

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

Sungai sebagai salah satu sumber daya alam yang sangat penting, di satu pihak mempunyai banyak manfaat, namun di lain pihak juga dapat menimbulkan ancaman bagi kehidupan dan penghidupan manusia. Berbagai cara pemanfaatan sungai dan lahan di sekitarnya, seperti pertanian, perikanan, irigasi, pembangkit tenaga, transportasi, dan lain-lain. Usaha pengamanan terhadap bahaya sungai juga dilakukan, seperti pengendalian banjir, pencegahan, perlindungan, dan penanggulangan kerusakan sarana dan prasarana akibat aliran sungai terus dilakukan untuk kesejahteraan umat manusia. Dengan demikian pembinaan sungai menyangkut seluruh kegiatan dalam bentuk usaha perlindungan, pengembangan, penggunaan, dan pengendalian dalam rangka meningkatkan manfaat sungai untuk memenuhi berbagai kepentingan masyarakat menurut waktu dan tempat yang diinginkan. Secara alamiah suatu sungai mempunyai beberapa fungsi, yaitu:

1. sebagai wadah alam untuk menampung air dari daerah alirannya dan kemudian mengalirkannya secara gravitasi ke daerah yang lebih rendah sampai dengan ke laut (sebagai komponen/wadah pengaliran air permukaan dalam satu siklus hidrologi);
2. mengangkut hasil erosi sedimen (lumpur, pasir, kerikil, batu) dari daerah lahan di sekitar sungai ke hilir;
3. menyalurkan larutan/zat kimia;
4. pada daerah yang beriklim sub-tropis, sungai juga berfungsi mengangkut es ke hilir;
5. sebagai tempat hidup biota air – ekosistem (fauna-ikan, burung, dan serangga serta fauna tumbuh-tumbuhan air);
6. mengangkut dan pembawa air buangan/kotoran alamiah dari daerah aliran terutama benda apung (pohon/dahan, sampah).

Klasifikasi umum tipe sungai yang dibedakan berdasarkan bentuk denah alur sungainya (menurut Coleman 1977, Miall 1977, Brice 1984) dapat dibagi menjadi:

1. sungai lurus;
2. sungai berliku;
3. sungai berjaln;
4. sungai bercabang.

Tipe sungai dalam bentuk denah secara umum dibagi menjadi tiga macam, yaitu lurus, berliku, dan berjaln, atau kombinasi dari ketiga tipe tersebut. Sungai mencapai bagian tengah sebagai sungai berjaln di bagian ruas hulu, kemudian berubah secara perlahan menjadi sungai berliku atau kadang-kadang berbentuk delta menuju bagian ruas bawah. Delta yang terbentuk pada kasus muara merupakan pengaruh dari pasang surut air laut. (Kumala, Y. E., 2018).

2.2 Pantai

Bentuk profil pantai sangat dipengaruhi oleh gelombang yang datang, sifat-sifat sedimen, kondisi gelombang dan arus, serta batimetri pantai. Bentuk pantai terbagi menjadi dua bentuk yaitu pantai berpasir dan pantai berlumpur (Triatmodjo, 1999)

1. Pantai berpasir

Pantai berpasir memiliki kemiringan berkisar 1:20 sampai dengan 1:50. Pada kondisi tidak badai atau pada saat gelombang biasa, pantai tidak mengalami erosi namun pada saat kondisi badai atau saat kondisi gelombang besar, pantai bisa mengalami erosi karena gelombang besar dan angin.

2. Pantai berlumpur

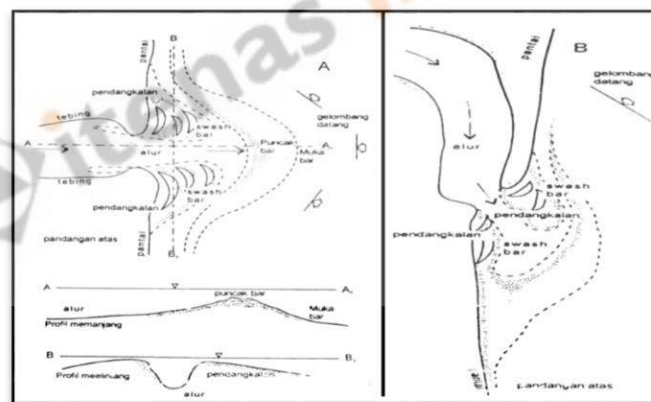
Pantai berlumpur terjadi pada daerah yang terdapat banyak sungai yang membawa sedimen dalam jumlah besar ke laut. Pantai berlumpur mempunyai kemiringan yang sangat kecil mencapai 1:5000 dan kondisi gelombang di pantai tersebut relatif tenang. Kondisi tersebut menyebabkan sedimen tidak terbawa ke laut lepas.

