

STUDI DAMPAK RENCANA REKLAMASI DI TELUK LAMONG PROPINSI JAWA TIMUR TERHADAP POLA ARUS PASANG SURUT DAN ANGKUTAN SEDIMEN

**Alwafi Pujiraharjo, Arief Rachmansyah, Pudyono, Agus Suharyanto,
Yatnanta Padma Devia, Dwi Ratna Nur F.**

**Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono 167 Malang**

ABSTRAK

Rencana pengembangan Teluk Lamong yaitu peningkatan kapasitas bongkar muat dan terminal peti kemas, pengembangan *water front city*, dan terminal multi purpose dikhawatirkan akan berdampak negative terhadap pola arus dan sedimentasi di Teluk Lamong, kondisi lingkungan, dan kondisi social masyarakat di sekitar Teluk Lamong. Dampak dari sedimentasi ini dikhawatirkan akan menyebabkan pendangkalan alur pelayaran sungai di Selat Madura. Selain itu juga dikhawatirkan akan mengganggu habitat satwa di Pulau Galang yang merupakan wilayah konservasi. Penelitian ini hanya mengkaji dampak dari rencana reklamasi terhadap perubahan pola arus pasang surut dan sedimentasi di Teluk Lamong. Studi dilakukan dengan menggunakan bantuan simulasi model numerik untuk memprediksi perubahan pola arus dan perubahan pola angkutan dan endapan sedimen di Teluk Lamong dengan adanya reklamasi. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data batimetri dan topografi Teluk Lamong, data karakteristik sedimen, data detail rencana reklamasi, data debit sungai dan data pasang surut. Data topografi, batimetri dan detail rencana reklamasi digunakan sebagai input geometri Teluk Lamong. Sedangkan data pasang surut, karakteristik sedimen, dan debit sungai digunakan sebagai kondisi batas dalam simulasi pola arus dan sedimen. Analisis hasil simulasi dilakukan terhadap 5 skenario model yang dipilih. Dari hasil simulasi diketahui pola arus pasang surut dan pola penyebaran sedimen di Teluk Lamong. Berdasarkan hasil simulasi ini juga diperoleh prediksi ketebalan endapan sedimen di Teluk Lamong berikut dampaknya terhadap alur pelayaran Selat Madura. Hasil simulasi menunjukkan bahwa perlu perbaikan bentuk, posisi dan luas area reklamasi terhadap rencana reklamasi yang sudah ada. Perbaikan bentuk area reklamasi disarankan mengikuti Model 5.

Kata kunci: Teluk Lamong, reklamasi, model numerik, pasang surut, sedimen.

PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya perekonomian Indonesia khususnya Propinsi Jawa Timur, maka kapasitas bongkar muat yang ada saat ini menjadi tidak mencukupi. Oleh karena itu telah direncanakan untuk menambah fasilitas bongkar muat dan terminal peti kemas di Pelabuhan Tanjung Perak. Karena lahan yang tersedia tidak mencukupi untuk pengembangan pelabuhan, maka direncanakan untuk melakukan reklamasi di wilayah Teluk Lamong. Selain PT Pelindo, beberapa investor juga telah mengajukan usulan dan ijin untuk melakukan reklamasi. Ada tiga rencana reklamasi yang telah disetujui Ijin

Pemanfaatan Ruang (IPR)-nya, yaitu: PT Pelindo II untuk Pelabuhan Bongkar Muat dan Terminal Peti Kemas, PT. Sarana Mitra Global Niaga untuk keperluan terminal multi guna dan depo container, serta PT Indosarana Niaga Perkasa untuk keperluan pembangunan *water front city*. Kebijakan rencana reklamasi yang telah dikeluarkan tersebut tentu saja akan berdampak pada perubahan pola arus pasang surut dan sedimentasi di Teluk Lamong.

Saat ini rencana reklamasi di Teluk Lamong dikhawatirkan akan menyebabkan terjadinya sedimentasi yang bisa berdampak pada pendangkalan alur pelayaran di Selat

Madura. Kekhawatiran terhadap masalah sedimentasi ini disebabkan karena ada beberapa sungai yang bermuara langsung di Teluk Lamong yang tentu saja merupakan suplai sedimen ke Teluk Lamong. Sungai-sungai yang bermuara di Teluk Lamong tersebut antara lain: Kali Lamong, Kali Sememi, Kali Branjangan, Kali Manukan, Kali Krembangan dan Kali Mas. Selain itu, pengembangan Teluk Lamong juga dikhawatirkan akan meningkatkan lalu lintas air di Selat Madura yang saat ini sudah mendekati kejenuhan. Untuk mengurangi dampak negative rencana reklamasi di Teluk Lamong terhadap pola arus dan sedimentasi maka perlu dilakukan kajian dampak rencana reklamasi sehingga bias digunakan sebagai dasar untuk mengantisipasi dampak negative yang mungkin ditimbulkan. Di sisi lain, di wilayah Teluk Lamong terdapat Pulau Galang yang berada di Muara Kali Lamong yang merupakan kawasan konservasi yang dilindungi karena merupakan endemik satwa langka yang dilindungi yaitu burung-burung jenis langka. Keberadaan Pulau Galang yang merupakan kawasan konservasi tentu saja tidak boleh terganggu dengan adanya rencana reklamasi.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Pengukuran Hidrometri

