

Kajian Terhadap Unjuk Kerja Bangunan Pengaman Pantai Dengan Penerapan Simulasi Numerik One Line Model

Study for Performance of Coastal Protection Structure with One Line Model Numerical Simulation Application

Dalrino & Elvi Roza Syofyan

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang Kampus Limau Manis Padang
Telp. 0751-72590 Fax. 0751-72576 Email: dalrino350@gmail.com

Abstract

With the position on the west coast region of Sumatra, Padang beach facing directly to Indian Ocean that have potentially threat by the ocean waves that relatively give effect to changes in the coastline. This study was conducted to evaluating the performance of existing coastal protection structure to restrain the rate of erosion as a result of the influence of hydrodynamics process. Condition that reviewed was in form of distance shoreline as simulation results to initial reference line before. One Line Model was conducted to get shoreline change in each time step calculation. Model consists of two conditions, with the absence of coastal structures and with structure respectively. The simulation result show that potential erosion occurs at Batang Arau river mouth with no protection structure. Large erosion predicted around 59.04 meters from the shoreline position early. With coastal protection, model result obtained sedimentation of 7.33 meters coastline from its initial position.

This occurs at a distance of 475 meters from the boundary domain. Modeling results also showed erosion is 18.39 meters at a distance of 250 m from the boundary domain. This is likely due to the limited modeling conditions that without reviewing of littoral transport direction that occurred in perpendicular to the coast. Result study show that the presence of a groyne in Padang coasts looks already quite effective in defense of the shoreline of the littoral transport direction, however the installation of groins seemingly did not give significant meaning in the addition of the coastline.

Keywords : Numerical model, One-Line-Model, Coastline changes

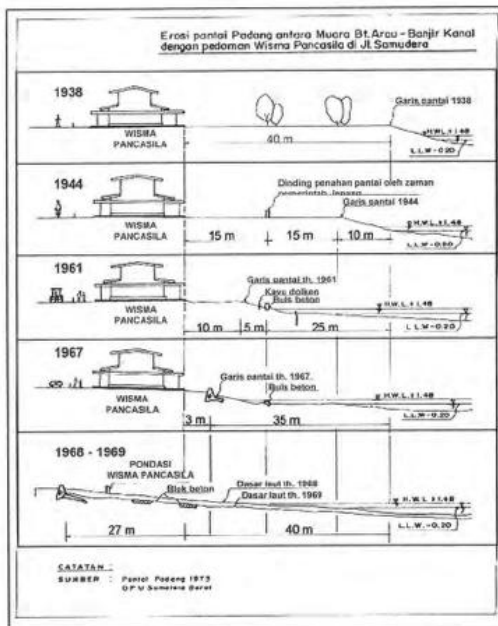
PENDAHULUAN

Kota Padang berada tepat di pesisir pantai barat Sumatera dan berhadapan langsung dengan samudera Hindia, sehingga tidak terlepas dari ancaman gelombang samudra yang relatif besar dan memberi pengaruh terhadap perubahan garis pantai. Sisi pantai Padang yang terletak pada bagian utara Sungai Batang Arau semenjak tahun 1938 – 1969 telah mengalami kemunduran/abrasi sejauh kira – kira 67 m. Kejadian badai besar di pantai barat pada tahun 1963 dan 1964 telah memperparah kerusakan pantai Padang. Pada tahun 1964 setelah bencana tersebut, dibangun konstruksi darurat *seawall/revetment* sebagai penahan laju perubahan garis pantai, namun demikian tetap tidak mampu mengatasi abrasi yang terjadi. Kondisi ini diperparah dengan rusaknya konstruksi yang telah

dibangun akibat tergerusnya pondasi bangunan yang terjadi pada tahun 1968. Pada tahun 1969 konstruksi diganti dengan krib (groyne) yang berfungsi dengan baik menangkap sedimen terutama yang berdekatan dengan muara sungai Batang Arau. Berturut – turut akibat bencana badai besar seperti yang terjadi pada tahun 1971, 1972 dan 1973 mengakibatkan bibir pantai kearah utara semakin banyak mengalami abrasi terutama pada lokasi yang belum memiliki konstruksi krib (groyne).

Sampai dengan tahun 2005 telah banyak usaha yang dilakukan, antara lain dengan pembuatan krib – krib sampai ke utara muara Sungai Batang Kuranji (total panjang penanganan pantai yang sudah dilakukan mencapai 6,50 km). Hasil dari pekerjaan krib – krib tersebut ada yang berfungsi dengan baik namun sebagian terdapat juga krib yang tidak berfungsi dengan baik.

Kronologis abrasi pantai Padang dapat dilihat dari proses kemunduran garis pantai sejak dibangunnya banjir kanal yang berlokasi di dekat bekas gedung Wisma Pancasila (sekarang bangunan ini sudah tidak ada lagi), sebagaimana terlihat pada Gambar 1. Gambar 2 memperlihatkan kondisi asli Pantai Padang (dalam masa pemerintahan Hindia Belanda) sebelum dibangunnya Banjir Kanal yang memperlihatkan daratan yang kini telah terabrasi.