2.3 Muara Sungai

Menurut Triatmodjo (1999) muara sungai adalah bagian hilir dari sungai yang berhubungan dengan laut. Pada muara sungai terdapat mulut sungai, yaitu bagian paling hilir muara sungai yang langsung bertemu dengan laut. Bagian dari sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut adalah estuari. Muara sungai berfungsi sebagai pengeluaran/pembuangan debit sungai, terutama pada waktu banjir ke laut. Menurut Yuwono (1994) dalam Triatmodjo (1999) muara sungai dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yang tergantung faktor dominan yang mempengaruhinya yaitu, gelombang, debit sungai, dan pasang surut.

a. Muara yang didominasi gelombang laut

Gelombang pasir yang besar pada pantai berpasir dapat menimbulkan angkutan sedimen, baik dalam arah tegak lurus maupun sejajar pantai. Angkutan sedimen sejajar pantai lebih dominan dibandingkan dengan tegak lurus pantai. Pola angkutan sedimen tersebut disajikan pada **Gambar 2.1**.



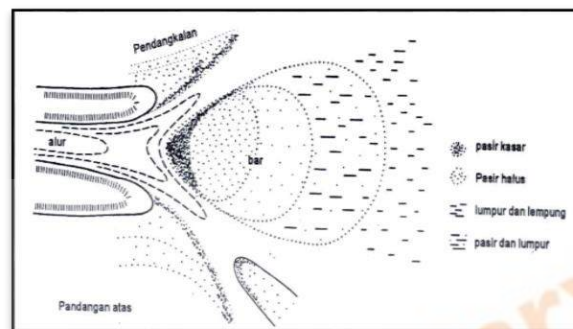
Gambar 2.1 Pola Angkutan Sedimen Berdasarkan Arah Gelombang
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa gambar A merupakan pola angkutan sedimen akibat arah gelombang tegak lurus muara sungai dan gambar B merupakan pola angkutan sedimen akibat arah gelombang sejajar muara.

b. Muara yang didominasi debit sungai

Muara ini terjadi pada sungai dengan debit sepanjang tahun cukup besar yang bermuara di laut dengan gelombang relatif kecil. Sungai tersebut membawa angkutan sedimen yang cukup besar dari hulu. Sedimen yang sampai di muara

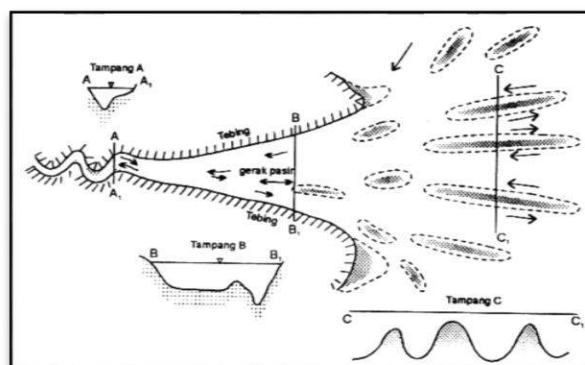
sungai merupakan sedimen dengan diameter partikel yang sangat kecil. Saat kondisi air surut, sedimen akan terdorong ke muara dan tersebar di laut, sedangkan saat air pasang, kecepatan aliran bertambah besar dan sebagian sedimen dari laut masuk kembali ke sungai bertemu dengan sedimen yang berasal dari hulu. Pola sedimentasi akibat debit sungai disajikan pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Pola Sedimentasi Muara Sungai Akibat Debit Sungai
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

c. Muara yang didominasi pasang surut

Pada saat kondisi pasang yang tinggi, volume air yang masuk ke sungai sangat besar. Air tersebut akan terakumulasi dengan air dari hulu sungai. Pada saat kondisi surut, volume air yang sangat besar tersebut mengalir keluar dalam periode waktu tertentu tergantung tipe pasang surutnya. Pola sedimentasi yang didominasi oleh pasang surut disajikan pada **Gambar 2.3**.



