

DAMPAK ANGKUTAN SEDIMEN TERHADAP PEMBENTUKAN DELTA DI MUARA SUNGAI BONE, PROVINSI GORONTALO

Ari Mulerli

Puslitbang Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum,
Jln. Ir. H. Juanda 193 Bandung, Telp/Fax : 022-2500507, 2500163
e-mail: ari_mulerli@yahoo.com

ABSTRACT

Big sediment transport that caused the aggradation has been created at estuary. The sediment transport settling process at estuary made the river bed elevation increasing, otherwise, this phenomenon can close the connector area between estuary with the coastal and ocean. Evaluation has been done to observe the effect of sediment transport due to estuary changes. In implementation, case study about the aggradation at estuary of Bone River, Gorontalo. In this study, characteristics of estuary are observed first to get the information about the morphological of study area. The evaluation uses Surface-Water Modelling System (SMS) as the main software to analysis.

From the numerical model with do nothing scenario shows that the aggradation will be created among 36.18 cm every year and if we improvement the estuary, aggradation will reduce about 28.14 % and the average of bed level changes about 25.99 cm.

Keywords: *Sediment transport; Estuaries; Bone River*

PENDAHULUAN

Angkutan sedimen (*sediment transport*) merupakan komponen dari aliran sungai yang memiliki faktor penting dalam perubahan atau morfologi suatu muara. Besaran angkutan sedimen ini tergantung dari kondisi geografis, lingkungan, tutupan lahan, dan kondisi geologi dari daerah aliran sungainya. Jika angkutan sedimen sungai ini sangat tinggi di daerah pertemuan antara sungai dengan laut dan terjadi proses pengendapan akibat kecepatan aliran yang rendah maka material yang terangkut akan terendapkan di daerah pertemuan tersebut. Penumpukan material di daerah ini (muara) akan membentuk suatu daerah kering yang diklasifikasikan sebagai delta¹.

Muara Sungai Bone merupakan tempat bertemunya tiga sungai, yaitu Sungai Bolango, Sungai Bone, dan Sungai Tamalate. Muara ini juga sebagai jalur penghubung antara ketiga sungai tersebut dengan Teluk Tomini. Muara Sungai Bone merupakan pintu keluar masuk kapal nelayan dari arah daratan ke laut atau

sebaliknya. Selain itu, di muara ini terdapat fasilitas pelabuhan barang yang mungkin akan terpengaruh dengan adanya pendangkalan yang membentuk delta akibat angkutan sedimen ke tiga sungai tersebut.

Permasalahan yang mungkin timbul di ruas muara sungai, yaitu berupa perubahan morfologi di muara Sungai Bone dengan terbentuknya delta.

Untuk mengetahui besaran angkutan sedimentasi di muara ini, perlu adanya kajian terhadap perubahan morfologi di muara sungai tersebut dan upaya yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan yang ada.

Penyusunan karya tulis ilmiah ini dimaksudkan untuk memaparkan dampak suplai angkutan sedimen Sungai Bone terhadap perubahan morfologi muara sungai. Tulisan ini merupakan rangkuman hasil penelitian tahun 2002 dan 2007 di Sungai Bone yang bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik muara terutama dari segi sedimentasi yang mungkin terjadi pada muara sungai tersebut.

TEORI

Kondisi muara sungai tergantung dari faktor dominan yang memengaruhinya. Kondisi ini dibedakan dalam tiga kelompok. Ketiga faktor dominan tersebut adalah gelombang, debit sungai, dan pasang surut.¹ Di suatu muara sungai, ketiga faktor tersebut bekerja secara simultan, tetapi biasanya hanya satu saja yang berpengaruh paling dominan. Gelombang memberikan pengaruh paling dominan pada sungai kecil yang bermuara di laut terbuka (luas). Sebaliknya, sungai besar yang bermuara di laut tenang akan didominasi oleh debit sungai.²

Masalah angkutan sedimen mula-mula berhubungan dengan saluran irigasi, dipelajari dan diselesaikan dengan cara coba ralat di dataran Cina, Mesopotamia, Mesir dan kekaisaran Roma.

Seorang peneliti dari Perancis Du Buat (1734–1809)³ menyelidiki secara teoritis dan melakukan percobaan mengenai pengaruh aliran lepas. Hasil penelitiannya menjabarkan tentang kecepatan aliran yang menyebabkan gerusan dasar pada berbagai macam tanah (lempung sampai dengan batu-batuan). Selanjutnya, dikembangkanlah konsep tahanan geser.

