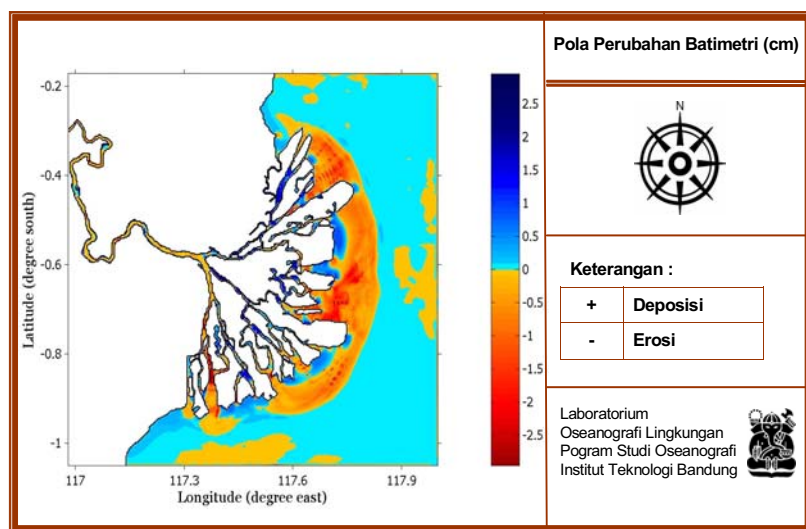
Model hidrodinamika dipadukan dengan model transpor sedimen dan perubahan batimetri disimulasikan selama 11 bulan untuk mengetahui pola arus, distribusi temperatur, salinitas, konsentrasi sedimen, dan perubahan batimetri di lokasi penelitian. Sumber sedimen yang digunakan pada simulasi transpor 3D berada di hulu Sungai Mahakam, ditunjukkan oleh lingkaran merah pada gambar 11. Pemodelan pola perubahan batimetri terbagi menjadi dua proses, antara lain: perubahan akibat erosi yang mengakibatkan bertambahnya kedalaman diberi tanda negatif (-) dan perubahan akibat deposisi yang mengakibatkan berkurangnya kedalaman diberi tanda positif (+).

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa erosi terjadi di daerah aliran sungai utama, yaitu dari hulu ke arah Muara Jawa (titik 9, gambar 11) dan kemudian ke arah Muara Pegah (titik 6, gambar 11). Hal ini disebabkan debit air sungai yang sebagian besar mengalir melalui kedua muara tersebut cukup kuat untuk menggerus dasar perairan dan penggerusan akibat arus pasang surut di sekitar luar delta yang bersifat kontinu. Meskipun arah dan besar arus pasang surut berfluktuasi, erosi dan deposisi terjadi silih berganti bergantung kepada kondisi pasut. Namun secara umum perubahan batimetri yang dominan terjadi adalah erosi.

Pemodelan rinci dilakukan pada $0^{\circ} 48' 00''$ LS – $1^{\circ} 61' 30''$ LS dan $117^{\circ} 12' 00''$ BT – $117^{\circ} 25' 30''$ BT. Hasil pemodelan perubahan morfologi pada bulan Agustus (gambar 12) dan Oktober (gambar 13, titik 6 pada gambar 11) di mulut Muara Pegah dan Muara Bukuan (arah barat dari Muara Pegah) terjadi akibat erosi sedangkan proses deposisi terjadi di sekitar



Gambar 12. Pola Perubahan Batimetri di delta Mahakam pada bulan Agustus



Gambar 13. Pola Perubahan Batimetri di delta Mahakam pada bulan Oktober

pantai sebelah timur Muara Pegah dan sebelah barat Muara Bukuan.

Di mulut Muara Pegah terjadi proses erosi secara kontinu di mana proses erosi tertinggi terjadi di bagian dalam muara (sebelah utara) dengan nilai kisaran mencapai $\geq 2,5$ cm. Proses deposisi di Muara Pegah terjadi di pantai sebelah timur dan pantai sebelah barat Muara Bukuan, besarnya deposisi dapat mencapai $> 1,5$ cm.

