

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang dinamis akibat adanya pertemuan dan interaksi antara darat dan laut, serta dipengaruhi oleh kondisi oseanografi secara alami dan kegiatan manusia terhadap darat. Faktor tersebut menyebabkan pantai rentan mengalami perubahan seiring waktu (Muliati, 2020). Perubahan bentuk pantai dipengaruhi oleh banyak atau sedikitnya sedimen yang masuk atau meninggalkan pantai. Sedimen yang terangkut digerakkan oleh gravitasi, angin, gelombang, dan pasang surut. Pantai mengalami abrasi, akresi, ataupun tetap stabil tergantung pada sedimen yang masuk maupun sedimen yang meninggalkan pantai. Hal ini akan mempengaruhi bentuk garis pantai (Triatmodjo, 1999; van Rijn, 1993).

Pantai di Kecamatan Galesong Kabupaten Takalar yang berada di Sulawesi Selatan merupakan salah satu pantai di Indonesia yang mengalami abrasi. Proses pengikisan sedimen akibat gelombang laut yang menghantam pantai menyebabkan material sedimen terlepas dan berpindah sehingga pantai menjadi rentan. Kerentanan fisik wilayah pesisir mengakibatkan abrasi, sedimentasi, atau tenggelamnya pesisir yang dipengaruhi oleh perubahan garis pantai, proses fisik laut yang terdiri dari kenaikan muka air laut, pasang surut, dan tinggi gelombang signifikan (Pendleton et.al., 2005 dalam Yanti, et.al., 2019).

Setiyawan & Larasati (2023) menyebutkan bahwa angkutan sedimen sejajar pantai atau menyusur pantai merupakan bagian dari proses *littoral*. Proses ini adalah hasil interaksi antara angin, gelombang, pasang surut, dan sedimen. Azizi, et al. (2017) juga menjelaskan bahwa sebagian besar angkutan sedimen dipengaruhi oleh gelombang. Gelombang yang dibangkitkan oleh pergerakan angin menimbulkan gesekan antar gelombang. Gelombang yang menuju pantai akan mengikis dan menyebabkan sedimen terangkut dan berubahnya garis pantai.

Van Rijn (2007) mengatakan bahwa pergerakan kolektif partikel padat, yang dikenal sebagai transpor sedimen, di sepanjang lapisan alami dari material sedimen yang sama merupakan masalah yang kompleks. Karena masalah angkutan sedimen sangat terkait dengan pembentukan dan migrasi bentuk dasar pantai seperti pantai yang beriak atau pantai yang memiliki bukit pasir. Angkutan sedimen secara signifikan dipengaruhi oleh lingkungan gelombang dan lingkungan pantai (bentuk dasar pantai dan kekasaran butir sedimen).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan gagasan van Rijn (1993, 2007), penelitian ini hadir untuk melihat pengaruh gelombang terhadap angkutan sedimen di pantai Galesong, Kabupaten Takalar dengan menggunakan metode Kamphuis (2013), CERC (1984), dan van Rijn (2014).

1.2 Studi Kasus

Umar *et al.* (2023) melakukan penelitian terkait angkutan sedimen di Pantai Aeng, salah satu pantai yang mengalami abrasi di Kabupaten Takalar. Dalam penelitiannya, dilakukan analisis arah dan kecepatan arus menuju pantai serta pengaruhnya terhadap angkutan sedimen menuju pantai. Dengan menggunakan persamaan CERC (USACE, 2003) didapatkan nilai angkutan sedimen menyusur pantai berkisar antara 13.159,93 – 19.674,25 m³/hari atau 4.803.373 – 7.181.101 m³/tahun.

Penelitian lain di pantai berbeda dilakukan oleh van Rijn (2014) dengan menggunakan metode Kamphuis, CERC, dan van Rijn serta model CROSMOR. Penelitian dilakukan di 6 lokasi pantai yang ada di Amerika Serikat. Dalam penelitiannya, van Rijn mengklasifikasikan terbentuknya gelombang menjadi dua yaitu gelombang regular besar dan gelombang angin. Angkutan sedimen yang disebabkan oleh gelombang regular besar menghasilkan laju pengangkutan sepanjang pantai yang jauh lebih besar dari gelombang angin yang tidak teratur dengan ketinggian yang sama. Model yang digunakan menghasilkan hasil yang cukup baik dengan menggunakan kekasaran dasar yang berhubungan dengan gelombang.