Pengukuran arus dilakukan menggunakan alat *current meter*. *Current meter* merupakan alat pengukur kecepatan yang paling banyak digunakan karena memberikan ketelitian yang cukup tinggi. Kecepatan aliran yang diukur adalah kecepatan aliran titik dalam suatu penampang aliran tertentu. Prinsip yang digunakan adalah adanya kaitan antara kecepatan dengan kecepatan putaran baling – baling *current meter*. Hubungan tersebut terlihat dalam persamaan sebagai berikut :

$$V = an + b \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

V = kecepatan aliran, dalam m/dt

n = jumlah putaran dalam waktu tertentu

a,b = tetapan (nilai ini ditetapkan dalam kalibrasi dilabolatorium secara periodik)

Pengukuran Hidrometri dengan menggunakan current meter, baik pada sungai maupun pada saluran HLD dilaksanakan berdasarkan **SNI 03-2414-1991** dan perubahannya **SNI 03-3408-1994**, dengan ketentuan sebagai berikut :

a. Pengukuran kecepatan pada umumnya dilakukan tidak hanya untuk memperoleh kecepatan titik dalam satu penampang, akan tetapi umumnya dilakukan untuk memperoleh kecepatan rata – rata dalam arah vertical dalam satu penampang aliran tertentu, memperhatikan keadaan kecepatan dan kelengkapan alatnya, pengukuran dapat dilakukan dengan beberapa cara dengan memperhatikan pengertian hidraulika bahwa distribusi kecepatan secara vertical dalam suatu penampang adalah berbentuk parabola.

b. Pengukuran pada satu titik, umumnya dilakukan apabila kedalaman air kurang dari satu meter. Pengukuran dilakukan dengan menempatkan current meter pada kedalaman 0,60 H diukur dari muka air. Ketetapan batas ‘1 m’ disini hendak tidak diartikan secara mutlak, akan tetapi perlu diperhatikan keadaan setempat.

c. Untuk kedalaman lebih dari 1 m, umumnya dilakukan dengan pengukuran lebih banyak dari satu titik, misalnya dengan dua atau tiga titik. Pengukuran dengan dua titik dilakukan dengan merata – ratakan kecepatan yang diperoleh pada pengukuran pada kedalaman 0,2 H dan 0,8 H atau jika diingikan tingkat ketelitian yang lebih tinggi maka pengukuran dilakukan pada kedalaman 0,2 H, 0,6 H dan 0,8 H diukur dari muka air. Untuk pengukuran dua titik, kecepatannya diukur dengan persamaan :

$$V = 0,5 (V_{0,2} + V_{0,8}) \dots\dots\dots (2)$$

Dan untuk pengukuran dengan tiga titik, dilakukan berturut – turut pada kedalaman 0,2 H, 0,6 H dan 0,8 H dan hasilnya dirata-ratakan dengan persamaan:

$$V = 1/4 (V_{0,2} + 2.V_{0,6} + V_{0,8}) \dots\dots (3)$$

2. Pengukuran Batimetri

Yaitu jalur perjalanan kapal yang melakukan sounding dari titik awal sampai ke titik akhir dari areal survey. Jarak antar sounding tergantung pada resolusi ketelitian yang diinginkan. Untuk area di lokasi pengaman pantai, jaraknya dibuatnya sejauh 25 m. Untuk tiap jalur sounding dilakukan pengambilan data kedalaman perairan setiap 25 m, sedangkan untuk perairan di luar daerah rencana pengaman pantai, jalur sounding dibuat dengan interval 50-100m.

3. Pengamatan Pasang Surut

Pengukuran gerak muka air pasang surut diperlukan untuk mengetahui elevasi muka air minimum (LWL), rata rata (MSL) dan muka air maksimum (HWL) untuk keperluan perencanaan elevasi suatu bangunan pelabuhan, pengukuran fluktuasi muka air laut ini juga sebagai variabel koreksi kedalaman pada saat pengukuran batimetri. Pengukuran pasang surut dicari pada lokasi yang perairannya relatif tenang jika pada lokasi terdapat gelombang besar maka pengukuran harus digunakan peralatan tambahan misal *cassing* untuk meredam gelombang, atau bisa digunakan peralatan digital yang kemudian periode gerak muka air dianalisa dengan memisahkan gerak muka air pasang surut dengan gerakan lain yang tidak termasuk gerak pasang surut.