Gambar 1. Proses Kemunduran Pantai Padang (1938 – 1969) , Lokasi Gedung Pancasila, DPMA Dirjen Pengairan, Dept. PU)



Gambar 2. Kondisi Pantai Padang sebelum 1938, Tropen Museum, Netherland)

Studi ini akan melihat seberapa besar tingkat efektifitas dari bangunan – bangunan pelindung pantai yang sudah ada dengan

menggunakan pendekatan numeric One Line Model untuk melihat perubahan profil garis pantai yang terjadi akibat proses abrasi pada kondisi tanpa bangunan pelindung dan dengan adanya bangunan pelindung eksisting saat ini. Batasan masalah yang diterapkan dalam studi ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi yang ditinjau merupakan segment pantai antara muara sungai Batang Arau dan muara sungai Banjir Kanal, kota Padang.
2. Data klimatologi yang digunakan merupakan data angin jam – jam an yang dianggap mewakili seluruh tahun kejadian.
3. Data gelombang yang digunakan merupakan konversi dari data angin pada stasiun meteorologi terdekat di kota Padang
4. Arah datang gelombang signifikan yang digunakan merupakan hasil analisis mawar gelombang dari data angin konversi.
5. Validasi yang dilakukan merupakan pencocokkan hasil simulasi terhadap data sekunder garis pantai pada tahun – tahun tertentu untuk mendapatkan koefisien kalibrasi terhadap skenario pemodelan.
6. Batasan pemodelan menggunakan asumsi bahwa transport sedimen sejajar pantai (*litoral transport*) merupakan mekanisme utama yang menciptakan terjadinya proses erosi. Proses transport arah tegak lurus pantai (*cross shore transport*) yang merupakan fenomena kejadian semusim dapat diabaikan.

Pantai dikatakan mengalami erosi, akresi (sedimentasi) atau tetap stabil tergantung kepada kesetimbangan suplai sebagai akibat dari proses transpor sedimen yang memasuki dan keluar pada segment pantai yang ditinjau. Sebagian besar permasalahan pantai adalah erosi yang berlebihan. Erosi pantai terjadi jika material sedimen yang terbawa meninggalkan lokasi tinjauan jauh lebih besar dibandingkan dengan material sedimen yang terendapkan di lokasi tersebut. Akibat yang ditimbulkan oleh proses transport

sedimen sepanjang pantai akan mengarah kepada terjadinya perubahan garis pantai.

Berdasarkan kepada mekanisme proses transport yang terjadi, perubahan garis pantai yang terutama disebabkan oleh adanya tranport sedimen arah sejajar pantai (*longshore drift*). Hal ini disebabkan oleh lamanya waktu siklus yang dibutuhkan oleh pantai untuk kembali ke posisi stabilnya akibat ketidakmampuan kondisi hidrodinamik sekitar pantai untuk memberikan suplai material sedimen kedalam lokasi awal material tersebut mengalami transport (Triatmodjo, B., 1999).

Kondisi ini pada umumnya sangat banyak terjadi pada pantai yang mendapatkan arah gelombang datang signifikan bersudut terhadap posisi tegak lurus garis pantai, disamping juga keadaan defisit suplai sedimen arah pantai yang diakibatkan oleh berkurangnya jumlah material sedimen transport dari sungai – sungai yang bermuara ke pantai. Beberapa penelitian terdahulu telah melakukan penelitian untuk melihat kondisi perubahan garis pantai pada berbagai kondisi hidrodinamik dan klimatologi setempat. Sakka et al., (2001) melakukan studi perubahan garis pantai di delta sungai Jeneberang Makassar, yang mendapatkan terjadinya perubahan garis pantai yang diakibatkan oleh perubahan asupan suplai sedimen menuju pantai dan pengaruh keberadaan delta sungai di Jeneberang Makassar. Widhiyanto, W.W., (2005), melakukan pemodelan perubahan garis pantai Uso, Sulawesi Tengah dengan Menggunakan Software GENESIS. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan profil sebagai akibat kondisi topografi dan oseanografi lokasi studi. Novi Andhi Setyo Purwono (2006) melakukan kajian transformasi gelombang pada wilayah PPI Cisolak dengan menggunakan Model CG Wave. Hasil penelitiannya memberikan rekomendasi kondisi gelombang datang yang tereformasi sebagai data masukan bagi penentuan proses sedimentasi di wilayah pantai Cisolak. Tarigan, M.S. (2007) melakukan studi perubahan garis pantai di wilayah pesisir perairan Cisadane, Prov.

Banten dan mendapatkan pola pergerakan transport sedimen yang bervariasi akibat kondisi gelombang dan outlet dari sungai – sungai yang bermuara di daerah pesisir pantai Cisadane. Azikin, Het al., (2009) melakukan simulasi numerik perubahan garris pantai sebagai pendukung bagi konsep pengamanan pantai Talise kota Palu Propinsi Sulawesi Tengah. Anggraeni, R. et al., (2010) melakukan analisa perubahan profil pantai di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dengan Menggunakan Empirical Orthogonal Function (EOF). Hasil simulasi menunjukkan terjadinya proses erosi dan sedimentasi yang berdampak pada penutupan alur pelabuhan.

Panuju, D.R. et al., (2010) melakukan pengujian dengan melakukan simulasi data LOSAT untuk pemantauan pesisir dengan memanfaatkan pendekatan pohon keputusan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa data LOSAT dapat dimanfaatkan untuk penyediaan data tutupan lahan pesisir akibat proses sedimentasi dan erosi dengan akurasi yang cukup baik. Arafat, Y. et al., (2012) melakukan simulasi menggunakan GENESIS untuk melihat perubahan garis pantai Rerang di Kab. Donggala, Sulawesi Tengah. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya perubahan garis pantai akibat proses transport yang dipengaruhi oleh kondisi hidrodinamik setempat di wilayah pantai yang berbentuk teluk. Ismail, et al., (2012) melakukan simulasi numeris arus pasang surut di perairan Cirebon. Hasil penelitiannya menunjukkan adanya pengaruh pasang surut terhadap kondisi gelombang sehingga akan mempengaruhi kapasitas transport sedimen yang terjadi sepanjang pantai.

Purnaditya, N. P. et al., (2012) melakukan studi prediksi perubahan garis pantai Nusa Dua Bali dengan *ONE-LINE MODEL*. Hasil penelitian menunjukkan prediksi terjadinya litoral transport sebagai pengaruh transformasi gelombang datang akibat profil batimetri di wilayah selatan perairan pulau Bali.