1.3 Ruang Lingkup

Penelitian ini dibatasi dengan menghitung angkutan sedimen dengan menggunakan data gelombang yang diperoleh melalui pengolahan data angin selama 10 tahun terakhir (2014-2023) dan data karakteristik sedimen yang difokuskan pada 7 titik lokasi penelitian sekitar pesisir pantai galesong tepatnya di Pantai Bayowa, Pantai Boddia, dan Pantai Boe.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Menghitung angkutan sedimen sejajar pantai akibat pengaruh gelombang dan menentukan arah angkutan sedimen sejajar pantai tahunan di Pantai Galesong.

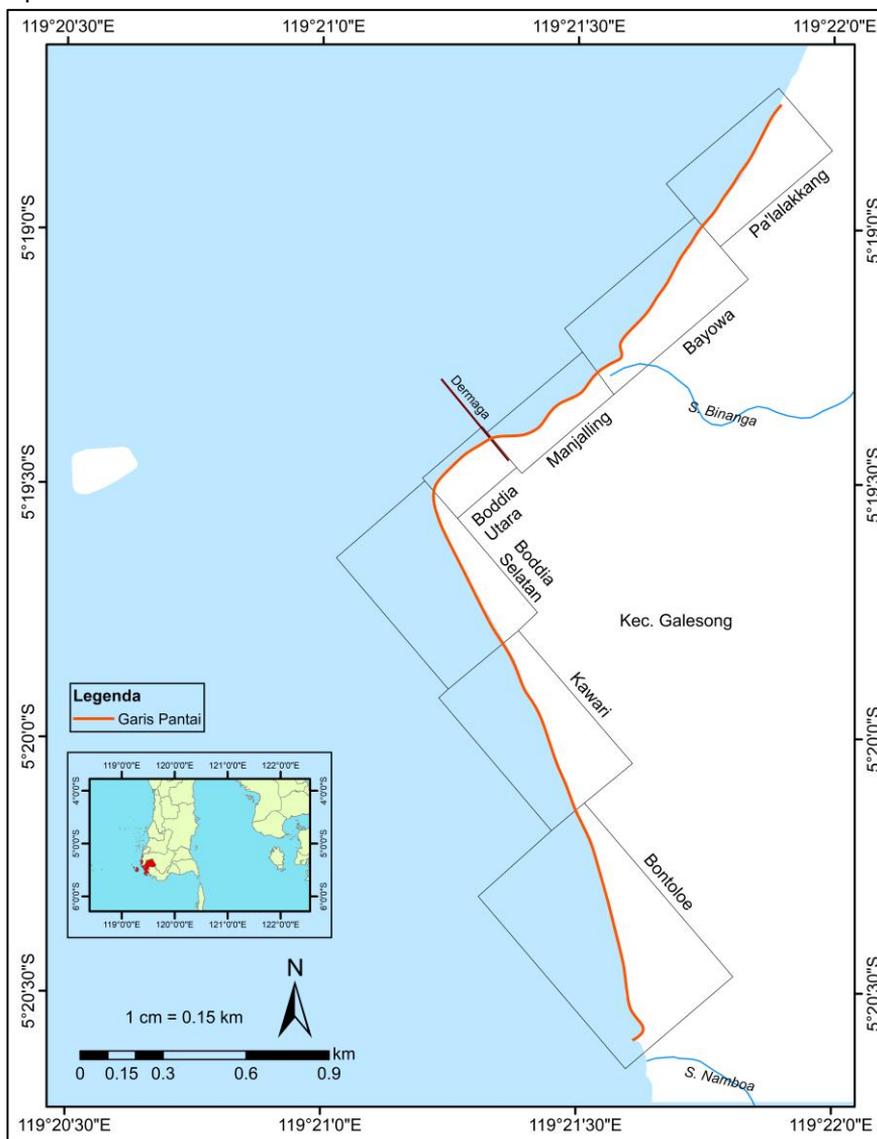
1.4.2 Manfaat

Hasil penelitian ini dapat membantu dalam pengelolaan pantai yang lebih efektif, termasuk pengendalian erosi maupun sedimentasi. Penelitian ini juga dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pemerintah setempat dalam perencanaan pembangunan pantai seperti pelabuhan dan dermaga serta pengelolaan wilayah pesisir sekitar pantai Galesong.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Secara geografis, lokasi penelitian terletak antara $5^{\circ}18'49,702''$ sampai $5^{\circ}20'33,299''$ LS dan $119^{\circ}21'51,901''$ sampai $119^{\circ}36'37,199''$ BT. Panjang garis pantai yang telah diidentifikasi kurang lebih 4 km yang terbentang dari pesisir Desa Pa'lalakkang hingga pesisir Desa Bontoloe, di Kecamatan Galesong, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Terdapat beberapa titik wilayah penelitian yang dibagi menjadi 7 wilayah yang merupakan titik lokasi pengambilan sampel sedimen. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam Penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer yang digunakan yaitu data gelombang (tinggi dan periode gelombang laut dalam) dan data sedimen (ukuran butir dan massa jenis sedimen). Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari instansi terkait yaitu data batimetri dan data angin.

2.2.1 Data Batimetri

Data Batimetri diperoleh melalui internet yang diunduh di situs resmi Badan Informasi Geospasial yang memuat data Batimetri Nasional perwilayah pada <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/batnas>. Data batimetri ini memuat informasi kedalaman perairan lokasi penelitian. Selain itu data batimetri ini juga digunakan untuk membuat dan melihat kontur kedalaman dilokasi penelitian.