4. Skenario Simulasi

Simulasi numerik dilakukan dengan kondisi-kondisi rencana reklamasi yang telah ada (yang telah dikeluarkan IPR-nya oleh Pemerintah Provinsi Jawa

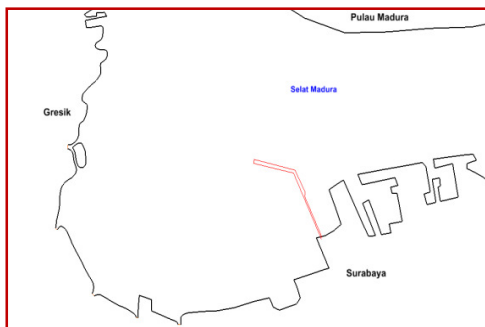
Timur) dan dibandingkan dengan kondisi sebelum reklamasi. Selain itu juga dilakukan simulasi dengan berbagai bentuk rencana reklamasi untuk memperoleh hasil rencana bentuk reklamasi yang tidak berdampak negative terhadap pola arus pasang surut dan sedimentasi. Dari hasil simulasi berbagai bentuk area reklamasi, maka hanya 4 model skenario bentuk reklamasi yang akan dibahas dalam studi ini. Skenario pemodelan tersebut dijelaskan sebagai berikut:

- a. Model 1: Simulasi kondisi eksisting yaitu kondisi saat ini sebelum dilakukan reklamasi.
- b. Model 2: Simulasi apabila reklamasi direncanakan sesuai ijin yang telah dikeluarkan yaitu pada lokasi A + B + C + D (**Gambar 6**).
- c. Model 3: Simulasi apabila reklamasi seperti Model 2 namun ada perubahan luas area reklamasi dan bentuk reklamasi A,B, dan D. Jarak antar area reklamasi dan atau area reklamasi dengan pantai dibuat minimal 200 meter dengan kedalaman air minimal 10 m.
- d. Model 4: Simulasi optimalisasi lahan dengan pemindahan area reklamasi C agak mundur kearah pantai, perubahan area reklamasi B menjadi seluas 105 Ha dan penambahan area reklamasi E seluas kurang lebih 360 Ha yang kemungkinan diperbolehkan untuk direklamasi dengan pertimbangan secara hidrodinamik diperkirakan tidak berdampak negatif

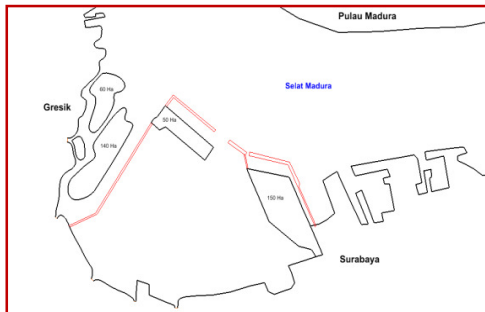
terhadap pola arus dan sedimentasi

e. Model 5: Simulasi optimalisasi lahan yang diperoleh dari beberapa simulasi alternatif reklamasi untuk mengoptimalkan pemanfaatan area Teluk Lamong.

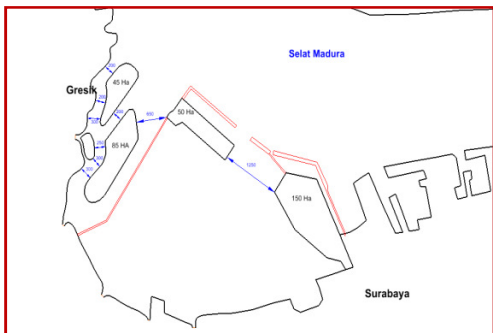
Gambar 1 sampai dengan **Gambar 5** merupakan sketsa kondisi simulasi yang akan dipergunakan dalam analisis simulasi model.



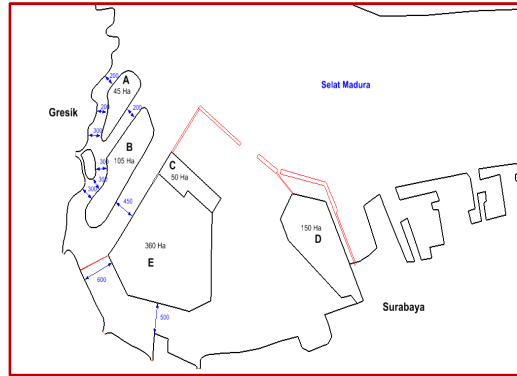
Gambar 1. Sketsa kondisi simulasi model 1 (kondisi eksisting)



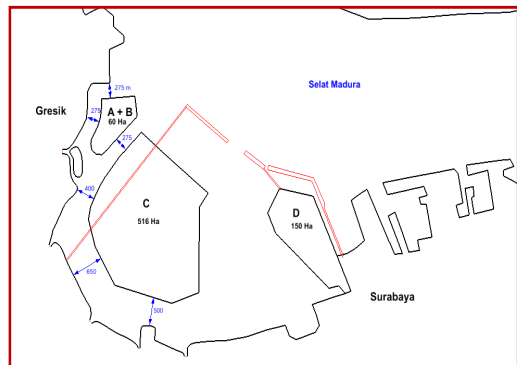
Gambar 2. Sketsa kondisi simulasi model 2 (reklamasi A+B+C+D)



Gambar 3. Sketsa kondisi simulasi model 3 (reklamasi A+B+C+D dengan pengurangan/perubahan luas area reklamasi A, B, dan D)