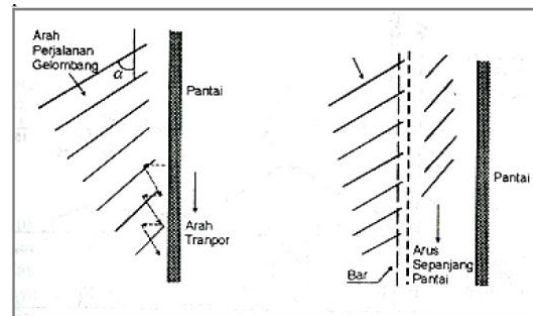
Analisis Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai

Transport sedimen sepanjang pantai terdiri dari dua komponen utama, yaitu transport sedimen dalam bentuk mata gergaji di garis pantai dan transport sedimen sepanjang pantai di wilayah gelombang pecah (*surfzone*) (CERC, 2007). Komponen pertama berupa transport sedimen dalam bentuk mata gergaji dapat diuraikan dalam mekanisme gerak transport yang diakibatkan oleh sudut datang gelombang. Pada saat gelombang menuju pantai dengan membentuk sudut terhadap garis pantai maka akan terjadi proses naiknya gelombang ke elevasi pantai (*uprush*) yang bersudut terhadap sisi garis pantai. Massa air yang turun (*downrush*) setelah energi gelombang mencapai kondisi minimum di bibir pantai, kemudian bergerak kembali ke arah laut dalam lintasan tegak lurus terhadap garis pantai. Gerak massa aliran ini membentuk lintasan seperti mata gergaji yang disertai dengan terbawanya material sedimen dalam arah sejajar pantai (proses transport sedimen). Komponen selanjutnya berupa transport sedimen yang diakibatkan oleh pergerakan arus sejajar pantai (*longshore current*) yang diakibatkan oleh proses gelombang pecah (*breaking wave process*). Kondisi transport sedimen ini terjadi dalam wilayah pecah gelombang (*surfzone*).

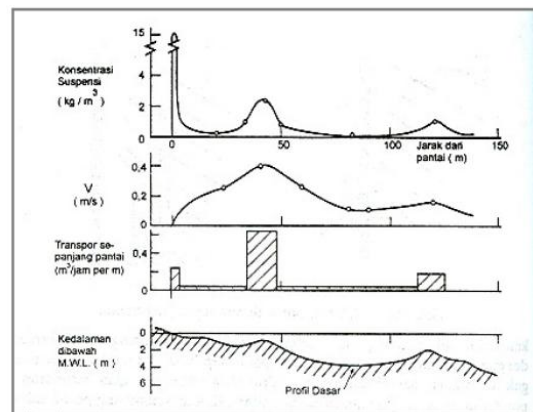
Zenkovitch (dalam CERC, 2007) melakukan pengukuran transport sedimen sepanjang pantai. Hasil pengukuran mendapatkan dua puncak konsentrasi sedimen suspensi yang ditimbulkan oleh gelombang pecah disekitar lokasi pecah gelombang dan di garis pantai. Konsentrasi tinggi di dekat garis pantai disebabkan oleh gerak massa aliran dalam bentuk mata gergaji seperti yang diuraikan yang sebelumnya. Zenkovitch juga mengukur laju transport sedimen sepanjang pantai seperti terlihat pada Gambar 3.

Dalam histogram pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa tinggi histogram diperoleh dengan membagi laju transport total pada tiap blok dengan lebar blok tegak lurus garis pantai. Didaerah gelombang pecah sebagian besar transport sedimen terjadi dalam modus suspensi sedangkan

diluar wilayah gelombang pecah proses transport terjadi dalam modus bed load.



Gambar 3. Transport Sedimen Sepanjang Pantai



Gambar 4. Konsentrasi Sedimen, Arus dan Transport Sepanjang Pantai

Transport sedimen sepanjang pantai banyak menyebabkan permasalahan seperti pendangkalan di pelabuhan, erosi pantai dan sebagainya. Oleh karena itu prediksi transport sedimen sepanjang pantai adalah suatu hal yang penting untuk dilakukan.

Pemodelan Matematik Perubahan Garis Pantai

Pemodelan perubahan garis pantai didasarkan pada persamaan kontinuitas sedimen. Untuk menyelesaikan persamaan tersebut dibutuhkan proses diskritisasi, dimana pantai dibagi menjadi sejumlah sel (pias). Pada setiap sel ditinjau angkutan sedimen yang masuk dan keluar. Sesuai dengan hukum kekekalan massa, jumlah laju aliran massa netto didalam sel adalah sama dengan laju perubahan massa didalam tiap satuan waktu.

Simulasi perubahan garis pantai dapat diprediksi dengan membuat model

matematik yang didasarkan pada imbalan sedimen pantai pada segmen pantai yang ditinjau. Dalam kondisi real, salah satu komponen yang menyebabkan perubahan profil garis pantai adalah angkutan sedimen yang terjadi pada arah tegak lurus garis pantai. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh adanya gelombang badai (*storm surge*) yang terjadi dalam waktu singkat yang menyebabkan terjadinya proses erosi. Selanjutnya gelombang normal akan membentuk kembali pantai yang sebelumnya tererosi tersebut kembali kepada keadaan semula. Dengan demikian dalam satu siklus tersebut pantai berada pada kondisi stabil.