2.2.2 Data Gelombang

Dalam perhitungan angkutan sedimen, perlu diketahui mengenai karakteristik gelombang laut dalam dan gelombang pecah. Karakteristik gelombang laut dalam yang diperlukan yaitu tinggi gelombang laut dalam dan periode gelombang. Sedangkan karakteristik gelombang pecah dihitung berdasarkan tinggi gelombang laut dalam yang mengalami proses transformasi menuju ke pantai. Data tinggi gelombang dan data periode gelombang diperoleh dari data angin tahun 2014-2023 yang kemudian diprediksi dengan metode CEM yang tergantung pada kecepatan angin, Fetch dan durasi angin.

2.2.3 Data Sedimen

Pengambilan data sedimen dilakukan untuk dianalisis dengan tujuan mengetahui ukuran butir, massa jenis dan porositas sedimen di lokasi penelitian. Pengambilan sedimen ini dilakukan dengan menggunakan alat *Grab Sampler*, sedangkan titik pengambilan sedimen ditentukan menggunakan *Google Earth* dengan jumlah titik penelitian yaitu 7 titik. Kemudian data sedimen tersebut dianalisis di laboratorium untuk mendapatkan ukuran butir dan massa jenis sedimen.

2.3 Pengolahan Data

Pengolahan dan analisis data terdapat beberapa tahapan antara lain:

2.3.1 Pengolahan data batimetri

Pengolahan data batimetri dilakukan untuk mendapatkan data kedalaman di lokasi penelitian. Data kedalaman yang digunakan yaitu pada kedalaman 8 m untuk menghitung angkutan sedimen menggunakan persamaan Kamphuis 2013 dan van Rijn 2014. Dalam pengolahan data ini menggunakan *software ArcGis* 10.8. Untuk rumus yang digunakan:

$$\tan \beta = \frac{h}{y} \quad (1)$$

Keterangan:

$\tan \beta$ = Kemiringan pantai

h = Kedalaman (m)
 y = Jarak (m)

2.3.2 Pengolahan data gelombang

Dalam analisis gelombang, berbagai parameter perlu dihitung untuk memahami karakteristik gelombang di laut dalam serta dampaknya di garis pantai. Perhitungan ini menjadi dasar dalam mengkaji fenomena gelombang dan pengaruhnya terhadap angkutan sedimen. Berikut ini adalah langkah-langkah penghitungan parameter gelombang yang digunakan.