Gambar 4. Sketsa kondisi simulasi model 4

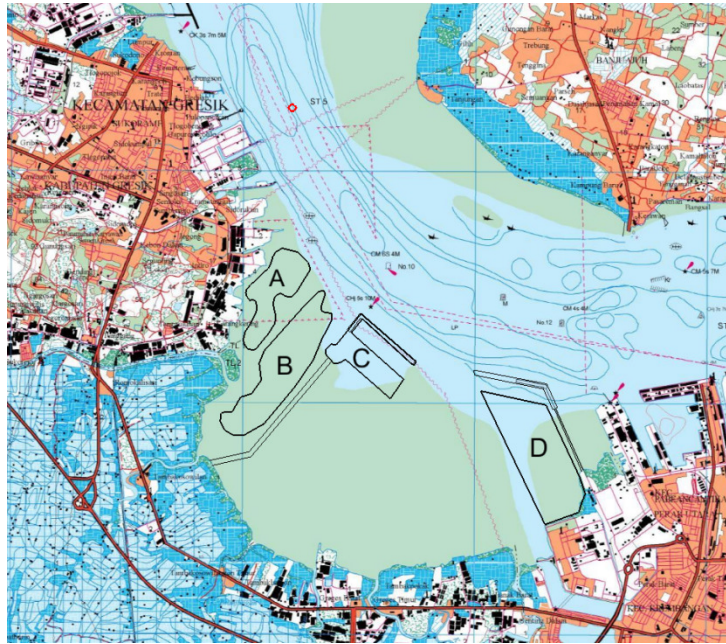


Gambar 5. Sketsa kondisi simulasi model 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dampak rencana reklamasi terhadap pola arus dan sedimentasi dianalisis berdasarkan hasil simulasi numeric dengan berbagai skema pemodelan untuk memperoleh bentuk rencana reklamasi yang baik. Data yang diperlukan dalam pemodelan numeric, antara lain: data batimetri dan topografi kawasan Teluk Lamong, data pasang surut, dan data debit sungai-sungai yang masuk (bermuara) ke wilayah Teluk Lamong beserta data kandungan sedimen laying dari sungai-sungai tersebut.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Perencanaan Daerah Provinsi Jawa Timur diketahui bahwa saat ini sudah ada tiga Ijin Pemanfaatan Ruang di kawasan Teluk Lamong yang telah dikeluarkan oleh Pemerintah Provinsi Jawa Timur seperti disajikan pada **Tabel 1**.



Gambar 6. Sketsa rencana reklamasi pengembangan Teluk Lamong yang telah dikeluarkan IPR-nya

Data debit sungai dan sedimentasi yang bermuara di Teluk Lamong diperoleh dari Laporan Akhir Studi Penyusunan Database Kajian Lingkungan Hidup Strategis 2010. Data tersebut disajikan pada **Tabel 2**. Sedangkan data pasang-surut diambil dari peramalan pasang surut yang dikeluarkan oleh Dinas Hidro-oseanografi. Data pasang surut yang digunakan yaitu pada Stasiun Karang Jamuang bulan Juli 2011 untuk kondisi batas sisi Barat dan Stasiun Karang Kleta bulan Juli 2011 untuk kondisi batas sisi Timur.

1. Analisis Simulasi

a. Analisis Hasil Simulasi Model 2

Sebelum adanya reklamasi, kecepatan arus rata-rata berkisar antara 0,01 m/s sampai 0,06 m/s. Pada kondisi ini akan terjadi endapan sedimen yang berasal dari sungai-sungai yang bermuara di Teluk Lamong karena kecepatan arus yang rendah.

Tabel 1. Luas-luas lahan reklamasi yang telah dikeluarkan Ijin Pemanfaatan Ruang (IPR-nya)

| No | Pengembang | Nama Proyek | Lokasi | Luas Lahan (ha) |
|----|----------------------------------|--|--------|-----------------|
| 1 | PT Pelindo III | Pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak | C | 50 |
| 2 | PT Indosarana Niaga Perkasa | Water Front City Teluk Lamong | A + B | 200 |
| 3 | PT Sarana Mitra Global Nusantara | Terminal Multipurpose dan Depo Kontainer | D | 150 |

Tabel 2. Data debit aliran dan konsentrasi sedimen sungai yang bermuara di Teluk Lamong

| No | Sungai | Debit 1 tahun (m ³ /s) | Debit 5 tahun (m ³ /s) | Konsentrasi Sedimen Layang (kg/m ³) |
|----|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1 | Krembangan | 3.6 | 85 | 0.0134 |
| 2 | Lamong | 19 | 594 | 0.0738 |
| 3 | Mireng | 19 | 594 | 0.0099 |
| 4 | Sememi | 4.3 | 56 | 0.0278 |
| 5 | Branjangan | 3.6 | 81 | 0.0125 |
| 6 | Manukan | 5.8 | 59 | 0.0259 |
| 7 | Kali Mas | 3.5 | 43 | 0.0129 |

Jika dilakukan reklamasi seperti Model 2 akan terjadi perubahan pola arus di Teluk Lamong. Pada saat pasang, air masuk ke Teluk Lamong melalui celah antara reklamasi C dan D serta melalui celah-celah reklamasi A, B, dan C. Karena terjadi penyempitan aliran air masuk ke Teluk Lamong, maka kecepatan arus diantara celah-celah tersebut menjadi besar. Hal ini akan berakibat pada angkutan sedimen dari sungai-sungai yang bermuara di Teluk Lamong ke alur pelayaran lebih besar. Selain itu, besarnya kecepatan arus tersebut akan membahayakan kapal yang berlayar keluar/masuk Teluk Lamong melewati celah-celah area reklamasi tersebut.