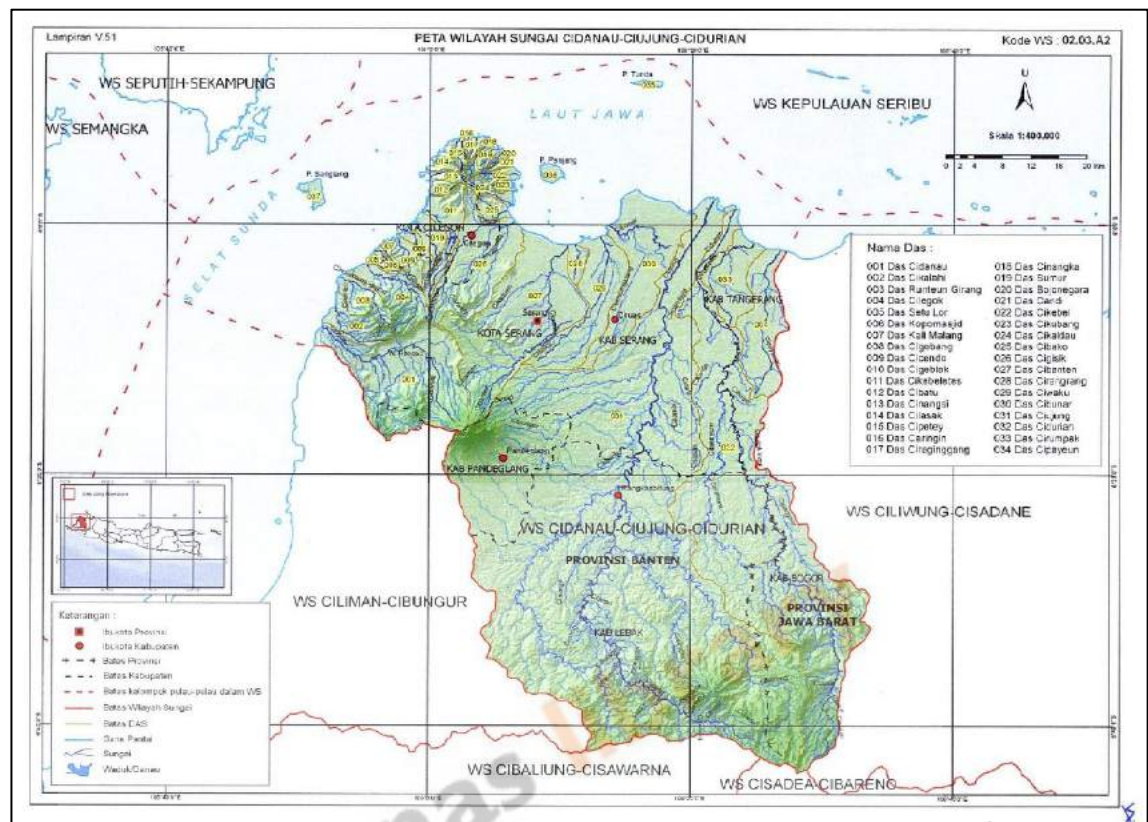
Gambar 2.3 Pola Sedimentasi Muara Sungai Akibat Pasang Surut
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

2.4 Daerah Aliran Sungai Ciujung

Wilayah sungai Ciujung merupakan sebuah wilayah sungai yang berada di wilayah Provinsi Jawa Barat dan Provinsi Banten dengan luas $\pm 4.170,85 \text{ km}^2$ (Permen PUPR 04/2015). Sungai Ciujung berhulu di kawasan Taman Nasional Gunung Halimun Salak tepatnya di Gunung Halimun Utara (1.929 Mdpl) Desa Cisarua, Kecamatan Sukajaya, Kabupaten Bogor dan bermuara ke Laut Jawa. Selain itu juga berasal dari hulu Gunung Karang (1.778 Mdpl) dan Gunung Endut (1.220 Mdpl). Luas sungai Ciujung kurang lebih 1.850 km^2 dengan panjang sungai 142 km mengalir dari selatan ke utara. Secara administratif sungai ini meliputi dua Provinsi yakni Jawa Barat dan Banten. Pada wilayah Provinsi Jawa Barat sungai ini melintasi Kabupaten Bogor di bagian hulu, sementara di Banten melintasi Kabupaten Lebak dan Kabupaten Serang. Sungai Ciujung berada di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cidanau-Ciujung-Cidurian. Topografi Sungai Ciujung yang merupakan daerah dataran dengan kemiringan antara 0,00016 – 0,0002 terletak pada daerah Rangkasbitung ke arah muara dan untuk topografi yang landai ke arah terjal (daerah pegunungan) terletak pada daerah Rangkasbitung sampai ke arah hulu dengan kemiringan 0,00033 – 0,00042. Anak Sungai yang cukup besar antara lain:

- Ci Aasem
- Ci Berang
- Ci Siemeut
- Ci Malangnengah
- Ci Mangenteung
- Ci Manggu
- Ci Halimun
- Ci Eear.

Penduduk di sepanjang Sungai Ciujung memanfaatkan untuk sumberdaya perikanan baik secara tradisional dengan cara memancing atau menjala. Besarnya debit air Sungai Ciujung juga dimanfaatkan untuk pengairan/ irigasi melalui sejumlah bendung seperti Bendungan Pamarayan. Lahan yang ada di kiri kanan Daerah Aliran Sungai Ciujung secara umum merupakan daerah perbukitan, perkebunan, hutan, sawah, pemukiman, industri dan sebagainya. (Wikipedia,2019).



Gambar 2.4 Peta Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian
(Sumber: BBWS Cidanau-Ciujung-Cidurian,2019)

Berdasarkan beberapa isu pokok di wilayah DAS Ciujung di antaranya meluasnya lahan kritis yaitu seluas 17.741,49 (8,17%), dan tingkat kerentanan terhadap kekritisian lahan dengan kategori agak kritis sekitar 47.362,33 ha (21,81) dan sangat kritis mencakup luas sekitar 109,10 ha (0.05%), fluktuasi debit air di bendung Pamarayan sangat tajam yaitu sekitar 100 m³/s pada musim hujan dan sekitar 5-12 m³/s pada musim kemarau, pencemaran air sungai di Sungai Ciujung wilayah hilir dalam tingkat berat, tingkat kerentanan kekurangan air untuk penyediaan air irigasi seluas 21.454 ha dan serta air baku untuk Kabupaten Lebak, Kabupaten Serang dan Kota Serang.