1. Menghitung panjang gelombang di laut dalam

Panjang gelombang di laut dalam dihitung berdasarkan periode gelombang dan gravitasi. Perhitungan ini penting untuk memahami jarak antar puncak gelombang di laut dalam, yang merupakan langkah awal dalam mempelajari karakteristik gelombang. Menghitung panjang gelombang di laut dalam menggunakan persamaan yang Rumus yang digunakan adalah:

$$L_0 = \frac{T^2 g}{2\pi} = 1.56 T^2 \quad (2)$$

Keterangan :

L_0 = Panjang gelombang di laut dalam (m)
 T = Periode gelombang
 g = gravitasi

2. Menghitung cepat rambat gelombang di laut dalam

Cepat rambat gelombang di laut dalam dapat dihitung dengan membagi panjang gelombang dengan periode gelombang. Hal ini memberikan informasi tentang kecepatan gelombang bergerak di laut dalam. Rumusnya adalah:

$$c_0 = \frac{L_0}{T} \quad (3)$$

Keterangan :

c_0 = Cepat rambat gelombang di laut dalam (m/s)

3. Menghitung kedalaman air di garis pecah gelombang

Kedalaman air di garis pecah gelombang penting untuk menentukan titik dimana gelombang mulai pecah. Kedalaman ini dipengaruhi oleh tinggi gelombang signifikan di laut dalam, cepat rambat gelombang, serta sudut datang gelombang. Persamaan yang digunakan adalah:

$$h_{br} = (H_{s,0}^2 c_0 * \cos\theta_0) / (\alpha \gamma^2 g^{0.5})^{0.4} \quad (4)$$

Keterangan :

h_{br} = Kedalaman air di garis pecah gelombang (m)
 $H_{s,0}$ = Tinggi gelombang signifikan di laut dalam (m)
 γ = Koefisien pemecah gelombang
 α = Koefisien kalibrasi

4. Menghitung tinggi gelombang signifikan di garis pecah

Tinggi gelombang signifikan di garis pecah gelombang adalah tinggi rata-rata dari sekelompok gelombang tertinggi yang mencapai pantai. Nilai ini dihitung dengan menggunakan rumus:

$$H_{s,br} = \gamma/h_{br} \quad (5)$$

Keterangan :

$H_{s,br}$ = Tinggi gelombang signifikan di garis pecah gelombang (m)

5. Menghitung panjang gelombang di garis pecah

Panjang gelombang di garis pecah dihitung untuk mengetahui jarak antar puncak gelombang di area yang lebih dekat ke pantai, yang sangat dipengaruhi oleh kedalaman air dan faktor topografi dasar laut. Persamaannya adalah:

$$L_{br} = \frac{2\pi h_B}{(y^2 + \sqrt{y}/s)} \quad (6)$$

dengan

$$y = \frac{h_b \sigma^2}{g}$$

$$s = 1 + 0.666y + 0.355y^2 + 0.16y^3 + 0.0632y^4 + 0.0218y^5 + 0.00654y^6$$

Keterangan :

L_{br} = Panjang gelombang di garis pecah (m)

6. Menghitung sudut datang gelombang di garis pecah

Sudut datang gelombang di garis pecah memberikan informasi tentang arah gelombang saat mendekati pantai. Nilai sudut ini dihitung dengan persamaan:

$$\theta_{br} = \left(\frac{c_{br}}{c_o} \right) \sin \theta_o \quad (7)$$

Keterangan :

θ_{br} = Sudut datang gelombang di garis pecah

c_{br} = Cepat rambat gelombang di garis pecah = $c_{br} = \frac{L_{br}}{T}$

7. Menghitung komponen sudut gelombang pecah

$$\sin(2 \theta_{br}) = \sin(2 * \theta_{br}/180 * 3,141) \quad (8)$$

8. Menghitung *factor swell*

Factor swell menggambarkan pengaruh gelombang lautan yang datang dari jarak jauh (*swell*) terhadap pantai. Pengaruh ini diperhitungkan dengan rumus:

$$K_{swell} = (1 - P_{swell}/100) * 1 + (P_{swell}/100) * 1,5 \quad (9)$$

2.3.3 Analisis Angkutan sedimen

Analisis angkutan sedimen penting untuk memahami perpindahan massa sedimen sejajar pantai yang disebabkan oleh arus dan gelombang. Beberapa metode digunakan dalam analisis ini, antara lain Kamphuis, CERC, dan Van Rijn. Penelitian ini dilakukan untuk melihat angkutan sedimen sejajar pantai yang terjadi pada 7

wilayah Penelitian yang telah ditentukan. Hasil dari pengolahan data gelombang yang telah dilakukan kemudian akan dijadikan input untuk menghitung angkutan sedimen sejajar pantai dengan menggunakan persamaan berikut:

1. Kamphuis 2013

Kamphuis mengembangkan persamaan yang digunakan untuk menghitung angkutan sedimen berdasarkan parameter-parameter gelombang dan sedimen:

$$Q_{t, \text{mass}} = 0,15 \rho_s / (\rho_s - \rho) (T_p)^{0,89} (\tan \beta)^{0,86} (d_{50})^{-0,69} (H_{s, \text{br}})^{2,75} [\sin(2 \theta_{\text{br}})] \quad (12)$$

Keterangan :

$Q_{t, \text{mass}}$ = Longshore transport (kg/s)

d_{50} = diameter sedimen rata-rata (m)

2. CERC

Persamaan CERC digunakan untuk menghitung angkutan sedimen dengan mempertimbangkan faktor porositas sedimen. Persamaan ini adalah:

$$Q_{t, \text{mass}} = 0,023 (1 - p) \rho_s * g^{0,5} (\gamma)^{-0,51} (H_{s, \text{br}})^{2,5} \sin(2 \theta_{\text{br}}) \quad (13)$$

Keterangan :

p = Faktor porositas

ρ_s = Densitas sedimen (kg/m³)

3. Van Rijn 2014

Van Rijn juga mengembangkan persamaan untuk menghitung angkutan sedimen yang mempertimbangkan faktor swell. Persamaan yang digunakan adalah:

$$Q_{t, \text{mass}} = 0,00018 * K_{\text{swell}} * \rho_s * g^{0,5} (\tan \beta)^{0,4} (d_{50})^{-0,6} (H_{s, \text{br}})^{3,1} \sin(2 \theta_{\text{br}}) \quad (14)$$

2.3.4 Keunggulan dan Keterbatasan Metode

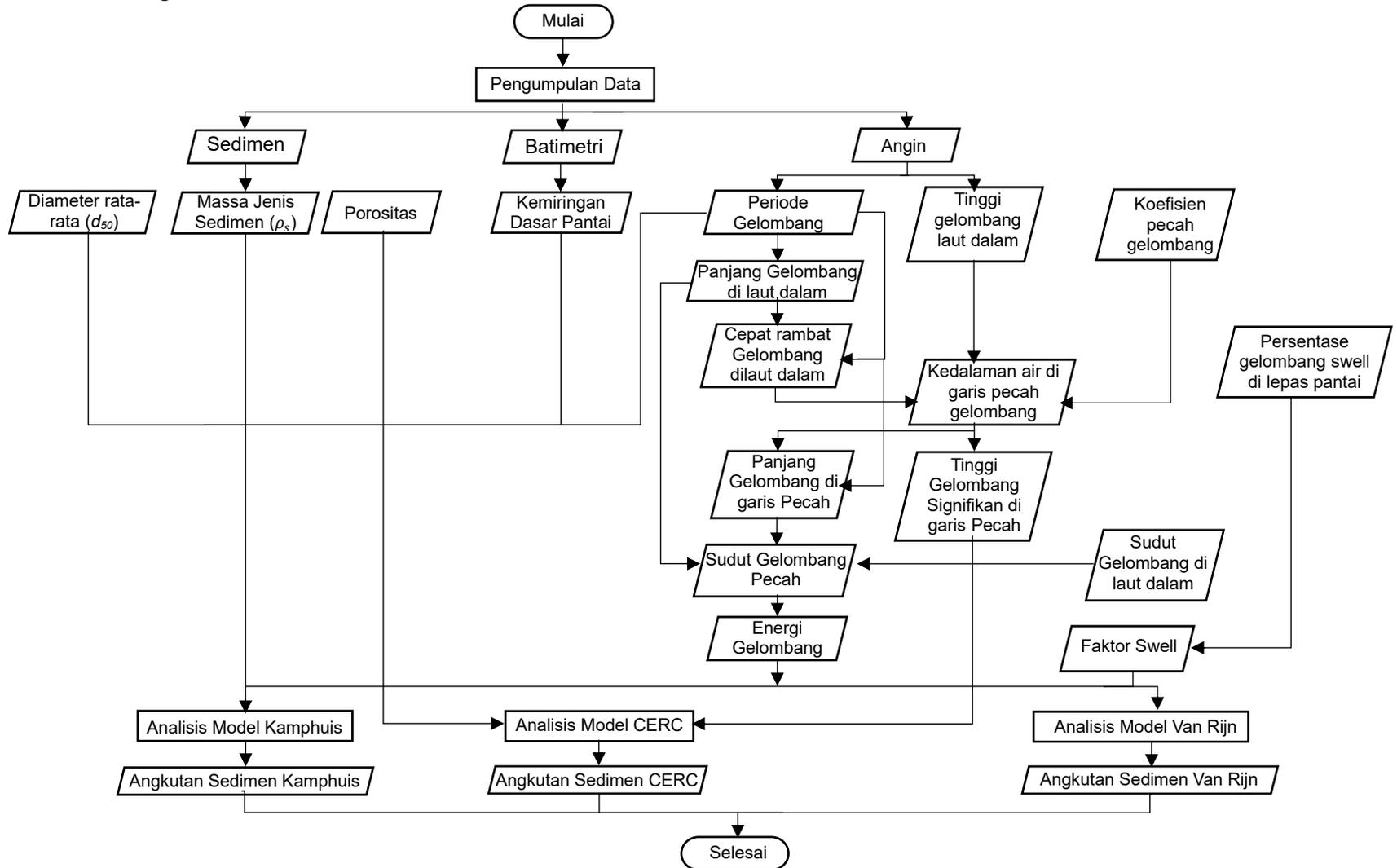
Angkutan sedimen akibat pengaruh gelombang dengan menggunakan tiga metode (Kamphuis, CERC, dan van Rijn) memiliki keunggulan dan keterbatasan.

