

STUDI KOMPARATIF TRANSPOR SEDIMEN DENGAN MENGGUNAKAN METODE CALDWELL DAN METODE CERC DI PANGKALAN PENDARATAN IKAN DONGGALA**Setiyawan^{1*} dan Gaby Larasati²**^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako

Jl. Soekarno-Hatta Km. 9 Palu, Sulawesi Tengah.

*Email: setiyawanvip@yahoo.co.id

Abstrak

Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Donggala adalah salah satu pelabuhan ikan yang berada di Sulawesi Tengah tepatnya di Kelurahan Labuan Bajo, Kecamatan Banawa, Kabupaten Donggala yang sepanjang desanya berada di pesisir pantai laut lepas. Adanya perubahan garis pantai di Pangkalan Pendaratan Ikan Donggala disebabkan oleh transpor sedimen yang terjadi akibat angin dan gelombang datang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sedimen, berapa besar jumlah transpor sedimen sejajar pantai yang terjadi pertahun, dan perbandingan besar jumlah transpor sedimen selama 10 tahun dengan menggunakan Metode Caldwell dan Metode CERC. Analisis karakteristik sedimen dilakukan dengan pengujian yang dilakukan di laboratorium dengan parameter-parameter yang dianalisis yaitu : berat jenis sedimen, distribusi ukuran butir sedimen dan kecepatan endap. Untuk menghitung angkutan sedimen banyak metode yang dapat digunakan diantaranya Metode Caldwell dan Metode CERC. Dari hasil analisis sedimentasi didapatkan fraksi sedimen yaitu pasir dengan diameter beragam yaitu $\phi_{\min} = 0,075$ mm dan $\phi_{\max} = 25$ mm, berat jenis sedimen $\gamma_{\min} = 2,604$ g/cm³ dan $\gamma_{\max} = 2,678$ g/cm³ dan kecepatan endap $W_{\min} = 0,251$ m/det dan $W_{\max} = 9,946$ m/det. Dari perhitungan analisis angkutan sedimen Metode Caldwell jumlah angkutan sedimen maksimum terjadi pada Tahun 2009 sebesar 0,956 m³/tahun, sedangkan Metode CERC jumlah angkutan sedimen maksimum terjadi pada Tahun 2009 sebesar 0,210 m³/tahun. Dari perhitungan analisa angkutan sedimen ada yang di tinjau selama 10 tahun diperoleh nilai dengan Metode Caldwell $Q_s = 3,353$ m³/tahun, sedangkan dengan Metode CERC $Q_s = 0,705$ m³/tahun sehingga jumlah angkutan sedimen dengan menggunakan Metode Caldwell lebih besar dibandingkan dengan Metode CERC.

Kata kunci: Transpor Sedimen, Caldwell, CERC, PPI Donggala**Abstract**

Donggala Fish Landing Port (PPI) is a fish port located in Central Sulawesi, precisely in Labuan Bajo Village, Banawa District, Donggala Regency, which is located along the high seas coast. The change in shoreline at the Donggala Fish Landing Base is caused by sediment transport that occurs due to wind and incoming waves. This study aims to determine the sediment characteristics, the amount of longshore sediment transport that occurs per year, and the ratio of the amount of sediment transport for 10 years using the Caldwell method and the CERC method. Analysis of sediment characteristics was carried out by testing carried out in the laboratory with the analyzed parameters, namely: sediment density, sediment grain size distribution and sedimentation velocity. There are many methods that can be used to calculate sediment transport, including the Caldwell method and the CERC method. The results of the sedimentation analysis, it is found that the sediment fraction is sand with various diameters, namely $\phi_{\min} = 0.075$ mm and $\phi_{\max} = 25$ mm, sediment density $\gamma_{\min} = 2,604$ g/cm³ and $\gamma_{\max} = 2,678$ g/cm³ and sedimentation velocity $W_{\min} = 0.251$ m/s and $W_{\max} = 9,946$ m/s. From the calculation of sediment transport analysis using the Caldwell method, the maximum amount of sediment transport that occurred in 2009 was 0,956 m³/year and for the CERC method, the maximum amount of sediment transport occurred in 2009 was 0,210 m³/year. The calculation of sediment transport analysis that was reviewed for 10 years, the value obtained by the Caldwell method $Q_s = 3,353$ m³/year, while the CERC method $Q_s = 0,705$ m³/year so that the amount of sediment transport using the Caldwell method is greater than using the CERC method.