Hasil identifikasi permasalahan pengelolaan DAS Ciujung di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Lahan kritis (penyebab, luas dan distribusi);
2. kondisi habitat (daerah perlindungan keanekaragaman hayati);

3. **sedimentasi (sumber, laju, dampak);**
4. debit dan kualitas air (sumber polutan, kelas, waktu);
5. masalah penggunaan air tanah dan air permukaan;
6. daerah rawan bencana (banjir, longsor, dan kekeringan);
7. masalah sosial-ekonomi dan kelembagaan;
8. masalah tata ruang dan penggunaan lahan;
9. konflik pemanfaatan sumberdaya.

(Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Banten,2019).

2.5 Kondisi Topografi Kabupaten Serang

Secara topografi, Kabupaten Serang merupakan wilayah dataran rendah dan pegunungan dengan ketinggian antara 0 sampai 1.778 m di atas permukaan laut. Fisiografi Kabupaten Serang dari arah utara ke selatan terdiri atas wilayah rawa Pasang surut, rawa musiman, dataran, perbukitan dan pegunungan. Bagian utara merupakan wilayah yang datar dan tersebar luas sampai ke pantai, kecuali sekitar Gunung Sawi, Gunung Terbang dan Gunung Batusipat. Di bagian selatan sampai ke barat, Kabupaten Serang berbukit dan bergunung antara lain sekitar Gunung Kencana, Gunung Karang dan Gunung Gede. Daerah yang bergelombang tersebar di antara kedua bentuk wilayah tersebut. Hampir seluruh daratan Kabupaten Serang merupakan daerah subur karena tanahnya sebagian besar tertutup oleh tanah endapan alluvial dan batu vulkanis kuartar. Potensi tersebut ditambah dengan banyak terdapatnya sungai yang besar dan penting, yaitu Sungai Ciujung, Cidurian, Cibanten, Cipaseuran, Cipasang dan Anyar yang mendukung kesuburan daerah pertanian di Kabupaten Serang. Pola fisiografi Kabupaten Serang sebagian besar perbukitan rendah dengan ketinggian antara 0-100 meter di atas permukaan laut dan berbatasan langsung dengan garis pantai. Morfologi ini disusun oleh jenis tanah alluvial, glei, latosol, regosol dan padsolik. Pola aliran sungainya membentuk sub paralel hingga paralel, sedangkan penggunaan lahan umumnya telah dibudidayakan untuk perkebunan, persawahan dan permukiman penduduk. Pada Sungai Ciujung terdapat satu bendung yaitu Bendung Pamarayan yang berada di sekitar batas administrasi Kabupaten Lebak dan Kabupaten Serang antara Kota Rangkasbitung

dan Kecamatan Kragilan yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan irigasi dan air baku serta difungsikan sebagai sistem peringatan dini terhadap banjir.



Gambar 2.5 Peta Batas Wilayah Administrasi Provinsi Banten
(Sumber: UGM repository,2019)

Topografi DAS Ciujung di bagian hulu Kota Rangkasbitung berupa pegunungan yang merupakan daerah tangkapan air berasal dari Gunung Endut, Gunung Halimun dan Gunung Karang dengan kemiringan sungai antara 0,0042 sampai 0,0143 sedangkan di bagian hilir Kota Rangkasbitung ke arah pantai merupakan daerah dataran dengan kemiringan sungai 0,00016 sampai dengan 0,0002. Jenis tanah DAS Ciujung terdiri dari tanah alluvial, glei, latosol, rendzina, andosol dan podsolik. Jenis tanah di bagian hulu dan hilir Kota Rangkasbitung di sekitar alur sungai dan pantai didominasi oleh tanah alluvial sedangkan di pegunungan dan dataran didominasi oleh tanah podsolik. Curah hujan tahunan rerata DAS Ciujung tahun 2009 di bagian hulu Kota Rangkasbitung antara 2500 mm/tahun sampai 5500 mm/tahun sedangkan di bagian hilir Kota Rangkasbitung ke arah pantai antara 1500 mm/tahun sampai 2500 mm/tahun, dimana musim hujan rerata terjadi pada bulan November sampai April dan musim kering rerata terjadi pada bulan Mei sampai Oktober. (UGM repository,2019)

2.6 Flow Duration Curve

Data debit yang didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian kemudian dianalisis menggunakan *Flow Duration Curve* (FDC) untuk menentukan besarnya debit dominan. FDC pada umumnya mengelompokkan data debit selama satu bulan penuh tanpa memisahkan antara data bulan basah dan data bulan kering. Pengelompokan tersebut biasanya disebut pengelompokan FDC tunggal.

Metode baru hasil pengembangan FDC tunggal dilakukan pada studi ini dengan mengelompokkan data berdasarkan kondisi bulan basah dan kondisi bulan kering. Pengelompokan FDC majemuk didasarkan dari metode Oldeman yang menetapkan klasifikasi iklim berdasarkan peninjauan, dimana hujan bulan basah bila curah hujan bulanan > 200 mm dan hujan bulan kering bila curah hujan bulanan < 100 mm. Data dikelompokkan pada Desember-Januari-Februari untuk bulan basah, sedangkan untuk bulan kering data dikelompokkan pada Juni-Juli-Agustus.