Dari ketiga metode yang digunakan memiliki nilai angkutan sedimen yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh parameter yang digunakan pada metode Kamphuis (2013), CERC (1984), dan metode van Rijn (2014). Ketiga metode juga menggunakan koefisien yang berbeda dalam persamaannya yang ditandai dengan simbol (f), seperti yang terdapat pada Tabel 7 dan dapat dilihat di persamaan (12), (13), dan (14).

Tabel 1. Perbedaan metode angkutan sedimen (Kamphuis, CERC, dan Van Rijn)

Metode	Persamaan	Perbandingan Metode	
		Parameter Input Persamaan	Fokus Persamaan
Kamphuis (2013)	$Q_{t,mass} = f(\rho_s, T_p, \tan \beta, d_{50}, H_{s,br}, \theta_{br})$	Densitas sedimen (ρ_s)	Kamphuis fokus pada dinamika gelombang dan profil pantai (mempertimbangkan kemiringan pantai). Untuk sedimen hanya menggunakan parameter diameter butir dan densitas sedimen, tidak memasukkan parameter porositas.
		Periode gelombang (T_p)	
		Kemiringan Pantai ($\tan \beta$)	
		Ukuran butir sedimen (d_{50})	
		Tinggi gelombang pecah ($H_{s,br}$)	
		Sudut datang gelombang pecah (θ_{br})	
CERC (1984)	$Q_{t,mass} = f(\rho_s, p, H_{s,br}, \theta_{br})$	Densitas sedimen (ρ_s)	CERC menambahkan parameter porositas dan densitas sedimen, serta parameter gelombang yang lebih detail (tinggi gelombang pecah dan sudut datang gelombang pecah).
		Porositas (p)	
		Tinggi gelombang pecah ($H_{s,br}$)	
		Sudut datang gelombang pecah (θ_{br})	
Van Rijn (2014)	$Q_{t,mass} = f(K_{swell}, \rho_s, \tan \beta, d_{50}, H_{s,br}, \theta_{br})$	Faktor Swell (K_{swell})	Van Rijn memperhatikan profil pantai (kemiringan pantai, densitas sedimen, dan ukuran butir sedimen. Hampir sama dengan metode Kamphuis, namun Van Rijn menambahkan pengaruh gelombang Swell.
		Densitas sedimen (ρ_s)	
		Kemiringan Pantai ($\tan \beta$)	
		Ukuran butir sedimen (d_{50})	
		Tinggi gelombang pecah ($H_{s,br}$)	
		Sudut datang gelombang pecah (θ_{br})	

2.4 Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir