STUDI PENGARUH ANGIN TERHADAP PEMBENTUKAN ARAH DAN KECEPATAN ARUS PERMUKAAN DI WILAYAH UTARA DAN SELATAN **JAWA TIMUR**

LAPORAN SKRIPSI PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN

Oleh:



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG 2016

STUDI PENGARUH ANGIN TERHADAP PEMBENTUKAN ARAH DAN KECEPATAN ARUS PERMUKAAN DI WILAYAH UTARA DAN SELATAN JAWA TIMUR

LAPORAN SKRIPSI PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya

> Oleh: SETYO ANGGER WIBIANTO NIM. 115080600111034



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG 2016

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN SKRIPSI

STUDI PENGARUH ANGIN TERHADAP PEMBENTUKAN ARAH DAN KECEPATAN ARUS PERMUKAAN DI WILAYAH UTARA DAN SELATAN JAWA TIMUR

Oleh: SETYO ANGGER WIBIANTO NIM. 115080600111034

telah dipertahankan di depan penguji pada tanggal 23 Februari 2016 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

Menyetujui, Dosen Pembimbing I

(Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D.) NIP. 19621220 198803 1 004

Tanggal:

Dosen Penguji II

(Nurin Hidayati, ST., M.Sc.) NIP. 19781102 200502 2 001 Tanggal:

Dosen Pembimbing II

(Muliawati Handayani, S.Pi., M.Si.) NIK. 20130988 1005 2 001 Tanggal: (M. Arif Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc.) NIP. 19801005 200501 1 002 Tanggal :

Mengetahui, KetuaJurusan PSPK

(Dr. Ir. DadukSetyohadi, MP) NIP. 19630608 198703 1 003 Tanggal:

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan terebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang,

Setyo Angger Wibianto NIM. 115080600111034



RINGKASAN

SETYOANGGERWIBIANTO. Skripsi. Studi Pengaruh Angin Terhadap Pembentukan Arah dan Kecepatan Arus Permukaan Di Wilayah Utara dan Selatan Jawa Timur. (Dibawah Bimbingan Ibu **Nurin Hidayati** dan Bapak **M.A. Zainul Fuad**)

Angin adalah udara yang bergerak karena efek dari rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Angin bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah dengan tekanan rendah. Arus air laut adalah pergerakan massa air secara vertikal dan horisontal sehingga menuju keseimbangannya. Arus juga merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dikarenakan tiupan angin atau perbedaan densitas atau pergerakan gelombang panjang. Tenaga angin memberikan pengaruh terhadap arus permukaan (atas) sekitar 2% dari kecepatan angin itu sendiri. Kecepatan arus ini akan berkurang sesuai dengan makin bertambahnya kedalaman perairan sampai pada akhirnya angin tidak berpengaruh pada kedalaman 200 meter. Setelah itu akan timbul suatu aliran arus dimana makin dalam suatu perairan maka arus yang terjadi pada lapisan-lapisan perairan akan dibelokan arahnya. Hubungan ini dikenal sebagai Spiral Ekman, arah arus menyimpang 45° dari arah angin dan sudut penyimpangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik angin dan arus baik pola maupun kecepatanya yang kemudian akan di teliti seberapa besar pengaruh angin dalam membentuk arus pada perairan utara dan selatan Jawa Timur. Penelitian ini dilaksanakan di perairan Situbondo, Lamongan, Malang selatan dan Banyuwangi pada bulan November 2015.

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah dengan mendownload data prediksi dari *Ocean Surface Current Analysis Real-time (OSCAR)* dan *European Center for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF)* meliputi arus dan angin baik pola maupun kecepatanya dalam kurun waktu 10 tahun yaitu tahun 2005 – 2015. Kemudian menggunakan data dari lembaga Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Maritim (BMKG) di Tanjung Perak, Surabaya yang berupa data arus dan data angin dalam periode 1 tahun pada wilayah perairan Malang Selatan dan Banyuwangi selama tahun 2014. Setelah itu dilakukan pengambilan data observasi lapang di wilayah perairan Lamongan dan Situbondo dengan menggunakan current meter sebagai validasi dari data sebelumnya. Kemudian dari data yang diperoleh akan diolah dan dibandingkan hasilnya dengan teori dari *Bernawis Lamonal* serta ditinjau bagaimana penyimpanganya berdasarkan *Ekman Spiral*.

Hasil Penelitian yang diperoleh adalah perberdaan pola angin di perairan pesisir utara angin dominan berasal dari barat dengan kecepatan sebesar 7.24 m/s sedangkan untuk pesisir selatan angin dominan berasal dari arah selatan dengan kisaran kecepatan 5.31 m/s. Perbedaan pola arus di wilayah pesisir utara arah arus berasal dari arah barat daya dengan kisaran kecepatan 0.21 m/s. Sedangkan untuk pesisir selatan arah arus berasal dari selatan dengan kecepatan 0.23 m/s. Pengaruh angin terhadap pembentukan arah dan kecepatan arus didapatkan dengan hasil arah arus menyimpang sebesar 48.79° untuk pesisir utara, kemudian arus menyimpang sebesar 14.95° untuk pesisir selatan. Keduanya dominan bahwa arah arus berada di sebelah kiri dari arah angin. Sedangkan untuk kecepatan angin dalam membentuk kecepatan arus pada pesisir utara didapatkan hasil sebesar 2.94% dan pada pesisir selatan 4.27%.

KATA PENGANTAR

Dengan menanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulisan dapat menyajikan Laporan Skripsi yang berjudul "STUDI PENGARUH ANGIN TERHADAP PEMBENTUKAN ARAH DAN KECEPATAN ARUS PERMUKAAN DI WILAYAH UTARA DAN SELATAN JAWA TIMUR". Di dalam penulisan ini, disajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi kecepatan, pola arah dari angin dan arus di wilayah utara dan selatan Jawa Timur serta pengaruh angin dalam membentuk kecepatan dan pola arus.

Sangan disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetepi masih dirasakan banyak kekurangtepatan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan



Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillah, atas rahmat dan nikmat yang senantiasa Allah SWT berikan kepada hamba-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Praktek Kerja Lapang ini. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Terima kasih yang tidak terhingga penulis sampaikan kepada kedua orangtua tercinta dan segenap keluarga atas dukungan yang telah diberikan selama penyelesaian laporan Praktek Kerja Lapang ini. Penulis secara khusus mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian laporan ini baik secara langsung maupun tidak langsung kepada:

- 1. Ibu Nurin Hidayati, ST., M.Sc dan bapak M. Arif Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dari awal diskusi hingga penyelesaian laporan Skripsi ini serta atas dukungan dan saran yang diberikan.
- 2. Bapak Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D dan Ibu Muliawati, S.Pi. M.Si selaku dosen penguji Skripsi yang telah memberikan saran dan tambahan dalam pengerjaan laporan skripsi
- 3. Rekan-rekan penulis yang bersama-sama yang telah membantu dalam pengambilan data di lapang termasuk sahabat juga keluarga.
- Kepada seluruh warga Ilmu Kelatan baik dari angkatan 2009 2013 yang senantiasa menjadi penguat dan semangat serta menjadi inspirasi dalam penyelesaian laporan ini.
- 5. Kepada seluruh pegawai karyawan dari pihak universitas, fakultas juga pihak BMKG yang telah membantu dalam menyediakan data juga membantu menyiapkan perihal syarat kelulusan dan ujian skripsi.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN ORISINALITAS	
RINGKASAN	
KATA PENGANTAR	
UCAPAN TERIMAKASIH	
DAFTAR ISI	
DAFTAR GAMBARDAFTAR TABEL	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	
1.2 Rumusan Masalah	
1.3 Tujuan	5
1.4 Kegunaan	
1.5 Tempat, Waktu/Jadwal Pelaksanaan	
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Angin	
2.2 Arus	
2.3 Ekman Spiral	9
2.4 Pengaruh Angin dalam Membentuk Arah dan Kecepatan Arus	10
2.5 Kondisi Perairan Jawa Timur	10
2.5.1 Perairan Laut Utara Jawa Timur	11
2.5.2 Perairan Laut Selatan Jawa Timur	
2.6 Periode Musim Di Indonesia	
3. METODOLOGI	
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	14
3.1.1 Peta Wilayah Penelitian 1, Pantai Paciran, Kab. Lamongan	14
3.1.2 Peta Wilayah Penelitian 2, Sumberwaru, Situbondo	

	3.2.1 Alat	
	3.2.2 Bahan	
	3.2.3 Spesifikasi Alat dan Bahan	20
	3.3 Metode Penelitian	
	3.3.1 Metode Pengambilan Data BMKG	
4	. HASIL DAN PEMBAHASAN	
	4.1 Pola dan Arah Arus dan Angin Rata – rata Tahunan	
	4.2 Pola dan Karakteristik Angin dan Arus Musiman	46
	4.2.1 Angin pada Musim Barat	46
	4.2.2 Angin pada Musim Peralihan 1	
	4.2.3 Angin Pada Musim Timur	48
	4.2.4 Angin pada Musim Peralihan 2	49
	4.2.5 Perbandingan Data Angin	50
	4.2.6 Arus pada Musim Barat	53
	4.2.7 Arus pada Musim Peralihan 1	54
	4.2.8 Arus pada Musim Timur	55
	4.2.9 Arus pada Musim Peralihan 2	
	4.2.10 Perbandingan Data Arus	58
	4.3 Pembagian Data Secara Spatial	6′
	4.3.1 Kondisi Angin pada Wilayah Perairan Paciran, Lamongan	6′
	4.3.2 Kondisi Angin pada Wilayah Perairan Sumberwaru, Situbondo	62
	4.3.3 Kondisi Arus pada Wilayah Perairan Paciran, Lamongan	63
	4.3.4 Kondisi Arus pada Wilayah Perairan Sumberwaru, Situbondo	64
	4.4 Pembagian Data Secara Temporal	67
	4.4.1 Data Angin Secara Temporal	67

4.4.2 Data Arus Secara Temporal	70
4.5 Pengaruh Angin Dalam Pembentukan Arah dan Kecepatan Arus	73
4.5.1 Berdasarkan Musim	73
4.5.2 Berdasarkan Data Spatial	76
4.5.3 Berdasarkan Data Temporal	77
4.5.4 Keseluruhan Data	80
5. PENUTUP	85
5.1 Kesimpulan	85
5.2 Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	87



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ekman Spiral	10
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian, Jawa Timur	14
Gambar 3. Peta Pantai Paciran, Lamongan	15
Gambar 4. Peta Pantai Sumberwaru, Situbondo	16
Gambar 5. Peta Pantai Sendang Biru, Malang	17
Gambar 6. Peta Pantai Pancer, Banyuwangi	18
Gambar 7. Diagram Alur Penelitian	24
Gambar 8. Skema Kerja Pengambilan Data BMKG	27
Gambar 9. Arus Tahun 2005	29
Gambar 10. Arus Tahun 2006	30
Gambar 11. Arus Tahun 2007	30
Gambar 12. Arus Tahun 2008	31
Gambar 13. Arus Tahun 2009	
Gambar 14. Arus Tahun 2010	
Gambar 15. Arus Tahun 2011	
Gambar 16. Arus Tahun 2012	34
Gambar 17. Arus Tahun 2013	34
Gambar 18. Arus Tahun 2014	35
Gambar 19. Arus Tahun 2015	36
Gambar 20. Angin Tahun 2005	
Gambar 21. Angin Tahun 2006	38
Gambar 22. Angin Tahun 2007	39
Gambar 23. Angin Tahun 2008	39
Gambar 24. Angin Tahun 2009	40
Gambar 25. Angin Tahun 2010	41

Gambar 26. Angin Tahun 20114
Gambar 27. Angin Tahun 201242
Gambar 28. Angin Tahun 201343
Gambar 29. Angin Tahun 201443
Gambar 30. Angin Tahun 201544
Gambar 31. Karakteristik Angin Musim Barat46
Gambar 32. Karakteristik Angin Musim Peralihan 147
Gambar 33. Karakteristik Angin Musim Timur48
Gambar 34. Karakteristik Angin Musim Peralihan 2
Gambar 35. Grafik Arah Angin Berdasarkan Musim5
Gambar 36. Grafik Kecepatan Angin Berdasarkan Musim
Gambar 37. Karakteristik Arus Musim Barat54
Gambar 38. Karakteristik Arus Musim Peralihan 155
Gambar 39. Karakteristik Arus Musim Timur
Gambar 40. Karakteristik Arus Musim Peralihan 257
Gambar 41. Grafik Arah Arus Berdasarkan Musim
Gambar 42. Grafik Kecepatan Arus Berdasarkan Musim 60
Gambar 43. Karakteristik Angin pada Wilayah Perairan Utara Paciran, Kab
Lamongan6
Gambar 44. Karakteristik Angin pada Wilayah Perairan Utara Sumberwaru, Kab
Situbondo
Gambar 45. Karakteristik Arus pada Wilayah Perairan Utara Paciran, Kab
Lamongan63
Gambar 46. Karakteristik Arus pada Wilayah Perairan Utara Sumberwaru, Kab
Situbondo64
Gambar 47. Grafik Perbandingan Data Di Lamongan
Gambar 48. Grafik Perbandingan Data Di Situbondo66

Gambar 49. Data Angin Di Sendang Biru68
Gambar 50. Data Angin Di Pancer69
Gambar 51. Data Arus Di Sendang Biru71
Gambar 52. Data Arus Di Pancer72
Gambar 53. Grafik Perbandingan Data Angin dan Arus80
Gambar 54. Pergerakan Arah Arus dan Angin Pada Wilayah Utara Jawa Timur 81
Gambar 55.Pergerakan Arah Arus dan Angin Pada Wilayah Selatan Jawa Timur
81
Gambar 56. Grafik Prosentase Pengaruh Angin Terhadap Arus83



DAFTAR TABEL

Tabel	1. Spesifikasi Current Meter FW 450	20
Tabel	2. Tabel Spesifikasi GPS	21
Tabel	3. Tabel Spesifikasi <i>ECMWF</i>	22
Tabel	4. Perbandingan Arah Angin dari 4 Musim	50
Tabel	5. Perbandingan Kecepatan Angin dari 4 Musim	52
	6. Perbandingan Arah Arus dari 4 Musim	
	7. Perbandingan Kecepatan Arus 4 Musim	
Tabel	8. Pengambilan data di Lamongan	65
Tabel	9. Pengambilan Data di Situbondo	66
Tabel	10. Data Angin Titik Lokasi 1, Sendang Biru, Malang	67
Tabel	11. Data Angin Titik Lokasi 2, Pancer, Banyuwangi	69
Tabel	12. Data Arus Titik Lokasi 1, Sendang Biru, Malang	70
Tabel	13. Data Arus Titik Lokasi 2, Pancer, Kab. Banyuwangi	71
Tabel	14. Pengaruh Arah Angin terhadap Arah Arus	73
Tabel	15. Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Arus	75
Tabel	16. Pengaruh Angin Terhadap Arus di Lamongan	76
Tabel	17. Pengaruh Angin Terhadap Arus di Situbondo	77
Tabel	18. Pengaruh Angin Terhadap Arus di Sendang Biru, Malang	78
Tabel	19. Pengaruh Angin Terhadap Arus di Pancer, Banyuwangi	79
Tabel	20. Angin dan Arus Keseluruhan	80
Tabel	21. Penyimpangan Arah Angin Dengan Arus	82
Tabel	22. Persentase Keseluruhan	83

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Lokasi Penelitan	89
Lampiran 2. Instumentasi Penelitian	9
Lampiran 3. Proses Pengambilan Data	93





1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Angin adalah udara yang bergerak karena efek dari rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Angin bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah dengan tekanan rendah (Ackerman, 1995). Pada penelitian kali ini angin yang digunakan adalah angin permukaan laut. Angin ini bertiup tepat di atas permukaan laut dengan ketinggian ±10m dari permukaan laut itu sendiri.

Arus air laut adalah pergerakan massa air secara vertikal dan horisontal sehingga menuju keseimbangannya, atau gerakan air yang sangat luas yang terjadi di seluruh lautan dunia. Arus juga merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dikarenakan tiupan angin atau perbedaan densitas atau pergerakan gelombang panjang. Pergerakan arus dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain arah angin, perbedaan tekanan air, perbedaan densitas air, gaya Coriolis dan arus ekman, topografi dasar laut, arus permukaan, upwellng dan downwelling (Hutabarat, 2008).

Menurut letaknya, arus dibedakan menjadi dua yaitu arus atas dan arus bawah. Arus atas adalah arus yang bergerak di permukaan laut, sedangkan arus bawah adalah arus yang bergerak di bawah permukaan laut. Faktor pembangkit arus permukaan disebabkan oleh adanya angin yang bertiup diatasnya. Tenaga angin memberikan pengaruh terhadap arus permukaan (atas) sekitar 2% dari kecepatan angin itu sendiri. Kecepatan arus ini akan berkurang sesuai dengan makin bertambahnya kedalaman perairan sampai pada akhirnya angin tidak berpengaruh pada kedalaman 200 meter (Bernawis, 2000). Dalam penelitian ini arus yang digunakan adalah arus permukaan yaitu arus yang bergerak tepat di permukaan air laut. Dalam hal ini angin memilik pengaruh dalam membentuk arus dikarenakan adanya pergesekan antara angin dan arus permukaan yang

nantinya akan mempengaruhi pergerakan baik kecepatan maupun arah arus tersebut.

Arus ekman adalah arus yang terjadi pada lapisan permukaan air laut yang ditimbulkan oleh pergerakan angina, namun Ekman mendapatkan bahwa arah arus permukaan laut tidak searah dengan angin yang bergerak dipermukaan laut itu sendiri. Hasilnya akan ada sedikit pembelokan dari arah arus yang relaif cepat dilapisan permukaan dan arah pembelokanya menjadi lebih besar pada aliran arus yang kecepatanya makin lambat dan mempunyai kedalaman makin bertambah besar. Akibatnya akan timbul suatu aliran arus dimana makin dalam suatu perairan maka arus yang terjadi pada lapisan-lapisan perairan akan dibelokan arahnya. Hubungan ini dikenal sebagai *Ekman Spiral*, dimana arah arus menyimpang 45° dari arah angin dan sudut penyimpangan bertambah dengan bertambahnya kedalaman (Supangat, 2003).

Perairan Indonesia yang dipengaruhi oleh sistem pola angin muson memiliki pola sirkulasi massa air yang berbeda dan bervariasi antara musim, disamping itupula juga dipengaruhi oleh massa air Lautan Pasifik yang melintasi perairan Indonesia menuju Lautan Hindia melalui sistem arus lintas Indonesia (Arlindo). Sirkulasi massa air perairan Indonesia berbeda antara musim barat dan musim timur. Dimana pada musim barat, massa air umumnya mengalir ke arah timur perairan Indonesia, dan sebaliknya ketika musim timur berkembang dengan sempurna suplai massa air yang berasal dari daerah upwelling di Laut Arafura dan Laut Banda akan mengalir menunju perairan Indonesia bagian barat (Wyrtki, 1961).

Menurut (BMKG, 2015) musim di Indonesia di bagi menjadi 2 yaitu musim hujan dan musim kemarau, Musim hujan atau musim basah adalah musim dengan ciri meningkatnya curah hujan di suatu wilayah dibandingkan biasanya dalam jangka waktu tertentu secara tetap. Musim hujan hanya dikenal di wilayah

dengan iklim tropis. Secara teknis meteorologi, musim hujan dianggap mulai terjadi apabila curah hujan dalam tiga dasarian berturut-turut telah melebihi 100 mm per meter persegi per dasarian dan berlanjut terus. Apabila hal ini belum terpenuhi namun curah hujan telah tinggi kondisinya dianggap sebagai peralihan musim Sedangkan (pancaroba). musim kemarau atau musim kering adalah musim di daerah tropis yang dipengaruhi oleh sistem muson. Untuk dapat disebut musim kemarau, curah hujan per bulan harus di bawah 60 mm per bulan (atau 20 mm per dasarian) selama tiga dasarian berturut-turut. Wilayah tropika di Asia Tenggara dan Asia Selatan, Australia bagian timur laut, Afrika, dan sebagian Amerika Selatan mengalami musim ini. Musim Penghujan terjadi antara bulan Oktober - Maret, Sedangkan Musim Kemarau terjadi antara bulan April – September. Lalu musim peralihan (Pancaroba) terjadi kisaran bulan Maret – April (Dari Hujan ke Kemarau) dan September - Oktober (Dari Kemarau ke Hujan).

Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu sentra kegiatan ekonomi yang menghubungkan Kawasan Barat Indonesia (KBI) dan Kawasan Timur Indonesia (KTI). Wilayah Propinsi Jawa Timur memiliki panjang pantai sekitar + 2.128 km dan di sepanjang pantainya dapat dijumpai beragam sumberdaya alam mulai dari hutan bakau, padang lamun, terumbu karang, migas, sumberdaya mineral hingga pantai berpasir putih yang layak untuk dikembangkan menjadi obyek wisata. Pada kawasan pantai Jawa Timur dapat ditemui juga delta yang terbentuk karena adanya proses sedimentasi dari sungai Brantas-Solo yang diduga mengandung gas biogenik.

Pantai Selatan maupun Pantai Utara Jawa merupakan pusat aktivitas berbagai kegiatan perekonomian di Pulau Jawa. Berbagai aktivitas tersebut tidak lepas dari sejumlah persoalan yang cukup kompleks, mulai dari kerusakan fisik lingkungan, semakin parahnya kerusakan ekosistem pesisir dan laut hingga

berbagai masalah sosial yang hadir di tengah-tengah masyarakat pesisir yang jumlahnya mencapai 65% dari seluruh penduduk Pulau Jawa.

Kawasan laut dan pesisir Jawa Timur mempunyai luas hampir dua kali luas daratannya (± 47220 km persegi) atau mencapai ± 75700 km persegi apabila dihitung dengan 12 mil batas wilayah propinsi, sedang garis pantai Propinsi Jawa Timur memiliki garis pantai sepanjang ± 2128 km yang aktif dan potensial. Propinsi Jawa Timur tidak hanya luas dari segi wilayah, tetapi juga kaya akan sumberdaya alam yang tentunya akan menjadi daya dukung pembangunan wilayahnya. Di kawasan pesisir Jawa Timur yang sebagian besar terletak di pesisir utara dan sebelah timur dapat dijumpai berbagai variasi kondisi fisik dan lingkungannya seperti hutan bakau, padang lamun, terumbu karang, pantai berpasir putih dan pantai yang landai maupun terjal.

Alasan mengapa hal ini di teliti adalah untuk membandingkan apakah pengaruh angin terhadap pembentukan arah dan kecepatan arus permukaan pada wilayah Jawa Timur sama dengan penelitian yang dilakukan Bernawis Lamonal dengan hasil 2% dan teori *Ekman Spiral*. Oleh karena itu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui bagaimana perbedaanya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan diangkat dalam penelitian kali ini adalah bagaimanakah pola pergerakan angin dan arus permukaan pada wilayah utara dan selatan Jawa Timur serta pengaruh angin dalam membentuk arus permukaan itu sendiri. Apakah sama pengaruhnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Bernawis Lamonal dan berlaku juga di perairan Jawa Timur serta perbandinganya dengan teori ekman spiral.

1.3 Tujuan

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengetahui perbedaan karakteristik angin untuk wilayah Utara dan Selatan Jawa Timur.
- Mengetahui perbedaan karakteristik arus untuk wilayah Utara dan Selatan Jawa Timur.
- Mengetahui pengaruh angin terhadap pembentukan arah dan kecepatan arus permukaan. Dan perbandinganya dengan teori yang di temukan oleh Bernawis Lamonal serta kesesuaianya pada wilayah yang berbeda dan terhadap ekman spiral.

1.4 Kegunaan

Penelitian ini pada akhirnya diharapkan mampu memberikan kegunaan untuk mahasiswa sebagai acuan dan menambah wawasan mengenai pengaruh angin dalam membentuk kecepatan dan arah arus permukaan laut beserta perbedaan pola dari angin dan arus antara perairan utara dan selatan Jawa Timur. Dapat dijadikan pedoman untuk penelitian lebih lanjut dan dapat dikaitkan dengan parameter yang lain seperti gelombang dan pasang surut ataupun dikaitkan dengan biota dan aktivitas kelautan yang lainya. Dan akan digunakan pula sebagai data dasar (kekuatan angin dan arusnya) yang dibutuhkan oleh arsitek keramba untuk rekonstruksi dan mempertimbangkan ketebalan kayu dan tali sebagai bahan pembuat keramba serta kekuatan jangkar dalam menahan keramba.

1.5 Tempat, Waktu/Jadwal Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2015 pada 4 tempat berbeda yaitu wilayah perairan utara Jawa Timur (Situbondo dan Lamongan) dan wilayah perairan selatan Jawa Timur (Malang Selatan dan Banyuwangi).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Angin

Proses Terjadinya Angin Angin adalah udara yang bergerak dari daerah bertekanan udara tinggi ke daerah yang bertekanan udara lebih rendah. Pergerakan udara ini disebabkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Jika udara dipanaskan akan memuai yang akhirnya naik karena menjadi lebih ringan. Jika udara yang dipanaskan naik, tekanan udara menjadi turun karena udara berkurang kerapatannya sehingga udara dingin di sekitarnya akan mengalir ke tempat yang bertekanan rendah tersebut. Udara lalu menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tanah. Di atas tanah udara menjadi panas lagi dan kembali naik. Sedangkan faktor terjadinya angin Faktor terjadinya angin ada 4 tahap, yaitu Gradien barometris, lokasi, tinggi lokasi dan waktu (Wildan, 2008).

Menurut (Ackerman, 1995) Angin merupakan udara yang bergerak. Angin bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah. Alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin disebut anemometer. Berikut ini adalah macam-macam angin:

Berikut merupakan angin yang disebabkan oleh sirkulasi udara sekitar :

A. Angin Laut

Angin laut adalah angin yang bertiup dari arah laut ke darat. Angin ini terjadi pada siang hari. Para nelayan menggunakan angin jenis ini untuk pulang ke darat.

B. Angin Darat

Adalah angin yang berhembus dari darat ke laut, terjadi pada malam hari.

Angin ini dimanfaat kan para pelaut untuk melaut

C. Angin Gunung

Adalah angin yang bertiup dari lereng gunung ke lembah. Angin jenis ini terjadi pada malam hari

D. Angin Lembah

Adalah angin yang bertiup dari lembah ke lereng gunung. Angin jenis ini terjadi pada siang hari.

Sedangkan berikut merupakan angin yang disebabkan oleh sirkulasi udara global :

A. Angin Pasat

Adalah angin yang terjadi karena ada daerah yang tekanan udaranya selalu lebih tinggi daripada tekanan udara di skitar khatulistiwa. Akibatnya di belahan bumi utara, angin akan menyerong ke kanan, sedangkan di belahan bumi selatan, angin akan menyerong ke kiri

B. Angin Muson

Adalah angin yang arahnya berubah setiap setengah tahun. Di Indonesia ada 2 jenis angin muson, yaitu angin muson barat yang terjadi pada bulan September sampai Maret dan menyerong ke kiri menyebabkan hujan. Angin muson timur terjadi pada bulan Maret sampai September, daerah di Indonesia mengalami musim kemarau.

Dalam penelitian kali ini angin yang digunakan dalam pengolahan data adalah angin permukaan yang berhembus dengan jarak ±10m dari permukaan laut. Dan jenis angin yang digunakan dalam pembagian atau pengolahan data yang didapatkan dari *OSCAR* dan *ECMWF* adalah angin muson.

2.2 Arus

Arus air laut adalah pergerakan massa air secara vertikal dan horisontal sehingga menuju keseimbangannya, atau gerakan air yang sangat luas yang terjadi di seluruh lautan dunia. Arus juga merupakan gerakan mengalir

suatu massa air yang dikarenakan tiupan angin atau perbedaan densitas atau pergerakan gelombang panjang. Pergerakan arus dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain arah angin, perbedaan tekanan air, perbedaan densitas air, gaya Coriolis dan arus ekman, topografi dasar laut, arus permukaan, upwellng, downwelling (Hutabarat, 2008).

Pond dan Pickard (1983) mengklasifikasikan gerakan massa air berdasarkan penyebabnya, terbagi atas :

a. Gerakan dorongan angin

Angin adalah faktor yang membangkitkan arus, arus yang ditimbulkan oleh angin mempunyai kecepatan yang berbeda menurut kedalaman. Kecepatan arus yang dibangkitkan oleh angin memiliki perubahan yang kecil seiring pertambahan kedalaman hingga tidak berpengaruh sama sekali.

b. Gerakan termohalin

Perubahan densitas timbul karena adanya perubahan suhu dan salinitas antara 2 massa air yang densitasnya tinggi akan tenggelam dan menyebar dibawah permukaan air sebagai arus dalam dan sirkulasinya disebut arus termohalin.

c.Arus Pasut

Arus yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antara bumi dan benda benda angkasa. Arus pasut ini merupakan arus yang gerakannya horizontal.

d. Turbulensi

Suatu gerakan yang terjadi pada lapisan batas air dan terjadi karena adanya gaya gesekan antar lapisan.

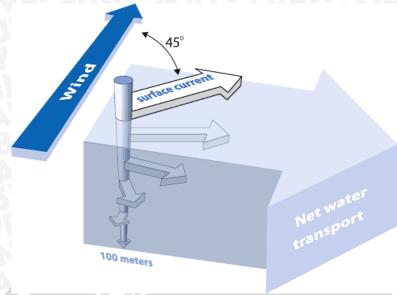
e. Lain – lain

Adapun faktor lain yang menyebabkan terjadinya pergerakan arus seperti rotasi bumi, gelombang, aktivitas manusia, gravitasi bulan, dan lain sebagainya.

Pada penelitian kali ini digunakan faktor angin untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap pembentukan arus permukaan dikarenakan penelitian kali ini bertujuan untuk membandingkan apakah sama dengan teori yang ditemukan oleh Bernawis Lamonal dan apakah berlaku pada wilayah yang berbeda.

2.3 Ekman Spiral

Arus ekman adalah arus yang terjadi pada lapisan permukaan air laut yang ditimbulkan oleh pergerakan angin. Ekman mendapatkan bahwa arah arus permukaan laut tidak searah dengan angin yang bergerak dipermukaan laut itu sendiri. Gaya Coriolis mempengaruhi aliran massa air, dimana gaya ini akan membelokan arah angin dari arah yang lurus. Gaya ini timbul sebagai akibat dari perputaran bumi pada porosnya. Gaya Coriolis ini yang membelokan arus dibagian bumi utara kekanan dan dibagian bumi selatan kearah kiri. Pada saat kecepatan arus berkurang, maka tingkat perubahan arus yang disebabkan gaya Coriolis akan meningkat. Hasilnya akan dihasilkan sedikit pembelokan dari arah arus yang relaif cepat dilapisan permukaan dan arah pembelokanya menjadi lebih besar pada aliran arus yang kecepatanya makin lambat dan mempunyai kedalaman makin bertambah besar. Akibatnya akan timbul suatu aliran arus dimana makin dalam suatu perairan maka arus yang terjadi pada lapisan-lapisan perairan akan dibelokan arahnya. Hubungan ini dikenal sebagai Spiral Ekman, Arah arus menyimpang 45° dari arah angin dan sudut penyimpangan.bertambah dengan bertambahnya kedalaman (Supangat, 2003). Pada gambar .1 dibawah adalah gambaran mengenai bagaimana angin membentuk arah arus laut permukaan dan perbedaan efeknya pada kedalaman yang berbeda.



(NOAA, 2016).

Gambar 1. Ekman Spiral

2.4 Pengaruh Angin dalam Membentuk Arah dan Kecepatan Arus

Menurut letaknya, arus dibedakan menjadi dua yaitu arus atas dan arus bawah. Arus atas adalah arus yang bergerak di permukaan laut. Sedangkan arus bawah adalah arus yang bergerak di bawah permukaan laut. Faktor pembangkit arus permukaan disebabkan oleh adanya angin yang bertiup diatasnya. Tenaga angin memberikan pengaruh terhadap arus permukaan (atas) sekitar 2% dari kecepatan angin itu sendiri. Kecepatan arus ini akan berkurang sesuai dengan makin bertambahnya kedalaman perairan sampai pada akhirnya angin tidak berpengaruh pada kedalaman 200 meter (Bernawis, 2000).

2.5 Kondisi Perairan Jawa Timur

Kawasan pesisir dan laut Jawa Timur secara umum dapat dikelompokkan menjadi kawasan pesisir utara, pesisir timur dan pesisir selatan. Kawasan pesisir utara dan timur umumnya dimanfaatkan untuk transportasi laut, pelestarian alam, budidaya laut, pariwisata dan pemukiman nelayan. Sedangkan kawasan pesisir selatan, umumnya merupakan pantai terjal dan berhadapan langsung dengan Samudera Hindia yang kondisi gelombang dan ombaknya besar, sehingga hanya

bagian tertentu saja yang dapat dikembangkan sebagai pemukiman nelayan dan areal pariwisata.

Kawasan laut dan pesisir Jawa Timur mempunyai luas hampir dua kali luas daratannya (± 47220 km persegi) atau mencapai ± 75700 km persegi apabila dihitung dengan 12 mil batas wilayah propinsi, sedang garis pantai Propinsi Jawa Timur memiliki garis pantai sepanjang ± 2128 km yang aktif dan potensial. Propinsi Jawa Timur tidak hanya luas dari segi wilayah, tetapi juga kaya akan sumberdaya alam yang tentunya akan menjadi daya dukung pembangunan wilayahnya. Di kawasan pesisir Jawa Timur yang sebagian besar terletak di pesisir utara dan sebelah timur dapat dijumpai berbagai variasi kondisi fisik dan lingkungannya seperti hutan bakau, padang lamun, terumbu karang, pantai berpasir putih dan pantai yang landai maupun terjal (Mulyana, 2011).

2.5.1 Perairan Laut Utara Jawa Timur

Kawasan laut dan pesisir Jawa Timur mempunyai luas hampir dua kali luas daratannya (± 47220 km persegi) atau mencapai ± 75700 km persegi apabila dihitung dengan 12 mil batas wilayah propinsi, sedang garis pantai Propinsi Jawa Timur memiliki garis pantai sepanjang ± 2128 km yang aktif dan potensial. Propinsi Jawa Timur tidak hanya luas dari segi wilayah, tetapi juga kaya akan sumberdaya alam yang tentunya akan menjadi daya dukung pembangunan wilayahnya. Di kawasan pesisir Jawa Timur yang sebagian besar terletak di pesisir utara dan sebelah timur dapat dijumpai berbagai variasi kondisi fisik dan lingkungannya seperti hutan bakau, padang lamun, terumbu karang, pantai berpasir putih dan pantai yang landai maupun terjal.

2.5.2 Perairan Laut Selatan Jawa Timur

Dalam Peta Indonesia Pantai Selatan yang selanjutnya disebut dengan Laut selatan merupakan daerah pesisir yang berbatasan langsung dengan laut lepas yaitu samudera Hindia, batas inilah yang secara langsung membentuk karakteristik dari parameter Oseanografi yang terjadi di daerah pantai selatan jawa, selain parameter oseanografi, laut selatan juga akan membentuk geologi yang unik yang membentuk kondisi oseanografi yang berbeda dibanding dengan laut yang lain, Selain memiliki keunikan kondisi Oseanografi, Laut selatan juga berpotensi terjadi Tsunami, seperti yang telah terjadi Tsunami Di Pangandaran Jawa Barat 2006, Hal ini relatif berbeda dibandingkan dengan laut Utara Jawa yang doprediksi tidak akan terjadi Tsunami selama beberapa dekade mendatang..

2.6 Periode Musim Di Indonesia

Menurut (BMKG, 2015) musim di Indonesia di bagi menjadi 2 yaitu musim hujan dan musim kemarau, berikut penjelasanya :

Musim hujan atau musim basah adalah musim dengan ciri meningkatnya curah hujan di suatu wilayah dibandingkan biasanya dalam jangka waktu tertentu secara tetap. Musim hujan hanya dikenal di wilayah dengan iklim tropis. Secara teknis meteorologi, musim hujan dianggap mulai terjadi apabila curah hujan dalam tiga dasarian berturut-turut telah melebihi 100 mm per meter persegi per dasarian dan berlanjut terus. Apabila hal ini belum terpenuhi namun curah hujan telah tinggi kondisinya dianggap sebagai peralihan musim (pancaroba).

Musim kemarau atau musim kering adalah musim di daerah tropis yang dipengaruhi oleh sistem muson. Untuk dapat disebut musim kemarau, curah hujan per bulan harus di bawah 60 mm per bulan (atau 20 mm per dasarian) selama tiga dasarian berturut-turut. Wilayah tropika di Asia Tenggara dan Asia Selatan, Australia bagian timur laut, Afrika, dan sebagian Amerika Selatan mengalami musim ini.

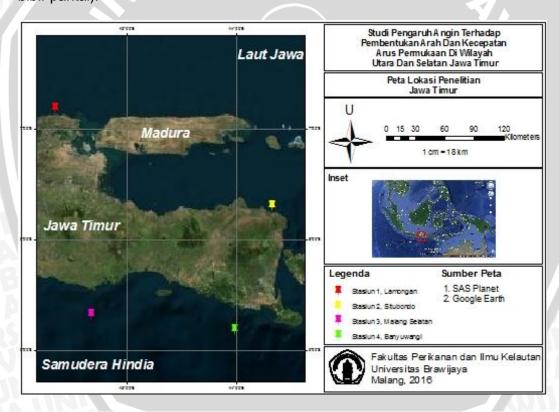
Musim Penghujan terjadi antara bulan Oktober – Maret, Sedangkan Musim Kemarau terjadi antara bulan April – September. Lalu musim peralihan (Pancaroba) terjadi kisaran bulan Maret – April (Dari Hujan ke Kemarau) dan September - Oktober (Dari Kemarau ke Hujan).



3. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

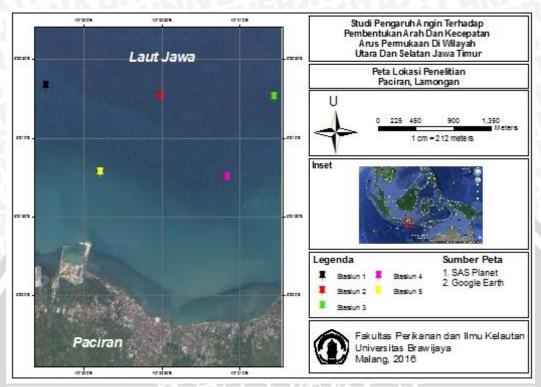
Lokasi penelitian ini dilakukan pada bulan September 2015 di seluruh wilayah perairan utara dan selatan Jawa Timur. Wilayah perairan utara Jawa Timur terletak mulai dari 6°36'41.56"S, 111°46'12.56"E - 6°59'49.88"S, 114°25'23.99"E. Sedangkan untuk wilayah perairan selatan Jawa Timur terletak mulai dari 8°40'6.50"S, 110°52'50.47"E - 9° 7'26.15"S, 114°30'33.96"E. Fokus penelitian adalah keseluruh wilayah perairan utara dan selatan Jawa Timur mulai dari perairan bibir pantai hingga ke wilayah menengah (Kisaran 30 – 60 km dari bibir pantai).



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian, Jawa Timur

3.1.1 Peta Wilayah Penelitian 1, Pantai Paciran, Kab. Lamongan

Pantai Paciran ini terletak di Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Pantai ini merupakan salah satu sentra wisata dari Kabupaten Lamongan dimana terdapat beberapa obyek wisata seperti Wisata Bahari Lamongan (WBL), Goa Tanjung Kodok dan makam Sunan Drajat.