Key words: Sediment Transport, Caldwell, CERC, Donggala PPI

1. Pendahuluan

Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Donggala adalah salah satu pelabuhan ikan yang berada di Sulawesi Tengah tepatnya di Kelurahan Labuan Bajo, Kecamatan Banawa, Kabupaten Donggala yang sepanjang desanya berada di pesisir pantai laut lepas. Terjadinya gempa dan tsunami pada tahun 2018 silam menyebabkan beberapa kerusakan pada fasilitas dermaga yang berada di Pangkalan Pendaratan Ikan Donggala sehingga perlu dilakukan perbaikan dengan perencanaan pembangunan pelabuhan. Studi tentang angkutan sedimen ini penting dilakukan di daerah tersebut sebagai data untuk mendukung perencanaan pembangunan dermaga.

Dari gambar peta *Google Earth* untuk Pangkalan Pendaratan Ikan Donggala pada tahun 2015 dan tahun 2018 terlihat adanya perubahan pada garis pantai yang cukup signifikan sehingga Pangkalan Pendaratan Ikan Donggala berpotensi mengalami pendangkalan pantai yang merupakan dampak dari adanya sedimentasi.

Sedimen yang terlalu banyak mengendap disekitar pelabuhan dapat merubah kedalaman dermaga yang dapat berpengaruh pada dermaga tambat labuh sehingga mengganggu aktivitas kapal bersandar untuk melakukan aktivitas bongkar muat ikan hingga akhirnya mengurangi fungsi dari pelabuhan tersebut. Pergerakan sedimen dipengaruhi oleh aktivitas gelombang, arus, pasang surut, dan angin.

Maka diperlukan suatu analisis angkutan sedimen menggunakan persamaan Metode Caldwell dan Metode CERC agar dapat diketahui jumlah transportasi sedimen yang dihasilkan tanpa memperhitungkan sifat-sifat sedimen dasarnya, rumus yang ada untuk menghitung transpor sedimen sepanjang pantai dikembangkan berdasar data pengukuran model dan prototip pada pantai berpasir. Rumus yang digunakan memberikan perbandingan hasil tranpor sedimen yang cukup besar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sedimen dan jumlah transpor sedimen dalam kurun waktu setahun dan selama 10 tahun.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Sedimen Pantai

Menurut Anwas (1994), Sedimentasi adalah peristiwa pengendapan batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin. Pada saat pengikisan terjadi, air membawa batuan mengalir ke sungai, danau, dan akhirnya sampai ke laut. Pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air. Karena itu pengendapan ini bisa terjadi di sungai, danau dan laut. Batuan hasil pelapukan secara berangsur diangkut ke tempat lain oleh tenaga air, angin, dan gletser (es yang mengalir secara lambat). Air mengalir di permukaan tanah atau sungai membawa batuan halus baik terapung, melayang atau digeser di dasar sungai menuju tempat yang lebih rendah. Hembusan angin juga dapat mengangkut debu, pasir, bahkan bahan material yang lebih rendah.

Hembusan angin juga dapat mengangkut debu, pasir, bahkan bahan material yang lebih besar. Makin kuat hembusan itu, maka besar pula daya agkutnya.

2.2.Sifat-sifat Sedimen Pantai

Sifat-sifat sedimen sangat penting di dalam mempelajari proses erosi dan sedimentasi. Sifat-sifat tersebut adalah ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, berat jenis, bentuk, kecepatan endap,dan sebagainya. Di antara beberapa sifat tersebut, distribusi ukuran butir adalah yang paling penting (Khatib, 2013).

Sedimen pantai diklasifikasikan berdasarkan ukuran butir menjadi lempung, lumpur, pasir, kerikil, koral (pebble) batu kerikil, batu bulat (cobble), dan batu (boulder). Tabel 1 menunjukkan klasifikasi yang banyak digunakan dalam bidang teknik pantai (CERC, 1984). Berdasarkan klasifikasi tersebut pasir mempunyai diameter antara 0,063 dan 2 mm yang selanjutnya dibedakan menjadi lima kelas. Material sangat halus seperti lumpur dan lempung berdiameter di bawah 0,063 mm yang merupakan sedimen kohesif (CERC, 1984).