Perubahan batimetri rinci di daerah Muara Jawa dan Muara Pegah terjadi akibat erosi (gambar 14 dan 15). Wilayah Muara Jawa (titik 9, gambar 11) dan Muara Pegah (titik 6, gambar 11) merupakan daerah aliran utama massa air dari Sungai Mahakam ke arah laut. Oleh karena itu arus di daerah kedua muara ini cenderung kuat

sehingga mampu menggerus dasar perairan dan mengakibatkan erosi yang terus-menerus. Dalam hal ini, terlihat proses erosi terjadi setiap bulan dengan proses erosi terluas terdapat di lokasi yang lebih dekat ke muara dan daerah Muara Jawa.

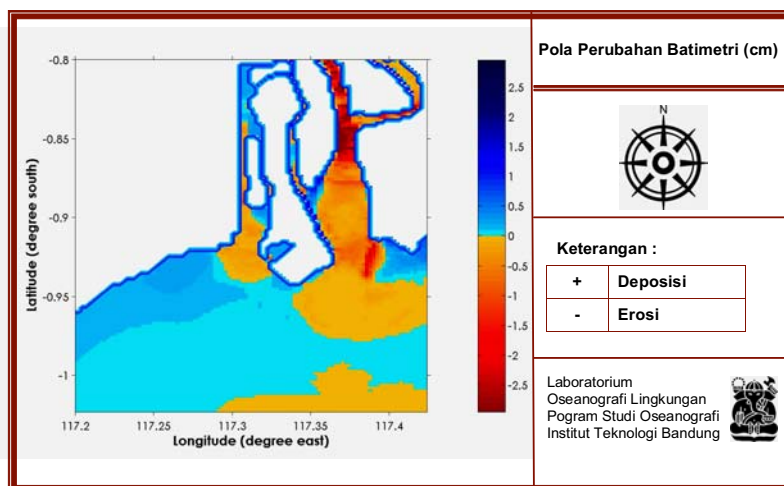
Perubahan batimetri pada tiap muara dicatat nilainya selama enam bulan simulasi pertama. Perubahan batimetri di lokasi terpilih seperti Muara Pegah (gambar 16). Hasil pemodelan seperti yang ditunjukkan pada gambar 17 dan 18 adalah Muara Jawa dan Muara Pegah selalu mengalami erosi. Wilayah Muara Jawa dan Muara Pegah merupakan daerah aliran utama massa air dari Sungai Mahakam ke arah laut. Oleh karena itu arus di daerah kedua muara ini cenderung kuat sehingga mampu menggerus dasar perairan dan mengakibatkan erosi yang terus-menerus.

Pemodelan menunjukkan fakta bahwa di Muara Pegah (gambar 17 dan garis F dalam gambar 16) proses erosi terjadi setiap bulan. Erosi di Muara Pegah berkisar antara 1,8cm dalam waktu 30 hari sampai 2,5

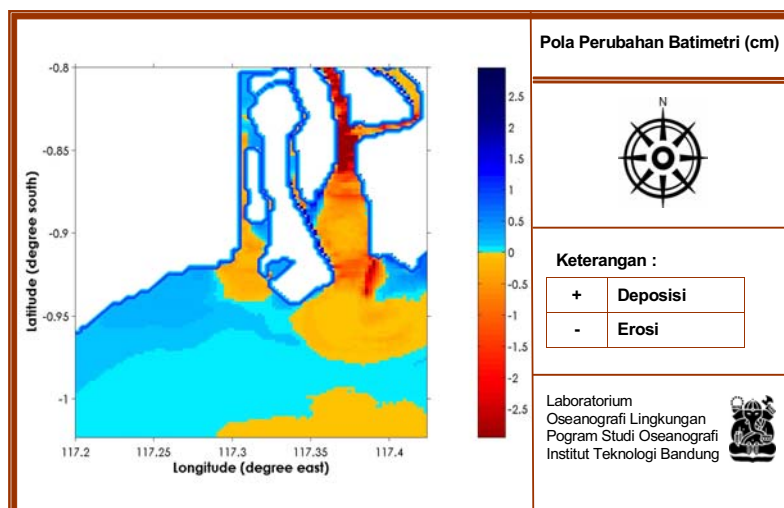
cm dalam waktu 6 bulan. Erosi terbesar terdapat di lokasi yang lebih dekat ke muara dan daerah Muara Jawa (gambar 18) yaitu mencapai 8 cm dalam waktu 30 hari dan 11,5 cm dalam waktu 6 bulan.