Demikian pula pada saat surut, arus keluar dari Teluk Lamong melalui celah-celah area reklamasi. Meskipun terjadi arus yang cukup besar pada saat pasang namun pada kondisi surut, kecepatan aliran pada celah-celah area antara reklamasi A dan B dengan pantai menjadi sangat kecil sehingga sedimen yang terangkut akan mudah diendapkan dan secara berangsur-angsur menyebabkan pendangkalan diantara celah reklamasi tersebut.

Kecepatan arus rata-rata, berkurang sangat drastis dari kondisi sebelum direklamasi. Hal ini dapat mengakibatkan “efek pembendungan” di muara sungai yang bisa menimbulkan “*backwater*” ke arah hulu sungai. Dampaknya adalah terjadinya banjir di kanan-kiri sungai terutama pada saat banjir dan kondisi air laut pasang.

Dari hasil simulasi dengan pendalaman air dengan kedalaman air minimal -2 m tidak diperoleh perbaikan yang signifikan dari kondisi Model 2 sehingga perlu dilakukan pelebaran jarak antar reklamasi. Untuk pelebaran jarak antar reklamasi dan jarak antara area reklamasi dengan pantai, disarankan jarak minimal 200 m dengan harapan agar masih bisa dilewati kapal untuk pelayaran diantara area reklamasi. Pelebaran jarak antar area reklamasi ini tentu saja mengakibatkan perubahan bentuk dan berkurangnya luas area rencana reklamasi.

b. Analisis Hasil Simulasi Model 3

Untuk memperoleh pola arus pasang surut dengan kecepatan berkisar antara 0.1 m/s sampai 0.3 m/s agar tidak terjadi pengendapan sedimen berlebih di antara area reklamasi, maka luas area reklamasi A harus dikurangi menjadi sekitar 45 Ha dari rencana semula sekitar 60 Ha dan area reklamasi B menjadi sekitar 85 Ha dari rencana semula seluas 140 Ha seperti yang disajikan pada simulasi Model 3.

Hasil simulasi Model 3 menunjukkan pola sirkulasi arus yang mirip dengan Model 2 namun dengan kecepatan aliran yang berbeda. Arus diantara pulau-pulau rencana reklamasi A, B, dan C menjadi lancer, baik pada saat pasang maupun surut. Kecepatan aliran secara teoritis juga cukup baik karena masih berkisar antara 0.1 sampai 0.3 m/detik. Perbaikan pola arus pasang surut Model 3 juga ditunjukkan dengan meningkatnya kecepatan aliran di muara-

muara sungai yang berarti bahwa air yang keluar di muara sungai menjadi lebih lancar sehingga tidak menyebabkan banjir di sekitar muara sungai terutama pada saat banjir.

c. Analisis Hasil Simulasi Model 4

Model 4 adalah simulasi rencana reklamasi apabila luasan rencana reklamasi yang telah disetujui IPR-nya terutama area A dan B tetap dipertahankan seperti rencana semula yaitu total luas mendekati 200 Ha. Dilakukan beberapa model reklamasi untuk mengoptimalkan lahan yang tersedia. Dari hasil optimalisasi lahan yang tersedia, maka diusulkan Model 4 sebagai alternatif. Alternatif ini dapat dioptimalkan jika rencana reklamasi C digeser mundur ke arah teluk sehingga sirkulasi arus keluar-masuk Teluk Lamong tidak terganggu. Dengan mundurnya area reklamasi C, maka area reklamasi B dapat sedikit ditambahkan maju sehingga luasannya bisa menjadi sekitar 105 Ha.