Tabel 1. Klasifikasi Ukuran Butiran Sedimen

Klasifikasi	Diameter Partikel		
	mm	Satuan phi	
Batu	256	-8	
Cobble	128	-7	
	64	-6	
Koral (Pebble)	Besar	32	-5
	Sedang	16	-4
	Kecil	8	-3
	Sangat Kecil	4	-2
Kerikil		2	-1
	Sangat kasar	1	0
	Kasar	0,5	1
	Sedang	0,25	2
	Halus	0,125	3
Pasir	Sangat Halus	0,063	4
	Kasar	0,031	5
	Sedang	0,015	6
	Halus	0,0075	7
Lumpur	Sangat Halus	0,0037	8
	Kasar	0,0018	9
	Sedang	0,0009	10
	Halus	0,0005	11
Lempung	Sangat Halus	0,0003	12

Untuk mengukur derajat penyebaran ukuran butir terhadap nilai rerata sering digunakan koefisien S_0 yang didefinisikan sebagai berikut :

$$S_0 = \sqrt{\frac{D_{75}}{D_{25}}} \quad (1)$$

dimana :

S_0 = derajat penyebaran ukuran butir terhadap nilai rerata

D_{75} = ukuran Sedimen dengan presentase lolos 75%

D_{25} = ukuran Sedimen dengan presentase lolos 25%

Rapat massa ρ adalah massa tiap satuan volume, sedangkan berat jenis γ adalah berat tiap satuan volume. Terdapat hubungan antara berat jenis dan rapat massa, yang mempunyai bentuk $\gamma = \rho \cdot g$. Rapat massa atau berat jenis sedimen merupakan fungsi dari komposisi mineral. Rapat relatif adalah perbandingan antara rapat massa suatu zat dengan rapat massa air pada 4°. Rapat massa air pada temperatur tersebut adalah 1000 kg/m³ rapat relatif pasir adalah sekitar 2,65.

2.3. Kecepatan Endapan

Kecepatan endap butir sedimen juga penting di dalam mempelajari mekanisme angkutan sedimen. Untuk sedimen nonkohesif, seperti pasir, kecepatan endap dapat dihitung dengan rumus Stokes yang tergantung pada rapat massa sedimen dan air, viskositas air, dimensi dan bentuk partikel sedimen. Analisa saringan selain bertujuan menentukan ukuran butir sedimen juga bermaksud untuk menentukan kecepatan mengendap butir-butir tanah di dalam air dengan menggunakan hukum Stoke, dengan rumus (SNI 3423, 2008) :

$$V = \frac{1}{18} \frac{Dg}{\mu} (\gamma_s - \gamma_w) \quad (2)$$

Diketahui berat isi butir didapatkan dari hasil pengujian laboratorium dengan satuan kg/m³ dan rapat massa air 1000 kg/m³ (Triatmodjo, 2016).

2.4. Angkutan Sedimen Pantai

Angkutan sedimen pantai adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Angkutan sedimen pantai dapat diklasifikasikan menjadi angkutan menuju dan meninggalkan pantai (*onshore-offshore transport*) dan angkutan sepanjang pantai (*longshore transport*). Angkutan menuju dan meninggalkan pantai mempunyai arah rata-rata tegak lurus garis pantai, sedangkan angkutan sepanjang pantai mempunyai arah rata-rata sejajar pantai (Romdania, 2010).

Angkutan sedimen menyusur pantai (*Longshore Sediment Transport*) atau angkutan sejajar pantai ini termasuk bagian dari *Littoral Process* yang merupakan hasil interaksi antara angin, gelombang, arus, pasang surut, sedimen (pasir), dan kejadian-kejadian lainnya di daerah pesisir.

Setiawan

Model yang paling banyak digunakan untuk memperkirakan total laju transpor sedimen sepanjang pantai adalah formula "CERC" (*Shore Protection Manual* (SPM), 1984). CERC (1984) mengatakan bahwa penggambaran dari laju perpindahan sedimen sepanjang pantai adalah dengan laju perpindahan berat basah (*immersed weight*) I_1 yang dihubungkan dengan laju perpindahan volume. Rumus angkutan sedimen sepanjang pantai yang digunakan :

$$Q_s = KP I_1^n \quad (3)$$

$$P_1 = \frac{\rho \times g}{8} H_b^2 \cdot C_b \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b$$

(4)

dengan :

Q_s = Jumlah angkutan sedimen sejajar pantai ($m^3/hari$)

P_1 = Komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai pada saat pecah ($Nm/d/m$)

ρ = Rapat massa air laut (kg/m^3)