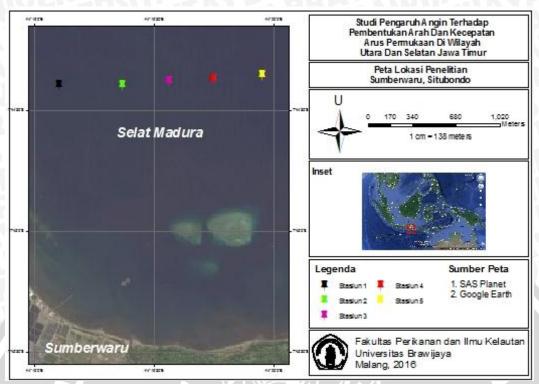


Gambar 3. Peta Pantai Paciran, Lamongan

Pada akhir pekan wilayah ini ramai di kunjungi oleh wisatawan guna menikmati berbagai macam hiburan dan wisata yang ada. Selain itu terdapat juga Dermaga Kapal Penyeberangan yang digunakan oleh kapal penumpang untuk menyeberang ke Pulau Bawean yang berada di sebelah Utara Jawa Timur. Kemudian di wilayah ini juga terdapat banyak pemukiman nelayan yang tinggal di pesisir pantai Paciran. Banyak juga pihak yang menyewa kapal untuk melakukan pemancingan di wilayah perairan utara Kabupaten Lamongan ini, baik itu untuk dijual maupun ikan hias untuk dipelihara. Pada wilayah timur Kecamatan Paciran terdapat TPI (Tempat Pelelangan Ikan) dimana pasarnya cukup ramai oleh masyarakat yang berbelanja dan gemar makan ikan.

3.1.2 Peta Wilayah Penelitian 2, Sumberwaru, Situbondo

Untuk wilayah perairan yang berikutnya adalah wilayah perairan pantai Sumberwaru, Situbondo.

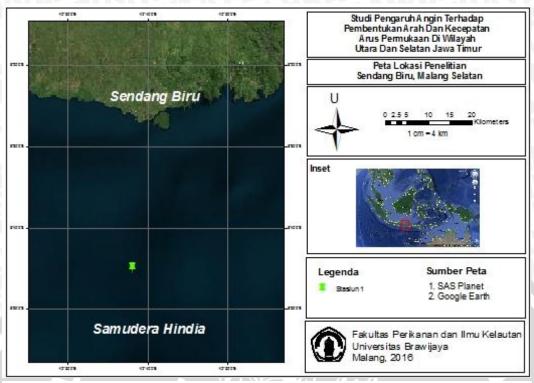


Gambar 4. Peta Pantai Sumberwaru, Situbondo

Perairan ini terletak di sebelah utara wilayah Desa Sidodadi, Karangtekok, Kabupaten Situbondo. Pada perairan ini banyak dijumpai aktivitas nelayan dalam menangkap ikan dan juga beberapa keramba apung yang memelihara ikan kerapu. Pada wilayah pantai ini juga di jumpai zona mangrove yang di jadikan wilayah Konservasi oleh Pemerintah Kabupaten Situbondo. Banyak aktivitas Kelautan dan Perikanan yang dapat dilakukan di wilayah pantai ini dikarenakan letaknya yang strategis.

3.1.3 Peta Wilayah Penelitian 3, Sendang Biru, Malang

Pantai Sendang Biru adalah satu lagi pantai yang terletak di Kabupaten Malang. Tepatnya di 30 Km bagian selatan Malang, Sendang biru berada di kecamatan Sumbermanjing Wetan. Pantai Sendang Biru berpotensi sebagai obyek wisata yang sangat indah yang bisa dikunjungi.

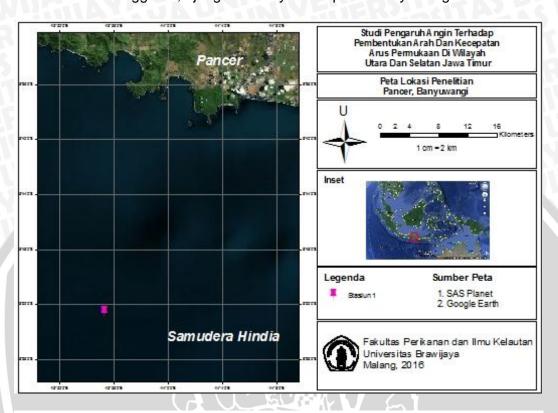


Gambar 5. Peta Pantai Sendang Biru, Malang

Di samping itu, bagi mereka yang ingin menyebrang ke pulau Sempu, pasti harus melewati pantai Sendang Biru terlebih dahulu. Dengan adanya pulau Sempu ini, membuat pantai Sendang Biru memiliki ombak yang tidak terlalu besar layaknya pantai laut selatan lainnya. Di pantai Sendang Biru ini ini juga dikenal sebagai tempat pendarat dan pelelang ikan di Malang. Dinamakan pantai Sendang Biru karena di pantai ini terdapat sumber mata air yang biasa disebut sebagai sendang, dan berwarna biru. Saat ini, secara resmi pantai Sendang Biru dikelola oleh perusahaan negara milik Forestay. Untuk itu, terdapat beberapa fasilitas untuk menunjang pariwisata di Sendang Biru seperti, penginapan, guess house, rumah jaga dan persewaan perahu. Untuk mencapai pantai ini, para pengunjung bisa menggunakan kendaraan pribadi seperti mobil dan motor, juga kendaraan umum. Untuk kendaraan umum bisa diakses menggunakan Mikrolet jurusan Gadang – Turen – Sendang Biru.

3.1.4 Peta Wilayah Penelitian 4, Pancer, Banyuwangi

Pantai Pancer terletak di pantai Pulau Jawa sebelah selatan tepatnya di kecamatan Pesanggaran, ujung barat daya Kabupaten Banyuwangi.



Gambar 6. Peta Pantai Pancer, Banyuwangi

Pemandangannya indah. Kebanyakan dari penduduknya adalah nelayan. nama pancer di ambil atau berasal dari nama pengendali perahu. Letak pantai Pancer tidak jauh dari Wisata Pulau Merah atau Red Island. Jarak Pantai Pancer dengan Pulau merah hanya beberapa kilometer saja. Pantai ini banyak digunakan untuk berbagai tujuan wisata oleh pengunjung. Berbagai macam wisata yang dapat di nikmati ialah keindahan pantai, keindahan laut dengan menyewa kapal nelayan, lalu ada juga wisata alam laut disekitar pantai merah dan berselancar.

3.2 Alat dan Bahan

Berikut merupakan berbagai macam alat dan bahan yang digunakan selama proses penelitian berlangsung, mulai dari proses observasi, pengambilan data hingga olah data dan penyusunan laporan.

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Laptop dengan spesifikasi : Prossesor Core-i3, Kecepatan CPU 1.8
 GHz, RAM 4GB, Display 64-bit, Resolusi 1366x768.
- 2. Software yang berupa Arcgis guna Membuat peta lokasi, Microsoft Word dan Excel 2013 untuk menginput data dan membuat laporan, Surfer 7 untuk membuat arah angin serta ODV (Ocean Data View) yang berfungsi untuk menampilkan data yang telah di download dari OSCAR (Ocean Surface Current Analyses) dan ECMWF (European Center for Medium Range Forecast).
- 3. Kamera untuk proses dokumentasi saat proses wawancara dan pengambilan data.
- 4. Current Meter yang digunakan untuk mengukur kecepatan arus dan angin pada permukaan laut.
- 5. GPS untuk menandai dan menuju ke titik Lokasi yang telah di pilih sebelumnya.
- 6. Tali, Pemberat dan Meteran untuk mengukur tingkat kedalaman air laut.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari *ECMWF*, *OSCAR*, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Maritim Surabaya dan kroscek lapang guna menyediakan data arus dan data angin dari wilayah pesisir utara Jawa Timur dan pesisir selatan Jawa Timur.

3.2.3 Spesifikasi Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan spesifikasinya adalah sebagai berikut :

1. Current Meter

Current meter adalah alat ukur kecepatan arus, merupakan pengukuran arus yang dihasilkan dari perputaran rotor. Alat ini bekerja secara mekanik yaitu badan air bergerak memutar baling – baling yang dihubungkan dengan sebuah roda gigi. Pada roda gigi tersebut terdapat penghitung (counter) dan pencatat waktu (time keeper) yang merekam jumlah putaran untuk setiap satuan waktu. Melalui suatu proses kalibrasi, jumlah putaran per satuan waktu yang dicatat dari alat ini di konversi ke kecepatan arus dalam meter per second (m/s). Dalam penelitian kali ini adapun 2 current meter yang digunakan. Berikut Merupakan Spesifikasi dari Current Meter Flow Watch tipe 450 menurut (Instrumart, 2015).

Tabel 1. Spesifikasi Current Meter FW 450

Spesifikasi Current Meter (FW 450)			
Spesifikasi	Keterangan	Spesifikasi	Keterangan
Rentang Pengukuran Angin / Air	Hingga 3 -150 km/jam ; 0 - 999 cm/det.	Resolusi Pengukuran Temperature	0.1 ° (Untuk C)
Akurasi Pengukuran Kecepatan	± 2%	Durasi Lampu Layar	60 Detik
Resolusi Pengukuran Kecepatan	0.1 di semua Satuan kecepatan kecuali m/det yaitu 3 m/det	Suhu Operasional	-58 - 212 °F (-50 - 100 °C)
Rentang Pengukuran Suhu	-4° - 158 °F (-20° - 70 °C)	Ukuran Layar Display	6.1 x 2.6 in. (155 x 65 mm)
Akurasi Pengukuran Suhu	± 0.38°F (± 0.2 °C)	Berat dari Display Unit dan Baterai	7.4 oz. (210g) dan 2 "AA" Baterai

2. GPS

Menurut Parkinson, (1996) Global Positioning System (GPS) adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (synchronization) sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke Bumi. Sinyal ini diterima oleh alat penerima di permukaan, dan digunakan untuk menentukan letak, kecepatan, arah, dan waktu. GPS yang digunakan pada saat penelitian adalah GPSMAP BRAWA 60CSX.

Tabel 2. Tabel Spesifikasi GPS

Spesifikasi GPSMAP 60CSX			
Spesifikasi	Keterangan	Spesifikasi	Keterangan
Receiver / Penerima	12 Channel SiRF star III, Sensitivitas Tinggi.	Berat dari Display Unit dan Baterai	7.5 oz. (213 g) dan 2 "AA" Baterai
Waktu Akuisisi	Hangat : <1det Dingin : <38det Autolokasi : <45det	Durasi Baterai	18 Jam – 30 Jam dalam mode saving
Akurasi GPS	Posisi : <10m Kecepatan : 0.5m/s dalam kondisi diam	Suhu Operasional	5°F - 158°F (-15°C to 70°C)
Case	Waterproof / Tahan Air	Ukuran Layar Display	1.5 x 2.2 inch (38.1mm x 56mm) 256-color transflective TFT (160 x 240 pixels)

3. OSCAR

OSCAR (Ocean Surfaces Current Analyses - Real Time) merupakan sebuah badan bentukan NOAA (National Oceanic and Athmospheric Administration) yang memakai satelit untuk digunakan dalam menangkap atau memotret kenampakan permukaan bumi dan dapat menunjukan bagaimana

kecepatan dan pola arus permukaan laut yang ada di seluruh dunia. Sebenarnya satelit yang digunakan oleh *OSCAR* merupakan satelit *JASON-1 GFO* dan *ENVISAT* yang memiliki resolusi sangat tinggi dengan 1/3°. Satelit ini memiliki Interval 5 hari sekali untuk mengukur 1 titik yang sama dengan kecepatan 1.0 m/s. (OSCAR, 2015).

4. ECMWF

ECMWF adalah singkatan dari European Center for Medium-Range Weather Forecasts, melayani laporan secara sistematis perubahan cuaca global untuk rentang waktu lima belas hari ke depan, dan sebuah laporan bulanan untuk prediksi cuaca di tahun berikutnya. Super komputer itu ditempatkan di kota Reading Inggris. Merupakan salah satu tempat peralatan meteorologi terbesar di dunia yang dilengkapi juga dengan data prediksi cuaca klasik dan terdiri dari berbagai model prakiraan cuaca atmosfer dan samudera. ECMWF bekerja sama denga perusahaan super komputer Cray untuk menyediakan peralatan terbaru untuk perbaikan sistem yang ada. Salah satu perangkat terbaru yang mereka tanamkan adalah prosesor jenis Intel Xeon Phi. Berikut spesifikasinya:

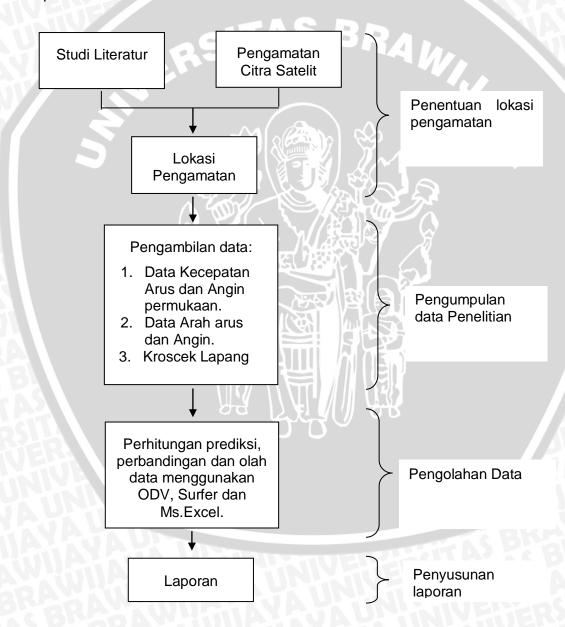
Tabel 3. Tabel Spesifikasi *ECMWF*

Spesifikasi <i>ECMWF</i>					
Spesifikasi	Keterangan	Spesifikasi	Keterangan		
Parameter Data	Angin, Suhu, Gelombang dan data lain mengenai Atmosfer	Metode	Reanalisis, model dan asimilasi, data satelit dan insitu		
Format Data	grib dan netcdf	Cakupan Area	Seluruh Dunia		
Resolusi Spasial	Grid dengan 1.5° x 1.5° sekitar 166.8m x 166.8m	Resolusi Temporal	Harian 00,06,12,18 Rata – rata bulanan sinoptik		

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif yaitu metode penelitian untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian yang diteliti atau dikaji pada waktu terbatas dan tempat tertentu untuk mendapatkan gambaran tentang situasi dan kondisi secara lokal (Suryabrata, 1992). Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengambilan data melalui Oscar dan Dihidros mengenai arah dan kecepatan arus dan angin dalam kurun waktu 10 tahun kemudian juga mengambil data dari lembaga Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Maritim di Tanjung Perak Surabaya yang berupa data arus dan data angin dalam periode 1 tahun. Penelitian ini menggunakan data primer yaitu data yang diperoleh secara langsung atau dikumpulkan secara langsung dengan mengadakan langsung terhadap gejala obyak yang diselidiki, baik dalam situasi yang sebenarnya maupun dalam situasi buatan yang khusus diadakan (Surakhmad, 1985). Data primer ini diperoleh secara langsung dari hasil observasi, partisipasi aktif, dan dokumentasi. Pengumpulan data dengan observasi langsung atau dengan pengamatan langsung dalam skripsi ini antara lain melihat kondisi perairan secara langsung dan melakukan pengambilan data di lokasi yang telah di tentukan secara pribadi / langsung. Dan juga ada Data sekunder yaitu data yang telah lebih dahulu dikumpulkan dan dilaporkan oleh orang lain selain penyelidik sendiri, walaupun yang dikumpulkan itu sesungguhnya adalah data asli. Sumber data sekunder berisi data dari tangan ke dua atau dari tangan ke sekian, yang bagi penyelidik tidak mungkin berisi data yang seasli sumber data primer (Surakhmad, 1985). Data sekunder ini berasal dari ECMWF dan OSCAR yang di download kemudian di olah menggunakan excel dan di buat menjadi Peta dengan menggunakan Surfer. Penyajian data di bagi menjadi 4 Musim yaitu Musim Barat, Peralihan 1, Musim Timur dan Peralihan 2.

Hasil akhir dari penelitian ini adalah informasi mengenai pengaruh angin terhadap pembentukan arah dan kecepatan arus permukaan dan di lakukan perbandingan antara wilayah utara jawa Timur (Tanjung Perak dan wilayah selatan Jawa Timur (Sendang Biru). Kemudian di bandingkan antar musimnya yaitu Musim Kemarau, Peralihan 1, Musim Hujan dan Peralihan 2. Berikut merupakan alur yang akan di lakukan mulai dari awal penelitian hingga di dapatkan hasil:



Gambar 7. Diagram Alur Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari Diagram alur penelitian di atas (Gambar 3) adalah sebagai berikut :

1. Penentuan Lokasi Pengamatan

Penentuan lokasi pengamatan dilakukan dengan melakukan studi literatur untuk mencari penelitian apa yang akan di lakukan yang kemudian dilanjutkan dengan pengamatan melalui citra satelit guna melncari lokasi yang tepat untuk melakukan penelitian tersebut. Setelah itu dilakukan survey lapang untuk memastikan apakah lokasi tersebut pantas untuk di jadikan lokasi penelitian.

2. Pengambilan Data Penelitian dari BMKG, OSCAR, ECMWF dan Observasi Lapang

Pengambilan data dilakukan dengan langsung datang ke Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yang terletak di Jl. Kalimas Baru 97B, Kelurahan Perak Utara, Kecamatan Pabean Cantian, Surabaya – 60165. Kemudian dilakukan download data dalam kurun waktu 10 tahun melalui website OSCAR dan ECMWF yang nantinya juga akan dilakukan observasi dengan data lapang. Data yang di amibl meliputi data arah dan kecepatan angin beserta arus. Kemudian data prakiraan musim dan peralihanya didukung dengan data wawancara yang berguna untuk mendukung hipotesis dan analisa yang akan di lakukan nantinya. Pengambilan data yang dilakukan berlokasi pada 4 wilayah, Lamongan, Situbondo, Malang Selatan dan Banyuwangi. Untuk data download lokasi yang di olah datanya adalah perairan utara dan selatan Jawa Timur.

3. Pengolahan Data

Pengolahan data ini dilakukan dengan cara menginput data ke dalam micosoft excel. Kemudian setelah itu akan di input kedalam software Surfer

dan akan membentuk berupa peta arah dan kecepatan arus yang nantinya akan dapat di analisa. Setelah semua data di peroleh maka akan di lakukan perhitungan seberapa besar pengaruh angin terhadap arah dan kecepatan arus permukaan yang terjadi di wilayah tersebut dengan perhitungan sebagai berikut:

$$rac{Arah \ atau \ Kecepatan \ Arus}{Arah \ atau \ Kecepatan \ Angin} imes 100\%$$

Dari rumus di atas akan di dapatkan persentase seberapa besar pengaruh angin dalam membentuk arah dan kecepatan arus permukaan. Setelah di dapatkan hasil akan di lakukan perbandingan antara kecepatan arus dan angin pada wilayah utara dan selatan. Kemudian dilakukan pula perbandingan pengaruh dan pola angin dan arus nya berdasarkan perbedaan musim (Kemarau, Hujan, Peralihan 1 dan Peralihan 2). Rumus di atas didapatkan dari penyederhanaan rumus berikut :

$$U = \frac{T}{\sqrt{A_z \rho^2 f}}$$
 pers (1)

Dengan:

$$T = \rho_{udara}cW^2$$
 pers (2)

$$f = 2\Omega \sin \emptyset$$
 pers (3)

Dimana:

U = Kecepatan arus laut permukaan (m/s)

T = Tegangan angin

W = Kecepatan angin (m/s)

 A_z = Koef. Viskositas eddy (1.3 x 10⁻⁴kg/m s)

Ø = Sudut Lintang (°)

- c = Parameter yang bergantung kepada tingkat turbulensi fluida. Secara umum nilai $c = 2.6 \times 10^{-3}$
- p = Densitas air laut (1027 kg/m³)

 ρ_{udara} = Densitas udara (1.25 kg/m³)

f = Parameter Coriolis ($f = 2\Omega \sin \phi$)

Ω = besarnya kecepatan sudut rotasi bumi yang merupakan surut yang ditempuh selama sehari atau 2π dibagi hari sideris 23 jam 56 menit atau 86160 s, sehingga :

$$\Omega = \frac{2\pi}{86160} = 7.29 \times 10^{-5} rad/s \qquad \text{pers(4)}$$

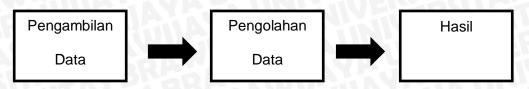
4. Penyusunan Laporan

Setelah semua data dan hasil di atas didapatkan kemudian dilakukan penyusunan laporan Skripsi bertujuan agar data hasil serta penjelasan dapat tertata rapi dan dibaca dengan baik.

3.3.1 Metode Pengambilan Data BMKG

Pengambilan data melalui BMKG di akses menggunakan Software WMO dimana seluruh database tentang informasi bathymetri dan berbagai parameter fisika dapat ditemukan. Informasi ini berasal dari survey langsung ke berbagai wilayah di seluruh dunia yang kemudian di upload dan dapat di akses oleh seluruh Badan Meteorologi dan Geofisika yang ada di seluruh dunia.

Berikut merupakan Skema Kerja Pengambilan Data BMKG:



Gambar 8. Skema Kerja Pengambilan Data BMKG

Pengambilan data yang dilakukan oleh BMKG berasal dari data Oseanografi yang terekam oleh sistem navigasi baik dari data pelayaran yang di ambil secara langsung (direkam) oleh kapal, maupun data penerbangan yang direkam oleh pesawat. Data ini juga bisa di peroleh dari hasil observasi langsung oleh instansi terkait seperti pihak Bandara ataupun Pelabuhan juga berbagai badan penelitian yang ada. Kemudian data tadi akan di upload ke dalam WMO (World Meteorological Organization), dalam website ini terdapat seluruh data oseanografi di seluruh dunia.

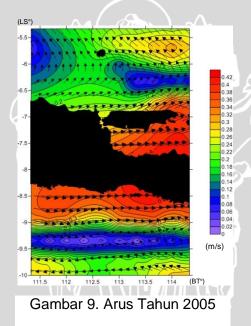
Kemudian BMKG memasukan titik koordinat yang dibutuhkan yang kemudian data akan didownload yang berupa *GRIB* (*GRIdded Binary or General Regularly-distributed Information in Binary form*). Dari data GRIB tersebut di olah menggunakan software *windwave* 05, dengan menginput data arah dan koordinat angin untuk menghasilkan data arus, gelombang dan sebagainya. Setelah itu hasil akan keluar berupa data arah dan kecepatan arus dari titik yang di inginkan tadi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pola dan Arah Arus dan Angin Rata – rata Tahunan

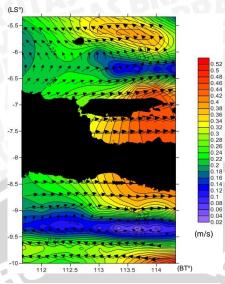
Pengambilan pola dan arah arus Tahunan ini adalah berdasarkan data yang didapatkan dari *ECMWF* dan *OSCAR*. Berikut merupakan tampilan dari olah data yang di lakukan dengan menggunakan Excel, ODV dan Surfer.

Pada gambar 9 berikut ini adalah hasil dari olah data pola arah dan kecepatan arus rata – rata tahunan yang di download melalui *OSCAR*. Untuk gambar yang pertama adalah kenampakan arus permukaan yang di ambil pada tahun 2005.



Dapat dilihat dari gambar 9 di atas bahwa pada perairan utara arah arus mengarah ke utara dengan kisaran kecepatan 0.1 – 0.36 m/s. sedangkan pada wilayah selatan arah arus cenderung mengarah ke timur dan akhirnya kembali ke arah barat ketika arus lebih keselatan dengan kisaran kecepatan 0.1 – 0.4 m/s.

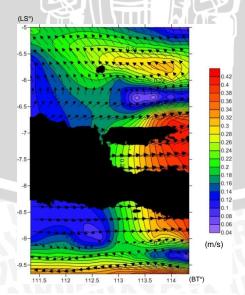
Selanjutnya pada gambar 10 merupakan hasil olah data kecepatan dan arah arus permukaan pada wilayah utara dan selatan Jawa Timur yang di ambil pada tahun 2006.



Gambar 10. Arus Tahun 2006

Dapat ditarik kesimpulan dari gambar 10 diatas bahwa pergerakan arus pada wilayah utara bergerak menuju arah utara dan barat laut dengan kisaran kecepatan 0.1 – 0.36 m/s. Sedangkan pada wilayah selatan pergerakan arus mengarah ketimur dan semakin ke selatan arah arus berubah ke arah barat dengan kisaran kecepatan 0.1 – 0.4 m/s.

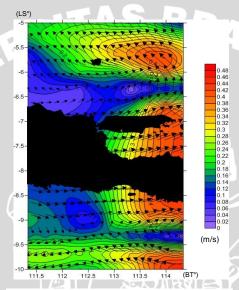
Gambar 11 adalah gambar yang ke-3 mengenai hasil olah data arah dan kecepatan arus permukaan yang di ambil pada tahun 2007.



Gambar 11. Arus Tahun 2007

Dapat di perhatikan dari gambar 11 di atas pergerakan arus pada tahun 2007, perairan wilayah utara memiliki arah arus ke arah barat laut dengan kisaran kecepatan 0.1-0.3 m/s. Sedangkan pada perairan wilayah selatan, pergerakan arus mengarah ke arah timur kemudian kembali ke arah barat dengan kisaran kecepatan 0.1-0.36 m/s.

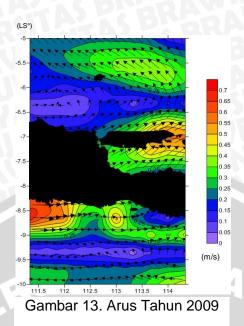
Berikutnya adalah gambar 12 mengenai hasil olah data arah dan kecepatan arus permukaan yang di ambil pada tahun 2008.



Gambar 12. Arus Tahun 2008

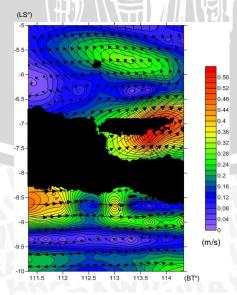
Dari gambar 12 di atas dapat dilihat pergerakan arus masih sama seperti tahun sebelumnya yaitu mengarah ke arah barat laut dengan kisaran kecepatan 0.1 – 0.4 m.s. Kemudian pada perairan selatan pergerakan arus terlihat acak yaitu mengarah ketimur dan kemudian beralih ke arah barat dengan kisaran kecepatan 0.1 – 0.48 m/s.

Kemudian gambar selanjutnya adalah gambar 13 yang merupakan hasil olah data arah dan kecepatan arus permukaan pada tahun 2009.



Dapat dilihat pada gambar 13 yang ada di atas dapat dilihat bahwa arah arus permukaan di wilayah utara pesisir Jawa Timur mengarah ke arah barat laut dengan kisaran kecepatan 0.1 – 0.35 m/s. Kemudian pada wilayah perairan selatan pergerakan arah arus mengarah ketimur dan kemudian semakin keselatan pergerakanya kembali kea rah barat dengan kisaran kecepatan 0.1 – 0.6 m/s.

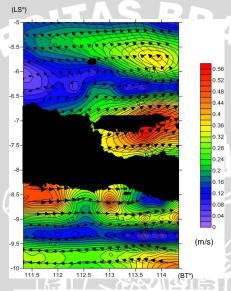
Dari Gambar 14 di bawah ini merupakan pola dan kecepatan arus permukaan yang terjadi pada tahun 2010.



Gambar 14. Arus Tahun 2010

Dari gambar 14 di atas dapat dilihat pergerakan arah arus pada wilayah perairan utara mengarah ke utara dengan kisaran kecepatan 0.12 - 0.36 m/s. Sedangkan untuk wilayah perairan selatan arus mengarah ke timur dan kemudian kembali ke barat ketika bergeser lebih ke selatan dengan kisaran kecepatan 0.1 - 0.5 m/s.

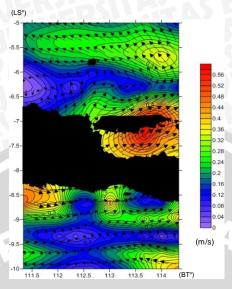
Selanjutnya adalah gambar pola kecepatan dan arah arus permukaan yang di ambil pada tahun 2011.



Gambar 15. Arus Tahun 2011

Dari gambar 15 di atas dapat dilihat bahwa pergerakan arus permukaan pada wilayah perairan utara masih sama yaitu mengarah ke barat laut dengan kisaran kecepatan 0.16 – 0.4 m/s. sedangkan untuk wilayah perairan selatan arah arus mengarah ke timur kemudian ke barat dengan kisaran kecepatan 0.16 – 0.48 m/s.

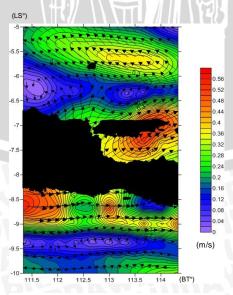
Gambar 16 di bawah ini adalah gambar pola arah dan kecepatan arus permukaan pada wilayah perairan utara dan selatan Jawa Timur yang terjadi pada tahun 2012.



Gambar 16. Arus Tahun 2012

Dari gambar 16 arus di atas dapat dilihat bahwa pada tahun 2012 pergerakan arah arus pada perairan utara Jawa Timur bergerak menuju arah barat laut dengan kisaran kecepatan 0.12 – 0.4 m/s. Kemudian pada perairan wilayah selatan Jawa Timur pergerakan arusnya mengarah ke timur dan kemudian kembali ke arah barat dengan kisaran kecepatan 0.1 – 0.52 m/s.

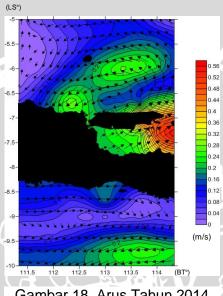
Selanjutnya merupakan gambar arah dan kecepatan arus permukaan yang di ambil pada tahun 2013.



Gambar 17. Arus Tahun 2013

Dari gambar 17 di atas dapat diketahui bahwa pergerakan arus pada wilayah perairan utara mengarah ke barat laut dengan kisaran kecepatan 0.12 -0.4 m/s dan pada wilayah perairan selatan arah arusnya mengarah ke timur dan kemudian bergerak kembali ke barat dengan kisaran kecepatan 0.1 – 0.52 m/s.

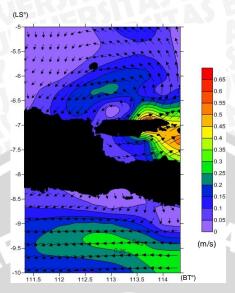
Gambar berikutnya merupakan gambar kecepatan dan arah arus permukaan pada tahun 2014.



Gambar 18. Arus Tahun 2014

Dari gambar 18 diatas pergerakan arus pada perairan utara Jawa Timur berbeda dengan sebelumnya dimana pada tahun 2014 pergerakan arus berputar kembali ke arah asalnya yaitu dari barat menuju barat daya dan kemudian berbalik kembali dengan kisaran kecepatan 0.16 - 0.36 m/s. sedangkan untuk perairan selatan pergerakan arusnya masih cenderung sama yaitu mengarah ke timur dan kemudian berbalik ke arah barat dengan kisaran kecepatan 0.12 – 0.3 m/s.

Dan untuk gambar 19 adalah gambar arus permukaan yang terakhir mengenai pergerakan arah arus permukaan dan kecepatanya pada wilayah utara dan selatan Jawa Timur yang terjadi pada tahun 2015.



Gambar 19. Arus Tahun 2015

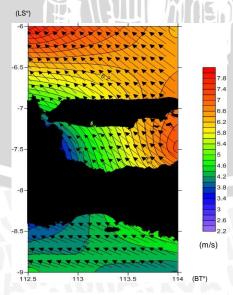
Dari gambar 19 diatas dapat dilihat pergerakan arus pada tahun 2015 pada perairan utara pergerakanya sama dengan tahun 2014 yaitu dari barat ke barat daya dan kembali lagi ke barat dengan kisaran kecepatan 0.15 – 0.35 m/s. sedangkan pada perairan wilayah selatan arah arus cenderung mengarah ke barat dengan kecepatan 0.1 – 0.3 m/s.

Dari keseluruhan gambar di atas dapat dilihat bahwa pergerakan arus baik pola maupun kecepatanya mengalami perubahan dari tahun ke tahun. Pengambilan data ini dalam kisaran waktu dari tahun 2005 – 2015. Untuk rata – rata kecepatan arus tahunan adalah minimum 0.02 m/s dan maksimumnya 0.7 m/s. Pada hal ini terdapat beberapa kejanggalan dimana pada wilayah Madura mayoritas memiliki kecepatan arus paling tinggi di antara perairan yang lainya. Kenapa demikian ? hal tersebut dikarenakan pada saat pengambilan data satelit hanya lewat dengan akurasi sekitar 35 km dengan sekali foto, luasan tersebut hampir mencakup lebar wilayah pulau Madura, sehingga dapat terjadi kesalahan perhitungan dimana beberapa koordinat yang menunjukan daratan memiliki nilai / angka kecepatan dan arah pergerakan arus. Kemudian untuk arah arusnya, pada perairan utara tidak mengalami perubahan yang signifikan dari tahun ke tahun.

Yaitu mengarah ke timur yang kemudian berbelok ke utara dan kembali ke arah barat laut. Namun pada tahun 2014 – 2015 pola arus menjadi berputar dan berbalik ke tempat semula pada perairan jawa timur wilayah utara. Selanjutnya untuk perairan wilayah selatan, memiliki karakter yang mirip juga dari tahun ke tahun, yaitu arus mengarah ke timur pada perairan dekat daratan dan sedikit ke tengah arus berbalik ke arah selatan kemudian bergerak ke arah barat.

Perbedaan pergerakan antara pola arus di wilayah utara dan selatan di karenakan adanya faktor perbedaan luasan daratan dan topografi bawah laut. Pergerakan di wilayah selatan sangat lenggang tidak ada yang menghalangi pergerakan arus karena wilayah tersebut adalah samudera. Berbeda dengan wilayah utara yang di himpit oleh beberapa pulau besar seperti Kalimantan, Madura dan Jawa. Perairan utara juga relatif lebih tenang di bandingkan perairan Selatan di karenakan wilayah perairanya yang sempit dan tidak memiliki luasan yang cukup seperti wilayah perairan yang ada di selatan.

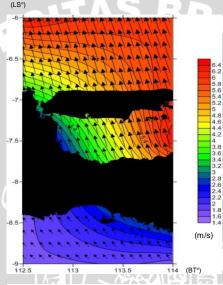
Selanjutnya berikut ini merupakan pola dan arah angin rata – rata tahunan. Dan yang pertama adalah pergerakan arah dan kecepatan angin pada tahun 2005.



Gambar 20. Angin Tahun 2005

Pada gambar 20 di atas dapat dilihat bahwa pergerakan arah angin pada perairan utara bergerak ke arah barat daya dengan kisaran kecepatan 4.6 – 7.8 m/s. Sedangkan pada perairan wilayah selatan pergerakan angin mengarah ke barat dengan kisaran kecepatan 4.2 – 6.4 m/s.

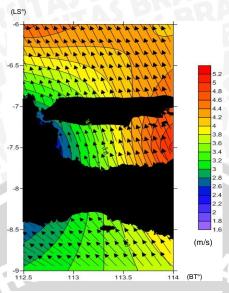
Gambar 21 dibawah merupakan gambar hasil olah data pola dan kecepatan angin pada wilayah utara dan selatan Jawa Timur yang terjadi pada tahun 2006.



Gambar 21. Angin Tahun 2006

Dapat ditarik kesimpulan bahwa dari gambar 21 di atas jika dilihat pergerakan angin pada wilayah utara Jawa Timur bergerak ke utara dengan kisaran kecepatan 3.4 – 6.4 m/s. Sedangkan pada wilayah selatan pergerakan angin juga sama mengarah ke arah utara dengan kisaran kecepatan 2 – 3 m/s.

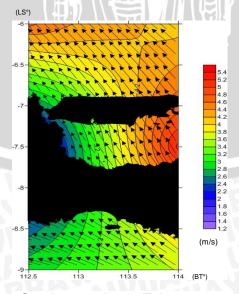
Kemudian gambar 22 berikutnya merupakan gambar mengenai olah data pola pergerakan arah angin dan kecepatanya yang terjadi di wilayah perairan utara dan selatan Jawa Timur pada tahun 2007. Dari gambar berikut dapat di lihat bagaimana perbedaan angin antara perairan wilayah utara dan selatan baik secara pola maupun kecepatanya.



Gambar 22. Angin Tahun 2007

Dapat dilihat dari data gambar 22 di atas bahwa pergerakan arah arus pada perairan utara Jawa Timur mengarah ke utara dengan kisaran kecepatan 3 – 5.2 m/s dan pada perairan wilayah selatan arah angin bergerak ke arah barat laut dengan kisaran kecepatan 1.6 – 4 m/s.

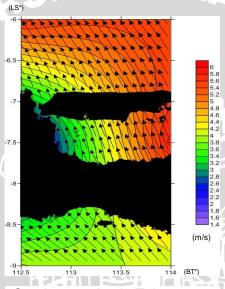
Selanjutnya adalah pola arah dan kecepatan angin yang terjadi pada tahun 2008 pada perairan utara dan selatan Jawa Timur. Gambar tersebut juga di download dari *ECMWF* yang kemudian di olah menggunakan surfer sehingga menghasilkan gambar 23 sebagai berikut.



Gambar 23. Angin Tahun 2008

Dapat ditarik kesimpulan bahwa pada gambar 23 di atas arah angin mengarah ke arah utara dengan kisaran kecepatan 3.2 - 5.4 m/s kemudian pada perairan selatan arah angin bergerak ke arah barat dengan kisaran kecepatan 2.8 - 4 m/s.

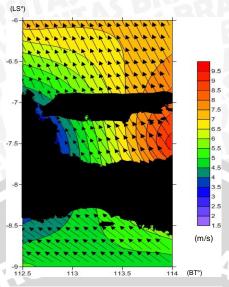
Kemudian untuk Gambar 24 di bawah merupakan gambar hasil olah data arah dan kecepatan angin pada tahun 2009. Data tersebut di ambil di wilayah perairan utara dan selatan Jawa Timur melalui *ECMWF* yang nantinya akan di jadikan gambar menggunakan surfer sebagai berikut.



Gambar 24. Angin Tahun 2009

Dari gambar 24 diatas dapat dilihat pergerakan arus pada perairan utara dominan ke arah utara dengan kecepatan 3.4 – 6 m/s. Sedangkan pada perairan selatan arah angin cenderung ke arah barat laut dengan kisaran kecepatan 3.2 – 4.4 m/s.

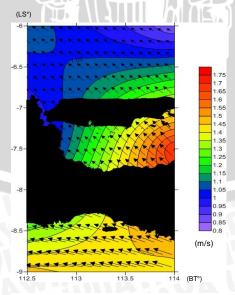
Berikutnya adalah gambar 25 yang berupa hasil olah data pergerakan arah dan kecepatan angin pada tahun 2010. Data tersebut di ambil di perairan utara dan selatan Jawa Timur dengan melalui *ECMWF* yang kemudian di olah menggunakan surfer dan menjadi gambar sebagai berikut.