2.7 Pemodelan Hidrodinamika dan Transpor Sedimen

Hydrodynamic Module adalah model matematik untuk menghitung perilaku hidrodinamika air terhadap berbagai macam fungsi gaya, misalnya kondisi angin tertentu dan muka air yang sudah ditentukan di *open model boundaries*. Model hidrodinamik dalam *HD module* adalah sistem model numerik umum untuk muka air dan aliran di estuari, teluk dan pantai. Persamaan berikut menggambarkan aliran dan perbedaan muka air.

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \quad \dots (1)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2.h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_q - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \quad \dots (2)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2.h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_p - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial xy} (p_a) = 0 \quad \dots (3)$$

dengan:

$h(x, y, t)$: Kedalaman air (m),
$d(x, y, t)$: Kedalaman air dalam berbagai waktu (m),
$\zeta(x, y, t)$: Elevasi permukaan (m),
$p, q(x, y, t)$: <i>Flux density</i> dalam arah x dan y ($m^3/s/m$) = (uh,vh); (u,v) <i>depth average velocity</i> dalam arah x dan y,
$C(x, y)$: Tahanan Chezy ($m^{1/2}/s$),
g	: Kecepatan gravitasi (m/s^2),
$f(V)$: Faktor gesekan angin,
$V, V_x, V_y(x, y, t)$: Kecepatan angin dalam arah x dan y (m/s),
$\Omega(x, y)$: Parameter Coriolis (s^{-1}),
$p_a(x, y, t)$: Tekanan atmosfer (kg/m^2),
ρ_w	: Berat jenis air (kg/m^3),
(x, y)	: Koordinat ruang (m),
t	: Waktu (s),
$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$: Komponen <i>effective shear stress</i> .

Modul *Mud Transport* dapat diterapkan pada studi masalah teknik seperti:

1. Studi transpor sedimen untuk bahan kohesif halus atau campuran pasir/lumpur di muara dan daerah pesisir dimana aspek lingkungan dilibatkan dan penurunan kualitas air dapat terjadi.
2. Pengosongan di pelabuhan, navigasi alur pelayaran, kanal, sungai dan waduk.
3. Studi pengerukan

Formulasi transpor sedimen dibangun ke dalam model dispersi adveksi, MIKE 21 (AD) melalui persamaan adveksi-dispersi di bawah ini:

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left(h D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left(h D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) + Q_L C_L \frac{1}{h} - S \quad \dots (3)$$

dengan:

\bar{c} : Kedalaman rata – rata konsentrasi massa (kg/m^3),

u, v : Kecepatan aliran rata – rata (m/s),

D_x, D_y : Koefisien dispers (m^2/s),

h : Kedalaman air (m),

S : Erosi ($\text{kg}/\text{m}^3/\text{s}$),

Q_L : Sumber debit per unit area horizontal ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$),

C_L : Konsentrasi sumber debit (kg/m^3).

2.8 Validasi Data

Metode yang paling tepat untuk mengestimasi besarnya kesalahan pengukuran didasarkan pada *root mean square error* (RMSE) yang dihasilkan oleh masing-masing metode. RMSE digunakan untuk membandingkan metode-metode estimasi yang digunakan, yaitu untuk menentukan metode estimasi yang paling akurat. Keakuratan metode estimasi kesalahan pengukuran diindikasikan dengan adanya RMSE yang kecil. Metode RMSE yang mempunyai RMSE lebih kecil dapat dikatakan lebih akurat daripada metode estimasi yang mempunyai RMSE lebih besar. (Wahyuni, C.S., 2009).

Akar kesalahan kuadrat rata-rata (*root mean square error*) merupakan suatu ukuran kesalahan yang didasarkan pada selisih antara dua buah nilai yang bersesuaian, yang didefinisikan seperti pada **Persamaan 1.**:

$$RMSE_{Sungai} = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\sum_{i=1}^N [\hat{X}_i - X_i]^2 \right]} \quad \dots (1)$$

Dengan:

N : Jumlah Data.

\hat{X}_i : Tinggi Muka Air Pengukuran.

X_i : Tinggi Muka Air Simulasi.

Untuk validasi data juga digunakan nilai korelasi antara titik pengukuran dengan simulasi pemodelan seperti pada **Persamaan 2.**:

$$\text{correl}(X, Y)_{\text{sungai}} = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{(\sum x-\bar{x}^2)(\sum y-\bar{y}^2)}} \quad \dots (2)$$

Dengan:

x : Tinggi Muka Air Pengukuran.

y : Tinggi Muka Air Simulasi Pemodelan.

\bar{x} : Tinggi Muka Air Rata-rata Pengukuran.

\bar{y} : Tinggi Muka Air Rata-rata Simulasi Pemodelan.

Menurut Sugiyono (2014) nilai korelasi sebesar (80-100) % menyatakan data memiliki tingkat keterkaitan yang sangat kuat, sedangkan untuk nilai korelasi (40-60)% memiliki tingkat keterkaitan sedang.