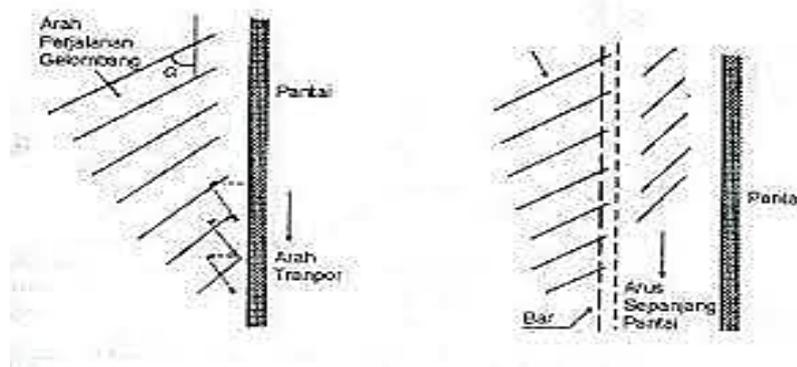
ρ_s = Rapat massa pasir (kg/m^3)

H_b = Tinggi gelombang pecah (m)

C_b = Cepat rambat gelombang pecah (m/det)

α_b = Sudut gelombang pecah ($^\circ$)

K, n = Konstanta



Gambar 1. Transpor Sedimen Sepanjang Pantai

Dalam penelitian ini, menghitung jumlah transpor sedimen dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu Metode Caldwell, Metode CERC dan juga sebagai pembandingan dilakukan perhitungan menggunakan Metode US Army (Triatmodjo, 2016).

Rumus Caldwell dapat dipergunakan dengan data gelombang sebagai berikut :

$$Q_s = 1,200 \times P_1^{0,8} \quad (5)$$

Rumus CERC dapat dipergunakan dengan data gelombang sebagai berikut :

$$Q_s = 0,401 P_1 \quad (6)$$

Rumus US Army dapat dipergunakan dengan data gelombang sebagai berikut :

$$Q_s = \frac{K}{(\rho_s - \rho) \cdot g \cdot (1 - n)} P1 \quad (7)$$

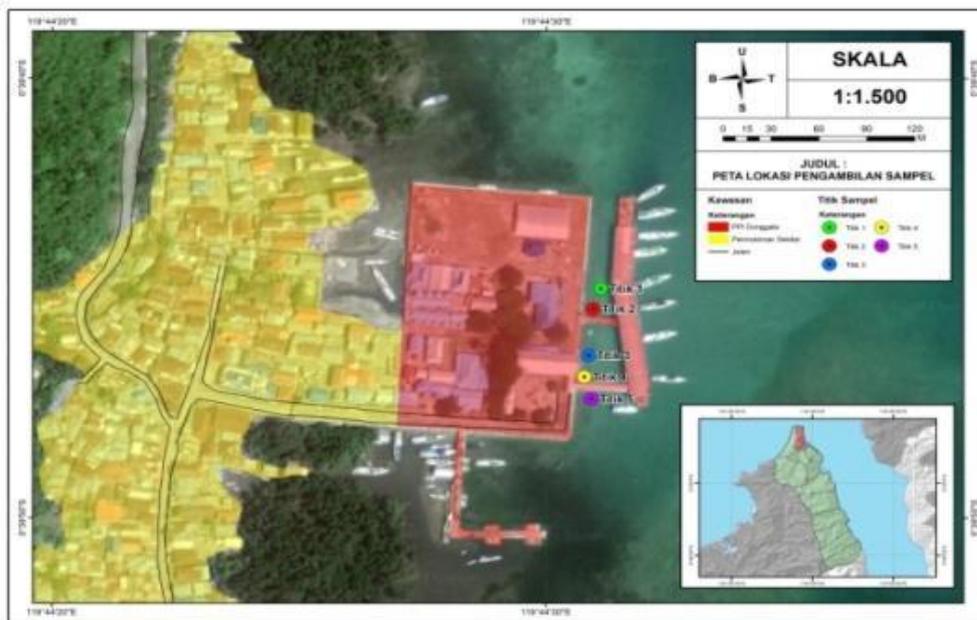
Adapun kesimpulan untuk syarat validasi rumus metode CERC dan Caldwell diturunkan dengan beberapa anggapan atau penyederhanaan sebagai berikut :

1. Diturunkan untuk kondisi pantai berpasir dengan diameter butiran antara 175 μm – 1000 μm untuk CERC, dan untuk Caldwell butiran yang lolos dalam saringan ditekan pada ukuran pasir sangat kasar (2 mm) sampai pasir sangat halus (0,125 mm).
2. Kemiringan pantai dan tipe pecahnya gelombang juga diabaikan.
3. Rumus CERC dan Caldwell tidak berlaku untuk tanah timbunan dan berkohesi.
4. Gaya-gaya yang bekerja pada air hanya gaya gelombang.
5. Rumus CERC dan Caldwell hanya dapat dipakai untuk menentukan angkutan total, jadi tidak memberikan informasi tentang distribusi angkutan pada kedalaman tertentu.