Hasil simulasi Model 4, secara hidrodinamik juga memberikan perubahan pola arus pasang surut yang baik dimana kecepatan aliran rata-rata masih berkisar antara 0.1 sampai 0.3 m/detik. Aliran air diantara celah-celah reklamasi juga cukup bagus. Aliran di muara-muara sungai juga lancar sehingga diharapkan tidak mengakibatkan banjir di sekitar sungai. Demikian juga yang terjadi pada titik-titik pengamatan yang lain. Namun kelancaran arus dari muara sungai ini bisa jadi juga menimbulkan kelancaran transportasi sedimen dari sungai menuju Selat Madura sehingga dikhawatirkan akan terjadi sedimentasi di Selat Madura.

d. Analisis Hasil Simulasi Model 5

Model 5 adalah simulasi rencana reklamasi dengan upaya mengoptimalkan lahan yang ada dengan melakukan beberapa simulasi model reklamasi

sehingga diperoleh area reklamasi optimum yang secara hidrodinamik dan sedimentasi memberikan dampak negatif yang kecil. Dari hasil optimalisasi lahan yang tersedia maka diusulkan Model 5 sebagai alternatif. Alternatif ini dapat dioptimalkan jika rencana reklamasi C digeser mundur ke arah teluk sehingga sirkulasi arus keluar-masuk Teluk Lamong tidak terganggu. Mundurnya area reklamasi C ini juga diikuti dengan optimalisasi area reklamasi sehingga diperoleh area reklamasi maksimum seluas kurang lebih 516 Ha. Namun demikian area reklamasi A dan B terpaksa dihilangkan karena lokasinya terlalu dekat dengan Pulau Galang dan muara Kali Lamong. Sehingga diperoleh reklamasi optimal yang bisa dimanfaatkan untuk mengganti area reklamasi A dan B maksimum seluas kurang lebih 60 Ha.

Hasil simulasi Model 5, secara hidrodinamik juga memberikan perubahan pola arus pasang surut yang baik di Teluk Lamong dimana kecepatan aliran rata-rata masih berkisar antara 0.1 sampai 0.3 m/detik. Aliran air diantara celah-celah reklamasi juga cukup bagus. Aliran di muara-muara sungai juga lancar sehingga diharapkan tidak mengakibatkan banjir di sekitar sungai. Namun kelancaran arus dari muara sungai ini bisa jadi juga menimbulkan kelancaran transportasi sedimen dari sungai menuju Selat Madura sehingga dikhawatirkan akan terjadi sedimentasi di Selat Madura.

2. Analisis Sedimentasi

Dari hasil survei di lapangan dan referensi dari studi sebelumnya, diketahui bahwa sumber sedimen di Selat Madura dan Teluk Lamong berasal dari sungai-sungai yang bermuara di Selat Madura dan Teluk Lamong. Sumber sedimen dari laut sangat kecil dan diabaikan dalam studi ini. Jadi, sumber sedimen dalam

simulasi numerik ini berasal dari sungai-sungai tersebut.

Simulasi numerik transportasi sedimen dilakukan selama 3 bulan untuk masing-masing model. Dari hasil simulasi sedimen selama 3 bulan ini selanjutnya dapat diprediksi besarnya sedimentasi selama setahun dan beberapa tahun ke depan dengan asumsi ketebalan sedimentasi bervariasi secara linier terhadap waktu.

Dengan adanya reklamasi Model 2 maka alur masuknya air ke Teluk Lamong pada saat pasang menjadi sempit demikian pula pada saat surut sehingga kecepatan alirannya menjadi besar. Kecepatan arus yang cukup besar ini menyebabkan berkurangnya sedimentasi di alur masuk Teluk Lamong.

Hasil simulasi Model 4 menunjukkan penyebaran sedimen agak merata di kawasan Teluk Lamong. Sedimentasi agak berlebih terjadi di muara Kali Sememi, Kali Kali Branjangan dan Kali Manukan walaupun tidak terlalu besar. Sebagian besar sedimen dari Kali Lamong terangkut keluar dari Teluk Lamong ke arah Barat melalui celah antara pantai dengan area reklamasi A dan celah antara area reklamasi A dan B. Sedikit penumpukan sedimen juga terjadi di sebelah Timur Pulau Galang. Namun demikian secara keseluruhan pengendapan sedimen lebih merata sehingga tidak ada penumpukan sedimen di satu lokasi tertentu yang terlalu tebal jika dibandingkan dengan Model 1, Model 2, dan Model 3.

3. Pengaruh Terhadap Banjir di Muara Kali Lamong

Analisis pengaruh reklamasi terhadap banjir di sungai-sungai yang bermuara di Teluk Lamong ini dilakukan dengan menganalisis kenaikan elevasi muka air di muara sungai-sungai tersebut. Apabila terjadi kenaikan elevasi muka air secara signifikan maka selanjutnya akan dilakukan analisis “*backwater*” di sungai

Lamong untuk memperkirakan dampak “*backwater*” terhadap banjir di sekitar sungai. Analisis “*backwater*” dilakukan dengan pemodelan hidrolika sungai dengan kondisi elevasi muka air di muara sungai sebagai input untuk kondisi batas sungai di hilir. Elevasi muka air di muara sungai diperoleh dari pemodelan hidrodinamika pasang surut yang telah dilakukan sebelumnya. Sedangkan kondisi batas di hulu sungai digunakan hidrograf banjir di Kali Lamong. Pemodelan hidrolika memerlukan data geometri sungai yang diperoleh dari pengukuran sebagai domain untuk simulasi hidrolika aliran sungai.