2.9 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi (Triatmodjo, 1999). Istilah pasang surut laut dinyatakan dengan pasut merupakan gerak naik dan turun muka laut dengan periode rata-rata sekitar 12,4 jam atau 24,8 jam (Qomariyah & Yuwono, 2016). Pasang surut purnama (pasang surut besar, *spring tide*) terjadi pada tanggal 1 dan 15 (bulan muda dan bulan purnama), dimana tinggi pasang surut sangat besar dibanding pada hari-hari yang lain, sedangkan pasang surut perbani (pasang surut kecil, *neap tide*) terjadi pada tanggal 7 dan 21 dimana tinggi pasang surut kecil dibanding dengan hari-hari yang lain. (Triatmodjo, 2009).

2.10 Sedimentasi

Sedimen adalah partikel organik dan anorganik yang terakumulasi secara bebas (Duxbury *et al*, 1991). Sedimen didefinisikan secara luas sebagai material yang diendapkan di dasar suatu cairan (air dan udara), atau secara sempit sebagai material yang diendapkan oleh air, angin, atau glistier/es.(Wahyuancol, 2008). Sedangkan endapan sedimen adalah akumulasi mineral dan fragmen batuan dari daratan yang bercampur dengan tulang-tulang organisme laut dan beberapa partikel yang berbentuk melalui proses kimiawi yang terjadi di dalam laut.(Gross, 1993).

Menurut Friedman (1978) sedimen adalah kerak bumi yang ditranspormasikan dari suatu tempat ke tempat lain baik secara vertical maupun secara horizontal. Selanjutnya Ongkosongo (1992) menyebutkan proses hidrologi tersebut akan terhenti pada suatu tempat dimana air tidak sanggup lagi membawa kerak bumi yang tersuspensi tersebut. Biasanya suatu kawasan perairan tidak ada sedimen dasar yang hanya terdiri dari satu tipe substrat saja, melainkan terdiri dari kombinasi tiga fraksi yaitu pasir, lumpur dan tanah liat. Rifardi (2008a) mengatakan ukuran butir sedimen dapat menjelaskan hal-hal berikut :

1. Menggambarkan daerah asal sedimen
2. Perbedaan jenis partikel sedimen
3. Ketahanan partikel dari bermacam-macam komposisi terhadap proses *weathering*, erosi, abrasi dan transportasi
4. Jenis proses yang berperan dalam transportasi dan deposisi sedimen.

Menurut asalnya sedimen dibagi menjadi tiga macam yaitu;

1. Sedimen *lithogenous* ialah sedimen yang berasal dari sisa pengikisan batu-batuan didarat,
2. Sedimen *biogenous* ialah sedimen yang berasal dari sisa rangka organisme hidup juga akan membentuk endapan-endapan halus yang dinamakan *ooze* yang mengendap jauh dari pantai kearah laut, dan
3. Sedimen *hydrogenous* yakni sedimen yang dibentuk dari hasil reaksi kimia dari air laut (Hutabarat dan Evans, 1985).

Berdasarkan diameter butiran, Wentworth *dalam* Rifardi (2008a) membagi sedimen sebagai berikut ini: *boulders* (batuan) dengan diameter butiran lebih besar dari 256 mm, *gravel* (kerikil) diameter 2 sampai 256 mm, *very coarse sand* (pasir sangat kasar) diameter 1 sampai 2 mm, *coarse sand* (pasir kasar) 0,5 sampai 1 mm, *fine sand* (pasir halus) diameter 0,125 sampai 0,5 mm, *very fine sand* (pasir sangat halus) diameter 0,0625 sampai 0,125 mm, *silt* (lumpur) diameter 0,002 sampai 0,0625 mm dan *dissolved material* (bahan-bahan terlarut) diameter lebih kecil dari 0,0005 mm.

Pengendapan sedimen tergantung kepada medium angkut, dimana bila kecepatan berkurang medium tersebut tidak mampu mengangkut sedimen ini

sehingga terjadi penumpukan. Adanya sedimen kerikil menunjukkan bahwa arus dan gelombang pada daerah itu relatif kuat sehingga sedimen kerikil umumnya ditemukan pada daerah terbuka, sedangkan sedimen lumpur terjadi akibat arus dan gelombang benar-benar tenang dan dijumpai pada daerah dimana arus dan gelombang terhalang oleh pulau. (Ompi *et al*, 1990).

Austin (1988) menyatakan bahwa sedimen pasir umumnya terdeposit pada perairan paparan benua dan di sepanjang garis pantai di daerah intertidal. Sedangkan laut dalam, pasir hanya terdapat sebagian kecil dari 10% dari jumlah komponen yang terdapat disana dan pada daerah ini didominasi oleh sedimen lumpur.

Penyebab sedimen pada tiap-tiap tempat tidak sama dan tidak merata tergantung pada kondisi yang mempengaruhinya seperti arus, gelombang, pasut serta jenis dan komposisi sedimen (Komar, 1982). Salah satu parameter fisika perairan yang sangat berpengaruh terhadap sebaran biologi dan kimia adalah partikel sedimen dan arus pasang surut. Menurut Uktoselya (1992), sedimentasi sangat erat hubungannya dengan pendangkalan. Sedimentasi ini merupakan proses yang berlangsung dalam jangka waktu yang lama.