Sebaliknya akibat pengaruh transport sedimen sejajar pantai, akan menyebabkan material sedimen mengalami perpindahan yang cukup jauh dari kondisi awalnya dan berimplikasi pada perubahan bentuk garis pantai. Kondisi ini membutuhkan waktu siklus yang sangat lama untuk dapat kembali pada kondisi normal. Bahkan dengan gelombang datang bersudut yang memiliki satu arah signifikan terhadap garis pantai, mengakibatkan terjadinya perubahan garis pantai yang bersifat permanen. Dari kondisi ini dapat disimpulkan bahwa transport sedimen sejajar pantai merupakan penyebab utama terjadinya perubahan garis pantai.

Dengan alasan tersebut maka pemodelan perubahan garis pantai hanya memperhitungkan komponen transport sedimen sejajar pantai. Proses transport lainnya seperti yang diberikan dalam imbalan sedimen pantai tidak diperhitungkan.

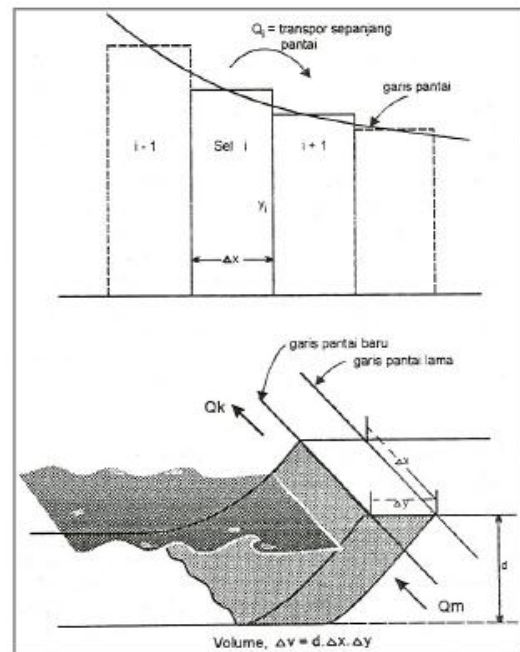
Gambar 5 menunjukkan pembagian pantai menjadi jumlah sel dengan panjang seragam, yaitu Δx . Gambar 3b menunjukkan angkutan sedimen yang masuk dan keluar sel dan perubahan volume sedimen yang terjadi didalamnya.

Laju aliran massa sedimen netto didalam sel adalah (Hanson and Knaus, 1989) :

$$M_n = \rho_s(Q_m - Q_k) = -\rho_s(Q_k - Q_s) = -\rho_s\Delta Q \tag{1}$$

Laju perubahan massa dalam sel tiap satuan waktu adalah :

$$M_t = \frac{\rho_s V}{\Delta t} \tag{2}$$



Gambar 5. Pembagian pantai menjadi sejumlah sel

Dimana ρ_s adalah rapat massa sedimen, Q_m dan Q_k masing – masing adalah debit sedimen masuk dan keluar sel. Dengan menyamakan persamaan (1) dan (2) maka :

$$-\rho_s\Delta Q = \frac{\rho_s V}{\Delta t} \tag{3}$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = -\frac{1}{d} \frac{\Delta Q}{\Delta x} \tag{4}$$

$$-Q = \frac{d \Delta y \Delta x}{\Delta t} \tag{5}$$

Persamaan (4) merupakan persamaan kontinuitas sedimen, dan untuk sel (elemen) yang kecil dapat dituliskan menjadi :

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{1}{d} \frac{\partial Q}{\partial x} \tag{6}$$

dengan ;

y = Jarak antara garis pantai dan garis referensi

Q = transport sedimen sepanjang pantai

t = waktu

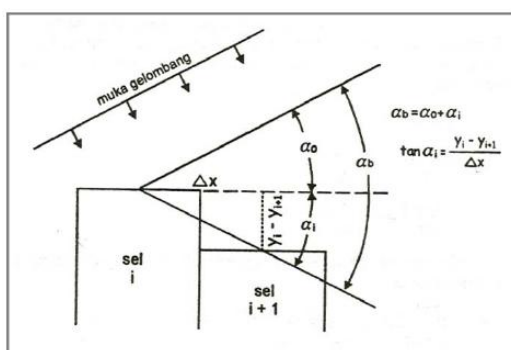
x = absis searah panjang pantai
 d = kedalaman air tergantung kepada profil pantai

Dalam persamaan (6) , nilai t , d dan x adalah tetap sehingga nilai y tergantung pada Q . Apabila Q negatif (transport sedimen yang masuk lebih besar dari yang keluar sel), maka y akan negatif, yang mana berarti pantai mengalami erosi, dan demikian pula sebaliknya pada pantai yang mengalami akresi (sedimentasi). Apabila $Q = 0$, maka $y = 0$ dimana pantai dalam kondisi stabil.

Sebagaimana yang diuraikan sebelumnya bahwa transport sedimen sepanjang pantai tergantung kepada sudut datang gelombang pecah. Sudut datang gelombang pecah bervariasi dari satu sel ke sel lainnya yang disebabkan oleh variasi garis pantai. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. sudut i yang dibentuk oleh garis pantai dengan garis sejajar sumbu x , antara sel i dan sel $i + 1$ diberikan oleh :

$$tg\alpha_i = \frac{y_i - y_{i-1}}{\Delta x} \quad (7)$$

Apabila gelombang datang dengan membentuk sudut α_0 dengan arah sumbu x (Gambar 6), maka sudut datang gelombang pecah terhadap garis pantai adalah :
 $\alpha_b = \alpha_i \pm \alpha_0$



Gambar 6. Hubungan antara α_0 , i dan b .