Gambar 25. Angin Tahun 2010

Dari gambar 25 di atas dapat diketahui bahwa pergerakan angin pada wilayah utara bergerak menuju arah utara dengan isaran kecepatan 4 – 9.5 m/s. Pada wilayah perairan selatan pergerakan angin mengarah ke barat laut dengan kisaran kecepatan 3.5 – 6.5 m/s.

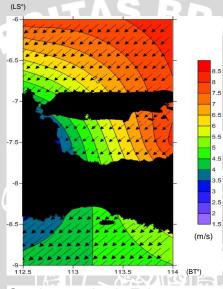
Gambar selanjutnya adalah gambar 26 mengenai olah data dari pola arah dan kecepatan angin yang terjadi pada tahun 2011 pada wilayah perairan pesisir utara dan selatan Jawa Timur.



Gambar 26. Angin Tahun 2011

Dari gambar 26 di atas arah angin mengarah ke arah barat laut dengan kecepatan 1 – 1.3 m/s. Kemudian pada perairan wilayah selatan kisaran kecepatan anginya 1.15 – 1.45 m/s.

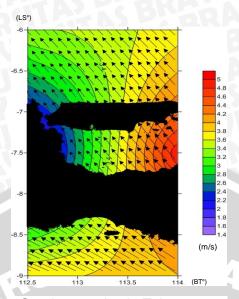
Dilihat dari gambar 27, selanjutnya merupakan gambar hasil olah data arah dan kecepatan angin pada tahun 2012 yang di download dari *ECMWF*, kemudian di olah menggunakan Surfer sehingga mendapatkan kenampakan gambar sebagai berikut.



Gambar 27. Angin Tahun 2012

Dari gambar 27 di atas dapat dilihat bahwa pergerakan angin pada perairan utara bergerak ke arah barat daya dengan kisaran kecepatan 4.5 – 8.5 m/s. kemudian pada perairan selatan dapat dilihat dengan kecepatan kisaran 2 – 5.5 m/s dengan arah menuju barat daya.

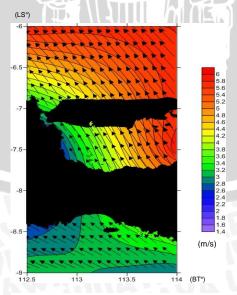
Beralih ke gambar selanjutnya adalah gambar 28 yang menggambarkan tentang pola arah dan kecepatan angin yang terjadi pada tahun 2013. Data tersebut menggambarkan perbedaan antara angin yang berada di wilayah utara dan selatan Jawa Timur.



Gambar 28. Angin Tahun 2013

Dari gambar 28 di atas dapat dilihat bahwa perairan utara memilik arah angin menuju ke utara dengan kisaran kecepatan 2.8 – 5 m/s. sedangkan pada perairan wilayah selatan angin cenderung mengarah ke arah barat daya dengan kisaran kecepatan 3 – 4.4 m/s.

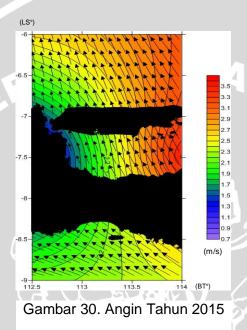
Kemudian dibawah ini adalah gambar 29 mengenai hasil olah data pola arah dan kecepatan angin yang terjadi pada tahun 2014 di perairan pesisir utara dan selatan Jawa Timur.



Gambar 29. Angin Tahun 2014

Dari gambar 29 yang dapat dilihat di atas dimana pada perairan sebelah utara arah angin bergerak menuju ke utara dengan kisaran kecepatan 3.2 – 6 m/s. Kemudian pada wilayah perairan selatan arah angin bergerak menuju ke barat daya dengan kecepatan 2.8 – 4 m/s.

Dan yang terakhir adalah pola arah dan kecepatan arus yang terjadi pada tahun 2015.



Dari gambar 30 di atas dapat dilihat bahwa pada tahun 2015 pergerakan arah angin pada perairan utara Jawa Timur mengarah ke utara dengan kisaran kecepatan 1.9 – 3.5 m/s. Sedangkan pada perairan wilayah selatan angin bergerak ke arah barat laut dengan kisaran kecepatann 1.7 – 2.7 m/s.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa pergerakan angin baik pola maupun kecepatanya mengalami perubahan dari tahun ke tahun. Pengambilan data ini dalam kisaran waktu dari tahun 2005 – 2015. Untuk rata – rata kecepatan angin tahunan adalah minimum 0.7 m/s dan maksimumnya 8.5 m/s. Pada wilayah utara ke timur memiliki kecepatan arus yang lebih tinggi di banding wilayah selatan kebarat. Kecuali untuk tahun 2011 kecepatan angin di selatan lebih tinggi daripada kecepatan angin di sebelah utara. Kemudian untuk arah angin nya mayoritas mengarah dari tenggara / selatan menuju ke barat laut /

utara. Namun pada tahun 2012 angin nya terbalik dari arah timur laut menuju ke barat daya.

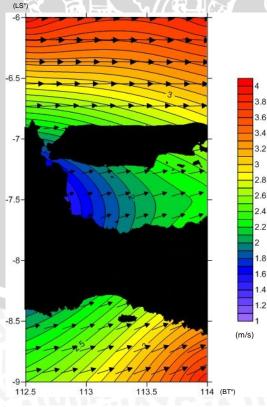
Adanya perbedaan kecepatan angin disebabkan karena perbedaan tekanan dimana udara mengalir dari wilayah yang bertekanan tinggi ke wilayah yang bertekanan rendah, atau bisa saja wilayah yang bersuhu dingin ke wilayah yg bersuhu panas. Wilayah perairan utara jawa timur lebih panas jika di bandingkan dengan wilayah selatan jawa timur. Mengapa demikian? hal tersebut dikarenakan angin telah bertiup melewati zona penduduk / daratan yang memiliki banyak zona industri dan pemukiman. Banyak aktivitas manusia di daratan yang memancing angin bergerak ke wilayah tersebut. Kemudian wilayah selatan hanyalah hamparan laut yang luas sehingga tekanan nya cenderung stabil dan tidak terlalu tinggi (panas) karena sumberpanas berasal dr pantulan matahari ke air laut dan tidak ada aktivitas manusia yg memicunya berubah. Kemudian untuk arah angin, mayoritas mengarah ke utara. Mengapa demikian ? hasil perhitungan dan pembuatan peta didasarkan mulai bulan Januari - Desember dimana pada kisaran tersebut angin bertiup dr timur, yaitu dari Benua Australia menuju ke Benua Asia, sedangkan untuk angin barat yang bertiup dari Desember – Februari kalah kuantitas dalam proses perhitungan rata - rata. Kemudian pada musim pancaroba dimana musim tidak menentu, angin lebih mengarah mirip dengan musim timur. Menurut saya hal ini dikarenakan Indonesia merupakan wilayah ya panas dan Benua Australia juga wilayah Panas. Sehingga pergerakan angin lebih mengarah ke Benua Asia yang memiliki suhu lebih dingin dan tekanan yang lebih tinggi. Namun ada 1 hal yang ganjal dimana pada tahun 2012 pola angin berubah mayoritasnya. Angin berasal dari timur laut menuju ke barat daya. Hal ini bisa saja disebabkan oleh peristiwa badai matahari yang saat itu terjadi mengakibatkan perubahan pola angin dengan sangat drastis berbeda dengan sesudah dan sebelumnya.

4.2 Pola dan Karakteristik Angin dan Arus Musiman

Berikut merupakan hasil data angin yang di dapatkan dari olah data *ECMWF* dalam kurun waktu 10 tahun. Data ini di dapatkan dengan download dari *ECMWF* yang kemudian di olah menggunakan ODV, Excel dan Surfer. Dan berikut ini merupakan hasil dari olah data mengenai pola dan kecepatan Angin pada 4 Musim yang berbeda.

4.2.1 Angin pada Musim Barat

Musim barat di Indonesia di bagi berdasarkan bulan yaitu bulan Desember – Februari, musim barat ini terjadi akibat bertiupnya angin dari Benua Asia yang sedang mengalami musim dingin ke Benua Australia yang mengalami musim panas sehingga terjadi musim hujan di Indonesia karena angin membawa curah hujan yang tinggi / angin basah. Kenampakan arah dan kecepatan angin tersebut adalah sebagai berikut :

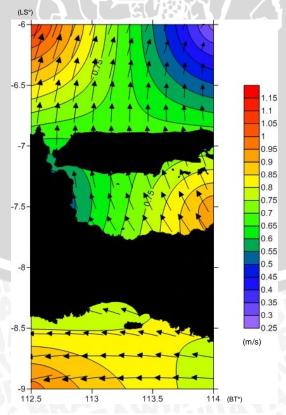


Gambar 31. Karakteristik Angin Musim Barat

Dari gambar 31 di atas dapat dilihat bahwa di perarian Jawa timur bagian utara angin mengarah dari arah barat menuju ke arah timur dengan kecepatan antara 2 – 4 m/s, sedangkan pada wilayah selat Madura angin cenderung mengarah dari barat menuju ke timur – timur laut. Kecepatan di wilayah ini kisaran 1.4 – 2.8 m/s. kemudian pada wilayah Jawa Timur bagian pesisir selatan angin bertiup dari dari arah barat menuju ke arah timur – timur laut dengan kisaran kecepatan 2.2 – 4 m/s.

4.2.2 Angin pada Musim Peralihan 1

Musim Peralihan 1 merupakan saat dimana musim barat akan berganti menjadi musim timur. Musim ini seringkali disebut sebagai musim kemereng yaitu perpindahan dari musim hujan ke musim kemarau. Pada masa ini biasanya terjadi arah angin yang tidak teratur, udara terasa panas dan hujan datang secara tiba – tiba dalam waktu singkat dan lebat. Berikut merupakan hasil olahan data yang didapatkan dari ECMWF.

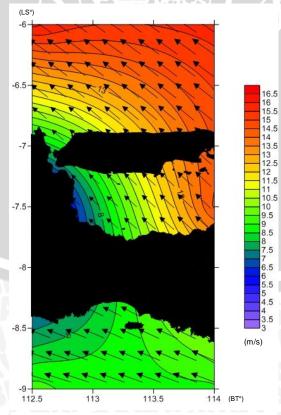


Gambar 32. Karakteristik Angin Musim Peralihan 1

Dari gambar 32 di atas dapat dilihat bahwa pada perairan utara Jawa Timur memiliki arah angin yang berasal dari wilayah selatan menuju ke wilayah utara dengan kecepatan sekitar 0.4 - 1.15 m/s. Kemudian pada wilayah selat Madura arah angin berasal dari tenggara menuju ke utara dengan kecepatan sekitar 0.6 - 0.8 m/s. Dan pada wilayah bagian pesisir selatan Jawa Timur angin berasal dari tenggara yang kemudian berbelok ke arah barat dengan kecepatan 0.6 - 0.8 m/s.

4.2.3 Angin Pada Musim Timur

Angin musim timur / angin muson timur adalah angin yang mengalir dari Benua Australia (musim dingin) ke Benua Asia (musim panas) sedikit curah hujan (kemarau) di Indonesia bagian timur karena angin melewati celah- celah sempit dan berbagai gurun. Ini yang menyebabkan Indonesia mengalami musim kemarau. Terjadi pada bulan Juni, Juli dan Agustus, dan maksimal pada bulan Juli. Berikut merupakan kenampakan karakteristik anginya.

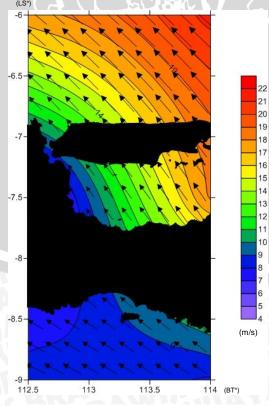


Gambar 33. Karakteristik Angin Musim Timur

Dari gambar 33 di atas dapat dilihat bahwa pada perairan utara Jawa Timur (pesisir utara Lamongan, Gresik, Surabaya dan Madura), angin bertiup dari arah tenggara menuju ke arah barat laut dengan kisaran kecepatan 10 – 16.5 m/s. Kemudian di wilayah selat Madura (pesisir utara Probolinggo dan sekitarnya yang berada di bawah Madura), pergerakan angin memiliki arah yang sama dengan wilayah utara yaitu dari tenggara ke barat laut dengan kisaran kecepatan 6.5 – 14 m/s. Pada wilayah pesisir selatan perairan Jawa Timur pergerakan arah arus bertiup dari arah tenggara menuju ke arah barat – barat laut dengan kisaran kecepatan 6 – 10 m/s.

4.2.4 Angin pada Musim Peralihan 2

Musim ini seringkali disebut sebagai musim labuh yaitu perpindahan dari musim kemarau ke musim hujan dimana musim timur akan berganti menjadi musim barat. Pada masa ini biasanya terjadi arah angin yang tidak teratur, udara terasa panas dan hujan datang secara tiba – tiba dalam waktu singkat dan lebat



Gambar 34. Karakteristik Angin Musim Peralihan 2

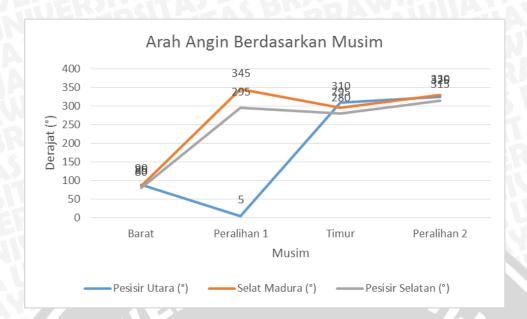
Dari gambar 34 di atas dapat dilihat bahwa pada perairan utara Jawa Timur (pesisir utara Lamongan, Gresik, Surabaya dan Madura), angin bertiup dari arah tenggara menuju ke arah barat laut dengan kisaran kecepatan 12 – 22 m/s. Kemudian di wilayah selat Madura (Probolinggo dan sekitarnya yang berada di sebelah selatan Madura), pergerakan angin memiliki arah yang sama dengan wilayah utara yaitu dari tenggara ke barat laut dan sedikit lebih mengarah ke utara, dengan kisaran kecepatan 7 – 16 m/s. Pada wilayah pesisir selatan perairan Jawa Timur pergerakan arah arus bertiup dari arah tenggara menuju ke arah barat laut - utara dengan kisaran kecepatan 4 – 9 m/s.

4.2.5 Perbandingan Data Angin

Yang pertama adalah perbandingan arah angin. Dimana pesisir utara merupakan wilayah perairan utara Lamongan, Gresik, Surabaya dan Madura. Sedangkan untuk wilayah selat Madura merupakan pesisir utara dari Pasuruan, Probolinggo dan sekitarnya yang berada di sebelah selatan / bawah Madura. Untuk wilayah selatan adalah seluruh perairan pesisir selatan Jawa Timur.

Tabel 4. Perbandingan Arah Angin dari 4 Musim

Musim	Pesisir Utara (°)	Selat Madura (°)	Pesisir Selatan (°)
Barat	90	85	80
Peralihan 1	5	345	295
Timur	310	295	280
Peralihan 2	325	330/	315



Gambar 35. Grafik Arah Angin Berdasarkan Musim

Dalam 1 musim perbedaan antara perairan pesisir utara, selat Madura dan pesisir selatan tidak terlalu signifikan, dimana perubahan hanya terjadi beberapa derajat saja namun arah primernya masih sama semua. Kemudian perbedaan dari musim barat ke musim peralihan 1 mengalami perubahan yaitu arah angin mulai berubah ke arah utara sedikit ke barat laut. Selanjutnya dari musim peralihan 1 ke musim timur perubahan terjadi dengan berubahnya arah angin dari utara menuju sedikit ke arah barat laut. Kemudian pada perubahan terakhir yaitu dari musim timur menuju ke peralihan 2 tidak mengalami perubahan yang terlalu besar, namun arahnya sedikit mengalami pergeseran lebih ke arah barat. Adanya perubahan ini dikarenakan adanya perbedaan tekanan yang tinggi dari kedua Benua yaitu Benua Asia dan Benua Australia dimana mereka memiliki musim yang berbeda dalam waktu yang sama. Angin bergerak dari wilayah yang bertekanan tinggi ke wilayah yang memiliki tekanan rendah. Perbedaan musim dari kedua benua ini sangat berpengaruh bagi wilayah Indonesia termasuk Jawa Timur karena terletak di antara 2 buah benua dimana perbedaan iklimnya sangat besar.

Kemudian yang kedua perbandingan kecepatan angin.

Tabel 5. Perbandingan Kecepatan Angin dari 4 Musim

Musim	Pesisir Utara (m/s)	Selat Madura (m/s)	Pesisir Selatan (m/s)
Barat	3.2	2	2.9
Peralihan 1	0.775	0.7	0.75
Timur	12.25	9.25	8.75
Peralihan 2	16	12	7



Gambar 36. Grafik Kecepatan Angin Berdasarkan Musim

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa pada musim barat kecepatan angin pada wilayah pesisir utara Jawa Timur (pesisir utara Lamongan, Gresik, Surabaya dan Madura) tidak lah terlalu tinggi dan berkisar antara 2 – 3.2 m/s. Kemudian kecepatan anginnya menurun pada musim peralihan 1 yaitu berkisar 0.7 m/s. Setelah itu beranjak ke musim timur, kecepatan angin naik secara drastis ke kisaran 8.75 – 12.25 m/s, dan terus bertambah seiring berubah musim ke musim peralihan 2 yaitu berkisar 7 – 16 m/s. Pada kecepatan setinggi itu maka perairan laut akan sangat berbahaya jika di gunakan untuk berlayar, banyak ikan yang akan mati pada zona penangkaran diakibatkan perubahan udara yang signifikan. Perubahan ini dipicu oleh adanya perubahan suhu dan

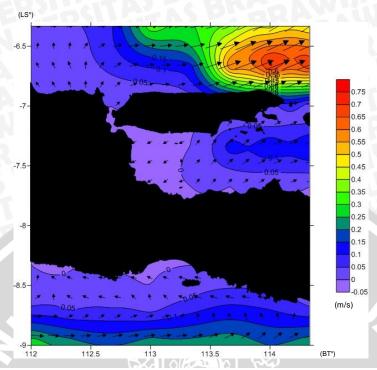
tekanan permukaan laut seiring berubahnya musim, sehingga tekanan udara yang telah berubah dapat mempengaruhi berbagai macam factor di sekitarnya.

Dapat di amati pula pada data hasil penelitian ini perairan pesisir utara memiliki kecepatan angin yang lebih dominan dalam 4 musim dibandingkan dengan perairan pesisir selatan. Dalam kenyataan seharusnya perairan selatan lebih tinggi angin nya dikarenakan penampang laut yang lebih luas dan wilayah utara melewati daratan harusnya terhalang oleh pegunungan dan pemukiman. Mengapa demikian ? karena data yang di ambil merupakan perhitungan dari titik koordinat yang di ambil sehingga bentangan luas samudera Hindia hanya di pakai sebagian kecil dekat wilayah selatan Jawa Timur dan sisanya tidak masuk kedalam hitungan ini. Perubahan kecepatan di utara juga lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah selatan yang pada akhirnya mengalami penurunan.

Kemudian berikut merupakan hasil data Arus yang di dapatkan dari olah data OSCAR dalam kurun waktu 10 tahun. Data ini diperoleh dengan download dari OSCAR yang kemudian di olah menggunakan ODV, Excel dan Surfer.

4.2.6 Arus pada Musim Barat

Musim barat di Indonesia di bagi berdasarkan bulan yaitu bulan Desember – Februari, musim barat ini terjadi akibat bertiupnya angin dari Benua Asia yang sedang mengalami musim dingin ke Benua Australia yang mengalami musim panas sehingga terjadi musim hujan di Indonesia karena angin membawa curah hujan yang tinggi / angin basah. Angin merupakan salah satu pembentuk arah arus. Arus musim barat di tandai dengan adanya aliran air dari arah utara melalui laut cina bagian atas, laut Jawa dan laut Flores. Kenampakan arah dan kecepatan arus tersebut adalah sebagai berikut.



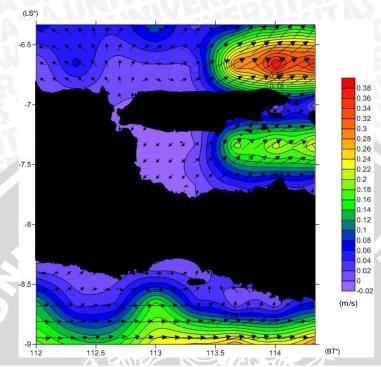
Gambar 37. Karakteristik Arus Musim Barat

Dari gambar 37 di atas dapat dilihat bahwa di perarian Jawa timur bagian utara (pesisir utara Lamongan, Gresik, Surabaya dan Madura), arus mengarah dari arah selatan ke utara yang kemudian berbelok menuju ke arah timur dengan kecepatan antara 0.15-0.75 m/s, sedangkan pada wilayah selat Madura (di atas Probolinggo dan di bawah Madura) arus cenderung mengarah dari barat daya menuju ke timur – timur laut. Kecepatan di wilayah ini kisaran 0.1-0.2 m/s. kemudian pada wilayah Jawa Timur bagian pesisir selatan arus bergerak dari arah barat menuju ke arah timur – timur laut dan beberapa titik ia berbelok ke arah utara dengan kisaran kecepatan 0.05-0.2 m/s.

4.2.7 Arus pada Musim Peralihan 1

Musim Peralihan 1 merupakan saat dimana musim barat akan berganti menjadi musim timur. Musim ini seringkali disebut sebagai musim kemereng yaitu perpindahan dari musim hujan ke musim kemarau. Pada masa ini biasanya terjadi arah arus yang tidak teratur, dikarenakan udara terasa panas dan hujan

datang secara tiba – tiba dalam waktu singkat dan lebat. Berikut merupakan hasil olah data yang didapatkan dari OSCAR.

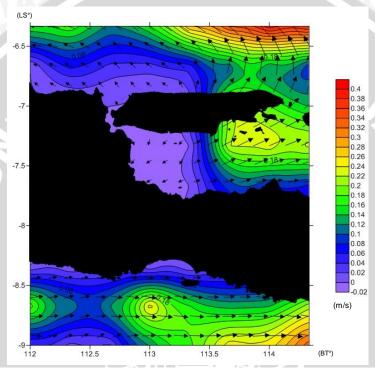


Gambar 38. Karakteristik Arus Musim Peralihan 1

Dari gambar 38 di atas dapat dilihat bahwa di perarian Jawa timur Bagian pesisir utara (pesisir utara Lamongan, Gresik, Surabaya dan Madura), arus mengarah dari arah selatan ke utara yang kemudian berbelok menuju Ke arah timur (Surabaya ke timur) dan ke arah barat (Surabaya ke barat) dengan kecepatan antara 0.08 – 0.38 m/s, sedangkan pada wilayah selat Madura (di pesisir utara Probolinggo dan di sebelah selatan Madura) arus cenderung mengarah dari barat daya menuju ke timur – timur laut. Kecepatan di wilayah ini kisaran 0.1 – 0.24 m/s. kemudian pada wilayah Jawa Timur bagian selatan arus mengalir dari arah barat menuju ke arah timur dengan kisaran kecepatan 0.02 – 0.24 m/s.

4.2.8 Arus pada Musim Timur

Angin musim timur / angin muson timur adalah angin yang mengalir dari Benua Australia (musim dingin) ke Benua Asia (musim panas) sedikit curah hujan (kemarau) di Indonesia bagian Timur karena angin melewati celah-celah sempit dan berbagai gurun (Gibson, Australia Besar, dan Victoria). Ini yang menyebabkan Indonesia mengalami musim kemarau. Terjadi pada bulan Juni, Juli dan Agustus, dan maksimal pada bulan Juli. Pada musim timur arus mengalir dari arah selatan menuju ke utara melewati samudera Hindia. Berikut merupakan kenampakan karakteristik arusnya.

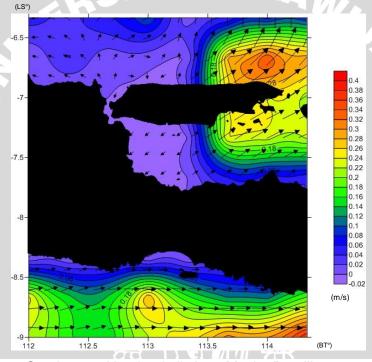


Gambar 39. Karakteristik Arus Musim Timur

Dari gambar 39 di atas dapat dilihat bahwa di perarian Jawa timur Bagian pesisir utara (pesisir utara Lamongan, Gresik, Surabaya dan Madura), arus mengarah dari arah selatan ke utara yang kemudian berbelok menuju ke arah barat dengan kecepatan antara 0.08-0.4 m/s, sedangkan pada wilayah selat Madura (di pesisir utara Probolinggo dan di sebelah selatan Madura) arus cenderung mengarah dari barat daya menuju ke timur – timur laut. Kecepatan di wilayah ini kisaran 0.04-0.2 m/s. kemudian pada wilayah Jawa Timur bagian selatan arus mengalir dari dari arah barat menuju ke arah timur dengan kisaran kecepatan 0.04-0.28 m/s.

4.2.9 Arus pada Musim Peralihan 2

Musim Peralihan 2 merupakan saat dimana musim timur akan berganti menjadi musim barat. Musim ini seringkali disebut sebagai musim labuh yaitu perpindahan dari musim kemarau ke musim hujan. Pada masa ini biasanya terjadi arah angin yang tidak teratur, udara terasa panas dan hujan datang secara tiba – tiba dalam waktu singkat dan lebat. Hal tersebut juga akan berdampak bagi pola arah dan kecepatan arus yang akan terjadi pada wilayah perairan. Berikut merupakan hasil olah data dari musim peralihan 2.



Gambar 40. Karakteristik Arus Musim Peralihan 2

Dari gambar 40 di atas dapat dilihat bahwa di perairan Jawa timur bagian pesisir utara (pesisir utara Lamongan, Gresik, Surabaya dan Madura), arus mengarah dari arah selatan ke utara yang kemudian berbelok menuju ke arah barat (Surabaya ke barat) dan ke arah timur (Surabaya ke timur) dengan kecepatan antara 0.02 – 0.4 m/s, sedangkan pada wilayah tengah (di pesisir utara Probolinggo dan sekitarnya yang berada di sebelah selatan Madura) arus cenderung mengarah dari barat daya menuju ke timur laut. Kecepatan di wilayah

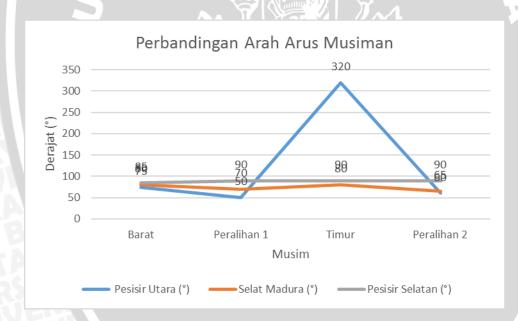
ini kisaran 0.04 – 0.26 m/s. kemudian pada wilayah Jawa Timur bagian pesisir selatan arus mengalir dari dari arah barat menuju ke arah timur dengan kisaran kecepatan 0.04 – 0.34 m/s.

4.2.10 Perbandingan Data Arus

Yang ketiga adalah perbandingan arah arus, berikut merupakan tabel yang menampilkan arah arus dari 4 musim yang ada di Indonesia.

Tabel 6. Perbandingan Arah Arus dari 4 Musim

Musim	Pesisir Utara (°)	Selat Madura (°)	Pesisir Selatan (°)
Barat	75	80	85
Peralihan 1	50	70	90
Timur	320	80	90
Peralihan 2	60	65	90



Gambar 41. Grafik Arah Arus Berdasarkan Musim

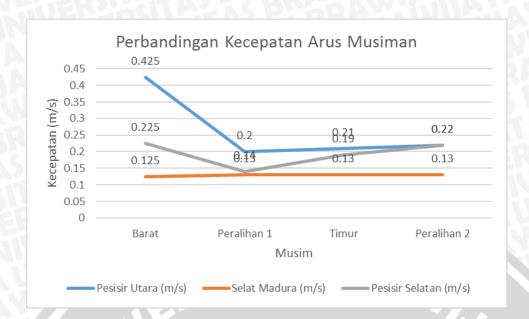
Dari tabel di atas dapat dilihat perubahan arah arusnya, dimana pada musim barat arah arus dari wilayah utara pergerakanya berasal dari selatan (selat Madura) yang kemudian lurus ke arah utara. Dan pada perairan di atas pulau Madura arah arus berubah haluan menjadi ke arah timur – timur laut. Kemudian pada wilayah tengah pergerakan arus terlihat monoton yaitu ke arah timur – timur laut. Sedangkan pada perairan wilayah selatan Jawa Timur,

pergerakan arus yang awalnya mengarah ke timur, perlahan terbelok ke arah utara, hal ini bisa di akibatkan oleh dorongan angin terhadap arus permukaan sehingga merubah pergerakanya. Kemudian setelah berganti ke musim Peralihan 1 pola arus di perairan utara mengalami sedikit perubahan yaitu arus di wilayah perairan lamongan berbelok ke arah barat laut. Untuk wilayah tengah masih sama dan untuk wilayah selatan Jawa Timur pergerakanya seirama yaitu ke arah timur, namun tepat di bawah perairan Kab. Banyuwangi, arus berbelok kembali ke arah utara. Selanjutya berpindah ke musim timur, pergerakan arus pada wilayah utara semakin berbelok menuju ke arah barat laut. Untuk wilayah tengah masih tetap sama dan untuk wilayah selatan Jawa Timur, seluruh arus bergerak sama yaitu ke arah timur. Dan yang terakhir pada musim peralihan 2, pergerakan arus di wilayah utara perairan pulau Madura berubah sedikit ke utara dan menuju timur laut, dan yang berada di wilayah perairan utara lamongan berubah haluan ke arah barat. Untuk wilayah tengah masih sama, dan untuk perairan selatan pergerakanya masih sama seperti musim sebelumnya. Berbagai macam perbedaan pola gerakan arus di pengaruhi oleh pergesekan angin dengan permukaan air laut, pola daratan dan topografi bawah laut.

Kemudian yang terakhir adalah perbandingan kecepatan arus.

Tabel 7. Perbandingan Kecepatan Arus 4 Musim

Musim	Pesisir Utara (m/s)	Selat Madura (m/s)	Pesisir Selatan (m/s)
Barat	0.425	0.125	0.225
Peralihan 1	0.2	0.13	0.14
Timur	0.21	0.13	0.19
Peralihan 2	0.22	0.13	0.22



Gambar 42. Grafik Kecepatan Arus Berdasarkan Musim

Dari data di atas dapat dilihat bahwa Kecepatan arus pada musim barat paling tinggi terletak pada wilayah utara yaitu di sebelah utara pulau Madura. Dengan angka 0.425 m/s kemudian untuk wilayah tengah dan selatan kecepatan arus hampir sama yaitu 0.125 dan 0.225 m/s. Pada musim berikutnya kecepatan arus mengalami penurunan dimana kecepatannya menurun hingga 0.2 m/s pada perairan utara dan 0.13, 0.14 m/s pada perairan tengah dan selatan. Beranjak ke musim timur kecepatan arus masih tidak terlalu berubah signifikan dan relatif sama dan terus naik hanya sedikit ketika mencapai musim peralihan 2.

Perubahan kecepatan dari data hasil pengamatan tidak terlalu tinggi kecuali perubahan dari musim barat menuju ke musim peralihan 1. Kemudian perubahan signifikan hanya terjadi pada perairan utara Jawa Timur saja. Untuk perairan yang lain perubahanya tidak telalu signifikan. Dan dapat dilihat bahwa perubahan kecepatan arus yang relative normal, berbeda dengan perubahan arah yang banyak dimana pola pergerakanya tidak teratur dan menuju ke berbagai arah yang berbeda.

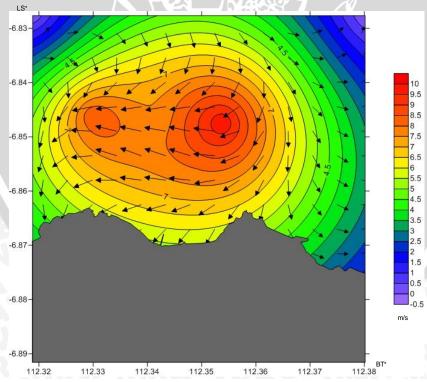
4.3 Pembagian Data Secara Spatial

Pembagian data secara spasial ini adalah pengambilan data yang dilakukan secara langsung berbasis pengamatan lokasi secara langsung dan melakukan pengambilan data langsung pada wilayah / titik yang sudah di rencanakan sebelumnya. Data spasial ini dilakukan dalam basis wilayah / lokasi yaitu pada perairan utara Jawa Timur yaitu wilayah Lamongan dan Situbondo.

Berikut merupakan hasil olah data arah dan kecepatan angin yang telah di dapatkan dengan cara observasi langsung ke lokasi penelitian dan data dari pihak BMKG. Wilayah Perairan utara Jawa Timur dilakukan pengambilan data lapang pada wilayah perairan Paciran, Lamongan dan wilayah perairan Sumberwaru, Situbondo.

4.3.1 Kondisi Angin pada Wilayah Perairan Paciran, Lamongan

Berikut merupakan gambar kenampakan arah dan kecepatan angin pada wilayah utara perairan Paciran, Kab. Lamongan.

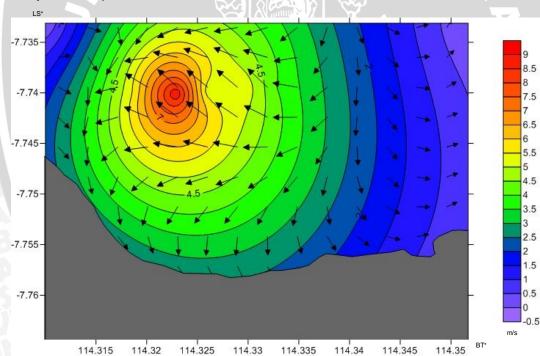


Gambar 43. Karakteristik Angin pada Wilayah Perairan Utara Paciran, Kab. Lamongan

Dapat dilihat pada gambar 43 bahwa pergerakan angin pada wilayah utara perairan Paciran, Kab. Lamongan, mengarah dari Timur / Tenggara menuju ke Barat / Barat Laut. Arah angin ini berkisar antara 270° – 290°. Kemudian untuk kecepatan angin berkisar antara 8 – 10 m/s. Jika terdapat perbedaan arah dan kecepatan dari setiap wilayah / titik dikarenakan rentan waktu berbeda dalam proses pengambilan data. Pengambilan data ini dilakukan dengan menggunakan kapal milik nelayan dan dilakukan pada pukul 08.00 – 10.00 WIB, tanggal 14 November 2015.

4.3.2 Kondisi Angin pada Wilayah Perairan Sumberwaru, Situbondo

Berikut merupakan gambar kenampakan arah dan kecepatan angin pada wilayah utara perairan Sumberwaru, Kab. Situbondo.



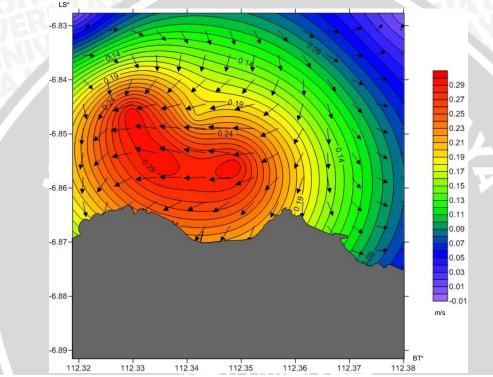
Gambar 44. Karakteristik Angin pada Wilayah Perairan Utara Sumberwaru, Kab. Situbondo

Dapat dilihat bahwa pada gambar 44 pergerakan angin pada wilayah utara perairan Sumberwaru Kab. Situbondo, mengarah dari tenggara menuju ke barat laut. Arah angin ini berkisar antara 300° – 315°. Kemudian untuk kecepatan angin berkisar antara 4 – 9 m/s. Jika terdapat perbedaan arah dan kecepatan dari setiap wilayah / titik dikarenakan rentan waktu berbeda dalam proses

pengambilan data. Pengambilan data ini dilakukan dengan menggunakan kapal milik nelayan kerapu dan dilakukan pada pukul 10.00 – 12.00 WIB, tanggal 15 November 2015.

4.3.3 Kondisi Arus pada Wilayah Perairan Paciran, Lamongan

Berikut merupakan gambar kenampakan arah dan kecepatan angin pada wilayah utara perairan Paciran, Kab. Lamongan.

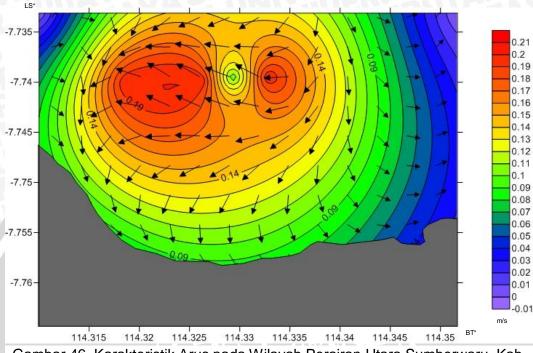


Gambar 45. Karakteristik Arus pada Wilayah Perairan Utara Paciran, Kab. Lamongan

Dapat dilihat bahwa pada gambar 45 pergerakan arus pada wilayah utara perairan Paciran, Kab. Lamongan, mengarah dari Timur menuju ke Barat. Arah arus ini berkisar antara 260° – 285°. Kemudian untuk kecepatan arus berkisar antara 0.2 – 0.3 m/s. Jika terdapat perbedaan arah dan kecepatan dari setiap wilayah / titik dikarenakan rentan waktu berbeda dalam proses pengambilan data. Pengambilan data ini dilakukan dengan menggunakan kapal milik nelayan dan dilakukan pada pukul 08.00 – 10.00 WIB, tanggal 14 November 2015.

4.3.4 Kondisi Arus pada Wilayah Perairan Sumberwaru, Situbondo

Berikut merupakan gambar kenampakan arah dan kecepatan arus pada wilayah utara perairan Sumberwaru, Kab. Situbondo.



Gambar 46. Karakteristik Arus pada Wilayah Perairan Utara Sumberwaru, Kab. Situbondo

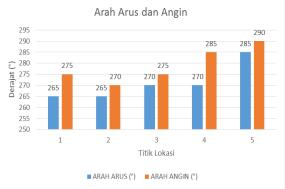
Dapat dilihat bahwa pada gambar 46 pergerakan arus pada wilayah utara perairan Sumberwaru Kab. Situbondo, mengarah dari tenggara menuju ke barat laut. Arah arus ini berkisar antara 285° – 300°. Kemudian untuk kecepatan arus berkisar antara 0.1 – 0.2 m/s. Jika terdapat perbedaan arah dan kecepatan dari setiap wilayah / titik dikarenakan rentan waktu berbeda dalam proses pengambilan data. Pengambilan data ini dilakukan dengan menggunakan kapal milik nelayan kerapu dan dilakukan pada pukul 10.00 – 12.00 WIB, tanggal 15 November 2015.