Menurut Postma (1976) bahwa kecepatan pengendapan partikel yang berdiameter 5 mm dengan densitas yang sama mengendap dengan kecepatan 20 cm/s. Sementara Wotton (1992) mengemukakan bahwa partikel-partikel pasir memerlukan waktu 1,8 hari agar bisa mengendap pada kedalaman 4.000 m. Sedangkan jenis partikel lumpur yang berukuran lebih kecil membutuhkan waktu untuk tenggelam kira-kira 185 hari pada kedalaman 4.000m dan jenis partikel tanah liat membutuhkan waktu tenggelam kira-kira 51 tahun pada kedalaman yang sama.

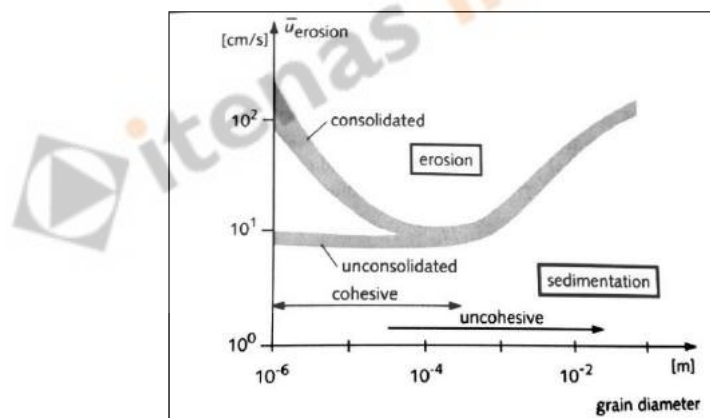
Menurut Streeter dan Wylie (1990), kecepatan pengendapan butiran sedimen didalam air dimana benda tersebut digerakan secara horizontal ke dalam air sebagai kombinasi dari gaya angkat, gaya hambat dan gaya-gaya lainnya yang bekerja.

Sedimen pantai adalah material sedimen yang diendapkan di pantai. Berdasarkan ukuran butirnya, sedimen pantai dapat berkisar dan sedimen berukuran

butir lempung sampai gravel. Kemudian, berdasarkan pada tipe sedimennya, pantai dapat diklasifikasikan menjadi:

1. Pantai gravel, bila pantai tersusun oleh endapan sedimen berukuran gravel (diameter butir > 2 mm)
2. Pantai pasir, bila pantai tersusun oleh endapan sedimen berukuran pasir (0,5 – 2 mm); dan
3. Pantai lumpur.

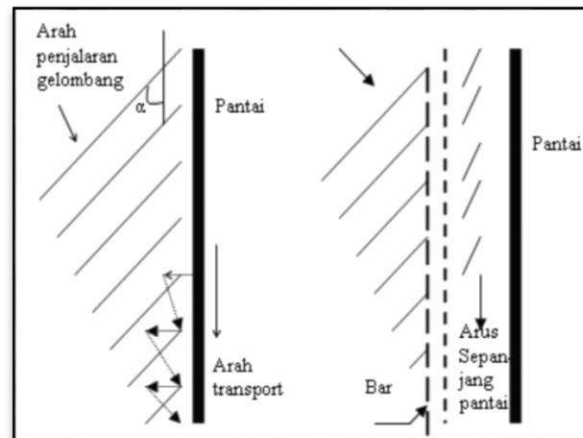
Pada muara yang didominasi oleh debit sungai, sungai tersebut membawa angkutan sedimen dari hulu cukup besar. Sedimen yang sampai di muara sungai merupakan sedimen suspensi dengan diameter yang sangat kecil, yaitu dalam beberapa mikron. Dalam satu siklus pasang surut jumlah sedimen yang mengendap lebih banyak daripada yang tererosi, sehingga terjadi pengendapan di depan mulut sungai. Proses tersebut terjadi terus menerus sehingga muara sungai akan maju ke arah laut membentuk delta (Triatmodjo, 1999).



Gambar 2.6 Erosi dan Sedimentasi terhadap Kecepatan Arus serta Ukuran Butir
(Sumber: *Dynamics of Coastal Systems* Job Dronkers, 2005)

2.10.1 Transpor Sedimen Sepanjang Pantai

Transpor sedimen sepanjang pantai terdiri atas dua komponen yaitu transpor sedimen dalam bentuk mata gergaji di garis pantai dan transpor sedimen sepanjang pantai di *surf zone*. Transpor sedimen sepanjang pantai disajikan pada **Gambar 2.7**.

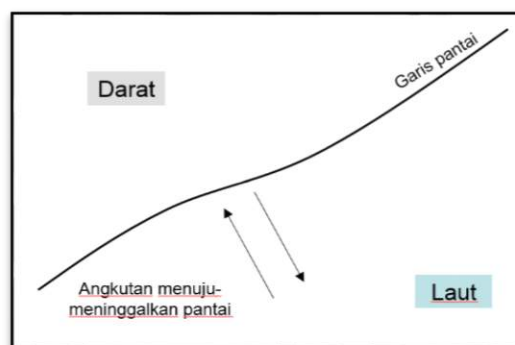


Gambar 2.7 Transpor Sedimen Sepanjang Pantai
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

Triatmodjo (1999) menjelaskan bahwa transpor sedimen dalam bentuk mata gergaji terjadi pada saat gelombang menuju pantai dengan membentuk sudut terhadap garis pantai, lalu gelombang tersebut akan naik ke pantai (*up rush*) yang juga membentuk sudut. Massa air yang naik tersebut kemudian turun lagi dalam arah tegak lurus pantai, sedangkan transpor sedimen sepanjang pantai di *surf zone* ditimbulkan oleh arus sepanjang pantai yang dibangkitkan oleh gelombang pecah.