Hagen (1797–1884)³ di Jerman dan Du Puit (1806–1866)³ di Perancis memberikan pembagian kualitatif dari pergerakan partikel sedimen sepanjang dasar dan dalam suspensi.

Brams (1753)³ mengemukakan bahwa kecepatan kritis dasar terdiri atas batu, sedangkan Tulla (1770–1828)³ mempelajari proses fluvial di Sungai Rhine.

Muatan dasar berdasarkan kedalaman dan kemiringan dikemukakan oleh Du Boys (1847–1924)⁴ di Perancis, dengan mengestimasi proses pergerakan partikel dalam beberapa lapis, dapat diketahui dengan persamaan :

$$S = \text{Konstanta} * \tau_0 (\tau_0 - \tau_{cr} \tau_{cr}) \quad 1)$$

Sekitar tahun 1900, pertama kali dibuat model dengan dasar tidak tetap/berubah (*movable bed*) oleh Fargue (1827–1910) di Perancis dan Reynold (1829–1912) di Inggris.⁵

Penelitian dasar mengenai angkutan sedimen mulai diselidiki secara serius di saluran

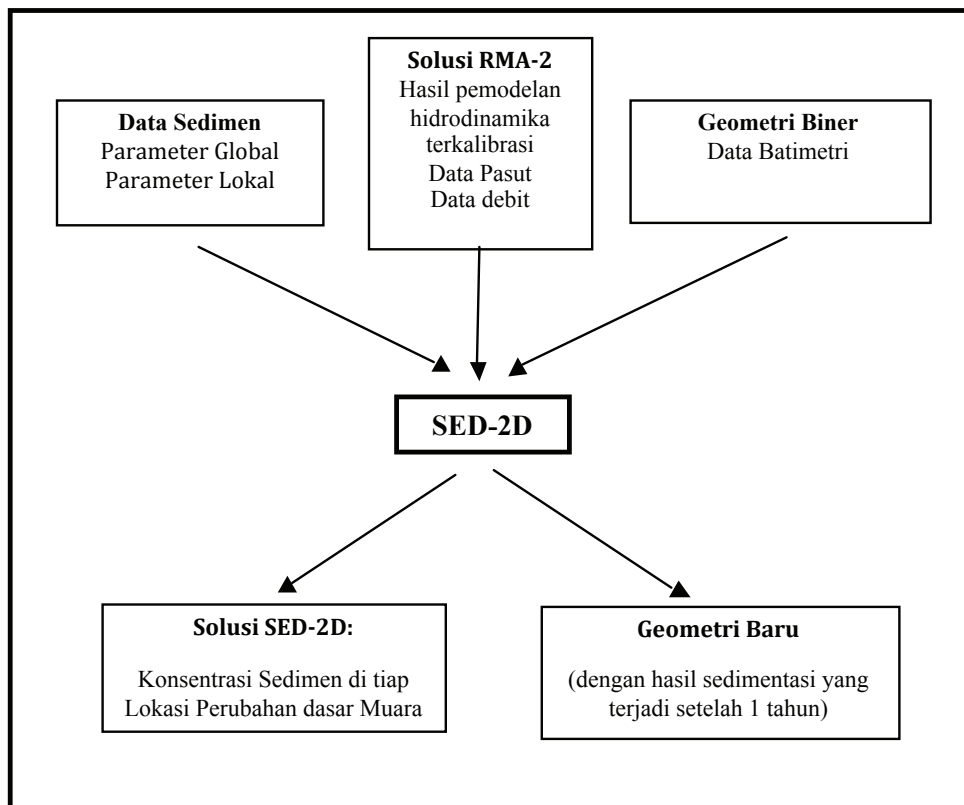
laboratorium oleh Engels (1854–1945) di Jerman dan Gilbert (1843–1918) di Amerika Serikat. Dari data Gilbert dimuat dalam publikasi yang terkenal “*Transportation of Debris by Running Water*” (1914), ternyata masih dipergunakan oleh banyak peneliti dalam melakukan kalibrasi dari rumus-rumus muatan dasar.

METODE PENELITIAN

Penelitian terhadap dampak angkutan sedimen terhadap pembentukan delta dilakukan di daerah pertemuan Sungai Bone dengan Teluk Tomini. Data yang mendukung penelitian adalah data pengamatan pasang surut, pengukuran angkutan sedimen dan batimetri yang dilakukan pada tahun 2002 dan 2007.

Metodologi yang digunakan adalah secara deskriptif atau menjelaskan hasil dari kegiatan pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis. Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Surface-Water Modelling System* (SMS) yang mempunyai kemampuan untuk analisis perubahan morfologi sungai dan muara. Tahapan simulasi meliputi simulasi hidrodinamika dan simulasi sedimentasi.

Simulasi hidrodinamika dan sedimentasi pada muara sungai ini menggunakan perangkat lunak SMS, tahapan pekerjaan pemodelan ini dilakukan dengan urutan tertentu. Tahap pertama adalah pembuatan *mesh* (*grid* perhitungan numerik), tahap kedua adalah memasukkan data elevasi muka air, data debit sungai, data parameter Viskositas Eddy dan nilai Manning untuk menjalankan *Resources Management Associates-2* (RMA-2). Tahap ketiga adalah diperolehnya solusi hidrodinamika yang didapatkan dari RMA-2 beserta data sedimen. Hasil simulasi ini digunakan sebagai data masukan untuk menjalankan *two dimensional sediment transport numerical model* (SED-2D). Tahapan selanjutnya adalah menjalankan program SED-2D. Hasil dari tahapan ini adalah batimetri baru di muara Sungai Bone akibat pergerakan sedimen. Prosedur umum pemodelan hidrodinamika dan sedimentasi dengan menggunakan modul RMA-2 dan SED-2D kawasan muara Sungai Bone dimulai dengan kalibrasi hidrodinamika. Hasil pemodelan menunjukkan nilai kecepatan arus dan elevasi muka air sedekat mungkin dengan hasil



Gambar 1. Bagan Alir Simulasi.

survei simultan pada bulan Juli 2007. Gambar 1 merupakan gambaran dari proses simulasi yang dilakukan.

Skenario yang dilakukan untuk mengetahui dampak angkutan sedimen terhadap pembentukan delta di muara adalah dua skenario pemodelan. Skenario I merupakan kondisi eksisting yang hasilnya adalah karakteristik awal daerah studi. Skenario II yaitu melakukan tindakan normalisasi di muara dengan menambah kapasitas alur, di mana level dasar dari penampang sungai mengacu pada elevasi palung terdalam di daerah studi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi batas (*boundary condition*) di hulu berupa debit aliran Sungai Bone, Sungai Bolango, dan Sungai Tamalate yang konstan. Besaran debit di Sungai Bone adalah $150 \text{ m}^3/\text{detik}$, Sungai Bolango $30 \text{ m}^3/\text{detik}$, dan Sungai Tamalate sebesar $5 \text{ m}^3/\text{detik}$, sedangkan di hilir berupa perubahan elevasi muka air berdasarkan pasang surut terukur. Untuk parameter sifat material yang diisikan adalah angka *maning* dan

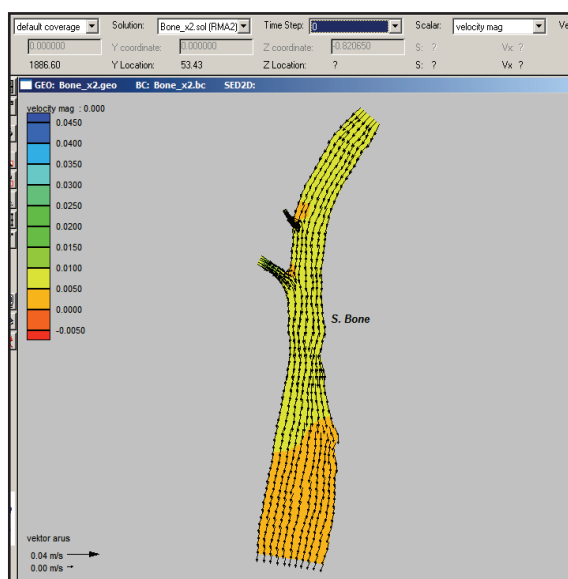
kekasaran material. Daerah muara Sungai Bone memiliki angka *maning* sebesar 0,02 (muara dangkal tanpa tumbuhan), sedangkan kekasaran materialnya sebesar 2.400 Ndt/m^2 (muara dalam elemen kecil). Kontrol waktu disimulasikan setiap setengah bulan dengan langkah waktu per jam. Hal ini didasarkan pada data pengamatan pasang surut yang dibagi atas pengamatan selama 15 hari atau total waktunya adalah 360 jam.

Parameter penting yang digunakan dalam pemodelan sedimentasi yaitu ukuran efektif sedimen. Ukuran sedimen yang digunakan adalah 0,2 mm dengan besaran kecepatan mengendapnya adalah 0,025 m/detik. Nilai konsentrasi awal yang digunakan sebesar 0,058 g/l.