Berikut merupakan data statistiK pengambilan di lapang:

Tabel 8. Pengambilan data di Lamongan

TITIK	Koordinat	ARUS (m/s)	ANGIN (m/s)	ARAH ARUS (°)	ARAH ANGIN (°)	Persentase Kecepatan (%)	Persentase Arah (%)
1	6°50'45.40"S 112°19'47.07"E	0.3	8.5	265	275	3.5	96.2
2	6°50'48.71"S 112°20'29.82"E	0.2	7.5	265	270	2.7	98.1
3	6°50'50.52"S 112°21'13.90"E	0.2	10	270	275	2.0	98.1
4	6°51'21.00"S 112°20'56.13"E	0.3	9	270	285	3.3	94.4
5	6°51'17.64"S 112°20'7.31"E	0.2	7.5	285	290	2.7	98.2





Gambar 47. Grafik Perbandingan Data Di Lamongan

Pengambilan data diatas di ambil pada pukul 08.00 – 10.25 dengan menaiki kapal milik nelayan sekitar. Kisaran perjalanan dari dermaga ke titik 1 mencapai 30 menit dan perjalanan dari titik 1 ke titik yang lain berkisar antara 20 – 30 menit. Kisaran pengambilan data dilakukan selama 3 – 5 menit dengan melakukan pengamatan pergerakan arus dan menentukan arahnya dengan kompas dan mengukurnya dengan menggunakan current meter.

Tabel 9. Pengambilan Data di Situbondo

TITIK	Koordinat	ARUS (m/s)	ANGIN (m/s)	ARAH ARUS (°)	ARAH ANGIN (°)	Persentase Kecepatan (%)	Persentase Arah (%)
1	7°44'22.14"S 114°19'58.00"E	0.2	4	300	315	5.0	95
2	7°44'22.36"S 114°19'45.65"E	0.1	5.5	290	310	1.8	93
3	7°44'23.33"S 114°19'34.47"E	0.2	7	300	310	2.9	97
4	7°44'24.31"S 114°19'22.40"E	0.2	9	305	315	2.2	97
5	7°44'24.02"S 114°19'6.87"E	0.2	5.5	285	300	3.6	95





Gambar 48. Grafik Perbandingan Data Di Situbondo

Pengambilan data di Kab. Situbondo ini terletak pada pantai pemukiman nelayan di desa sumberwaru. Observasi dan pengambilan data dilakukan dengan menaiki kapal milik nelayan / petani keramba kerapu yang ada di sana. Kisaran perjalanan antara 30 menit dari daratan ke titik 1. Kemudian dari titik 1 ke titik lainya kisaran waktu perjalanan yang di tempuh adalah 15 – 25 menit. Untuk proses pengambilan data itu sendiri dilakukan selama 5 menit dengan mengamati kondisi perairan dan menentukan arah kecepatan angin yang ada disana.

4.4 Pembagian Data Secara Temporal

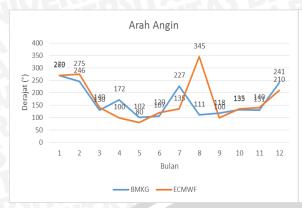
Pembagian data secara temporal ini adalah pembagian data yang didasarkan kepada periode waktu. Pada metode kali ini menggunakan data yang di dapatkan dari OSCAR dan ECMWF kemudian akan di bandingkan dengan data yang didapatkan dari pihak BMKG yang di ambil pada kurun waktu sepanjang tahun 2014. Pembagian ini akan didasarkan pada pembagian pola arus dan angin bulanan. Berikut merupakan hasil pengolahan datanya.

4.4.1 Data Angin Secara Temporal

Yang pertama adalah perbandingan data angin yang di ambil dari 2 titik yang berbeda. Titik yang pertama adalah titik 8°45'10.75 "S dan 112°38'32.70"E berada di perairan Sendang Biru, Malang Selatan. Kemudian titik yang kedua adalah 8°53'20.52" S dan 113°55'44.50" E yang berada di sebelah selatan perairan pantai Pancer Kab. Banyuwangi. Berikut merupakan perbandingan statistik data dari BMKG dan Oscar mengenai kedua titik tersebut.

Tabel 10. Data Angin Titik Lokasi 1, Sendang Biru, Malang

	ВМ	MKG (2)	FA DE EC	MWF
Bulan	Arah (°)	Kecepatan (m/s)	Arah (°)	Kecepatan (m/s)
1	269	4.70	270	4.5
2	246	4.14	275	12
3	130	2.70	140	3.5
4	172	2.48	100	4.5
5	102	5.37	80	2.9
6	107	6.08	120	4.5
7	227	19.20	135	5
8	111	6.65	345	6.5
9	118	5.20	100	5
10	133	3.20	135	6
11	131	3.37	140	8.5
12	241	2.75	210	3.5



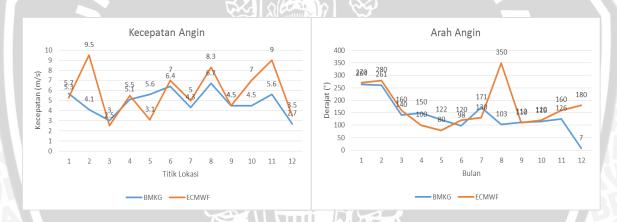


Gambar 49. Data Angin Di Sendang Biru

Dapat dilihat dari data di atas bahwa pergerakan arah angin dari BMKG maksimalnya adalah pada bulan 7 dengan 19.20 m/s dan terendah pada bulan 4 dengan 2.48 m/s. Kemudian untuk data dari ECMWF data kecepatan tertinggi berada di bulan februari dengan 12 m/s dan terendah adalah 2.9 m/s pada bulan mei. Untuk arah angin keduanya memiliki arah yang hampir sama atau serupa namun beberapa titik mengalami perbedaan atau memiliki selisih derajat. Menurut versi BMKG pergerakan angin dari Januari - Februari angin masih berasal dari barat, lalu bulan berikutnya berasal dari Tenggara dan Barat Daya. Kecuali pada bulan 7 angin bertiup dari arah Barat yang kemudian pada musim Timur atau bulan berikutnya angin kembali berasal dari Timur. Selanjutnya menurut data dari ECMWF arah angin nya hampir serupa hanya mengalami perbedaan beberapa derajat saja, terutama pada bulan Agustus keduanya memiliki arah yang jauh berbeda yaitu 111° dari BMKG dan 345° dari data ECMWF. Kemudian untuk kecepatanya perbedaan tidak terlalu signifikan kecuali pada bulan 7 dimana kecepatanya mencapai 19.2 m/s dari data BMKG dan hanya 5 m/s dari data ECMWF. Kemudian dibawah adalah data dari Pantai Pancer yang ada di Kabupaten Banyuwangi.

Tabel 11. Data Angin Titik Lokasi 2, Pancer, Banyuwangi

	BMKG	HERSIL	ECMWF		
Bulan	Arah(°)	Kecepatan (m/s)	Arah(°)	Kecepatan (m/s)	
41	264	5.7	270	5.3	
2	261	4.1	280	9.5	
3	140	3.0	160	2.5	
4	150	5.1	100	5.5	
5	122	5.6	80	3.1	
6	98	6.4	120	7	
7	171	4.3	130	5	
8	103	6.7	350	8.3	
9	112	4.5	110	4.5	
10	116	4.5	120	7	
11	126	5.6	160	9	
12	7	2.7	180	3.5	



Gambar 50. Data Angin Di Pancer

Dari data yang ada di atas dapat dilihat bahwa pada data BMKG kecepatan arus maksimal adalah 6.7 m/s pada bulan Agustus dan minimal pada bulan Desember dengan 2.7 m/s. Pada data ECMWF kecepatan maksimal terdapat pada bulan Februari dengan 9.5 m/s dan minimalnya terdapat pada bulan Maret dengan 2.5 m/s. Perbedaan dari keduanya tidak terlalu besar dimana perbedaan paling terlihat ada pada bulan Februari dan September. Selanjutnya untuk data arah angin dari BMKG arah angin bergerak dari Barat dan berjalan dari Selatan yang kemudian berasal dari Timur dan berakhir dari Utara. Kemudian pada ECMWF hampir memiliki arah yang sama dan

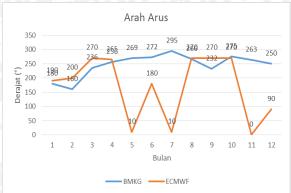
mengalami beda beberapa derajat saja. Tetapi arah pada bulan Agustus dan Desember memiliki beda yang sangat jauh yaitu pada BMKG angin berasal dari 103° dan pada ECMWF angin berasal dari 350°. Selanjutnya pada bulan Desember berdasarkan data BMKG angin berasal dari 7° dan pada data ECMWF angin berasal dari 180°.

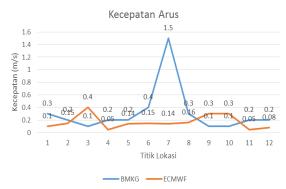
4.4.2 Data Arus Secara Temporal

Yang kedua adalah perbandingan data arus yang di ambil dari 2 titik yang berbeda. Titik yang pertama adalah titik 8°45'10.75 "S dan 112°38'32.70"E berada di perairan Sendang Biru, Malang Selatan. Kemudian titik yang kedua adalah 8°53'20.52" S dan 113°55'44.50" E yang berada di sebelah selatan perairan pantai Pancer Kab. Banyuwangi. Berikut merupakan perbandingan statistik data dari BMKG dan Oscar mengenai kedua titik tersebut.

Tabel 12. Data Arus Titik Lokasi 1, Sendang Biru, Malang

	BMKG		OSCAR		
Bulan	Arah	Kecepatan	Arah	Kecepatan	
	(°)	(m/s)	(°)	(m/s)	
1	180	0.3	190	0.1	
2	160	0.2	200	0.15	
3	236	0.1	270	0.4	
4	256	0.2	265	0.05	
5	269	0.2	10	0.14	
6	272	0.4	180	0.15	
7	295	1.5	10	0.14	
8	266	0.3	270	0.16	
9	232	0.1	270	0.3	
10	275	0.1	270	0.3	
11	263	0.2	0	0.05	
12	250	0.2	90	0.08	





Gambar 51. Data Arus Di Sendang Biru

Dari data diatas dapat dilihat bahwa pada data BMKG kecepatan arus maksimalnya mencapai angka yang sangat tinggi yaitu pada bulan July dengan 1.5 m/s dan terendah adalah 0.1 di beberapa musim peralihan. Kemudian untuk data dari OSCAR cenderung stabil da nada kenaikan pada bulan September dan Oktober. Untuk perbandingan kecepatan arus mereka tidak terlalu berbeda hanya saja angka tertinggi pada bulan 7 tidak terdeteksi oleh OSCAR, untuk arah arusnya beberapa masih berketerbalikan seperti pada bulan 5, 7, 11 dan 12 untuk selebihnya hampir memiliki arah yang sama. Kemudian di bawah merupakan data statistic antara OSCAR dan BMKG pada titik Lokasi yang kedua yaitu di sebelah Selatan Pantai Pancer, Kab. Banyuwangi.

Tabel 13. Data Arus Titik Lokasi 2, Pancer, Kab. Banyuwangi

	BMKG		Y \	OSCAR
Bulan	Arah (°)	Kecepatan (m/s)	Arah (°)	Kecepatan (m/s)
1.	210	0.3	190	0.2
2	180	0.2	200	0.15
3	234	0.1	270	0.2
4	250	0.2	270	0.05
5	236	0.2	75	0.15
6	266	0.3	320	0.15
7	258	1.4	45	0.1
8	190	0.2	270	0.3
9	200	0.1	315	0.3
10	237	0.1	325	0.3
11	279	0.2	100	0.15
12	252	0.2	120	0.2



Gambar 52. Data Arus Di Pancer

Dari data di atas dapat dilihat bahwa pada data BMKG kecepatan maksimal arus adalah 1.4 m/s pada bulan ke-7 dan terendah adalah 0.1 m/s pada musim peralihan. Kemudian untuk data OSCAR kecepatan maksimal terdapat pada bulan September dan Oktober dengan 0.3 m/s dan terendah di 0.1 m/s pada bulan ke 7. Untuk arah arusnya hanya beberapa yang memiliki arah yang sama yaitu pada bulan 1 – 4. Untuk arah yang lain masih berlawanan atau berbeda yaitu pada bulan 5 - 12. Untuk kecepatan hanya berbeda di nilai kecepatan arus maksimumnya dimana pada BMKG terdeteksi dan tidak pada OSCAR. Terjadinya pebedaan data dari 2 titik lokasi di atas bisa di karenakan bedanya metode pengambilan data dimana pihak **BMKG** pengambilan data secara langsung sedangkan pihak OSCAR melakukanya dengan satelit beresolusi tinggi dimana kemungkinan error nya lebih tinggi di karenakan banyak faktor yang mengganggu proses pengambilan data seperti cuaca dan waktu pengambilan yang berbeda, BMKG secara harian dan OSCAR dengan periode 6 hari sekali foto wilayah kemudian langsung di proses.

Pada bulan July 2014 terjadi fenomena alam yaitu Badai El-nino, El Nino adalah fenomena perubahan iklim secara global yang diakibatkan oleh memanasnya suhu permukaan air laut Pasifik bagian timur. El Nino terjadi pada 2-7 tahun dan bertahan hingga 12-15 bulan (Sarachik, 2010). Ciri-ciri terjadi El Nino adalah meningkatnya suhu muka laut di kawasan Pasifik secara berkala

dan meningkatnya perbedaan tekanan udara antara Darwin dan Tahiti (Irawan, 2006).

Indikator terjadinya El Nino ditunjukkan oleh nilai indeks osilasi selatan atau biasa disebut Southern Oscillation Index (SOI). Apabila terjadi El Nino maka nilai indeks osilasi selatan akan berada pada nilai minus dalam jangka waktu minimal 3 bulan dan sebaliknya untuk La Nina. Nilai SOI di kawasan Asia Tenggara berkorelasi kuat dengan curah hujan, karena itu nilai SOI merupakan indikator yang baik terhadap curah hujan di kawasan tersebut (Podbury, 1998).

4.5 Pengaruh Angin Dalam Pembentukan Arah dan Kecepatan Arus

Faktor pembangkit arus permukaan disebabkan oleh adanya angin yang bertiup diatasnya. Tenaga angin memberikan pengaruh terhadap arus permukaan (atas) sekitar 2% dari kecepatan angin itu sendiri. Kecepatan arus ini akan berkurang sesuai dengan makin bertambahnya kedalaman perairan sampai pada akhirnya angin tidak berpengaruh pada kedalaman 200 meter (Bernawis, 2000).

4.5.1 Berdasarkan Musim

Untuk yang pertama dilakukan perbandingan seberapa besar kesamaan arah arus dan angin dari setiap daerah. Berikut merupakan hasil arah angin dan arus yang didapatkan dari hasil penelitian berdasarkan data musim.

Tabel 14. Pengaruh Arah Angin terhadap Arah Arus

Musim	Pesisir Utara (°)		Selat Madura (°)		Pesisir Selatan (°)	
IVIUSIIII	Arus	Angin	Arus	Angin	Arus	Angin
Barat	75	90	70	85	85	80
Peralihan 1	50	5	70	345	90	295
Timur	320	310	80	295	90	280
Peralihan 2	60	325	65	330	90	315
Persamaan		Pengar	uh Angin	Terhadap	Arus (%)	
Barat	-2	0.0	17.6		-6.3	
Peralihan 1	90.0		79.7		69.5	
Timur	3.1		72.9		67.9	
Peralihan 2	9	4.6	8	0.3	71.4	

Dapat dilihat dari data tabel 14 di atas besarnya pengaruh Angin dapat mempengaruhi perubahan arah arus namun beberapa arah arus justru berubah pergerakanya tidak sama dengan pergerakan angin.

Yang pertama pada wilayah Perairan utara, arus dan angin memiliki arah pergerakan yang sama yaitu ke arah utara, kemudian pada musim peralihan 1, angin yang mengarah ke arah utara membuat pergerakan arus pada wilayah utara Jawa Timur ini memiliki 3 arah yang berbeda yaitu utara, timur laut dan barat laut. Hal ini disebabkan adanya pengaruh dari faktor penutupan jalur arus oleh pulau Madura dan daratan di Jawa Timur sehingga pergerakanya berubah. Kemudian pada setiap musim perbedaan tekanan dari setiap wilayah juga berbeda sehingga menyebabkan pergerakan arus ikut berubah. Selanjutnya pada musim timur, angin mengarah ke arah barat laut yang membuat arus mengarah ke arah utara dan ke arah barat – barat laut. Perubahan pola arus ini sama dengan pengaruh seperti musim sebelumnya. Kemudian pada musim peralihan 2, pergerakan angin mengarah kea rah barat laut dan pergerakan arus memiliki 3 arah berbeda yaitu ke arah timur laut, utara dan barat.

Berikutnya pada perairan wilayah tengah pada musim barat arah arus dan angin sama yaitu mengarah ke utara, kemudian pada musim peralihan 1 angin mengarah ke utara sedangkan pergerakan arus mengarah ke timur. Selanjutnya pada musim timur angin memiliki arah ke arah barat sedangkan arus mengarah ke arah yang berlawanan. Hal ini disebabkan oleh pantulan daratan Jawa Timur dimana angin membawa arus yang kemudian terpantul oleh daratan sehingga memiliki arah yang berlawanan. Dan pada musim peralihan 2, angin mengarah ke utara yang memiliki arah berbeda dengan arus yang mengarah ke timur. Pembelokan arah arus yang berbeda dengan angin ini dikarenakan adanya perbedaan tekanan permukaan laut dan topografi yang berbeda.

Kemudian berikut merupakan persentase data seberapa besar pengaruh angin terhadap pembentukan kecepatan arus permukaan laut pada perairan Utara, Tengah dan Selatan Jawa Timur.

Tabel 15. Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Arus

Kece	patan An	gin (m/s)		
Musim	Pesisir	Selat	Pesisir	
Musim	Utara	Madura	Selatan	
Barat	3.2	2	2.9	
Peralihan 1	0.775	0.7	0.75	
Timur	12.25	9.25	8.75	21
Peralihan 2	16	12	7	44
Kece	epatan Ar	us (m/s)		
Musim	Pesisir	Selat	Pesisir	
IVIGSIIII	Utara	Madura	Selatan	
Barat	0.425	0.125	0.225	5
Peralihan 1	0.2	0.13	0.14	1
Timur	0.21	0.13	0.19	
Peralihan 2	0.22	0.13	0.22	J.
P	ersentas	e (%)		
Barat	13	6	8	
Peralihan 1	26	19	19	
Timur	2		2	
Peralihan 2	10	1 1 75	6 J 3 W	ar

Berdasarkan data tabel di atas dapat diketahui bahwa pengaruh kecepatan angin dalam membentuk kecepatan arus permukaan pada musim Barat wilayah Utara mencapai 13%, wilayah Tengah 6% dan wilayah Selatan 8%. Kemudian pada musim Peralihan 1 untuk wilayah Utara mencapai 26%, Tengah 19% dan Selatan sebesar 19%. Selanjutnya untuk musim Timur pengaruh angin terhadap pembentukan arus pada wilayah Utara mencapai 2%, untuk wilayah Tengah 1% dan untuk wilayah Selatan 2%. Dan yang terakhir untuk Musim Peralihan 2, pengaruh pada wilayah Utara dan Tengah 1% dan untuk wilayah Selatan 3%. Berdasarkan perbandingan bernawis tentu untuk musim Barat dan Peralihan 1 sangat jauh dari perkiraan. Mengapa demikian? Hal tersebut bisa dikarenakan hasil yang di jadikan rata – rata kecepatan merupakan

data dari 10 tahun dimana karakteristik musim Barat dari tahun ke tahun mengalami perubahan. Dan ada beberapa data dimana data tersebut memiliki angka yang terlalu tinggi yang disebabkan akibat adanya faktor fenomena alam seperti El Nino. Kemudian yang kedua data pengambilan satelit ini akurasinya berbeda dari tahun ke tahun (Satelit dan sistem olah citra mengalami perubahan dari tahun ke tahun). Penutupan / perbedaan ketebalan lapisan ozon berbeda dari tahun 2004 – sekarang dimana ozon semakin tipis. Kemudian pada musim Barat dan musim Peralihan 2, hampir mendekati atau serupa dengan pernyataan Bernawis yaitu memiliki pengaruh sebesar 2%.