2.10.2 Transpor Sedimen Menuju-Meninggalkan Pantai

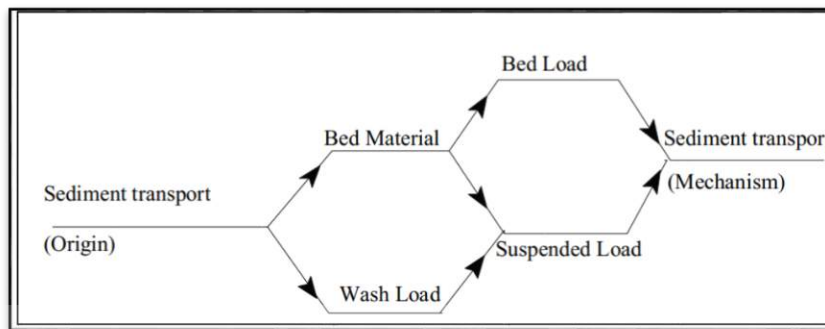
Transpor sedimen menuju dan meninggalkan pantai mempunyai arah tegak lurus pantai sehingga sering disebut juga angkutan sedimen tegak lurus pantai (*cross shore transport*). Angkutan sedimen ini dipengaruhi oleh gelombang, ukuran butir material, dan kemiringan pantai.



Gambar 2.8 Transpor Sedimen Menuju-Meninggalkan Pantai
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

2.10.3 Mekanisme Transpor Sedimen

Transpor sedimen terbagi menjadi tiga jenis yaitu sedimen dasar, sedimen layang, dan *wash load*. Penjelasan yang komprehensif diberikan oleh Engelund & Hansen (1967) dan Jansen et al (1979), lihat **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 Klasifikasi Transpor Sedimen
(Jansen et al, 1979 dalam Scientific Document Sand Transport Module MIKE 21, 2012)

1. Sedimen Dasar

Sedimen dasar adalah transpor dari butiran sedimen secara menggelinding dan menggeser di dasar saluran. Secara umum konfigurasi dari pergerakan sedimen membentuk konfigurasi dasar seperti *dunes*, *ripple*, dan lain sebagainya. Banyak formulasi yang telah dikembangkan untuk mendiskripsikan mekanisme dari sedimen dasar yang dilakukan dengan eksperimen di laboratorium ataupun dengan memodelkan fenomena tersebut.

2. Sedimen layang (suspensi)

Sedimen layang adalah transpor butiran dasar yang tersuspensi oleh gaya gravitasi yang diimbangi gaya angkat yang terjadi pada turbulensi aliran. Butiran dasar terangkat ke atas lebih besar atau kecil namun pada akhirnya akan mengendap dan kembali ke dasar sungai. Banyak persamaan sedimen suspensi yang telah dikembangkan seperti persamaan Engelund dan Hansen namun persamaan ini tidak memberikan informasi yang cukup terkait distribusi konsentrasi dari butiran pada arah vertikal, besarnya konsentrasi (C) ditentukan secara teoritik. Dalam banyak kasus pengukuran sedimen suspensi dilakukan di lapangan agar diketahui distribusi konsentrasi arah vertikal untuk berbagai jenis transpor sedimen.

3. *Wash Load*

Wash load adalah transpor butiran sedimen yang berukuran kecil dan halus dibanding dengan sedimen dasar. Sedimen ini sangat jarang ditemukan di dasar sungai. Besarnya *wash load* banyak ditentukan oleh karakteristik klimatologi dan erosi dari daerah tangkapan (*catchment area*). Dalam perhitungan gerusan lokal (*local scouring*) *wash load* tidak begitu penting sehingga diabaikan namun untuk perhitungan sedimentasi di daerah dengan kecepatan aliran yang rendah seperti waduk, pelabuhan, dan cabang sungai, *wash load* diperhitungkan.

2.10 **Kajian Terdahulu**

Penelitian ini disusun berdasarkan studi yang telah dilakukan sebelumnya oleh Fajrianto (2017) dengan judul *Pemodelan Hidrodinamika dan Sedimentasi Pada Daerah Penambangan Pasir Laut di Kabupaten Serang Banten*. Pemodelan hidrodinamika pada penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak MIKE 21 khusus pada daerah pesisir Kabupaten Serang guna mengetahui penyebab kekeruhan yang terjadi pada daerah tersebut. Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, pengaruh sungai terhadap permasalahan sedimentasi di daerah tersebut belum dibahas lebih khusus. Pemodelan Sungai Ciujung baru dan Pesisir Utara Kabupaten Serang akan dilakukan guna mengetahui pengaruh sedimen sungai terhadap proses sedimentasi di Tanjung Pontang Banten.