Sudut gelombang pecah dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\tan \alpha_b = \tan(\alpha_i \pm \alpha_0) = \frac{\tan(\alpha_i \pm \alpha_0)}{1 + \tan \alpha_i \tan \alpha_0} \quad (8)$$

Penyelesaian persamaan (6) dilakukan secara numeris dengan menggunakan metode

beda hingga. Penyelesaian dilakukan dengan membagi pantai menjadi beberapa pias (diskretisasi) terhadap ruang dan setiap langkah waktu. Diskretisasi ini bertujuan untuk mengubah bentuk persamaan diferensial parsial kedalam bentuk diskret pada sejumlah titik hitungan. Bentuk persamaan diskret tersebut kemudian diselesaikan secara numeris untuk mendapatkan posisi garis pantai.

Persamaan (6) diselesaikan dengan menggunakan skema eksplisit, dimana fungsi $f(x,t)$ dan diferensial parsial dalam ruang dan waktu dapat didekati dengan bentuk berikut ini.

$$f(x, t) = f(x, t) \quad (9)$$

$$\frac{\partial f(x, t)}{\partial t} = \frac{f_i^{n+1} - f_i^n}{\Delta t}$$

$$\frac{\partial f(x, t)}{\partial x} = \frac{f_{i+1}^n - f_i^n}{\Delta x}$$

Dengan menggunakan skema tersebut, Persamaan (6) dapat dituliskan kembali dalam bentuk :

$$\frac{y_i^{n+1} - y_i^n}{\Delta t} = - \frac{1}{d_i} \frac{Q_{i+1}^n - Q_i^n}{\Delta x} \quad (10)$$

$$y_i^{n+1} = y_i^n - \frac{\Delta t}{d_i \Delta x} Q_{i+1}^n - Q_i^n$$

Dengan menerapkan kondisi batas pada domain hitungan, dimungkinkan untuk menghitung y_i^{n+1} untuk ($i = 1, \dots, N$).

Kondisi batas yang digunakan merupakan debit sedimen di tepi batas kiri dan kanan domain hitungan.

Pada awal hitungan, posisi garis pantai (y) diawal simulasi yang didapatkan dari data pengukuran ditetapkan sebagai kondisi awal (*initial condition*). Dengan menetapkan nilai Δt dan Δx maka nilai y_i^{n+1} dapat dihitung.

Hasil yang diperoleh tersebut kemudian digunakan sebagai nilai awal baru untuk hitungan berikutnya. Prosedur ini dilakukan berulang untuk setiap tahapan langkah waktu.

METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Lokasi yang ditinjau merupakan segmen pantai antara muara sungai Batang Arau dengan muara sungai Banjir Kanal dengan panjang garis pantai $\pm 3,7$ km. Bangunan pantai yang ada pada lokasi studi ini adalah seawall, revetment dan groin. Posisi lokasi studi terhadap terhadap kota Padang dan samudera Hindia serta foto udara posisi bangunan pantai eksisting di daerah studi kondisi eksisting seperti diperlihatkan pada Gambar 7. Peta situasi lokasi studi serta posisi bangunan pelindung pantai eksisting antara muara Sungai Batang Arau dengan

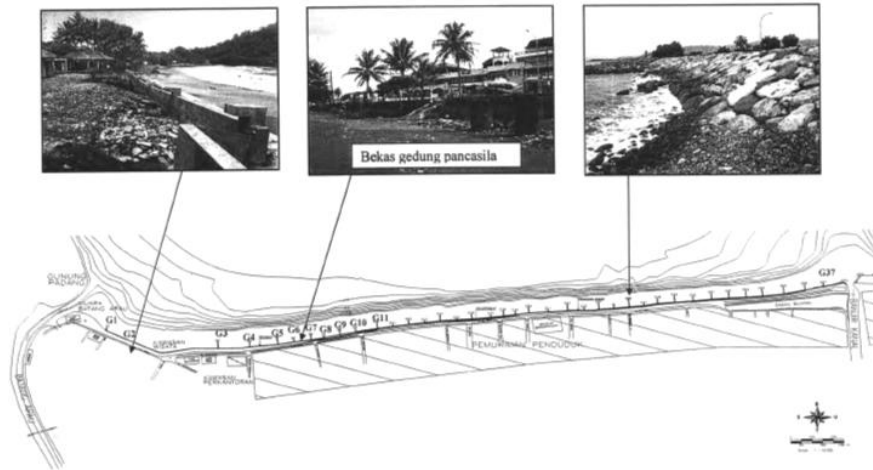
muara sungai Banjir Kanal seperti diperlihatkan pada Gambar 8.

Alur Pikir Pemodelan dan Parameter yang diamati

Studi ini akan melihat sejauhmana keberadaan bangunan pelindung pantai eksisting mampu menahan laju erosi sebagai akibat pengaruh hidrodinamika pantai yang terjadi. Kondisi yang ditinjau merupakan perubahan garis pantai hasil simulasi terhadap garis referensi awal simulasi (y/y_0). Skenario pemodelan terbagi atas pemodelan tanpa adanya bangunan pantai dan dengan



Gambar 7. Foto Udara Pantai di Lokasi Studi dekat Muara Sungai Banjir Kanal



Gambar 8. Peta Situasi Lokasi Studi antara muara Sungai Batang arau dengan muara sungai Banjar Kanal

adanya bangunan pantai. Faktor kalibrasi dimasukkan kedalam skenario pemodelan dengan melakukan validasi terhadap data yang didapatkan di lapangan. Beberapa variabel yang merupakan data lapangan diambil menjadi input dalam pemodelan, seperti data ukuran butir sedimen. Hasil simulasi yang didapatkan dibandingkan sehingga didapatkan perbandingan antara kondisi garis pantai tanpa bangunan pelindung dan kondisi dengan bangunan pelindung. Dari hasil tersebut dapat dilakukan analisa sejauhmana keberadaan struktur bangunan pantai yang ada saat ini mampu menahan laju erosi yang terjadi yang berdampak pada perubahan garis pantai.

Pemodelan dilakukan dengan menerapkan persamaan kesetimbangan sedimen pada setiap sisi pias tinjauan dalam sepanjang arah garis pantai. Dalam penelitian ini digunakan *One-Line Model* dalam memprediksi perubahan garis pantai yang terjadi. *One-Line Model* merupakan model yang mengamati pergerakan posisi garis pantai dengan menggunakan asumsi bahwa bentuk profil pantai tidak berubah selama proses perubahan garis pantai terjadi (Nizam, 1986).

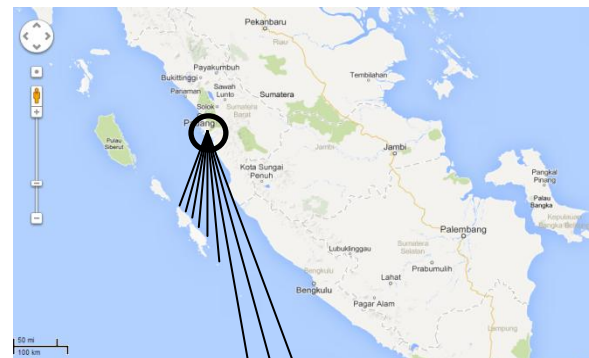
HASIL

Perhitungan Fetch Efektif

Fetch merupakan daerah pembangkit gelombang, dimana dalam proses

pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut. Fetch efektif dihitung dari delapan arah mata angin utama. Proses perhitungan fetch efektif dapat dilihat pada Gambar 9 dan Tabel 1 berikut.

Dari Tabel 1 dapat diketahui arah rambat gelombang di pantai Padang yang terpanjang adalah yang berasal dari arah Selatan.



Gambar 9. Fetch kota Padang (arah Selatan)

Tabel 1. Resume Fetch Efektif Pantai Padang

Arah	Fetch Efektif (m)	Fetch Efektif (km)
Tenggara	52,171.05	52.17
Selatan	3,982,640.98	3,982.64
Barat Daya	3,888,813.68	3,888.81
Barat	366,803.40	366.80
Barat Laut	1,029,694.42	1,029.69

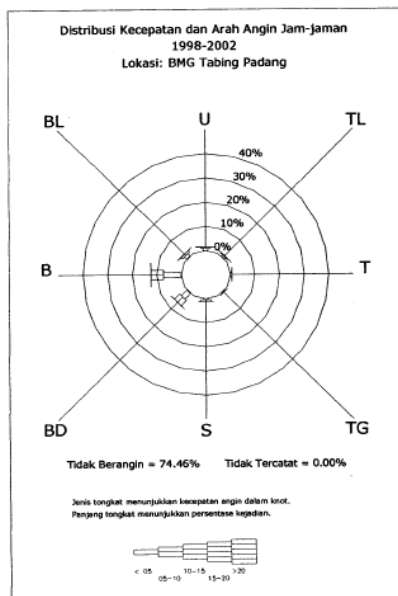
Hindcasting Gelombang

Hindcasting gelombang adalah perhitungan tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) akibat adanya angin dengan besar, arah dan durasi tertentu. Data angin diperoleh dari stasiun pengukuran angin BMG di bandara Tabing selama 5 tahun dari tahun 1998 sampai tahun 2002 dengan asumsi mewakili kejadian angin di pantai Padang.

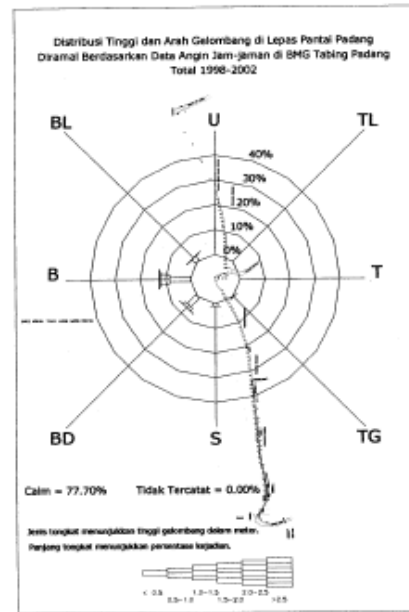
Distribusi Angin dan Gelombang

Distribusi kejadian angin merupakan hasil pengelompokan data angin jam – jaman dan dapat dilihat dalam bentuk diagram mawar angin (*Windrose*) di Gambar 10.

Berdasarkan hasil pengolahan data angin dari stasiun BMG Bandara Tabing tahun 1998 – 2002, dapat diketahui bahwa angin dominan terjadi dari arah barat kota Padang dengan jumlah kejadian sebanyak 12,45 % dengan kecepatan 5 sampai 15 knot. Distribusi gelombang hasil *hindcasting* berdasarkan data angin di BMG Tabing Padang tahun 1998 – 2002, dapat dilihat pada diagram mawar gelombang (*Waverose*) di Gambar 11.



Gambar 10. Windrose jam – jam an di stasiun BMG Tabing 1998 – 2002.



Gambar 11. Waverose di lepas Pantai Padang berdasarkan data angin jam – jam an BMG Tabing tahun 1998 – 2002.

Hasil analisis memperlihatkan bahwa gelombang dominan terlihat berasal dari arah Barat dengan prosentase kejadian sebesar 12,45%.