3. Metode Penelitian

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Pangkalan Pendaratan Ikan Donggala yang terletak di jalan Karang Ria, Kelurahan Labuan Bajo, Kecamatan Banawa, Kabupaten Donggala, Provinsi Sulawesi Tengah yang berjarak \pm 43 km dari Kota Palu. Dengan koordinat lokasi di Pangkalan Pendaratan Ikan Donggala yaitu 0°39'45" LS dan 119°44'29" BT.



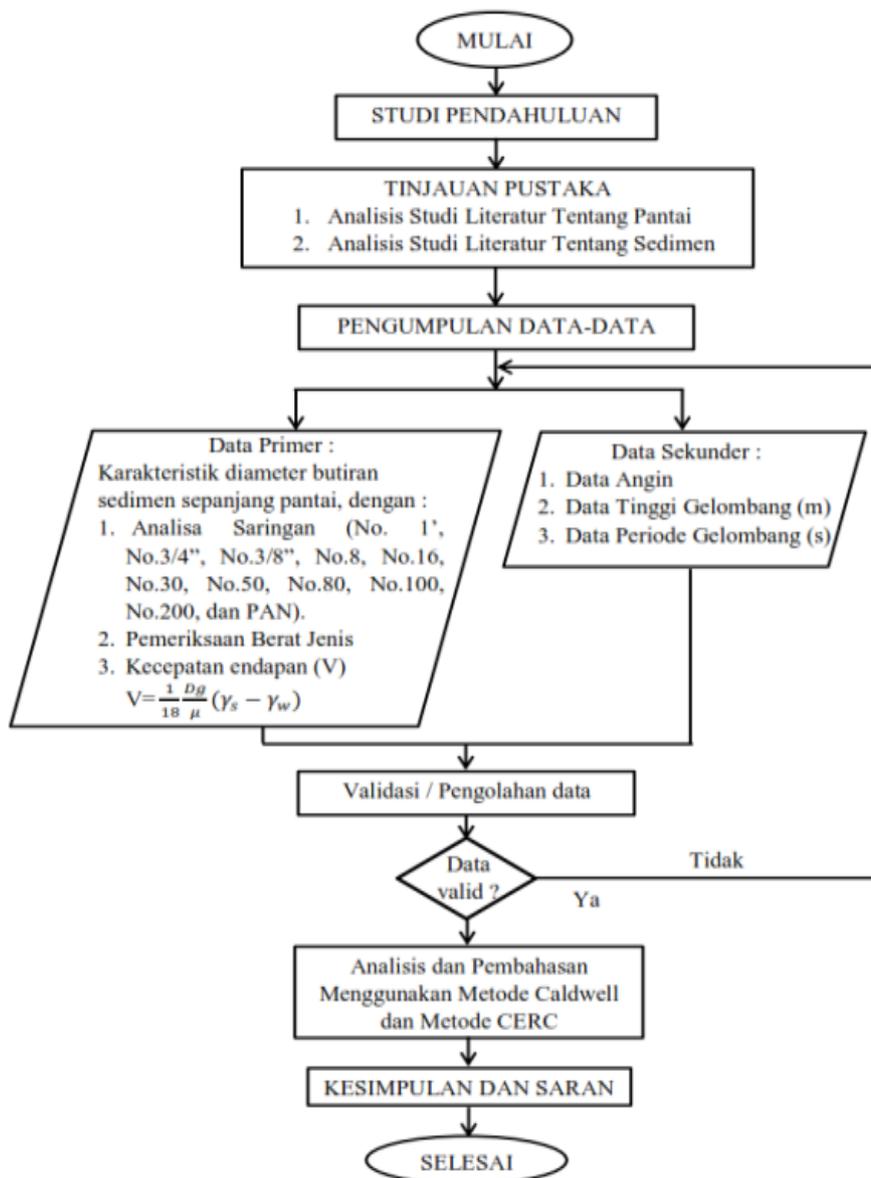
Gambar 2. Lokasi Titik Penelitian

3.2 Pengumpulan Data

Beberapa data yang digunakan dalam studi ini antara lain:

1. Data Primer, data yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian berupa sampel sedimen yang diambil pada 5 titik yang berbeda untuk dilakukan pengujian karakteristik butiran sedimen di Pangkalan Pendaratan Ikan Donggala.
2. Data Sekunder, data yang diperoleh dari instansi dan sumber lain berupa data angin dan data gelombang untuk mendapatkan jumlah angkutan sedimen di Pangkalan Pendaratan Ikan Donggala.

