

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum dan Letak Geografis Pantai Kondang Merak

Kabupaten Malang terletak di ujung timur Pulau Jawa. Wilayah daratannya terdiri atas dataran tinggi berupa pegunungan yang merupakan daerah penghasil produk perkebunan dan dataran rendah dengan berbagai potensi produk hasil pertanian serta daerah sekitar garis pantai yang membujur dari arah utara ke selatan. Terletak di sebelah selatan Kabupaten Malang, Pantai Kondang Merak secara administratif masuk dalam wilayah Desa Sumberbening, Kecamatan Bantur, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur.

Sejarah pemberian nama Kondang Merak, Pantai ini dinamakan Kondang Merak karena pantai ini memiliki kondang (muara yang merupakan pertemuan air tawar dan laut) yang dahulu banyak dihuni burung merak. Pada tahun 1980-an, burung merak mulai punah akibat penangkapan liar. Pantai Kondang Merak memiliki warna pasir yang putih dengan panjang garis pantai sebesar 800 m. Mudahnya akses menuju lokasi wisata ini menyebabkan banyaknya pengunjung yang datang baik wisatawan domestik ataupun mancanegara untuk menikmati wisata yang ada di Pantai Kondang Merak ini, contohnya seperti *surfing*. Pergerakan ombak yang ada di pantai ini menjadikan tantangan tersendiri bagi pecinta olahraga *surfing* ini. Ombak yang dihasilkan di Pantai Kondang Merak cukup tinggi. Dasar pantai yang tidak memiliki terlalu banyak terumbu karang juga dirasa aman untuk kegiatan *surfing*. Namun, ombak yang cukup tinggi dan banyaknya *rip current* yang ada di sekitar pantai membuat Pantai Kondang Merak tidak disarankan untuk kegiatan ataupun aktivitas berenang.

4.2 Ukuran Butir dan Jenis Sedimen

Lokasi pengambilan sampel sedimen stasiun berada di sepanjang garis Pantai Kondang Merak tepatnya di sebelah Utara dari muara. Pada penelitian

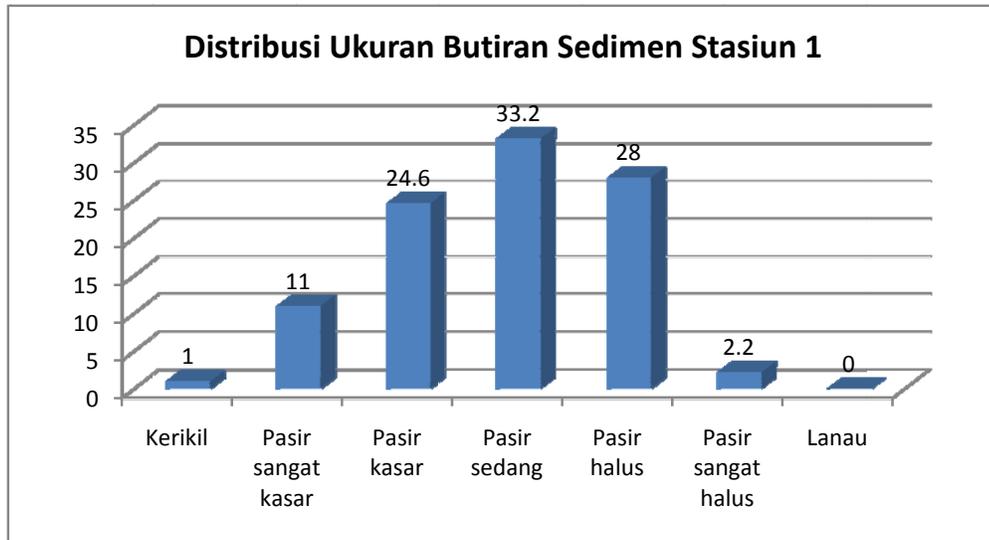
terdapat 14 stasiun pengambilan sedimen, dimana terdiri dari stasiun 1, stasiun 2, stasiun 3, stasiun 4, stasiun 5, stasiun 6, stasiun 7, stasiun 8, stasiun 9, stasiun 10, stasiun 11, stasiun 12, stasiun 13, dan stasiun 14. Prosentase ukuran butir sedimen disajikan pada Tabel 11. untuk titik lainnya disajikan pada lampiran 6. Prosentase sedimen disetiap ayakan kemudian dibuat diagram batang seperti yg tersaji pada Gambar 7. untuk menunjukkan prosentase sedimen pada setiap jenis sedimen yang berada di Pantai Kondang Merak. Grafik Sieve graph distribusi ukuran butiran sedimen seperti pada Gambar 8. untuk titik lainnya disajikan pada Lampiran 7.

Tabel 1 Prosentase ukuran butir stasiun 1

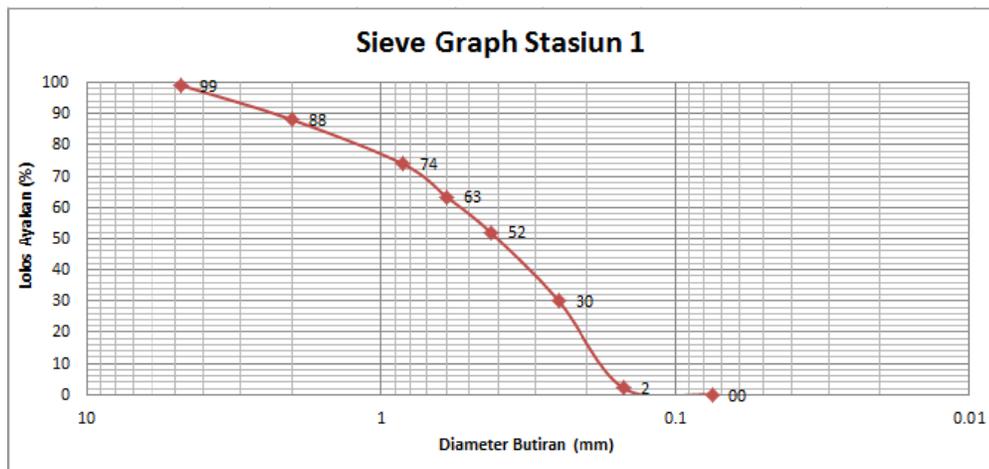
No	Ayakan	Tertahan Ayakan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	% Jumlah Tertahan	% Tertahan ayakan	% lolos ayakan
	Diameter Butiran (mm)					
4	4.75	5	5	1	1	99
10	2	55	60	12	11	88
20	0.85	40	100	20	8	80
30	0.6	33	133	26.6	6.6	73.4
40	0.425	57	190	38.0	11.4	62.0
60	0.25	109	299	59.8	21.8	40.2
100	0.15	190	489	98	38.0	2
200	0.075	11	500	100.0	2.2	0.0
Pan	< 0,075	0	500	100.0	0.0	0.0

Faktor yang mempengaruhi distribusi ukuran butir sedimen diantaranya adalah kemiringan, arus dan gelombang. Kemiringan sangat mempengaruhi ukuran distribusi sedimen karena kemiringan merupakan kontur dari bentuk pantai itu sendiri. Pada pantai Kondang Merak, Malang Jawa Timur juga dipengaruhi oleh arus yang merupakan arus bolak balik hal itu dikarenakan oleh faktor pasang surut yang menyebabkan pergerakan arus bolak balik sehingga terjadi transport sedimen. Gelombang menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi distribusi ukuran sedimen karena pergerakan gelombang dapat

membawa sedimen dari tempat satu ketempat lainnya. Pengamatan data gelombang tanggal 24 Juni 2017. Tinggi gelombang akan mempengaruhi distribusi sedimen secara vertikal karena memang sifat gelombang yang pergerakannya secara vertikal. Pergerakan gelombang yang semakin tinggi menyebabkan persebaran sedimen secara vertikal juga tinggi.



Gambar 1. Distribusi Ukuran Butiran Sedimen Stasiun 1



Gambar 2. Sieve Graph

Sampel sedimen yang telah diambil pada stasiun 1 dilakukan uji laboratorium menggunakan metode ayakan kering dan pencocokan kriteria ukuran butir menggunakan skala Wentworth. Hasil dari sampel sedimen stasiun 1 dapat

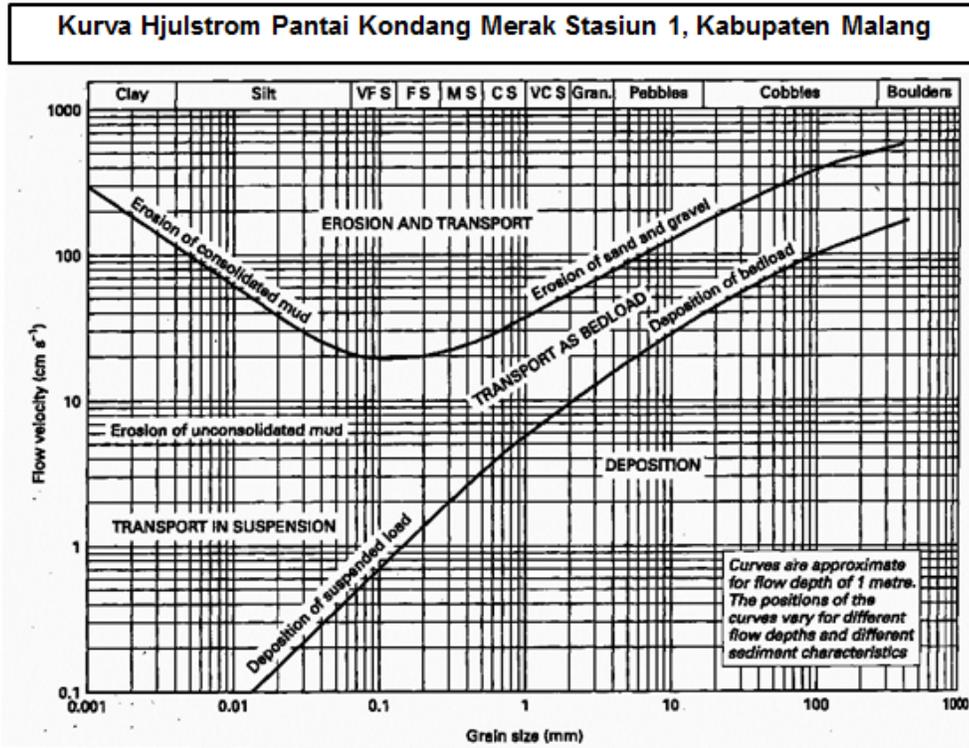
dilihat pada Tabel 11. Berat tertahan di saringan didominasi oleh saringan nomor 40 dan 60 (ukuran 0.425 dan 0.25 mm) sebanyak 166 gram jadi dapat disimpulkan bahwa komposisi sedimen cenderung pasir sedang. Pasir kasar yang tertahan disaringan nomor 20 dan 30 (0.85 mm dan 0.6 mm) sebanyak 123 gram dengan prosentase dari keseluruhan adalah 24.6%. Pasir halus yang tertahan pada saringan nomor 100 atau ukuran saringan 0.15 mm adalah 140 gram dengan prosentase jumlah tertahan dari keseluruhan pasir halus dari fraksi semua jenis sedimen di stasiun 1 adalah 28%. Grafik Ayakan (Sieve Graph) untuk seluruh stasiun secara keseluruhan dapat dilihat dalam Lampiran 7.

Tabel 2. Data hasil ayakan sedimen titik lokasi Stasiun 1

No	Ayakan	Tertahan Ayakan (gr)	Partikel	% Fraksi Sedimen		
	Diameter Butiran (mm)			Kerikil	Pasir	Lanau
4	4.75	5	Kerikil	1.0		
10	2	55	pasir sangat kasar			
20	0.85	70	pasir kasar			
30	0.6	53	pasir kasar			
40	0.425	57	pasir sedang			
60	0.25	109	pasir sedang			
100	0.15	140	pasir halus			
200	0.075	11	pasir sangat halus		99.0	
Pan	< 0,075	0	lanau			0.0

Berdasarkan hasil ayakan sedimen di stasiun 1 didapatkan bahwa persentase distribusi fraksi sedimen didominasi pasir 99%. Persentase tertahan ayakan sampel sedimen stasiun 1 dari yang tertinggi yaitu 33.2% pasir sedang, 28% pasir halus, 24.6% pasir kasar, 11% pasir sangat kasar, 2.2% pasir sangat halus, 1% kerikil dan 0% untuk lanau. Jadi, fraksi sedimen yang mendominasi stasiun 1 yaitu pasir sedang. Hal ini dikarenakan lokasi pengambilan sampel sedimen 1 tepat berada di sepanjang garis pantai Kondang Merak tepatnya

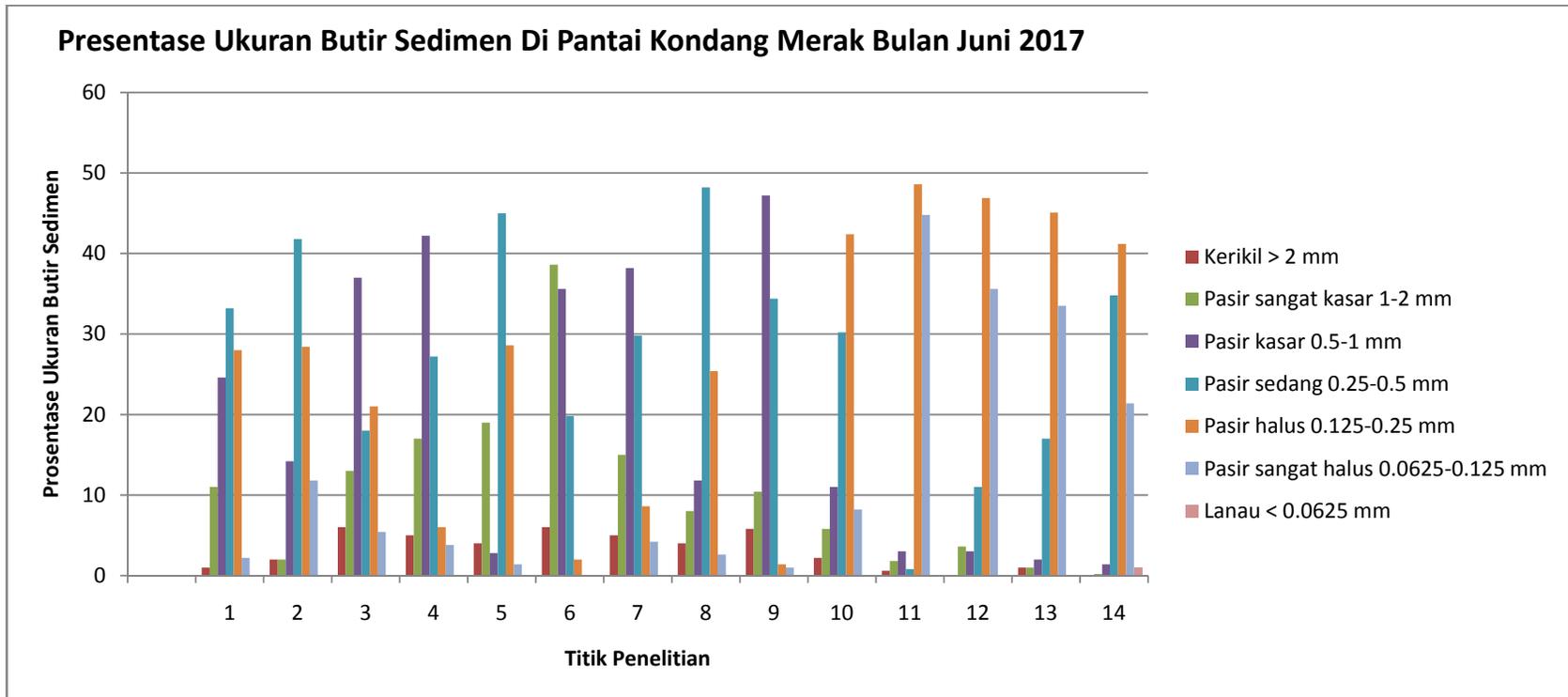
disebelah kanan muara sungai dan langsung berhadapan dengan laut lepas dari Pantai Selatan. Sehingga pengaruh dari parameter hidro-oseanografi lebih kuat. Gambaran dari grafik persentase lolos saringan di stasiun 1 dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 3. Kurva Hjulstrom Pantai Kondang Merak Stasiun 1, Kabupaten Malang

Kondisi sedimentasi juga terjadi ketika data sedimen dan arus di plotting dalam kurva Hjulstrom. Plotting pada kurva Hjulstrom ditentukan melalui data ukuran butir sedimen (horizontal) dan kecepatan arus (vertikal) lalu dihubungkan dan dapat dilihat klasifikasi dari Kurva Hjulstrom. Hasil plotting kecepatan arus dan rata rata ukuran butiran sedimen menunjukkan bahwa sedimen yang berada pada stasiun 1 mengalami erosi and transport atau erosi dan transport sedimen pada pantai Kondang Merak. Plotting pada grafik Hjulstrom dilakukan pada seluruh titik pengambilan data arus serta sedimen dan dapat dilihat pada Lampiran 9.

Distribusi fraksi sedimen yang terdapat di semua stasiun pada lokasi penelitian lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik yang tersedia dalam Gambar 10 dan peta persebaran distribusi sedimen dalam Gambar 11 seperti berikut ini.



Gambar 4. Persentase ukuran butir di semua stasiun



Gambar 5 Sebaran distribusi sedimen Pantai Kondang Merak, Malang, Jawa Timur

Berdasarkan grafik persentase ukuran butir (Gambar 10) di lokasi penelitian dapat dilihat bahwa karakteristik ukuran butir sedimen yang mendominasi di Pantai Kondang Merak adalah pasir sedang. Jika diamati lebih dalam lagi, distribusi sedimen dengan jenis pasir sedang tersebar hampir di perairan sepanjang garis pantai yang ada di lokasi penelitian. Hal ini dikarenakan pada wilayah tersebut masih mendapatkan pengaruh dari faktor hidro-oseanografi yang salah satunya adalah arus, baik itu arus laut, arus yang disebabkan oleh gelombang ataupun arus pasang surut. Pendapat ini sesuai dengan pernyataan (Triatmodjo, 1999) yang menyatakan bahwa faktor hidro-oseanografi banyak mempengaruhi persebaran jenis sedimen dasar di perairan khususnya arus pada kolom dasar laut. Pergerakan arus tersebut mentranspor sedimen dengan cara menggelinding atau pun menggeser di dasar laut. Dimana sedimen dengan ukuran butir yang sangat kecil dengan kecepatan arus yang besar dapat membawa sedimen searah dengan arus. Namun semakin

berkurangnya kecepatan arus menyebabkan sedimen tidak dapat diangkut lagi, sehingga terjadi sedimentasi pada daerah tersebut.

Berdasarkan sebaran distribusi sedimen (Gambar 11) di lokasi penelitian dapat dilihat bahwa Pantai Kondang Merak didominasi oleh pasir sedang, hal tersebut dapat dilihat pada hampir keseluruhan stasiun diantaranya adalah stasiun 1, 2, 5, 8, 10. Pada lokasi penelitian juga terdapat pasir halus yaitu pada stasiun 11, 12, 13, dan 14. Dan terdapat juga daerah yang didominasi oleh pasir kasar yaitu pada stasiun 3, 4, 7, dan 9 serta 1 titik sedimen sangat kasar yang berada pada titik 6. Pada stasiun 1, 2, 5, 8, 10 didominasi oleh pasir sedang, hal itu dipengaruhi oleh keadaan hidro-oseanografi seperti gelombang karena gelombang pada stasiun tersebut cukup kuat sehingga bisa mengangkut pasir yg berukuran sedang. Pada stasiun 11, 12, 13, dan 14 didominasi oleh pasir halus yang disebabkan oleh keadaan gelombang yang tidak tinggi dan cenderung memiliki perairan yang tenang daripada titik lokasi yang lainnya dan pengaruh lingkungan yaitu muara sungai yang memberikan transport sedimen pada daerah pantai, hal tersebut dapat disimpulkan karena pada stasiun 11 dan 12 yaitu yang berlokasi pada badan sungai memiliki pasir halus sehingga mempengaruhi daerah disekitarnya sehingga didominasi oleh pasir halus. Pada stasiun 3, 4, 7, dan 9 didominasi oleh pasir kasar hal itu dikarenakan gelombang pada stasiun 6 adalah gelombang yang cukup tinggi dan terdapat banyak serpihan pecahan karang dan kondisi hidro-oseanografi yang kuat menyebabkan lokasi tersebut didominasi oleh pasir kasar. Pada stasiun 6 terdapat sedimen pasir sangat kasar dikarenakan pada stasiun 6 merupakan titik lokasi gelombang paling tinggi diantara titik lokasi lain pengambilan data gelombang sehingga mampu mengangkut sedimen yang tergolong kedalam pasir kasar.

4.3 Analisis Hasil Perhitungan Granulometri

Setelah didapatkan hasil ayakan sedimen pada tiap stasiun, maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai phi dari masing – masing fraksi sedimen. Nilai – nilai phi pada masing – masing percentil digunakan sebagai nilai input dalam perhitungan parameter statistik sedimen. Hasil perhitungan parameter statistik sedimen atau analisis granulometri di setiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 13 berikut ini.

Tabel 3. Analisis granulometri pada setiap stasiun penelitian

Stasiun	parameter statistik sedimen							
	Mean		Sorting		Skewness		Kurtosis	
	phi	Klasifikasi	phi	Klasifikasi	phi	Klasifikasi	phi	Klasifikasi
1	0.97	pasir sedang	-1.39	very well sorted	0.30	very positively skewed	0.86	platykurtic
2	1.67	pasir sedang	-1	very well sorted	0.24	positively skewed	1.04	mesokurtic
3	0.43	pasir kasar	-1.73	very well sorted	0.12	positively skewed	0.79	platykurtic
4	0.27	pasir kasar	-1.46	very well sorted	0.21	positively skewed	0.97	mesokurtic
5	0.7	pasir sedang	-1.65	very well sorted	0.41	very positively skewed	0.68	platykurtic
6	-0.57	pasir sangat kasar	-1.39	very well sorted	-0.19	nearly symmetrical	0.78	platykurtic
7	0.43	pasir kasar	-1.54	very well sorted	0.10	positively skewed	0.28	very platykurtic
8	0.97	pasir sedang	-1.48	very well sorted	0.25	positively skewed	1.51	very leptokurtic
9	0.37	pasir kasar	-1.27	very well sorted	0.26	positively skewed	1.05	mesokurtic
10	1.57	pasir sedang	-1.24	very well sorted	0.6	very positively skewed	1.29	leptokurtic
11	2.73	pasir halus	-0.94	very well sorted	0.1	positively skewed	2.15	very leptokurtic
12	2.57	pasir halus	-0.97	very well sorted	0.17	positively skewed	2.25	very leptokurtic
13	2.43	pasir halus	-0.78	very well sorted	0.06	nearly symmetrical	1.23	leptokurtic
14	2.3	pasir halus	-0.68	very well sorted	-0.05	nearly symmetrical	1	mesokurtic

Berdasarkan Tabel 14 yang merupakan hasil dari analisis granulometri didapatkan rata – rata nilai statistik sedimen seperti *mean*, *sorting*, *skewness* dan *kurtosis* dari ke 14 sampel sedimen. Klasifikasi dari nilai *mean* yang dominan dari ke 14 stasiun menunjukkan bahwa sedimen di Pantai Kondang Merak cenderung ke fraksi pasir sedang dengan kisaran nilai phi (ϕ) 0.7 – 1.67, walaupun ada beberapa stasiun yang menunjukkan klasifikasi fraksi pasir halus dengan nilai phi (ϕ) 2.3 - 2.73.

Sedangkan hasil nilai *sorting* dari ke 14 stasiun pengambilan sampel sedimen adalah *very well sorted* atau terpilah dengan baik. Kisaran nilai phi (ϕ) yang didapatkan adalah -0.68ϕ sampai -1.73ϕ yang berarti bahwa ukuran butir sedimen di Pantai Kondang Merak ini tidak memiliki perbedaan yang mencolok karena tersortir atau terpilah dengan baik. Dimana menurut (Munandar et al., 2014) perairan dengan sedimen yang memiliki klasifikasi tersortir dengan baik, mengindikasikan bahwa tingkat kestabilan faktor hidro-oseanografi khususnya arus dan gelombang dalam keadaan stabil.

Hasil dari nilai *skewness* ke 14 stasiun pengambilan sampel sedimen menunjukkan bahwa ukuran butir sedimen di Pantai Kondang Merak ini memiliki klasifikasi *very positively skewed*, *positively skewed*, dan *nearly symmetrical*. Dari ketiga klasifikasi tersebut yang paling dominan adalah *positively skewed* dengan kisaran nilai phi (ϕ) dari 0.1ϕ – 0.26ϕ . Selanjutnya diikuti dengan klasifikasi *very positively skewed* dengan kisaran nilai phi (ϕ) dari 0.3ϕ – 0.6ϕ . Terakhir adalah klasifikasi *nearly symmetrical* dengan kisaran nilai phi (ϕ) dari -0.05ϕ – 0.06ϕ . Klasifikasi yang menunjukkan lebih dominan condong ke arah partikel halus menyebabkan sedimen mudah mengalami proses erosi dan transportasi yang disebabkan oleh pergerakan arus, sehingga menyebabkan abrasi. Hal ini senada dengan pernyataan dari (Nugroho and Basit, 2014), yang menyatakan bahwa

pergerakan arus dapat memilah setiap ukuran butiran sedimen yang halus sehingga dapat tertransportasi dari tempat sumber sedimen tersebut ke tempat yang lain.

Terakhir adalah klasifikasi dari nilai *kurtosis* ke 14 stasiun pengambilan sampel sedimen yang menunjukkan bahwa pola penyebaran sedimen didapatkan klasifikasi *platykurtic* (platikurtik), *mesokurtic* (mesokurtik), *leptokurtic* (leptokurtik) dan *very leptokurtic* (sangat leptokurtik). Dimana klasifikasi *kurtosis* yang mendominasi pada lokasi penelitian ini ada dua yaitu platikurtik dan mesokurtik dengan kisaran nilai platikurtik ϕ (ϕ) adalah $0.68 \phi - 0.86 \phi$ dan mesokurtik dengan kisaran ϕ (ϕ) adalah $0.97 \phi - 1.05 \phi$, leptokurtik dengan kisaran nilai ϕ (ϕ) yaitu $1.23 \phi - 1.29 \phi$. Selanjutnya adalah *very platykurtic* dengan kisaran nilai ϕ (ϕ) yaitu 0.28 dan yang terakhir adalah *very leptokurtic* dengan kisaran nilai ϕ (ϕ) dari $1.51 \phi - 2.25 \phi$. Hasil dari klasifikasi nilai *kurtosis* di Pantai Kondang Merak menunjukkan bahwa distribusi sedimen yang ada di pantai ini sebagian memiliki kurva distribusi yang normal namun juga cenderung memiliki kurva distribusi yang meruncing. Menurut (Korwa et al., 2013) yang mendeskripsikan bahwa transpor sedimen yang ada pada lokasi penelitian dipengaruhi oleh arus dan gelombang yang bekerja secara lemah sehingga dapat memilah setiap ukuran butiran sedimen dengan baik.

4.4 Kondisi Hidro-oseanografi

4.4.1 Arus

Proses pengambilan data kecepatan arus dilakukan tiga kali pengulangan untuk setiap titiknya, sehingga diperoleh nilai rata-rata kecepatan arus. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran secara langsung di perairan Pantai Kondang Merak, Malang, Jawa Timur menunjukkan bahwa pada masing – masing stasiun pengamatan diperoleh hasil disetiap stasiun yang bervariasi atau

beragam, bergantung pada setiap lokasi yang diambil. Data kecepatan arus di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 4. Data Kecepatan dan Arah Arus

Lokasi	Kecepatan (m/s)	Arah (derajat)
Stasiun 1	0.55	30
Stasiun 2	0.45	45
Stasiun 3	0.69	292
Stasiun 4	0.63	180
Stasiun 5	0.71	270
Stasiun 6	0.87	90
Stasiun 7	0.45	135
Stasiun 8	0.56	157
Stasiun 9	0.39	180
Stasiun 10	0.48	180
Stasiun 11	0.10	122
Stasiun 12	0.10	45
Stasiun 13	0.2	67
Stasiun 14	0.35	45

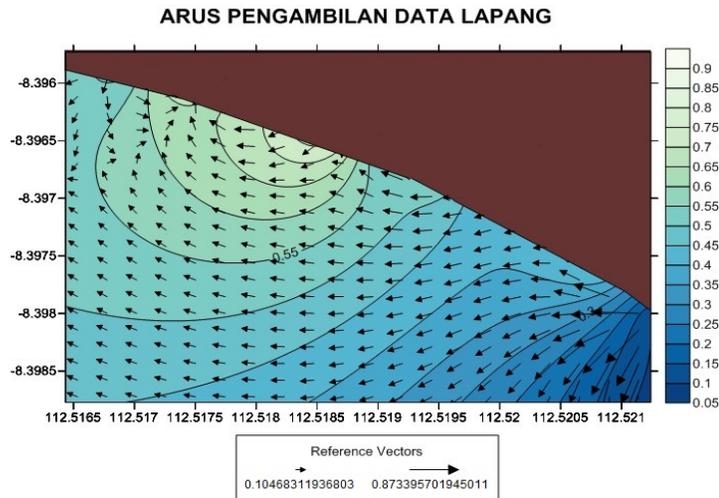
Hasil yang ditunjukkan oleh tabel 14, dimana stasiun 11 dan 12 memiliki kecepatan arus terkecil jika dibandingkan dengan ke 12 stasiun lainnya yaitu sebesar 0.1 m/s. Hal ini disebabkan letak pengukuran data arus berada di badan sungai sehingga arus yang didapatkan tidak terlalu kuat. Diikuti oleh stasiun 13 dimana arus yang didapatkan sebesar 0.2 m/s, lebih tinggi jika dibandingkan dengan stasiun 3. Hal ini dikarenakan pengukuran data arus berada di badan sungai menuju muara sungai. Sedangkan pada stasiun 14 terjadi kenaikan kecepatan arus yang cukup signifikan yaitu sebesar 0.35 m/s, hal ini disebabkan karena pengukuran data kecepatan arus berada tepat di muara sungai dan mendekati laut. Kecepatan arus pada stasiun 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10 cenderung memiliki kecepatan arus yang cukup tinggi yaitu berada antara 0.39 m/s sampai 0.87 m/s. Hal ini dikarenakan pengukuran data arus pada ke sepuluh

stasiun tersebut berada di sepanjang garis Pantai Kondang Merak. Kecepatan arus yang cukup tinggi ini juga di pengaruhi oleh kondisi hidro-oseanografi baik dari pengaruh gelombang ataupun pasang surut, karena berada di perairan Pantai Kondang Merak dan juga letaknya yang langsung menghadap ke laut lepas. Sedangkan untuk kecepatan arus tertinggi berada pada stasiun 3, 5 dan 6 yaitu berkisar antara 0.69 m/s sampai 0.87 m/s. Tingginya kecepatan arus yang didapatkan pada stasiun 3, 5, dan 6 dikarenakan adanya pemusatan (konvergensi) arus didepan Kondang Merak akibat dari pembelokan arus yang terhalang oleh pulau. Hal ini sependapat dengan pernyataan dari Tyas and Dibyosaputro (2012) yang menjelaskan bahwa adanya pemusatan atau konvergensi energi di suatu wilayah dapat menimbulkan energi yang lebih besar bergantung pada morfologi wilayahnya. Untuk stasiun 10 yang memiliki kecepatan tertinggi diantara semua stasiun dikarenakan berada tepat di depan Kondang Merak dan langsung berhadapan langsung dengan laut lepas, sehingga pengaruh dari hempasan gelombang sangat tinggi.

4.4.2 Pola Pergerakan Arus

4.4.2.1 Arus Pengambilan Data Lapang

Hasil dari pengukuran kecepatan dan arah arus semua stasiun selama di lapang di olah dengan menggunakan *software Surfer* untuk memodelkan pola pergerakan arus yang terjadi pada saat pengambilan data lapang di Pantai Kondang Merak, Malang, Jawa Timur. Hasil dari pemodelan pola arus Pantai Kondang Merak dapat dilihat pada Gambar 12.

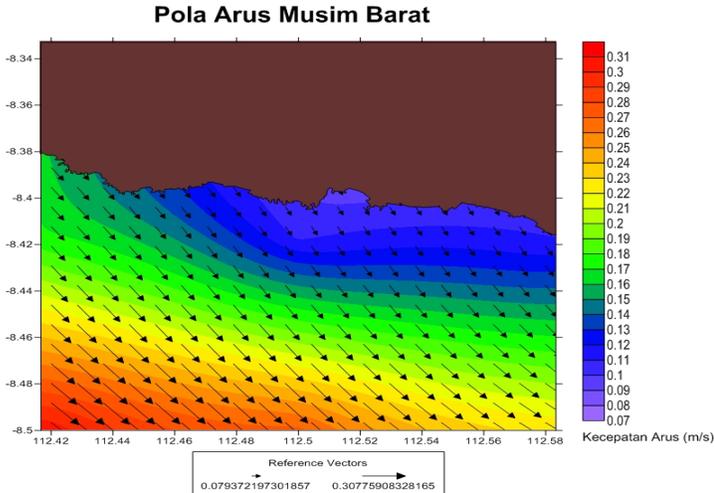


Gambar 6. Pola arus di Pantai Kondang Merak, Malang, Jawa Timur

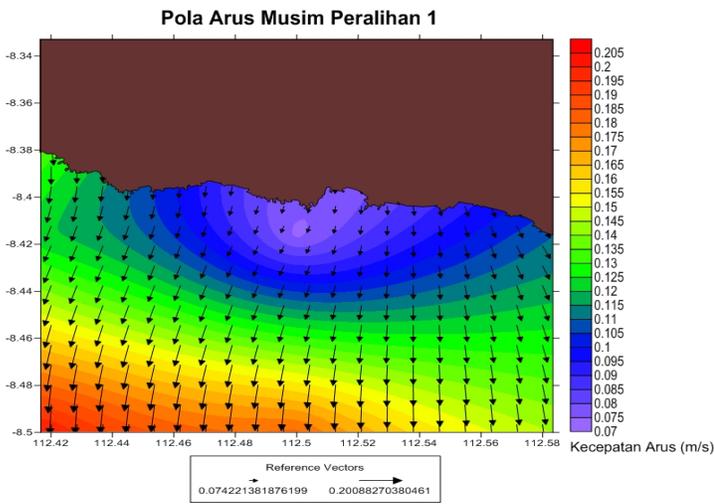
Hasil pemodelan arus menggunakan *software Surfer* pada Gambar 12. dapat dilihat bahwa pola arus yang ada di Pantai Kondang Merak, Malang, Jawa Timur menunjukkan pergerakan arus dari Timur Laut ke Barat Daya. Hal ini dikarenakan bentuk atau morfologi dari profil Pantai Kondang Merak sehingga terjadi pembelokan arus dari bibir pantai. Hal ini sependapat dengan (Leksono et al., 2013) yang menyatakan bahwa pada saat arus yang disebabkan oleh pasang surut menuju ke pantai, maka akan terjadi pembelokan arus akibat adanya morfologi yang ada di setiap pantai. Arus di sepanjang garis pantai memiliki kecepatan arus yang cenderung sama yaitu rata-rata 0.56 m/s.

4.4.2.2 Arus Musiman

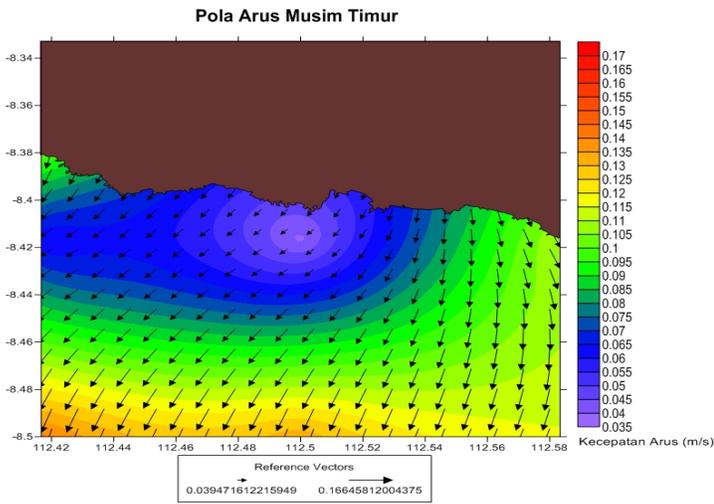
Pola pergerakan arus musiman didapatkan dengan cara mengunduh data arus dari <https://cas.indeso.web.id> yang kemudian diolah menggunakan *Surfer*. Data yang diolah berupa data musiman selama satu tahun yaitu dari Desember 2015 – November 2016 yang meliputi Arus Musim Barat, Musim Peralihan I, Musim Timur dan Musim Peralihan II. Berikut ini merupakan hasil dari pola pergerakan arus musiman selama satu tahun.



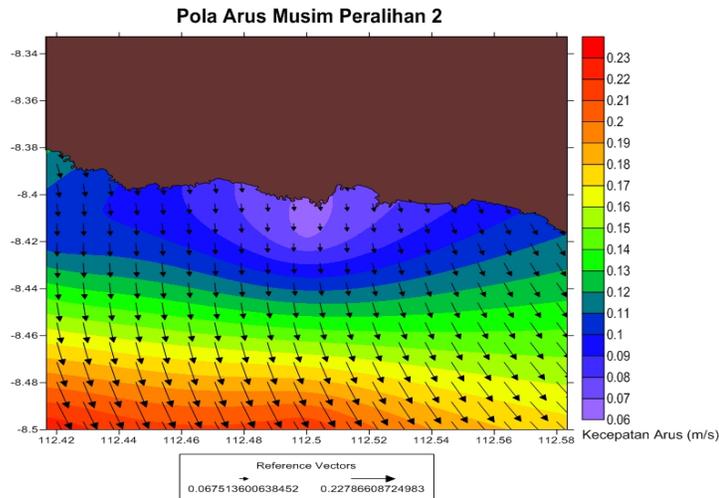
Gambar 7. Pola pergerakan arus musim barat (*Indeso*)



Gambar 8. Pola pergerakan arus musim peralihan I (*Indeso*)



Gambar 9. Pola pergerakan arus musim timur (*Indeso*)



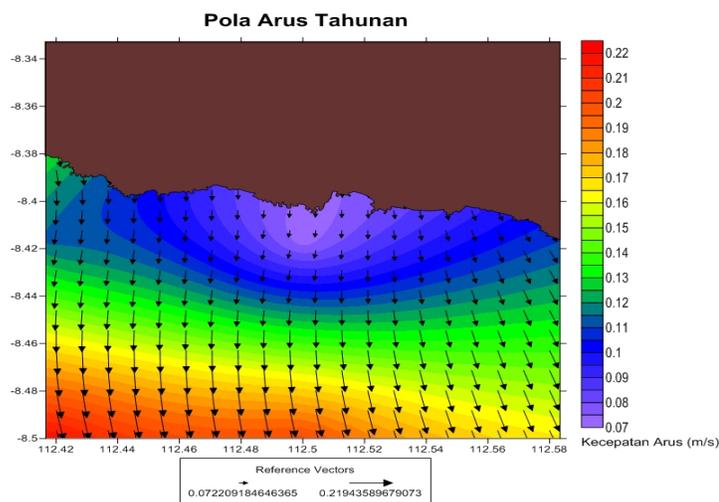
Gambar 10. Pola pergerakan arus musim peralihan II (*Indeso*)

Pola pergerakan arus pada keempat musim yang terjadi di Pantai Kondang Merak, Malang, Jawa Timur memiliki arah yang cenderung hampir sama di semua musim yaitu dari Utara ke Selatan, kecuali pada Musim Barat. Pada Musim Barat yang terjadi pada bulan Desember – Februari, Pantai Kondang Merak memiliki arah arus dari Barat Laut ke Tenggara. Kisaran kecepatan pada Musim Barat antara 0.07 m/s sampai 0.30 m/s. Sedangkan untuk kecepatan arus pada Musim Peralihan I yang terjadi pada periode bulan Maret – Mei berkisar antara 0.07 m/s – 0.20 m/s. Kecepatan pada Musim Timur berkisar antara 0.03 m/s – 0.16 m/s yang terjadi pada bulan Juni – Agustus. Kecepatan arus pada Musim Peralihan II yang terjadi pada bulan September – November berkisar antara 0.06 m/s – 0.22 m/s. Jadi, kecepatan tertinggi didapatkan pada Musim Barat dengan nilai 0.30 m/s sedangkan nilai kecepatan terendah berada pada Musim Timur dengan nilai kecepatan 0.03 m/s.

Dari keempat musim dapat dilihat bahwa nilai kecepatan semakin besar jika semakin menuju ke laut lepas atau Samudera Hindia, begitu juga sebaliknya. Semakin mendekati wilayah pantai, maka nilai kecepatan yang dihasilkan akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan morfologi dari Pantai Kondang Merak yang

berbentuk teluk. Seperti yang dikatakan Ruswahyuni (2010) yang menjelaskan bahwa teluk merupakan salah satu jenis perairan tertutup, sehingga kekuatan gelombang ataupun arus yang menuju pantai akan semakin berkurang.

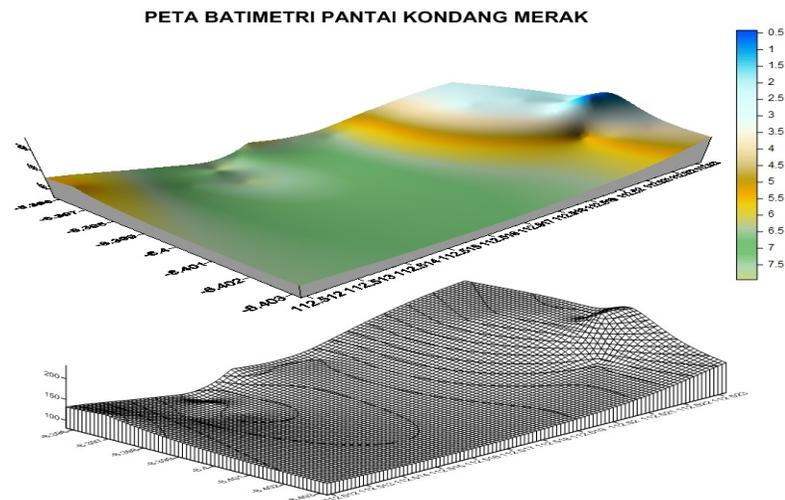
Pengambilan data arus musiman tersebut terjadi pada saat surut sehingga didapatkan arah arus meninggalkan pantai. Sama dengan saat pengambilan data arus di lapang, kondisi perairan sedang surut sehingga arah arus meninggalkan pantai. Namun arah dari arus di Pantai Kondang Merak sama dengan arah arus yang ada di setiap musimnya yaitu sejajar dengan pantai. Selain pola arus musiman, terdapat juga pola pergerakan arus selama satu tahun yang akan di sajikan dalam Gambar 17.



Gambar 11. Pola pergerakan arus tahunan (*Indeso*)

Pada pola pergerakan arus selama satu tahun dapat dilihat bahwa arah arus tidak jauh berbeda dengan pola arus musiman yang menunjukkan arah dari utara menuju selatan. Terlihat bahwa arah arus bergerak menjauhi pantai dan menuju laut lepas atau Samudera Hindia, dikarenakan pengambilan data arus terjadi pada saat kondisi perairan sedang surut. Untuk nilai kecepatan arusnya diperoleh kisaran nilai 0.07 m/s – 0.21 m/s.

1.4.3 Batimetri



Gambar 12. Peta Batimetri Kondang Merak

Proses pengambilan data batimetri dilakukan secara sekunder dengan cara download data di website Big.go.id milik BIG (Badan Informasi Geospasial) yang merupakan data gebco yang dapat diakses kemudian diolah dengan menggunakan software ARGIS 10.3 untuk mengetahui bentuk batimetri dari pantai Kondang Merak, Malang, Jawa Timur. Data yang diperoleh dari hasil pengolahan data didapatkan hasil seperti gambar diatas (gambar 18). Berdasarkan data batimetri yang telah disajikan pada gambar 18 maka dapat disimpulkan bahwa kedalaman pada pantai kondang merak tergolong dangkal dikarenakan kedalamannya berkisar 1 meter disekitar pantai.

4.4.4 Gelombang

Proses pengambilan data gelombang dilakukan selama 15 – 20 menit untuk setiap titiknya, sehingga diperoleh nilai rata-rata tinggi gelombang dan periodenya. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran secara langsung di perairan Pantai Kondang Merak, Malang, Jawa Timur menunjukkan bahwa pada masing – masing stasiun pengamatan diperoleh hasil disetiap stasiun yang

bervariasi atau beragam, bergantung pada setiap lokasi yang diambil. Data tinggi dan periode gelombang di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 5. Data pengukuran gelombang

Stasiun	Tinggi Gelombang (m)	Periode Gelombang (s)
A	0.17	1.5
B	0.22	1.8
C	0.16	1.5

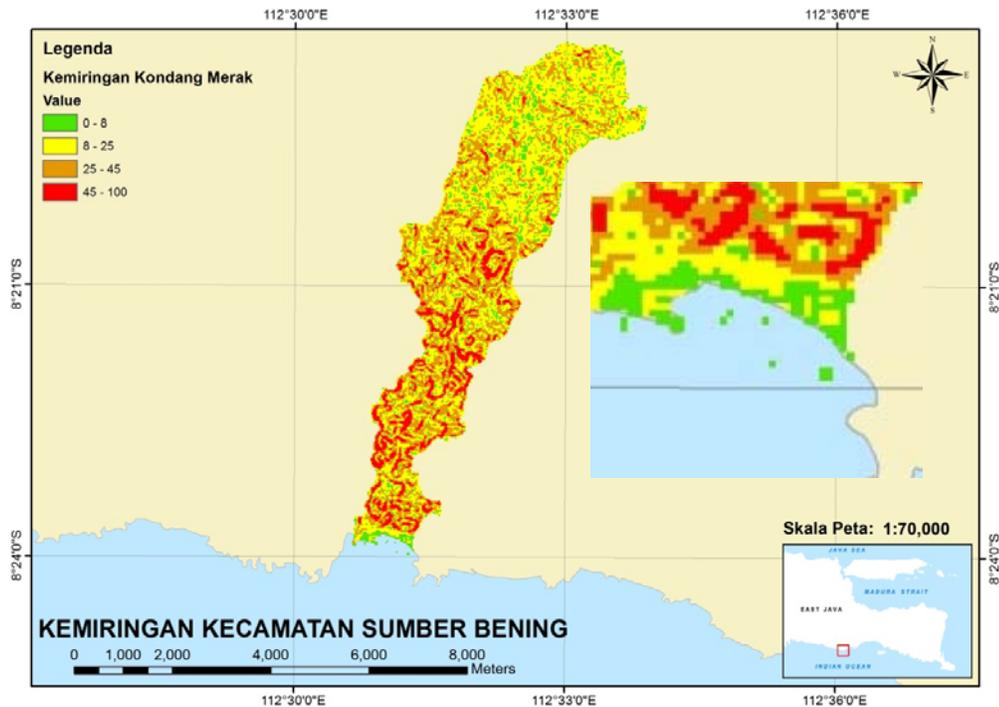
Berdasarkan hasil pengukuran di lapang didapatkan hasil tinggi dan periode gelombang seperti pada tabel diatas. Arah gelombang berasal dari barat daya ke timur laut atau tegak lurus pantai. Gelombang tertinggi berada pada stasiun 2 yaitu 0.22 m dan terendah berada pada stasiun 3 yaitu 0.16 m. Sedangkan untuk periode gelombang di stasiun 2 yaitu 1.8 s dan untuk periode gelombang di stasiun 1 dan 3 didapatkan hasil yang sama yaitu 1.5 s. Hal ini senada dengan Munk (1951) dalam (Sugianto, 2012) yang menyatakan bahwa gelombang yang memiliki periode diantara 1 – 10 sekon, dibangkitkan oleh angin. Sedangkan untuk tinggi gelombang yang didapatkan relatif kecil karena pada saat pengambilan data dilakukan pada musim peralihan, yang mana angin yang berhembus di perairan Jawa relatif kecil jika dibandingkan dengan musim barat ataupun timur.

4.4.5 Kemiringan Pantai

Tabel 6. Data Kemiringan Pantai

Stasiun	Hitungan		
	Panjang (m)	Tinggi (m)	Kemiringan (°)
A	10	0.9	5.14
B	10	1.3	7.40
C	10	0.7	4.00

Perhitungan kemiringan pantai dilakukan di setiap stasiun yang sama dengan stasiun gelombang. Kemiringan yang sedikit miring terletak pada stasiun B yang terletak di daerah gelombang yang sedikit tinggi, kemudian stasiun A yang terletak pada sekitar garis pantai sedangkan yang paling mendatar adalah stasiun C yang terletak di sekitar muara sungai. Semakin mendatar pola kemiringan pantai semakin mudah terkena dampak akresi maupun abrasi begitu sebaliknya semakin curam kemiringan pantai semakin mengurangi dampak akresi maupun abrasi. Data kemiringan pantai dapat dilihat pada Tabel 16.



Gambar 13. Peta Kemiringan Pantai Kondang Merak, Malang, Jawa Timur

Kemiringan merupakan parameter untuk mengetahui kemiringan suatu daerah tertentu. Biasanya kemiringan di tulis dalam bentuk persen (%) dan juga derajat ($^{\circ}$). Berdasarkan data yang telah diolah melalui data sekunder yang di download dari <http://gdem.ersdac.jpspacesystems.or.jp> merupakan data ASTER GDEM dari NASA.

Menurut (Syafri 2001), Kemiringan dapat dideskripsikan menjadi Landai, agak curam, curam, dan sangat curam dapat dilihat pada Tabel 17.

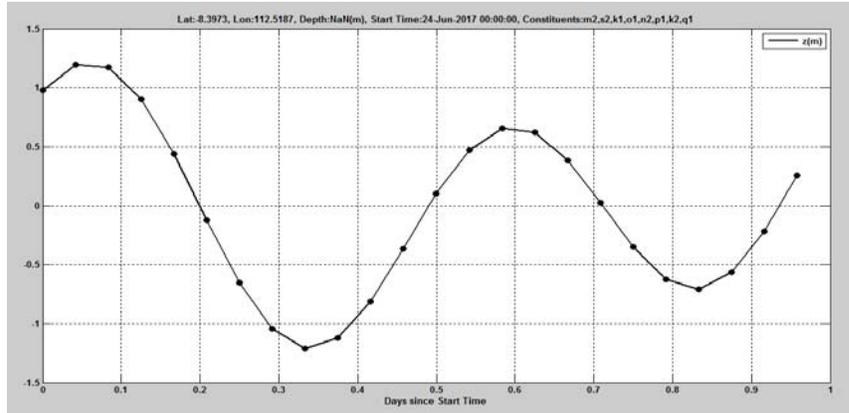
Tabel 7. Klasifikasi Kemiringan

No	Kemiringan (%)	Deskripsi
1	0-8	Landai
2	8-25	Agak curam
3	25-45	Curam
4	>45	Sangat Curam

Berdasarkan Gambar 22 didapatkan hasil bahwa kemiringan di Pantai Kondang Merak, Malang, Jawa Timur adalah 0-8% yang menandakan bahwa pantai ini adalah pantai yang landai.

4.4.6 Pasang Surut

Pada pengambilan data pasang surut menggunakan data sekunder dengan menggunakan *Tide Model Driver* (TMD). Pengolahan menggunakan TMD dengan bantuan MATLAB menghasilkan nilai komponen harmonik pasang surut dan juga periode pasang surut. Nilai komponen harmonik yang sudah didapat kemudian digunakan untuk mencari bilangan *Formzahl* (F). Hasil dari bilangan *Formzahl* (F) tersebut akan menunjukkan tipe pasang surut di lokasi penelitian seperti pada Gambar 20.



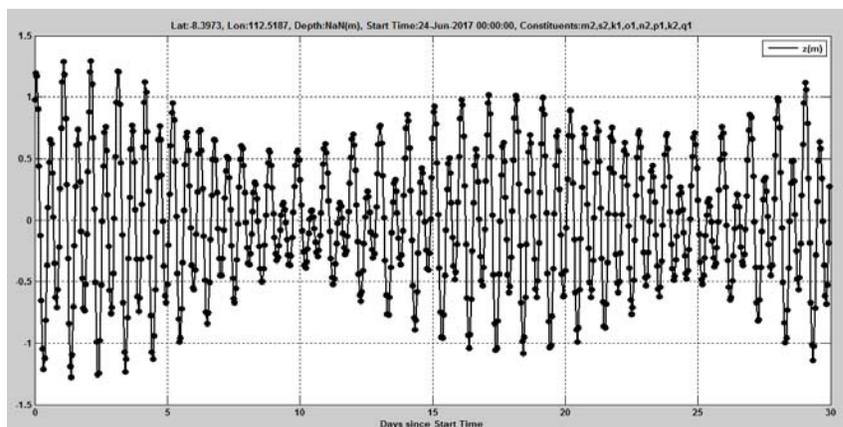
Gambar 14. Kondisi pasang surut di Pantai Kondang Merak

Pada saat pengambilan data lapang tanggal 24 Juni 2017, kondisi Pantai Kondang Merak dalam keadaan pasang menuju surut. Berdasarkan hasil prediksi menggunakan *software Tide Model Drive (TMD)*, didapatkan konstanta pasang surut Pantai Kondang Merak seperti pada Tabel 18 berikut ini.

Tabel 8. Nilai konstanta pasang surut di Pantai Kondang Merak

m2	s2	k1	o1	n2	p1	k2	q1
0.6236	0.3375	0.2173	0.1346	0.1166	0.0666	0.0982	0.0286

Setelah diketahui nilai konstanta pasang surut di Pantai Kondang Merak, maka dapat dilakukan perhitungan sesuai dengan rumus bilangan Formzahl. Dari perhitungan bilangan *Formzahl* diperoleh nilai F yaitu 0.35 yang menunjukkan bahwa tipe pasang surut di Pantai Kondang Merak, Malang, Jawa Timur adalah campuran condong ke harian ganda. Tipe pasang surut ini dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode gelombang yang berbeda. Hal ini juga di benarkan dalam (Hidayah and Mahatmawati, 2010), yang menjelaskan bahwa tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda banyak terdapat di perairan Indonesia Timur. Berikut ini merupakan gambaran dari tipe pasang surut di lokasi penelitian selama satu bulan.



Gambar 15. Tipe pasang surut di Pantai Kondang Merak

4.5 Hubungan Ukuran Butir Sedimen dengan Kondisi Hidro-oseanografi

4.5.1 Hubungan Ukuran Butir Sedimen dengan Arus

Pada tiap stasiun pengambilan data sedimen dan kecepatan arus didapatkan hasil nilai diameter rata – rata sedimen tiap stasiun dan kecepatan arus seperti pada Tabel 19.

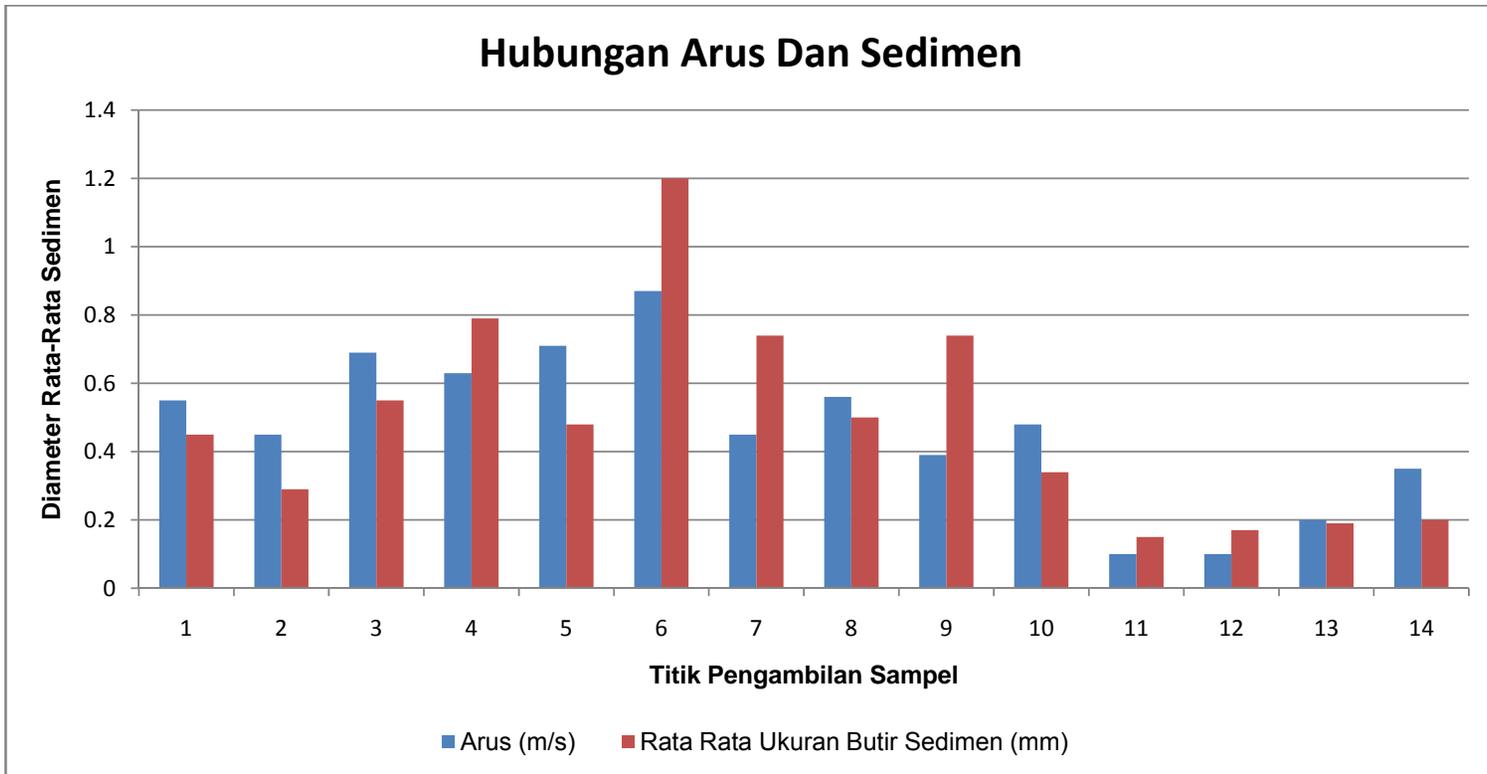
Tabel 9. Karakteristik sedimen dengan kecepatan arus

Stasiun	Diameter rata-rata sedimen (mm)	Jenis Sedimen	Kecepatan Arus (m/s)
1	0.45	Pasir sedang	0.55
2	0.29	Pasir sedang	0.45
3	0.55	Pasir kasar	0.69
4	0.79	Pasir kasar	0.63
5	0.48	Pasir sedang	0.71
6	1.20	Pasir sangat kasar	0.87
7	0.74	Pasir kasar	0.45
8	0.50	Pasir sedang	0.56
9	0.74	Pasir kasar	0.39
10	0.34	Pasir sedang	0.48
11	0.15	Pasir halus	0.10
12	0.17	Pasir halus	0.10
13	0.19	Pasir halus	0.20
14	0.20	Pasir halus	0.35

Berdasarkan hasil dari pola pergerakan arus dan kecepatan arus yang terjadi di perairan Pantai Kondang Merak, menghasilkan persentase dari karakteristik butiran sedimen di hampir semua stasiun didominasi oleh pasir baik dari pasir halus, pasir sedang sampai pasir kasar. Pada stasiun 1 sampai 10 diperoleh jenis karakteristik sedimen yaitu pasir sedang dan pasir kasar dengan kecepatan arus yaitu antara 0.45 m/s sampai dengan 0.87 m/s. Hal ini dikarenakan letak dari stasiun 1 sampai stasiun 10 langsung berhadapan dengan laut lepas sehingga langsung menerima arus dari laut lepas dan menyebabkan kecepatan arus tinggi sehingga dapat membawa butiran pasir yang berukuran sedang dan juga kasar. Sedangkan pada stasiun 5 dan 6 memiliki karakteristik jenis sedimen yaitu pasir sedang dan pasir sangat kasar. Hal ini dikarenakan kecepatan arus yang ada di stasiun 5 dan 6 ini sangat tinggi jika dibandingkan dengan stasiun – stasiun lainnya yaitu dengan kecepatan 0.71 di stasiun 5 dan 0.87 di stasiun 6. Pada kedua stasiun ini juga banyak ditemukan terumbu karang ataupun batu karang yang cukup besar. Pada stasiun 11 sampai 14 diperoleh jenis karakteristik sedimen yaitu pasir halus dengan kecepatan arus yang kecil yaitu antara 0.10 m/s sampai dengan 0.35 m/s. Hal ini dikarenakan letak dari stasiun yang masih berada di badan sungai dan muara sungai, sehingga arus yang dihasilkan tidak terlalu besar.

Seperti yang dapat terlihat pada Gambar 22, grafik hubungan antara kecepatan arus dan ukuran butir sedimen di semua stasiun menunjukkan bahwa semakin tingginya kecepatan arus dapat mempengaruhi nilai dari ukuran butir sedimen itu sendiri. Pendapat ini sesuai dengan pernyataan (Triatmodjo, 1999) yang menyatakan bahwa persebaran jenis sedimen dasar di perairan dipengaruhi oleh arus pada kolom dasar laut. Pergerakan arus tersebut mentranspor sedimen dengan cara menggelinding ataupun menggeser di dasar laut. Dimana sedimen dengan ukuran butir yang sangat kecil dengan kecepatan

arus yang besar dapat tertransporterangkut aliran. Namun semakin berkurangnya kecepatan arus menyebabkan sedimen tidak dapat terangkut lagi dan terdeposisi.



Gambar 16. Hubungan antara kecepatan arus dan ukuran butir sedimen

4.5.2 Hubungan Karakteristik Sedimen dengan Gelombang

Hubungan antara karakteristik ukuran butir sedimen dengan tinggi dan periode gelombang dapat dilihat pada Tabel 20 berikut ini.

Tabel 10. Hubungan antara karakteristik sedimen dengan gelombang

Stasiun	Diameter rata-rata sedimen (mm)	Jenis Sedimen	Tinggi Gelombang (m)	Periode Gelombang
1	0.45	Pasir sedang		
2	0.29	Pasir sedang	0.17	1.5
3	0.55	Pasir kasar		
4	0.79	Pasir kasar		
5	0.48	Pasir sedang		
6	1.2	Pasir sangat kasar	0.22	1.8
7	0.74	Pasir kasar		
8	0.5	Pasir sedang		
9	0.74	Pasir kasar		
10	0.34	Pasir sedang		
11	0.15	Pasir halus	0.16	1.5
12	0.17	Pasir halus		
13	0.19	Pasir halus		
14	0.2	Pasir halus		

Dari Tabel 18 dapat dilihat bahwa dari stasiun 5 sampai stasiun 8 memiliki tinggi dan periode gelombang yang sedikit lebih tinggi dibandingkan area-area yang lain. Hal ini disebabkan karena stasiun 5 sampai stasiun 8 yang lokasinya langsung berhadapan dengan laut lepas, sehingga tidak terdapat penghalang yang dapat memecah ombak sebelum menuju ke bibir pantai. Pada stasiun 1 hingga stasiun 4 dan stasiun 9 hingga stasiun 14 didapatkan tinggi dan periode gelombang yang tidak jauh berbeda. Dapat dilihat dari stasiun 1 hingga stasiun 4, karakteristik sedimen

yang didapatkan hampir sebagian besar adalah pasir sedang dan pasir kasar. Hal ini dikarenakan faktor hidro-oseanografi yang mempengaruhi karakteristik sedimen tidak hanya dari gelombang, melainkan juga arus dan pasang surut. Sedangkan pada stasiun 11 hingga stasiun 14 didapatkan hasil karakteristik sedimen yang sama yaitu pasir halus. Hal ini dikarenakan lokasi dari pengambilan sampel sedimen di stasiun 11 hingga stasiun 14 berada di sekitar muara dan badan sungai. Sama dengan penelitian dari (Triatmodjo, 1999) yang menyebutkan bahwa gelombang merupakan salah satu parameter hidro-oseanografi yang memiliki peran penting dalam transpor sedimen di pantai.

4.5.3 Hubungan Karakteristik Sedimen dengan Pasang Surut

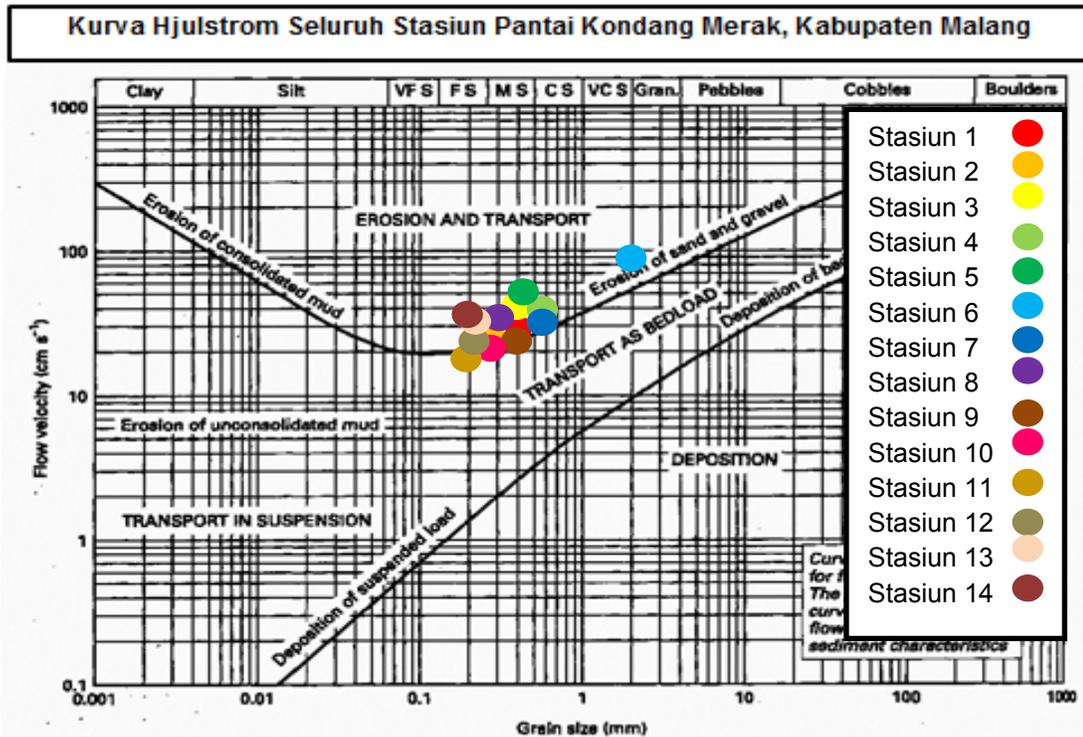
Tabel 11. Karakteristik sedimen dengan tipe pasang surut

Stasiun	Jenis Sedimen	Tipe Pasang Surut
1	Pasir sedang	
2	Pasir sedang	
3	Pasir kasar	
4	Pasir kasar	
5	Pasir sedang	
6	Pasir sangat kasar	Campuran condong
7	Pasir kasar	harian ganda
8	Pasir sedang	<i>(mixed tide prevalling</i>
9	Pasir kasar	<i>semidiurnal)</i>
10	Pasir sedang	
11	Pasir halus	
12	Pasir halus	
13	Pasir halus	
14	Pasir halus	

Tipe pasang surut yang terjadi di Pantai Kondang Merak yaitu campuran condong ke harian ganda dimana dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode gelombang yang berbeda. Wilayah yang mengalami pasang surut tipe campuran condong ke harian ganda tentunya mendapatkan pengaruh yang berbeda bila dibandingkan dengan wilayah yang mempunyai tipe pasang surut harian tunggal. Hal ini dikarenakan proses transportasi sedimen yang dimiliki wilayah dengan tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda menjadi lebih dinamis jika dibandingkan dengan wilayah yang memiliki tipe pasang surut harian tunggal (Daulay et al., 2014). Oleh karena itu, gaya atau energi yang dihasilkan dari pasang surut pada perairan Pantai Kondang Merak dapat mempengaruhi proses abrasi ataupun sedimentasi di lokasi penelitian tersebut.

4.6 Transpor Sedimen

Untuk mengetahui hubungan antara ukuran butir sedimen dengan kecepatan arus dapat juga menggunakan Kurva *Hjulstrom*. Pernyataan ini sependapat dengan Anggari *et al.*, (2015), diagram *Hjulstrom* adalah diagram yang menunjukkan hubungan antara kecepatan aliran air dan ukuran butir. Arus merupakan salah satu faktor hidro-oseanografi yang dapat mempengaruhi persebaran sedimen sehingga dapat menyebabkan suatu pantai mengalami abrasi atau sedimentasi. Selain faktor arus menurut (Widjojo and others, 2010) laju transportasi sedimen di daerah pantai antara lain di pengaruhi karakteristik sedimen, kemiringan pantai dan juga besarnya gelombang. Gambaran dari Kurva *Hjulstrom* di perairan pantai Kondang Merak seluruh stasiun dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 17. Kurva Hjulstrom Seluruh Stasiun Pantai Kondang Merak, Kabupaten Malang

Berdasarkan Kurva Hjulstrom diatas (Gambar 23) menunjukkan hubungan kecepatan arus dan ukuran butir sedimen yang ada di Pantai Kondang Merak, dimana kondisi pada stasiun 1 sampai stasiun 14 mengalami erosi. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan arus yang ada di perairan Pantai Kondang Merak. Pantai Kondang Merak memiliki rataan karang (*Reef flat*) yang berbatasan dengan Samudera Hindia. Sehingga pantai tersebut memiliki gelombang dan arus yang tenang dikarenakan adanya *Reef flat* yang berhadapan langsung dengan laut lepas. Sehingga *Reef flat* tersebut menahan gelombang langsung yang berasal dari Samudera Hindia yang menyebabkan keadaan gelombang yang ada di pantai Kondang Merak menjadi tenang. Adanya arus akan menyebabkan erosi yang ada di Pantai Kondang Merak, Kabupaten Malang.