4.5.2 Berdasarkan Data Spatial

Berikut merupakan pengaruh angin terhadap pembentukan arah dan kecepatan arus permukaan laut pada wilayah Kab. Lamongan.

Tabel 16. Pengaruh Angin Terhadap Arus di Lamongan

		ALC: NOT IN	
TITIK	Koordinat	Persentase Kecepatan (%)	Persentase Arah (%)
1	6°50'45.40"S 112°19'47.07"E	3.5	96.2
2	6°50'48.71"S 112°20'29.82"E	2.7	98.1
3	6°50'50.52"S 112°21'13.90"E	2	98.1
4	6°51'21.00"S 112°20'56.13"E	3.3	94.4
5	6°51'17.64"S 112°20'7.31"E	2.7	98.2
	Rata - rata	2.84	97

Dapat dilihat bahwa dari data di atas pada titik 1 – 5 memiliki persentase pengaruh kecepatan antara 2 – 3.5 % dan rata – ratanya kisaran 2.84% dan dari hasil di atas hampir sama dengan penyataan bernawis yaitu 2%. Dan pada persentase arah nya kisaran 94.4 – 98.2 %. Dengan rata – rata 97% pengaruh angin terhadap arah arusnya hampir serupa atau memiliki arah yang sama.

Selanjutnya adalah pengaruh angin terhadap pembentukan arah dan kecepatan arus di wilayah Kab. Situbondo.

Tabel 17. Pengaruh Angin Terhadap Arus di Situbondo

TITIK	Koordinat	Persentase Kecepatan (%)	Persentase Arah (%)
1	7°44'22.14"S 114°19'58.00"E	5	95
2	7°44'22.36"S 114°19'45.65"E	1.8	93
3	7°44'23.33"S 114°19'34.47"E	2.9	97
4	7°44'24.31"S 114°19'22.40"E	2.2	97
5	7°44'24.02"S 114°19'6.87"E	3.6	95
	Rata - rata	3.1	95.4

Dari data di atas dapat di lihat bahwa kisaran persentase kecepatan mulai titik 1 – 5 adalah 1.8 – 5%. Dengan rata – rata sebesar 3.1%. pada titik 1 persentase kecepatanya mencapai 5%. Hal ini dikarenakan perbedaan waktu pengambilan data antara data angin dan data arus. Dimana saat pengambilan data angin kecepatanya masih rendah namun pada saat pengambilan data arus mengalami kecepatan yang tinggi. Untuk data persentase pengaruh angin terhadap arah arus kisaran 93 – 97% dengan rata rata 95.4%. memiliki kemiripan yang hampir serupa antara arah angin dan arah arus.

4.5.3 Berdasarkan Data Temporal

Berikut merupakan persentase seberapa besar pengaruh angin terhadap pembentukan arah dan kecepatan arus pada 2 wilayah yaitu wilayah Selatan Kab. Malang, Sendang Biru dan wilayah Selatan Kab. Banyuwangi, Pancer yang di ambil dari instansi BMKG, *OSCAR* dan *ECMWF*. Untuk yang pertama adalah data dari wilayah Selatan Kab. Malang, Sendang Biru.

Tabel 18. Pengaruh Angin Terhadap Arus di Sendang Biru, Malang

	Persentase	e (%)	Persentase (%) OSCAR / ECMWF		
Bulan	BMKG	411310			
	Arah (°)	Kec (m/s)	Arah (°)	Kec (m/s)	
1	-33.1	6.4	-29.6	2.2	
2	-35.0	4.8	-27.3	1.3	
3	81.5	3.7	92.9	11.4	
4	48.8	8.1	165.0	1.1	
5	163.7	3.7	-87.5	4.8	
6	154.2	6.6	50.0	3.3	
7	30.0	7.8	-92.6	2.8	
8	139.6	4.5	-21.7	2.5	
9	96.6	1.9	170.0	6.0	
10	106.8	3.1	100.0	5.0	
11	100.8	5.9	-96.4	0.6	
12	3.7	7.3	-57.1	2.3	
Rata-rata	71.5	5.3	13.8	3.6	

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa untuk arah angin yang minus berarti angin mempengaruhi pergerakan arus lebih ke arah kiri dan untuk yang normal berarti angin lebih mempengaruhi arah arus lebih ke arah kanan. Untuk pengaruh angin terjauh atau beda angin dan arus terbesar dari data BMKG adalah sebesar 163.7 % pada bulan Mei, sedangkan yang pengaruhnya paling besar atau beda terkecil adalah pada bulan Desember dengan 3.7%. Lalu dari data OSCAR dan ECMWF pengaruh angin terjauh atau beda terbesar adalah 170% pada bulan September dan beda terendah atau pengaruh terbesar adalah pada bulan Desember dengan 13.8%. Selanjutnya untuk pengaruh kecepatan angin terhadap arus dari BMKG terbesar pada bulan April dengan 8.1% dan terendah adalah 1.9% pada bulan September. Kemudian dari data ECMWF pengaruh kecepatan angin terhadap arus terbesar adalah 11.4% pada bulan Maret dan terendah adalah pada bulan November dengan 0.6%. Dari keseluruhan data didapatkan rata - rata pada BMKG 71,5% pada pengaruh angin terhadap arus yang berarti arah arusnya lebih mengarah ke kanan dari arah angin sebenarnya, sedangkan untuk ECMWF dan OSCAR, hanya sekitar 13.8% lebih ke kanan dari

Rata-rata

arah angin sebenarnya. Untuk pengaruh angin terhadap kecepatan arus dari data BMKG 5.3% dan data *OSCAR*, *ECMWF* sebesar 3.6%. Hal ini berbeda dengan pernyataan Bernawis yaitu 2% dikarenakan perbedaan wilayah dan situasi atau kondisi Oseanografi yang sudah jauh berbeda dengan waktu pengambilan data oleh Bernawis pada tahun 2000.

Selanjutnya di bawah merupakan persentase kecepatan dan arah dari pengaruh angin terhadap arus laut permukaan di wilayah Kab. Banyuwangi, Pancer, dengan membandingkan antara data dari BMKG, *OSCAR* dan *ECMWF*.

Persentase (%) Persentase (%) OSCAR / ECMWF Bulan **BMKG** Arah (°) Kec (m/s) Arah (°) Kec (m/s) -20.5 5.3 -29.6 3.8 2 -31.0 4.9 -28.6 1.6 3 67.1 3.3 68.8 8.0 4 66.7 3.9 170.0 0.9 -6.3 5 93.4 3.6 4.8 6 171.4 4.7 166.7 2.1 7 50.9 32.6 -65.4 2.0 84.5 3.0 -22.9 3.6 8 9 78.6 2.2 186.4 6.7 10 2.2 104.3 170.8 4.3 11 121.4 3.6 -37.5 1.7 12 -97.2 7.4 -33.3 5.7

Tabel 19. Pengaruh Angin Terhadap Arus di Pancer, Banyuwangi

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa untuk arah angin yang minus berarti angin mempengaruhi pergerakan arus lebih ke arah kiri dan untuk yang normal berarti angin lebih mempengaruhi arah arus lebih ke arah kanan. Untuk pengaruh angin terjauh atau beda angin dan arus terbesar dari data BMKG adalah sebesar 171.4 % pada bulan Juni, sedangkan yang pengaruhnya paling besar atau beda terkecil adalah pada bulan Desember dengan -20.5% yang berarti arus bergerak lebih kekiri dari arah angin. Lalu dari data OSCAR dan ECMWF pengaruh angin terjauh atau beda terbesar adalah 186.4% pada bulan September dan beda

6.4

44.9

57.5

3.8

terendah atau pengaruh terbesar adalah pada bulan Mei dengan -6.3%. Selanjutnya untuk pengaruh kecepatan angin terhadap arus dari BMKG terbesar pada bulan July dengan 32.6% dan terendah adalah 2.2% pada bulan September dan Oktober. Kemudian dari data *ECMWF* pengaruh kecepatan angin terhadap arus terbesar adalah 8% pada bulan Maret dan terendah adalah pada bulan April dengan 0.9%. Dari keseluruhan data didapatkan rata – rata pada BMKG 57,5% pada pengaruh angin terhadap arus yang berarti arah arusnya lebih mengarah ke kanan dari arah angin sebenarnya, sedangkan untuk *ECMWF* dan *OSCAR*, hanya sekitar 44.9% lebih ke kanan dari arah angin sebenarnya. Untuk pengaruh angin terhadap kecepatan arus dari data BMKG 6.4% dan data *OSCAR*, *ECMWF* sebesar 3.8%.

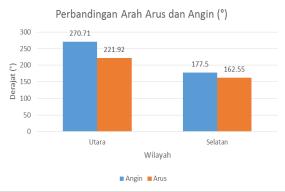
4.5.4 Keseluruhan Data

Berikut merupakan hasil rata – rata dari data keseluruhan wilayah baik pesisir utara dan selatan Jawa Timur.

Tabel 20. Angin dan Arus Keseluruhan

ARUS			ANGIN				
Wilaya	h Utara	Wilayal	n Selatan	Wilaya	h Utara	Wilayal	n Selatan
Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec	Arah	Kec
(°)	(m/s)	(°)	(m/s)	(°)	(m/s)	(°)	(m/s)
221.92	0.21	162.55	0.23	270.71	7.24	177.50	5.31

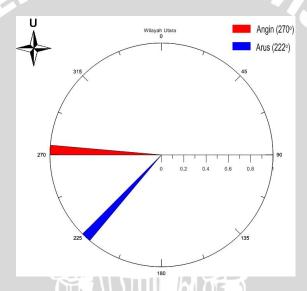




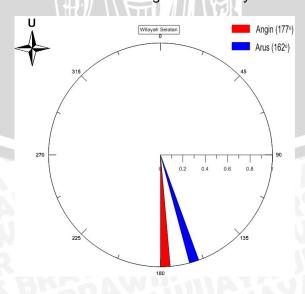
Gambar 53. Grafik Perbandingan Data Angin dan Arus

Dari data di atas dapat dilihat bahwa arah arus pada wilayah pesisir utara Jawa Timur dominan berasal dari arah barat daya dengan kecepatan 0.2m/s dan pada wilayah pesisir selatan Jawa Timur dominan dari arah selatan dengan kecepatan rata rata 0.23 m/s. Kemudian untuk angin pada wilayah pesisir utara Jawa Timur angin berasal dari wilayah barat dengan kecepatan 7.24 m/s dan pada wilayah pesisir selatan Jawa Timur angin berasal dari Barat Daya dengan kisaran kecepatan 5.31 m/s.

Berikut merupakan perbandingan pergerakan arah arusnya dari perairan wilayah utara dan selatan Jawa Timur.



Gambar 54. Pergerakan Arah Arus dan Angin Pada Wilayah Utara Jawa Timur



Gambar 55.Pergerakan Arah Arus dan Angin Pada Wilayah Selatan Jawa Timur

Berdasarkan perbedaan arah arusnya dimana pada wilayah pesisir utara Jawa Timur angin dengan 270.71° dan arusnya dengan 221.92°. Pada perairan wilayah pesisir selatan Jawa Timur arah angin dengan 177.5° dan arusnya dengan 162.55°. Pengaruh pada wilayah utara adalah sebesar 48.79° dimana arah angin membuat arah arus lebih ke kiri dari arah angin sebenarnya. Pada wilayah pesisir selatan memiliki pengaruh sebesar 14.95° dimana arah angin juga membuat arah arus lebih ke kiri dari arah angin sebenarnya.

Berikut besar penyimpanganya.

Tabel 21. Penyimpangan Arah Angin Dengan Arus

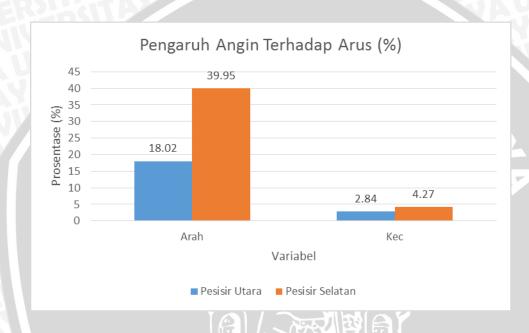
Wilayah	Pengaruh Arah (°)		
Wilayah Utara	48.79		
Wilayah Selatan	14.95		

Dan berdasarkan pernyataan dari (Supangat, 2003) bahwa Gaya Coriolis mempengaruhi aliran massa air, dimana gaya ini akan membelokan arah angin dari arah yang lurus. Gaya ini timbul sebagai akibat dari perputaran bumi pada porosnya. Gaya Coriolis ini yang membelokan arus dibagian bumi utara kekanan dan dibagian bumi selatan kearah kiri. Pada saat kecepatan arus berkurang, maka tingkat perubahan arus yang disebabkan gaya Coriolis akan meningkat. Hasilnya akan dihasilkan sedikit pembelokan dari arah arus yang relaif cepat dilapisan permukaan dan arah pembelokanya menjadi lebih besar pada aliran arus yang kecepatanya makin lambat dan mempunyai kedalaman makin bertambah besar. Akibatnya akan timbul suatu aliran arus dimana makin dalam suatu perairan maka arus yang terjadi pada lapisan-lapisan perairan akan dibelokan arahnya. Hubungan ini dikenal sebagai *Spiral Ekman*, Arah arus menyimpang 45° dari arah angin dan sudut penyimpangan.bertambah dengan bertambahnya kedalaman.

Kemudian di bawah merupakan persentase pengaruh angin terhadap pembentukan arah dan kecepatan arus permukaan.

Tabel 22. Persentase Keseluruhan

Persentase (%)						
Wilayah	Utara	Wilayah Selatan				
Arah	Kec	Arah	Kec			
18.02	2.84	39.95	4.27			



Gambar 56. Grafik Prosentase Pengaruh Angin Terhadap Arus

Dapat dilihat bahwa persentase keseluruhan pada wilayah utara angin berperan dalam membentuk arah arus 18% (kesamaanya) dan penyimpanganya sebesar 48.79° ke arah kiri dari arah angin dan kecepatan arus sebesar 2.84% dari kecepatan angin. Kemudian untuk wilayah selatan arah angin membentuk arah arus sebesar 39.95% (kesamaanya) dan penyimpanganya sebesar 14.95° lebih ke arah kiri dari arah angin yang bertiup dan untuk kecepatan pada wilayah selatan sebesar 4.27%. Hal ini berbeda dengan pernyataan Bernawis yaitu 2% dikarenakan perbedaan wilayah dan situasi atau kondisi Oseanografi yang sudah jauh berbeda dengan waktu pengambilan data oleh Bernawis pada tahun 1998 – 1999. Penyimpangan arahnya pun hanya pada wilayah utara yang medekati

dimana arah arus seharusnya menyimpang sebesar 45° dari arah angin. Hal ini dikarenakan adanya *Spiral Ekman* dimana semakin cepat pergerakan arus maka semakin kecil penyimpanganya begitu pula sebaliknya dimana semakin lambat gerakan arus maka semakin besar penyimpanganya.



5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1. Perberdaan pola angin di perairan pesisir utara dan selatan Jawa Timur didapatkan dari data yang di download oleh *ECMWF* dan BMKG serta pengukuran lapang dan didapatkan hasil bahwa perairan pesisir utara Jawa Timur angin dominan berasal dari barat dengan kecepatan sebesar 7.24 m/s sedangkan untuk wilayah pesisir selatan Jawa Timur angin dominan berasal dari arah selatan dengan kisaran kecepatan 5.31 m/s.
- 2. Perbedaan pola arus di wilayah pesisir utara dan selatan Jawa Timur didapatkan dari data yang di download dari *OSCAR*, BMKG dan pengambilan data lapang secara insitu sehingga didapatkan hasil pada perairan pesisir utara Jawa Timur arah arus berasal dari arah barat daya dengan kisaran kecepatan 0.21 m/s. Sedangkan untuk wilayah pesisir selatan Jawa Timur arah arus berasal dari selatan dengan kecepatan 0.23 m/s.
- 3. Pengaruh angin terhadap pembentukan arah dan kecepatan arus didapatkan dengan hasil arah angin membentuk arah arus sebesar 18.02% (kesamaanya) dan penyimpanganya sebesar 48.79° untuk wilayah pesisir utara Jawa Timur dan 39.95% (kesamaanya) dan penyimpanganya sebesar 14.95° untuk wilayah pesisir selatan Jawa Timur. Keduanya dominan bahwa arah arus berada di sebelah kiri dari arah angin. Sedangkan untuk kecepatan angin dalam membentuk kecepatan arus pada wilayah pesisir utara Jawa Timur didapatkan hasil sebesar 2.94% dan pada wilayah selatan 4.27%.

5.2 Saran

Perlu diadakanya penelitian lebih lanjut untuk mengamati bagaimana perkembangan pengaruh angin terhadap pembentukan arah dan kecepatan arus

pada wilayah lain dikarenakan perbedaan pengaruh dari setiap wilayah dikarenakan letak geografis, iklim dan topografi yang berbeda. Dan semoga untuk kedepanya alat bisa selalu tersedia guna kelancaran penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Ackerman, Steve. 1995. Sea Land and Breezes. University of Wisconsin.
- Bernawis, Lamonal. 2000. Temperature and Pressure Responses on El-Nino(1997) and La-Nina(1998) in Lombok Strait. Proc. The JSPS-DGHE International Symposium on Fisheries Science in Tropical Area.
- BMKG, 2015. http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Informasi_lklim/Prakiraan_ lklim/ Prakiraan_Musim.bmkg. Diakses tanggal 15 Agustus 2015, Pukul 16.15 WIB.
- Hanin, Wildan, 2008, Perancangan Turbin Angin sebagai Bagian Dari Sistem Pembangkit Listrik Di Kapal, sistem Perkapalan-FTK-ITS: Surabaya
- Hutabarat, Sahala dan Evans, Steward M. 2008. Jakarta : Pengantar Oseanografi. Universitas Indonesia Press.
- Instrumat, 2015. https://www.instrumart.com/products/37335/general-tools-fw450 -flow-watch-flow-meter. Di akses pada Minggu, 24 Januari 2016. Pukul 9.34 AM.
- Irawan, B. 2006. Fenomena Anomali Iklim El Niño dan La Niña: Kecenderungan Jangka Panjang dan Pengaruhnya Terhadap Produksi Pangan. Forum Penelitian Agro Ekonomi, Volume 24 No. 1, Juli. Hal 28-45.
- NOAA, 2016. http://oceanservice. noaa.gov/education/kits/currents/05currents4.html. Diakses pada 3 Maret 2016. Pukul 02.00 PM.
- OSCAR, 2015. http://www.oscar.noaa.gov/. Di akses pada 17 Desember 2015. Pukul 08.17 PM.
- Parkinson, B.W. (1996), Global Positioning System: Theory and Applications, chap. 1: Introduction and Heritage of NAVSTAR, the Global Positioning System. pp. 3-28, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Washington, D.C.
- Podbury. T, Sheales T.C, Hussain. I dan Fisher.B.S. 1998. Use Of El Nino Climate Forecasts In Austria. Amer. J. Agr. Econ. 80 (5).
- Pond, S dan G.L Pickard. 1983. Introductory dynamical Oceanography. Second edition. Pergamon Press. New York.
- Sarachik, E.S dan M.A. Cane. 2010. The El-Nino Southern Oscillation Phenomenon. Cambridge University Press. USA.
- Supangat, A. dan Susanna. 2003. Pengantar Oseanografi. Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Non-Hayati. Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta.
- Surakhmad, W. 1985. Pengantar Penelitian Ilmiah Dasar Metode Teknik.Tarsito. Bandung.

Wyrtki, K., 1961. PShysical Oceanography of the Southeast Asean.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Lokasi Penelitan

1. Pantai Sumberwaru, Situbondo



2. Pantai Paciran, Lamongan



3. Pantai Sendang Biru, Malang Selatan



4. Pantai Pancer, Banyuwangi



Lampiran 2. Instumentasi Penelitian

1. Current Meter





2. GPS



3. Kompas



Lampiran 3. Proses Pengambilan Data