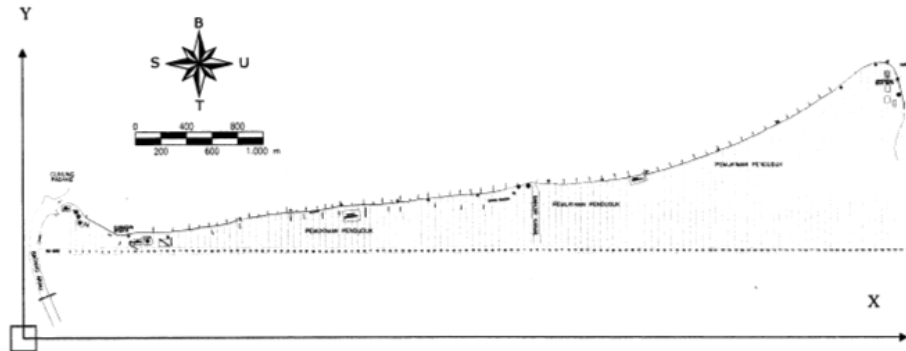
Analisis Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai di lokasi studi dapat diperkirakan dengan melaksanakan simulasi numerik dengan menggunakan model satu garis (*One Line Model*) yang dikembangkan agar dapat membuat simulasi perubahan garis pantai pada perairan terbuka dalam jangka waktu tertentu, yang disebabkan oleh perubahan transport sedimen sepanjang pantai (*longshore transport*). Hasil simulasi cenderung untuk meramalkan pola perubahan garis pantai yang terjadi berdasarkan kondisi bathimetri dan gelombang pada suatu saat, dimana kondisi garis pantai yang disimulasikan pada suatu titik akan mengalami deposisi atau erosi .

Tahapan pemodelan garis pantai yang akan dilakukan adalah perubahan garis pantai selama 5 tahun, mulai 01 Januari 2006 sampai dengan 01 Januari 2011, dari hasil pemodelan itu akan terlihat pola erosi dan sedimentasi yang di akibatkan oleh adanya bangunan pantai.

Garis pantai yang dimasukkan dalam simulasi adalah garis pantai tahun 2006, hasil pengukuran Proyek Pengendalian Banjir dan Pengaman Pantai Sumatera Barat. Posisi

garis pantai awal (initial condition) berdasarkan panjang dan jarak grid terhadap garis referensi (base line) diperlihatkan pada Gambar 12 berikut ini.



Gambar 12. Pembagian grid untuk pemodelan garis pantai tinjauan

Groin merupakan struktur yang didirikan untuk menghalangi terjadinya transport sedimen arah litoral. Kondisi ini dalam model mengakibatkan imbalan debit sedimen di titik tersebut, $Q(i) = 0$.

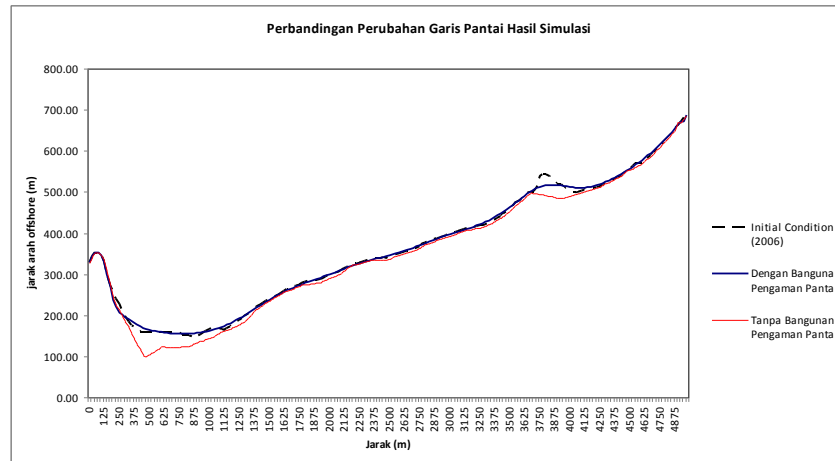
PEMBAHASAN

Pemodelan garis pantai dimaksudkan untuk mensimulasikan kondisi garis pantai dalam selang waktu simulasi perubahan selama 5 tahun (1 Januari 2006 – 1 Januari 2011), sehingga dapat diketahui pola erosi dan sedimen pada lokasi serta arah pergerakan sedimen sejajar pantai

Hasil pemodelan memperlihatkan besarnya perubahan garis pantai pada masing – masing jarak pada tahun ke – 5 simulasi semenjak tahun 2006 pada kondisi dengan dan tanpa adanya bangunan pelindung pantai, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 13. Berdasarkan hasil simulasi, bagian pantai yang mengalami terjadinya erosi yang sangat ekstrim adalah daerah di sekitar muara Batang Arau dengan jarak dari titik awal pemodelan adalah 475 meter dengan besar erosi yang terjadi mendekati besaran 60 meter dari garis pantai kondisi awal. Hal ini diperkirakan terjadi akibat adanya transpor sedimen yang dipengaruhi oleh arah gerak gelombang yang terdifraksi dengan

keberadaan headline disebelahnya. Dengan memberikan perlindungan pantai berupa groin 1 dan groin 2 terlihat memberikan pengurangan erosi sebesar 66,37 meter. Hal ini cukup efektif menjaga kestabilan garis pantai dari erosi. Bagian lain yang mengalami erosi cukup besar adalah daerah di kawasan sekitar 3800 meter dari awal pemodelan, dimana daerah ini tererosi cukup besar yaitu sekitar 49 meter.

Hasil perhitungan mendapatkan rerata jumlah total kemunduran garis pantai terhadap posisi garis pantai awal simulasi tanpa perlindungan pantai didapatkan sebesar 10,49 m, sedangkan dengan menggunakan struktur groin didapatkan rerata total kemajuan garis pantai sebesar 0,435 meter. Dari hasil simulasi ini terlihat bahwa keberadaan struktur groin telah cukup efektif untuk menahan terjadinya perubahan garis pantai yang diakibatkan oleh laju erosi dan terlihat di jelas pada segmen pantai di sekitar muara Batang Arau.