3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Berat Jenis Sedimen

Berat jenis didefinisikan sebagai perbandingan antara berat butir tanah dan berat air suling dengan isi yang sama dan pada suhu tertentu.

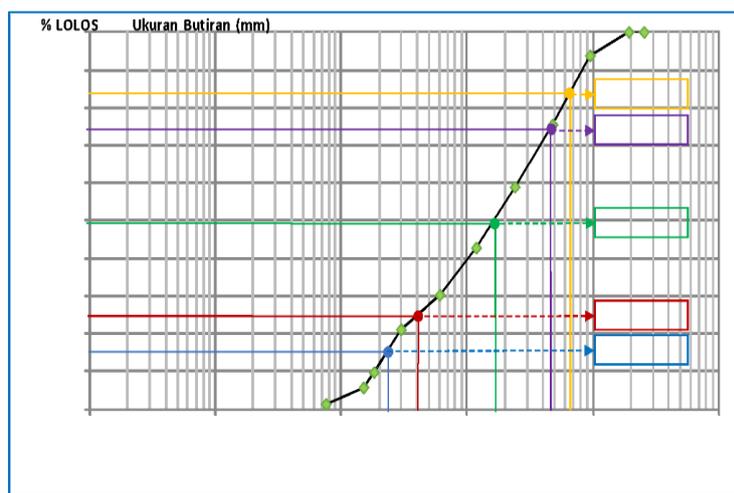
Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Sedimen

Sampel Titik	Berat Jenis Sedimen (g/cm ³)
I	2.648
II	2.626
III	2.604
IV	2.624
V	2.678
Rata-rata	2.636

Dari Tabel 2 terlihat bahwa terdapat perbedaan berat jenis sedimen pada titik I, II, III, IV, dan V dimana berat jenis sedimen pada titik V lebih besar dibandingkan dengan berat jenis sedimen titik yang lain. Perbedaan ini dipengaruhi oleh posisi titik. Pengambilan sampel di titik V ini berada di bagian dermaga yang langsung bertemu dengan laut lepas dimana daerah itu tidak terhalangi oleh pondasi dermaga sehingga material sedimen mengendap lebih besar jika dibandingkan dengan titik I, II, III, dan IV.

4.2. Distribusi Ukuran Butiran

Distribusi ukuran butiran dianalisis dengan analisa saringan untuk lima sampel dilakukan dengan penyaringan secara kering dan kemudian dipersentasekan dalam bentuk kurva persentase berat kumulatif.



Gambar 4. Kurva Distribusi Ukuran Butir Sampel di Titik 1

Berdasarkan grafik distribusi ukuran butir didapatkan nilai diameter sedimen D_{16} , D_{25} , D_{60} , D_{75} , dan D_{84} . Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Analisis Ukuran Butir Sedimen

NO	URAIAN PEMERIKSAAN	SATUA N	SAMPEL				
			I	II	III	IV	V
1	D16	mm	0.24	0.39	0.4 0	0.50	0.3 5
2	D25	mm	0.40	0.90	0.6 0	1.10	0.6 2
3	D50	mm	1.80	3.20	1.5 0	2.60	1.8 0
4	D75	mm	4.70	7.00	3.9 0	5.00	3.6 0
5	D84	mm	6.50	9.50	6.0 0	7.00	4.5 0
6	C_u		13.8 9	18.7 5	6.6 7	11.7 2	9.2 3
7	C_c		0.80	1.56	0.8 2	1.99	1.0 3

4.3. Kecepatan Endap Sedimen

Berdasarkan perhitungan distribusi ukuran butir sedimen, maka kecepatan endap sedimen dapat dihitung untuk masing-masing diameter sedimen. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kecepatan Endap