Diskusi

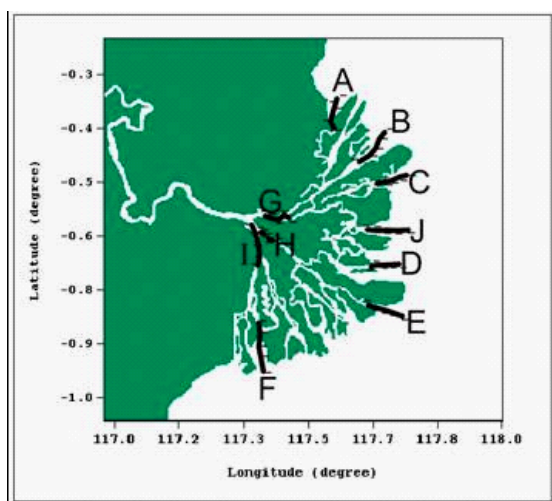
Penafsiran citra Landsat selama kurun waktu lebih dari 20 tahun, menunjukkan fakta tidak teramati adanya kemajuan pantai yang berarti di delta Mahakam. Ada kemungkinan telah terjadi keseimbangan antara proses pengendapan ulang sedimen dalam jumlah banyak dengan proses erosi di mana sedimen tersebut tergerus dan terbawa oleh arus laut sehingga garis pantai relatif tetap dalam kurun



Gambar 14. Pola Perubahan Batimetri di Perairan Muara Pegah pada Bulan Agustus.



Gambar 15. Pola Perubahan Batimetri di Perairan Muara Pegah pada Bulan pada bulan Oktober).



Gambar 16. Lokasi pemilihan sampling pemodelan, salah satunya adalah Muara Pegah (garis F) dan Muara Jawa (garis I).

waktu lama. Selain itu, pengarus arus laut di kawasan luar delta, perlu diperhitungkan sebagai faktor yang menyebabkan erosi sedimen.

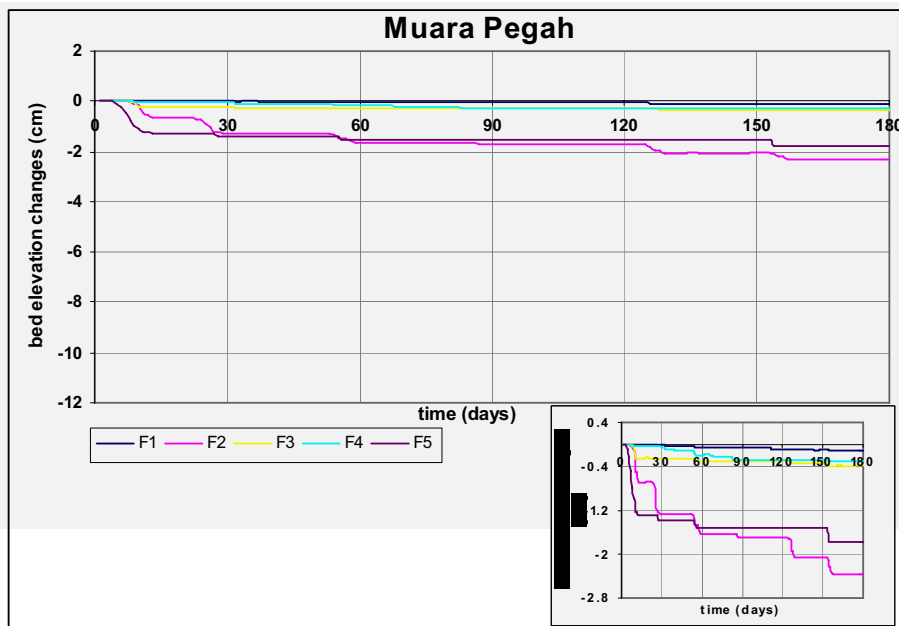
Proses progadasi pantai modern terbentuk sangat cepat seperti hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa delta Mahakam terbentuk dalam suatu lingkungan transisi berenergi rendah begitu pula halnya kecepatan arus dan energi gelombang rendah (Allen dan Mercier, 1994; Lambert, 2003; Husein and Lambiasi, 2005, Permana dr., 2006). Bilamana kandungan sedimen terlarut dalam air sungai selalu tetap (Estiati, dr., 2006), seperti halnya dengan kecepatan dan arah arus laut, maka debit sungai sangat berpengaruh terhadap proses pembentukan delta Mahakam. Pada saat debit turun, maka re-deposisi sedimen semakin intensif, sebaliknya bilamana debit naik, yang terjadi adalah erosi sedimen di muara Mahakam, dalam hal ini Muara Pegah. Kemungkinan lain adalah, bilamana debit dan asupan sedimen berkurang, arus laut dari selatan dan tenggara ke arah timur juga dapat menyebabkan erosi endapan sedimen. Sedimen yang tererosi tersebut terangkut ke timurlaut sampai ke tenggara dan

masuk ke lingkungan selat Makassar. Bila kurun waktu debit tinggi dan rendah seimbang (masing-masing 6 bulan), seperti dilaporkan Pos Duga Debit rata-rata bulanan di stasiun Kota Bangun Samarinda tahun 1993-1998 (Sumber: Pos Duga Pengamatan, 2003), maka yang terjadi adalah terjadi keseimbangan antara proses re-deposisi dan erosi yang menyebabkan garis pantai relatif tetap pada posisinya.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian sisi luar delta Mahakam dapat ditarik beberapa kesimpulan seperti dibawah ini.

Kajian citra satelit Landsat tahun 1973-1978, 1992 dan citra satelit Landsat tahun 2001 menunjukkan bahwa dalam kurun waktu lebih



Gambar 17. Pemodelan daerah Muara Pegah menunjukkan fakta bahwa proses erosi lebih dominan terjadi dibandingkan dengan proses deposisi sedimen.

dari 20 tahun, perubahan garis pantai di kawasan delta Mahakam tidak cukup signifikan walaupun tingkat sedimentasi meningkat luar biasa;

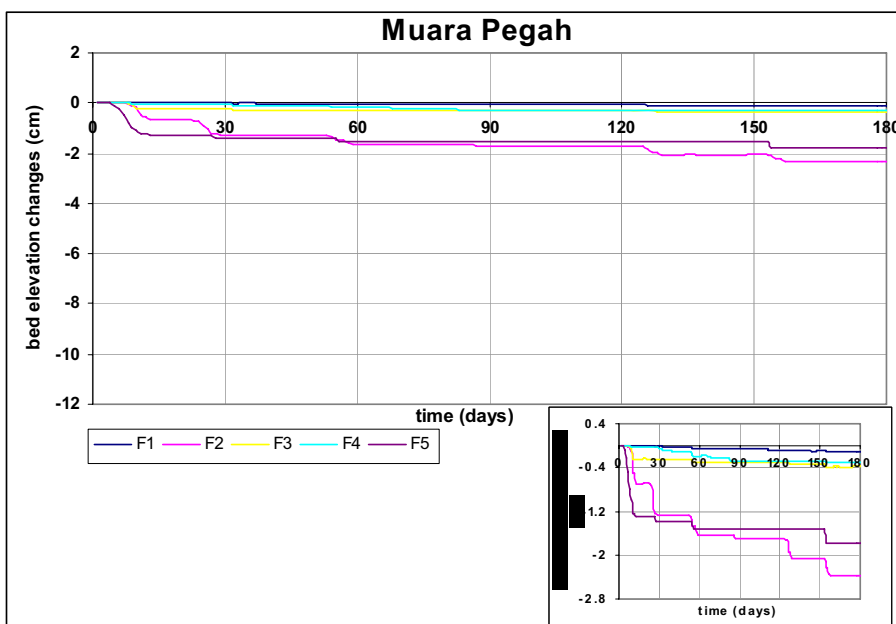
Proses progradasi dari delta Mahakam teramati dengan jelas di mana kontur kedalaman 5 m sampai 20 m telah bergeser ke arah laut atau ke tenggara. Hal tersebut akibat penimbunan sedimen dalam jumlah yang cukup berarti di

kondisi menuju surut, massa air dari sungai Mahakam mendorong massa air menuju muara (ke selatan).

Proses erosi secara kontinu terjadi di Perairan Muara Pegah sebagai pengaruh dari besarnya debit sungai yang mengalir melalui muara menuju laut lepas, di mana debit tersebut cukup kuat untuk menggerus dasar perairan;

Proses erosi sebagai akibat kondisi arus pasang surut juga terlihat di luar muara Pantai Muara Pegah, akan tetapi besarnya sangat bergantung terhadap kondisi arus pasutnya;

Interaksi antara arus sungai, debit, kandungan sedimen terlarut dengan pasang surut laut dan arah gelombang laut sangat berpengaruh terhadap pembentukan morfologi bagian luar delta Mahakam (*outer delta*), khususnya di Muara Pegah.



Gambar 18. Pemodelan daerah Muara Jawa menunjukkan gejala yang sama dengan Muara Pegah yaitu proses erosi lebih dominan terjadi dibandingkan dengan proses deposisi sedimen.

ACUAN

- Allen, G.P., and Chambers, J.L.C., 1998. *Sedimentation in the modern and Miocene Mahakam delta*: Indonesian Petroleum Association Field Guide, Indonesia, 236p.
- Allen, G.P., Mercier, F., 1994. Reservoir facies and geometry in mixed tide and fluvial-dominated delta mouth bars: Example from the modern Mahakam Delta (East Kalimantan). *Proceeding of the Indonesian Petroleum Association*, p. 261-273.
- Dinas Hidro-Oseanografi. 1989. Peta Batimetri Delta Mahakam
- Estiaty, L.M., Susilowati, Y., Harsono, E., Tjiptasmara dan Nurlala, I. 2006. Pemodelan Spasial Dinamika beban Polutan Pada Sistem Daerah Aliran Sungai Dan Angkutan Polutan Pada Sistem Sungai. Studi kasus: DAS Mahakam. Tidak Terbit
- Hall, R., 1996. *Reconstructing Cenozoic SE Asia*. In: Hall, R., Blundell, D.J. (eds.), Tectonic Evolution of SE Asia. Geological Society of London Special Publication 106, 153-184.
- Hidayati, D., Yogaswara, H., dan Djohan, E. 2006. Partisipasi Stakeholders Dalam Konsolidasi Tanah Delta Mahakam: Alternatif Penataan Kawasan. Tidak Terbit
- Husein, S., Lambiase, J.J. 2005. Modern sediment dynamics of the Mahakam Delta, 2005. *Proceeding of the Indonesian Petroleum Association*, p. 367-379
- Lambert, B., 2003. *Micropaleontological investigations in the modern Mahakam delta, East Kalimantan (Indonesia)*. Carnets de Géologie / Notebooks on Geology – Article 2003/02 (CG2003_A02_BL).
- Listiana, H. 2006. Interpretasi Citra Satelit Landsat MSS, TM 5 dan ETM+7 untuk daerah Delta Mahakam (tidak terbit)
- Ningsih, N.S., Handiani, D.N., Hakim, A.R. 2006. laporan Kemajuan Penelitian Pemodelan Matematik Perubahan batimetri di Perairan Muara Pegah, Delta Mahakam. Program Studi Oseanografi, ITB. Tidak terbit
- Permana, H., Hananto, N.D., Ma'ruf, M., Kusmanto, E., Santoso, P.D., dan Avianto, P. 2005. Analisis Proses Pergerakan Air, Sedimentasi dan Perubahan Morfologi Pada Daerah Luar Delta Mahakam Dan Berau. Tidak terbit.
- Permana, H., Hananto, N.D., Ma'ruf, M., Kusmanto, E., Santoso, P.D., dan Avianto, P. 2006. Analisis Proses Pergerakan Air, Sedimentasi dan Perubahan Morfologi Pada Daerah Luar Delta Mahakam Dan Berau. Tidak terbit.
- Pos Duga Pengamatan. 2003. Debit rata-rata bulanan di stasiun Kota Bangun Samarinda tahun 1993-1998. Tidak terbit.
- Roberts, H.H., and Sydow, J., 1996. The Offshore Mahakam Delta: Stratigraphic Response of Late Pleistocene to Modern Sea Level Cycle. *Proceedings of the Indonesian Petroleum Association Twenty-Fifth Silver Anniversary Convention*, p. 147-161.
- Wessel, P. & Smith, W.H.F. 2005. *The Generic mapping Tools. GMT version 3.4.1*.