Gambar 13. Perbandingan antara hasil pemodelan perubahan garis pantai tanpa adanya bangunan pengaman pantai dan dengan adanya bangunan pengaman pantai

SIMPULAN

1. Dengan menggunakan data angin jam – jam an selama 5 tahun (1998 sampai dengan 2002) dihasilkan gelombang dominan dari arah barat sebesar 12,45% dan barat daya sebesar 6,25 %.
2. Dari hasil simulasi selama 5 tahun terlihat indikasi erosi di sekitar muara Sungai Batang Arau jika tidak dilakukan perlindungan dengan besaran prediksi sejauh 59,04 meter dari posisi garis pantai awal. Dengan memberikan perlindungan pantai terjadi reduksi bahkan penambahan garis pantai sebesar 7,33 meter dari posisi awal yang terjadi sejarak 475 meter dari tepi batas domain pemodelan.
3. Terlihat masih terjadinya erosi sejauh 18,39 meter pada posisi 250 m dari tepi batas domain pemodelan. Hal ini mungkin disebabkan oleh keterbatasan model yang tidak meninjau transport tegak lurus pantai. Pada kondisi lapangan hal ini tidak terjadi karena telah dilindungi oleh bangunan revetment sebagai antisipasi serangan gelombang tegak lurus pantai.
4. Dalam sisi pertahanan garis pantai terhadap arah transport litoral, keberadaan groin pantai Padang terlihat sudah cukup efektif. Hal ini terutama pada lokasi dekat muara Sungai Batang Arau. Namun jika dilihat pada sisi

penambahan garis pantai, pemasangan groin di pantai Padang terlihat tidak memberikan arti yang signifikan.

SARAN

1. Pemodelan yang dilakukan saat ini masih dilakukan berdasarkan arah littoral transport tanpa melihat terjadinya transport sedimen arah tegak lurus pantai (*onshore – offshore transport*). Meskipun untuk proses erosi pantai arah littoral ini merupakan arah yang sangat dominan, namun sebaiknya kedepan juga dilakukan pemodelan dengan memasukkan komponen transport arah tegak lurus pantai. Hal ini dapat dilakukan untuk melihat perubahan bentuk profil pantai yang terjadi diakibatkan oleh kondisi badai (*surge*).
2. Dengan melihat pola erosi dan abrasi yang terjadi di wilayah pantai, sudah saatnya pemerintah membuat perundangan yang secara tegas mengatur tentang wilayah sempadan pantai. Hal ini diperlukan untuk meberi ruang terhadap pola dinamika garis pantai yang berlangsung setimbang dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1983, Karakteristik Pantai Padang Sumatera Barat, No. PS. 943-HAP., DPMA, Dirjen Pengairan Dept. PU
- Anggraeni, R., Suntoyo, Sambodho, K., 2010, Analisa Perubahan Profil Pantai di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dengan Menggunakan Empirical Orthogonal Function (EOF), Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya
- Azikin, H., Anasiru, T., Konsep Pengamana Pantai Talise Kota Palu Propinsi Sulawesi Tengah, Jurnal SMARTek, Vol. 7, No. 1, Februari 2009, Hal : 39 – 44.
- CERC, 2007, Coastal Engineering Manual, US. Army Coastal Engineering Research Center , Washington DC.
- Hanson and Kraus, 1989, GENESIS : Generalized Model for Simulating Shoreline Change, Coastal Engineering Research Centre, US Army Corp of Engineers, Washington DC.
- Ismail, M.F.A., Taofiqurohman S.A., 2012, Simulasi Numeris Arus Pasang Surut di Perairan Cirebon, Jurnal Akuatika, Vol. III No. 1, Maret 2012, Hal : 1 – 10
- Nizam, 1986, Model Perkembangan Garis Pantai, Media Teknik Edisi No. 3 Tahun VIII, Agustus 1986.
- Novi Andhi Setyo Purwono, 2006, Kajian Transformasi Gelombang Studi Kasus PPI Cisolok dengan Model CG Wave, Teodolita Vol. 7, No. 1., Juni 2006, Hal : 10 – 20.
- Panuju, D.R., Iman, L.S., Trisasongko, B.H., Barus, B., Shiddiq, D., Simulasi Data LOSAT Untuk Pemantauan Pesisir, Satelit Mikro Untuk Mitigasi Bencana dan Ketahanan Pangan, IPB Press, Juni 2010
- Purnaditya, N. P., Sila Dharma, I.G.B, Putra Dirgayusa, I.G.N, 2012, Prediksi Perubahan Garis Pantai Nusa Dua Dengan *ONE-LINE MODEL*, Jurnal Ilmiah Infrastruktur Teknik Sipil, Universitas Udayana.
- Sakka, Mulia Purba, I Wayan Nurjaya, Hidayat Pawitan, Vicentius P. Siregar, 2011, Studi Perubahan Garis Pantai di Delta Sungai Jeneberang Makassar, Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 3, No. 2, Desember 2011, Hal. 112 – 126.
- Tarigan, M.S., 2007, Perubahan Garis Pantai di Wilayah Pesisir Perairan Cisadane, Prov. Banten, MAKARA SAINS, Vol. 11, No. 1, April 2007, Hal : 49 – 55
- Triatmodjo, B., 1999, Teknik Pantai, Beta Offset, Yogyakarta.
- Tropen Museum, www.tropenmuseum.nl
- Widhiyanto, W.W., 2005, Pemodelan Perubahan Garis Pantai Uso, Sulawesi Tengah dengan Menggunakan Software GENESIS, Skripsi Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan ITS..
- Yassir Arafat, Nur Hidayat, Model Perubahan Garis Pantai Rerang (Kab. Donggala) Menggunakan GENESIS, 2012, Jurnal Infrastruktur, Teknik Sipil Universitas Tadulako, Vo. II No.1, Agustus 2012, Hal : 1 – 8.