Hasil dari pemodelan Skenario I dengan parameter tersebut yaitu besaran kenaikan dasar sungai yang berpotensi membentuk delta adalah setinggi 36,18 cm/tahun. Hasil ini dapat diterima karena ada pengukuran batimetri tahun 2002 dan 2007 yang memberikan kisaran kenaikan elevasi dasar sungai yang berpotensi membentuk delta sebesar 36 cm/tahun.

Hasil simulasi RMA-2 berupa perubahan elevasi muka air dan kecepatan arus pada lokasi studi. Hasil simulasi ini dibandingkan dengan elevasi muka air dari pengukuran pasang surut yang didapat dari hasil survei. Hasil simulasi hidrodinamika adalah berupa kecepatan aliran yang berupa arah arus pada saat surut dan arah arus pada saat pasang yang dipresentasikan dalam gambar-gambar berikut ini. Gambar 2 merupakan kondisi aliran pada saat surut atau tidak terpengaruh pasang surut. Kecepatan aliran arus yang terjadi dominan dari aliran sungai dan tidak ada reaksi penghambat dari pasang surut. Kisaran kecepatan yang terjadi di daerah ini dimulai dari hulu ke hilir, yaitu dari 0,01 m/detik sampai 0,005 m/detik. Gambar 3 merupakan kondisi aliran ketika pasang, di mana aliran air terpengaruh oleh pasang surut. Dari gambar ini kecepatan aliran arus dari sungai mengalami hambatan dari besaran pasang surut, di mana kisaran kecepatan dari hulu ke hilir berubah mulai dari 0,01 m/detik kemudian 0,005 m/detik dan berubah arah dimulai dari daerah pertemuan Sungai Bone dengan Sungai Tamalate yang didominasi dengan arah arus balik sehingga di daerah ini terjadi *backwater* atau aliran balik mulai dari 0,005 m/detik sampai dengan 0,02 m/detik di bagian paling hilir.

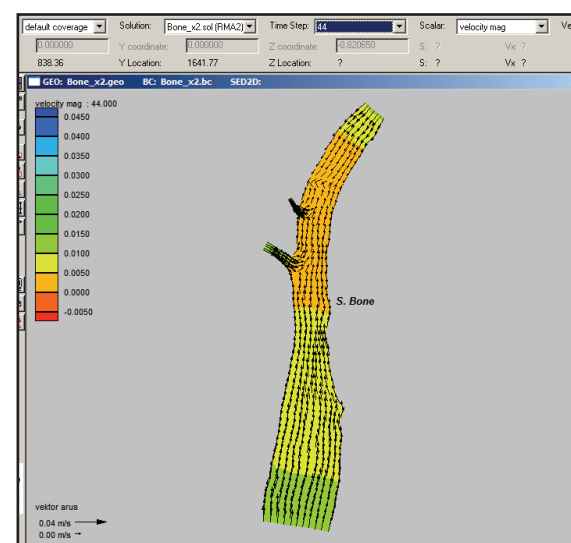
Gambar 4 merupakan presentasi dari kalibrasi pasang surut di muara Sungai Bolango-



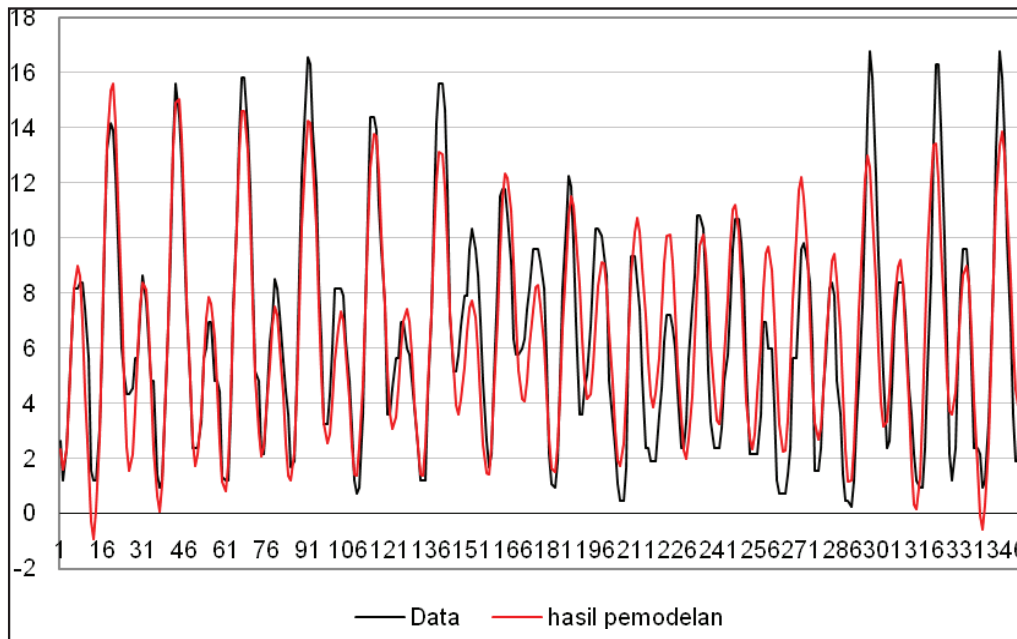
Gambar 2. Distribusi Aliran dalam Kondisi Surut di Muara Sungai Bolango-Bone.