No	Sampel Titik				
	I	II	III	IV	V
	Diameter (m)				
1	0.00024	0.00039	0.0004	0.0005	0.0004
2	0.00040	0.00090	0.0006	0.0011	0.0006
3	0.00180	0.00320	0.0015	0.0026	0.0018
4	0.00470	0.00700	0.0039	0.0050	0.0036
5	0.00650	0.00950	0.0060	0.0070	0.0045
	Kecepatan Endap (m/det)				
6	0.251	0.408	0.419	0.523	0.366
7	0.419	0.942	0.628	1.152	0.649
8	1.885	3.350	1.570	2.722	1.885
9	4.921	7.329	4.083	5.235	3.769
10	6.805	9.946	6.282	7.329	4.711

Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa kecepatan endap dari butir-butir sedimen berbeda-beda, tergantung dari ukuran butir sedimen tersebut. Ukuran butir yang lebih besar akan mengalami sedimentasi (mengendap) terlebih dahulu dengan kecepatan mengendap lebih besar dari butiran yang lebih kecil dan lebih ringan.

4.4. Analisis Angkutan Sedimen

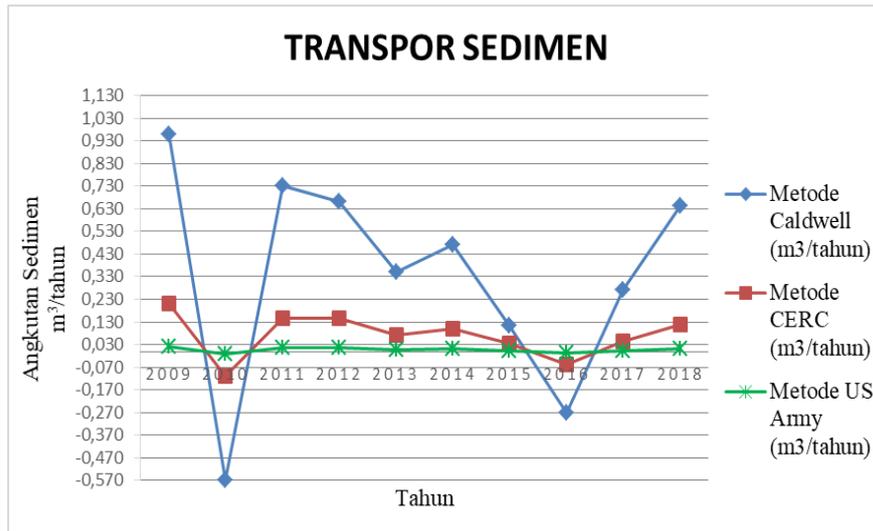
Besarnya transpor sedimen dihitung dengan menggunakan metode Caldwell, metode CERC dan metode US Army seperti yang telah disajikan sebelumnya. Tabel 5 menampilkan besarnya transpor sedimen yang bergerak ke arah selatan. Dengan menganggap gelombang yang berasal dari utara menyebabkan transpor sedimen ke arah selatan. Hasil perhitungan transpor sedimen pertahun dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Transpor Sedimen Pertahun di PPI Donggala

No	Tahun	Metode Caldwell (m ³ /tahun)	Metode CERC (m ³ /tahun)	Metode US Army (m ³ /tahun)
1	2009	0.956	0.210	0.022
2	2010	-0.570	-0.111	-0.011
3	2011	0.731	0.146	0.015
4	2012	0.661	0.149	0.015
5	2013	0.350	0.071	0.007
6	2014	0.470	0.099	0.010
7	2015	0.113	0.035	0.004
8	2016	-0.273	-0.056	-0.006
9	2017	0.273	0.042	0.004
10	2018	0.641	0.119	0.012

Jadi untuk metode Caldwell, metode CERC, dan metode US Army jumlah angkutan sedimen maksimum terjadi pada tahun 2009 dan jumlah angkutan sedimen minimum terjadi pada tahun 2010. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

Dari hasil analisis transpor sedimen selama 10 tahun dapat diketahui bahwa angkutan sedimen mengalami ketidakseimbangan antara sedimen yang datang dan sedimen yang pergi yang diakibatkan oleh gelombang yang datang. Hal tersebut mengakibatkan pengendapan sedimen pada daerah Pangkalan Pendaratan Ikan Donggala.