Dari hasil simulasi hidrodinamika pasang surut yang diuraikan sebelumnya, dicatat elevasi muka air di titik-titik observasi. Analisis di sini ditekankan pada titik-titik dimana lokasi muara sungai berada, yaitu titik B1 (Muara Kali Lamong), Titik B13 (Muara Kali Sememi), Titik B17 (Muara Kali Branjangan), Titik B18 (Muara Kali Manukan), dan Titik B19 (Muara Kali Krembangan). Grafik fluktuasi elevasi muka air pasang surut pada titik-titik tersebut disajikan pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**.

Dari grafik-grafik tersebut diketahui bahwa adanya reklamasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap fluktuasi muka air di muara-muara sungai yang bermuara di Teluk Lamong. Sehingga dapat disimpulkan bahwa akibat adanya reklamasi yang direncanakan tersebut tidak berpengaruh terhadap kondisi banjir di sekitar sungai-sungai yang bermuara di Teluk Lamong jika dibandingkan dengan kondisi eksisting. Namun demikian, ketidaklancaran arus yang keluar dari sungai di muara-muara sungai kemungkinan dapat menyebabkan banjir akibat efek “pembendungan”.

KESIMPULAN DAN SARAN

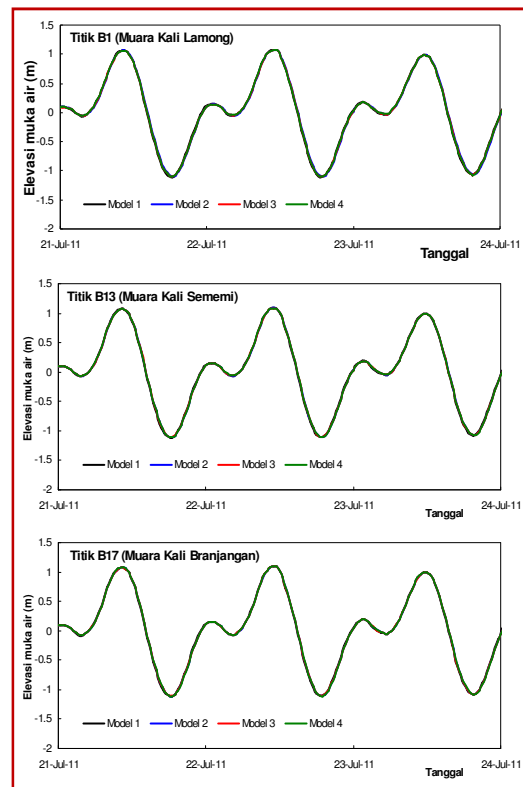
Berdasarkan hasil simulasi model-model reklamasi maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rencana reklamasi yang telah diterbitkan Ijin Pemanfaatan Ruang seperti disajikan pada **Gambar 1**, akan menyebabkan perubahan pola arus di Teluk Lamong dan pengendapan sedimen di sekitar muara Kali Lamong di sekitar Pulau Galang.
2. Usaha mengatasi problem sedimentasi dengan pengerukan dan pelebaran kedalaman air di antara celah-celah area reklamasi tidak memberikan perbaikan dampak perubahan pola arus dan sedimentasi yang signifikan.
3. Apabila ingin mengoptimalkan lahan yang ada, maka perlu dilakukan penataan ulang terhadap rencana reklamasi sesuai dengan pola penataan sesuai Model 5 dengan catatan luas area reklamasi tersebut adalah batasan maksimal yang disarankan.

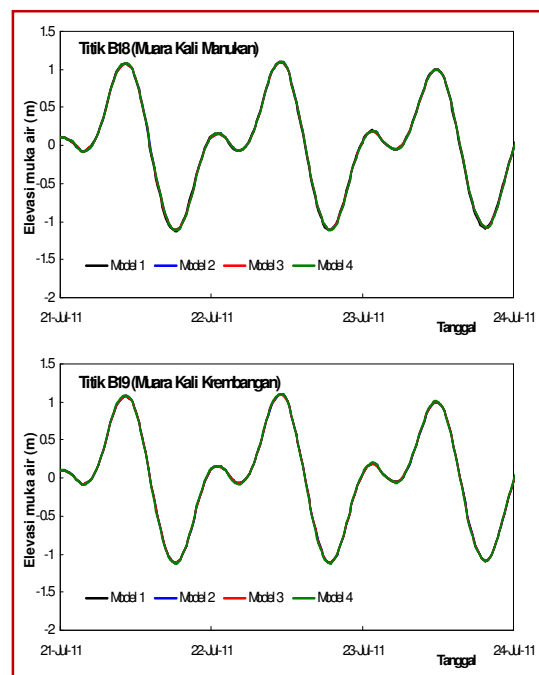
Perlu dicatat bahwa analisis yang dilakukan merupakan hasil simulasi numerik yang tentu saja memiliki beberapa batasan akibat keterbatasan data dan beberapa kondisi ideal yang bisa jadi menyebabkan ketidaksesuaian dengan kondisi sebenarnya. Beberapa keterbatasan tersebut antara lain:

- Batimetri yang digunakan berasal dari Peta Lingkungan Pantai Indonesia tahun 1993 yang tentu saja kurang sesuai dengan kondisi saat ini. Namun demikian secara umum masih bisa menggambarkan pola hidrodinamika pasang surut yang cukup relevan dengan kondisi saat ini.
- Dalam simulasi, debit sungai dan konsentrasi sedimen layang dibuat konstan selama simulasi. Hal ini tentu saja tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya dimana debit sungai dan

laju sedimentasi bervariasi dalam satu tahun.