Bone terhadap pasang surut yang terjadi dalam pemodelan. Proses kalibrasi memberikan pola atau hasil yang memiliki banyak kesamaan, di mana garis hitam sebagai pola pasang surut terukur memiliki banyak kemiripan dengan garis merah pada pola pasang surut pemodelan. Pola pasang surut yang memiliki simpangan terbesar terjadi karena pada penentuan komponen pasang surut berdasarkan bilangan formal. Penggunaan bilangan formal yang berbeda dapat menghasilkan pola tertentu. Pada kenyataan lapangan, nilai pasang surut yang terjadi tidak seluruhnya sesuai dengan pola pasang surut ramalan. Aspek yang menyebabkan perbedaan ini merupakan fenomena alam sehingga pola pasang surut menjadi lebih tinggi dibandingkan prediksi pasang surut berdasarkan metoda *least square*.

Proses kalibrasi merupakan hal yang wajib dilakukan untuk mengetahui keberhasilan pemodelan. Dengan terkalibrasinya pemodelan menggunakan parameter-parameter yang ditentukan, langkah selanjutnya adalah merubah penampang basah di muara berupa normalisasi sungai dan muara. Elevasi normalisasi didasarkan pada elevasi terdalam dari setiap penampang dengan pertimbangan stabilitas lereng penampang akan terjaga. Perubahan penampang ini dikategorikan sebagai perlakuan normalisasi terhadap muara sungai untuk menambah kecepatan aliran



Gambar 3. Distribusi Aliran dalam Kondisi Pasang di Muara Sungai Bolango-Bone.



Gambar 4. Kalibrasi pasang surut di Muara Sungai Bolango-Bone.

sehingga memperlambat proses pembentukan delta di daerah tersebut.

Perlakuan perubahan ini merupakan penjabaran dari Skenario II pemodelan, di mana parameter terkalibrasi dari kondisi eksisting dijadikan dasar untuk masukan dan kondisi batas pemodelan.

Hasil dari pemodelan Skenario II, yaitu terjadi pembentukan delta di daerah studi dengan kecepatan pembentukan delta sebesar 25,99 cm/tahun. Dari hasil ini maka pertumbuhan pembentukan delta berkurang sebesar 10,19 cm/tahun atau berkurang sebesar 28,14%.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu dampak angkutan sedimen terhadap pembentukan delta di muara Sungai Bone cukup tinggi dengan kisaran pembentukan sedimen apabila tidak dilakukan penanganan sebesar 36,18 cm/tahun dan jika dilakukan normalisasi berkurang 28,14% atau masih mengalami pembentukan delta sebesar 25,99 cm/tahun.

Dalam jangka panjang, laju angkutan sedimen dapat dikurangi dengan konservasi lahan

kritis di daerah hulu. Dengan adanya tutupan lahan yang baik di daerah aliran sungai maka laju angkutan sedimen di sungai akan berkurang dan mengurangi juga proses pembentukan delta di muaranya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Profesor Riset Dr. Masno Ginting M.Sc., yang telah banyak membantu memberikan koreksi terhadap penulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Yuwono, Nur. 1992. *Teknik Pantai Volume II*. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil FT-UGM. Yogyakarta.
- ²Triatmodjo, Bambang. 1999 *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- ³Van Rijn, L.C. 1993. *Principle of sedimen transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas*. University of Utrech Departement of Physical Geografi.
- ⁴Du Boys, P. 1879. *The Rhone and Stream with movable bed*. Annales des ponts et chaussees ser.5 vol 18, 141-195.
- ⁵Kumala, Yiniarti E. 2002. *Angkutan Sedimen dan Gerak Mula Partikel*. Penerbit ITB. Bandung.