Gambar 5. Grafik Jumlah Angkutan Sedimen Pertahun

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik sedimen yang terdapat di kawasan Pangkalan Pendaratan Ikan Donggala umumnya berupa butiran pasir dengan diameter $\phi_{\min} = 0,075$ mm dan $\phi_{\max} = 25$ mm, berat jenis sedimen $\gamma_{\min} = 2,604$ g/cm³ dan $\gamma_{\max} = 2,678$ g/cm³ dan kecepatan endap $W_{\min} = 0,251$ m/det dan $W_{\max} = 9,946$ m/det.
2. Dari perhitungan analisis angkutan sedimen dengan menggunakan Metode Caldwell, Metode CERC, dan Metode US Army. Jumlah angkutan sedimen maksimum terjadi pada tahun 2009 yaitu sebesar 0,956 m³/tahun untuk Metode Caldwell, untuk Metode CERC jumlah angkutan sedimen maksimum terjadi pada tahun 2009 sebesar 0,210 m³/tahun, dan untuk Metode US Army jumlah angkutan sedimen maksimum terjadi pada tahun 2009 sebesar 0,022 m³/tahun.
3. Dari perhitungan analisis angkutan sedimen yang ditinjau selama 10 tahun diperoleh nilai Q_s untuk Metode Caldwell sebesar 3,353 m³/tahun. Sedangkan jumlah angkutan sedimen dengan menggunakan Metode CERC selama 10 tahun yaitu sebesar 0,705 m³/tahun dan untuk jumlah angkutan sedimen dengan menggunakan Metode US Army selama 10 tahun yaitu sebesar 0,073 m³/tahun. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa jumlah angkutan sedimen dengan menggunakan Metode Caldwell lebih besar dibandingkan dengan jumlah angkutan sedimen dengan menggunakan Metode CERC dan Metode US Army. Jika melihat syarat penggunaan rumus untuk Metode Caldwell dan Metode CERC sudah bisa dipastikan bahwa yang lebih besar adalah Metode Caldwell dimana syarat untuk ukuran butiran yang terangkut berkisar antara 2 mm – 0,125 mm lebih besar dibandingkan Metode CERC yang menggunakan syarat 175

mikrometer - 1000 mikrometer dan Metode US Army. Maka semakin besar ukuran butiran yang bisa terangkut maka semakin banyak juga jumlah sedimen yang terbawa.

6. Daftar Pustaka

- Aminullah, A. A., Baskoro, M. S., Imron, M., & Solihin, I. (2021). Kesesuaian Teknis Dan Operasional Pangkalan Pendaratan Ikan Donggala Dengan PERMEN-KP RI Nomor PER.08/MEN/2012 Tentang Kepelabuhanan Perikanan. *Marine Fisheries: Journal of Marine Fisheries Technology and Management*, 114.
- Anwas, O. (1994). *Bentuk Muka Bumi Geografi Kelas Satu*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- CERC. (1984). *Shore Protection Manual*. Washington: US Army Corps Of Engineers.
- Darmadi, D. (2010). *Analisis Proses Sedimentasi Yang Terjadi Akibat Adanya Breakwater di Pantai Balongan Indramayu*. Indramayu.
- Ernest, S. (2006). Longshore Sediment Transport Rate Calculated Incorporating Wave Orbital Velocity Fluctuations. *US Army Corps of Engineers*, pp. 10-19.
- Khatib, A., Adriati, Y., & Wahyudi, A. E. (2013). *Analisis Sedimentasi dan Alternatif Penanganannya di Pelabuhan Selat Baru Bengkalis*. Makalah dalam Konferensi Nasional Teknik Sipil, 7, 24-26.
- Muliati, Y. (2020). *Rekayasa Pantai*. Bandung: Penbit itenas.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2008). *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Berdasarkan SNI 3423*. Bandung.
- Romdania, Y. (2010). Analisis Kasus Sedimentasi di Tiga Titik Kawasan Water Front City. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Lampung*, 14.
- Setiyawan. (2008). *Kajian Perubahan Garis Pantai Talise Sebagai Konsep "Transit City" Kota Palu Propinsi Sulawesi Tengah*. Bandung: ITB.
- Suardi, S. (2015). *Laju Angkutan Sedimen Disekitar Reklamasi Pantai Tanjung Bunga*. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Thambrand. (2015). *Laju Angkutan Sedimen Pantai Disekitar Muara Sungai Jeneberang*. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Triatmodjo, B. (2016). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Tuah, H. (1992). *Sedimen Sejajar Pantai*. Bandung : ITB.
- Yuwono, N. (1986). *Teknik Pantai Volume I*. Yogyakarta: KMTSFT-UGM.