Gambar 7. Fluktuasi elevasi muka air di Muara Kali Lamong, Kali Sememi, dan Kali Branjangan



Gambar 8. Fluktuasi elevasi muka air di Muara Kali Manukan dan Kali Krembangan

- Simulasi numerik dilakukan hanya dalam interval waktu 3 bulan sedangkan untuk memprediksi akumulasi sedimen diperlukan interval waktu pengamatan dalam hitungan tahun.
- Dalam simulasi sedimen, sumber sedimen hanya difokuskan pada pola sedimentasi di Teluk Lamong dengan sumber sedimen hanya berasal dari 5 sungai yaitu: Kali Lamong, Kali Sememi, Kali Branjangan, Kali Manukan, dan Kali Krembangan. Padahal kenyataannya sumber sedimen lain yang berasal dari sungai-sungai yang bermuara di Selat Madura dimungkinkan juga berpengaruh terhadap Teluk Lamong.

Mengacu pada kelemahan-kelemahan yang telah diuraikan pada sub-bab sebelumnya, maka untuk penelitian selanjutnya disarankan hal-hal berikut:

- Perlu dilakukan pengukuran batimetri perairan Selat Madura dan Teluk Lamong sehingga diperoleh data geometri sungai yang lebih akurat.
- Kondisi batas dinamik debit aliran sungai dan konsentrasi sedimen perlu dilakukan pada inflow debit sungai yang bermuara di Teluk Lamong.
- Durasi simulasi pola angkutan sedimen dan perubahan dasar perairan perlu dibuat lebih lama dengan mempertimbangkan kondisi debit air sungai dan konsentrasi sedimen pada musim hujan dan kemarau.
- Data debit sungai dan konsentrasi sedimen pada sungai-sungai lain yang bermuara di Selat Madura perlu dimasukkan dalam simulasi.
- Perlu dilakukan studi banjir di Kali Lamong untuk mengetahui lebih detail penyebab banjir di sekitar muara Kali Lamong dan juga untuk mengetahui dampak dari rencana reklamasi terhadap banjir di sekitar muara Kali Lamong.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2003. Surface Water Modeling System Version 8.1 Tutorial and User Manuals, Brigham Young University-Environmental Modeling Research Laboratory.
- Anonim, 2010. Laporan Akhir Studi Penyusunan Database Kajian Lingkungan Hidup Strategis Kawasan Teluk Lamong, Lembaga, PT. Pelabuhan Indonesia III (Persero), PT. Indosarana Niaga Perkasa, PT. Sarana Mitra Global Niaga.
- Alwafi Pujiraharjo. 2004. Two dimension numerical model of wave propagation by Boussinesq equations, *Jurnal Teknik*, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Vol. XI No.2, pp. 99 – 108.
- Chen, Q., Kirby, J.T., Dalrymple, R.A., Kennedy, A.B., and Chawla, A. (2000). Boussinesq modeling of wave transformation, breaking, and runup. II: 2D, *J. Waterway, Port, Coast, and Ocean Engineering*, ASCE, Vol.126(1): 48–56.
- Kennedy, A.B., Chen, Q., Kirby, J.T., and Dalrymple, R.A. (2000). Boussinesq modeling of wave transformation, breaking, and runup. I: 1D, *J. Waterway, Port, Coast, and Ocean Engineering*, ASCE, Vol. 126(1): 39–47.
- M. Cahyono dan Alwafi Pujiraharjo. 2005. Model Numerik 2-Dimensi Perambatan Gelombang pada Perairan Dalam Sampai Perairan Dangkal Menggunakan Persamaan Boussinesq, *Jurnal Teknik Sipil*, ITB, Volume 12 No. 4, pp.259 – 274.
- Nur Yuwono. 1982. Teknik Pantai Volume 1. Biro Penerbit. Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- Nwogu, O. (1993). Alternative form of Boussinesq equations for nearshore wave propagation, *J. Waterway, Port, Coast, and Ocean Engineering*, ASCE, Vol.119(6): 618–638.
- Rokhmin Dahuri., J. Rais., S.P.Ginting., M.J.Sitepu. 2001. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir Dan Lautan Secara Terpadu. Cetakan kedua, Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta.
- Wei, G. and Kirby, J.T. (1995). Time-dependent numerical code for extended Boussinesq equations, *J. Waterway, Port, Coast, and Ocean Engineering*, ASCE, Vol. 121(5): 251–261.
- Wei, G., Kirby, J. T., Grilli, S. T., and Subramanya, R. (1995). A fully nonlinear Boussinesq model for surface waves. Part 1. Highly nonlinear unsteady waves, *J. Fluid Mechanic*, Vol. 294: 71–92.