ANALISIS POLA PERGERAKAN ARUS DI KAWASAN BANGUNAN PELABUHAN TELUK LAMONG, SURABAYA, JAWA TIMUR

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN

Oleh:

M. AFFAN FAZUMI

NIM. 105080601111052

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2014

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

ANALISIS POLA PERGERAKAN ARUS DI KAWASAN BANGUNAN PELABUHAN TELUK LAMONG, SURABAYA, JAWA TIMUR

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:

M. AFFAN FAZUMI

NIM. 105080601111052

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2014

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

SKRIPSI

ANALISIS POLA PERGERAKAN ARUS DI KAWASAN BANGUNAN PELABUHAN TELUK LAMONG, SURABAYA, JAWA TIMUR

Oleh :

MOHAMMAD AFFAN FAZUMI

105080601111052

Menyetujui,

Dosen Penguji I	**Dosen Pembimbing I**
(Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D) **NIP. 19680901 199403 2 001** **Tanggal:**	**(Dr. H. Rudianto, MA)** **NIP. 19570715 198603 1 024** **Tanggal:**
Dosen Penguji II	**Dosen Pembimbing II**
(M. Arif Zainul Fuad, S.Kel, M.Sc) **NIK. 19801005 200501 1 002** **Tanggal:**	**(Nurin Hidayati, ST, M.Sc)** **NIK. 19781102 200501 2 002** **Tanggal:**

Mengetahui,
Ketua Jurusan

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

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Mohammad Affan Fazumi

NIM : 105080601111052

Prodi : Ilmu Kelautan

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tulisan pembuatan Laporan skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat tulisan, pendapat atau bentuk lain yang telah diterbitkan oleh orang lain kecuali tertulis dalam laporan ini di Daftar Pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan Skripsi ini hasil jiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Negara Republik Indonesia.

Malang, 2 Mei 2014

Penulis

Mohammad Affan Fazumi

NIM.105080601111052

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

UCAPAN TERIMAKASIH

Atas terselesaikannya laporan Skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. H. Rudianto MA. dan Nurin Hidayati, ST, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing atas segala petunjuk dan bimbingan mulai penyusunan proposal Skripsi sampai dengan selesainya laporan Skripsi.
2. Kedua orang tua saya, terima kasih atas doa dan dukungannya selama ini.
3. Faiz Yaniar Puspita, Dian Afrianto yang telah banyak membantu serta memberi motivasi dan semangat dalam pelaksanaan Praktek Kerja Lapang.
4. Saudara-saudara seperjuangan “De’Blusugan”, “KIDDINK GENK”, dan “RANGER”, terima kasih atas segala doa, dukungan serta bantuan selama pengerjaan skripsi.
5. Teman-teman Ilmu Kelautan, khususnya angkatan 2010 dan umumnya kakak tingkat serta adik tingkat satu visi dan misi.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih belum sempurna.Oleh karena itu, penulis megharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan laporan ini.Namun demikian, penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang berminat dan memerlukannya.

Malang, 30 Januari 2014

Penulis

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

RINGKASAN

MOHAMMAD AFFAN FAZUMI. Analisis Pola Pergerakan Arus di Kawasan Bangunan Pelabuhan Teluk Lamong, Surabaya, Jawa Timur. (di bawah bimbingan Rudianto dan Nurin Hidayati)

Kawasan Teluk Lamong merupakan perairan yang terdapat sebuah bangunan dermaga pelabuhan kapal peti kemas dan bongkar muat serta sebagai daerah tangkapan ikan dan sebagian kawasan di Teluk Lamong merupakan zona konservasi yaitu Pulau Galang. Maka dari itu dengan adanya kegiatan mega proyek tersebut kemungkinan pola arus di kawasan pesisir Surabaya akan mengalami perubahan yang cukup signifikan. Perubahan yang terjadi salah satunya adalah pola pergerakan arus pada tahun 2010 hingga 2014 yang meliputi perubahan arah dan kecepatan arus. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola pergerakan arus di sekitar kawasan bangunan pelabuhan bongkar muat barang dan peti kemas Teluk Lamong, mengetahui *trendline* pola pergerakan arus saat dimulainya pembangunan pelabuhan pada tahun 2010 hingga tahun 2014 serta mengetahui pola pergerakan arus yang dihasilkan oleh citra satelit pada bulan Mei 2014 dengan hasil pengukuran arus di lapang dengan cara perhitungan statistik. Pendekatan analisis menggunakan *software* serta pengukuran lapang merupakan cara yang efisien untuk mengetahui pola pergerakan arus dari data satelit dan lapang pada bulan Mei 2014, serta *trendline* kecepatan arus tahun 2010 hingga 2014 untuk mengetahui pola pergerakan arus di sekitar wilayah bangunan pelabuhan Teluk Lamong.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif yakni metode mendeskripsikan gejala atau fenomena tertentu menggunakan hasil pengolahan data. *Software Surfer* digunakan untuk mengolah data arus yang dihasilkan oleh citra satelit secara *time series* tahun 2010-2014. Pada pengukuran arus di lapang menggunakan alat current meter sebagai pengukur kecepatan arus serta media botol yang sudah dilakukan validasi menggunakan kompas untuk mengetahui arah arus. Setelah itu dilakukan analisis statistik regresi terhadap kemampuan variabel X (citra satelit) menjelaskan variabel Y (data lapang).

Hasil peta pola pergerakan arus menggunakan *software Surfer* dengan dikelompokkan berdasarkan musim barat dan timur tahun 2010-2014 dominan arah arus dipengaruhi oleh prinsip kerja angin musim barat dan timur. Sedangkan pola kecepatan arus yang dinyatakan dalam bentuk *trendline* menunjukkan adanya pola kecepatan arus yang rendah pada tahun 2010 dan 2011 dengan kecepatan rata-rata 0,025 m/s di musim barat dan 0,028 m/s di musim timur, kemudian pada tahun selanjutnya yakni tahun 2012 hingga 2014 pola kecepatan arus dapat dikatakan mengalami peningkatan yang cukup signifikan dengan kecepatan rata-rata 0,025 m/s hingga 0,36 m/s di musim barat serta 0,028 m/s hingga 0,32 m/s pada musim timur. Hasil perhitungan statistik antara data satelit dengan data *insitu* adalah nilai *Multiple* R = 0,905; R *Square* (R^2) = 0,820; *Standard error* = 0,038. Dimana nilai R adalah 0,905 yang artinya data hasil satelit memiliki hubungan yang sangat baik dengan data di lapang.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka penulis dapat menyajikan laporan Skripsi yang telah dikerjakan dari bulan Mei – Agustus 2014. Laporan Skripsi ini berjudul “Analisis Pola Pergerakan Arus di Kawasan Bangunan Pelabuhan Teluk Lamong, Surabaya, Jawa Timur” yang membahas materi yang terkait dengan faktor pembangkit arus, pola pergerakan arus serta software-software yang digunakan untuk menganalisis pola pergerakan arus.

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

Malang, 17 Agustus 2014

Penulis

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS iv
UCAPAN TERIMAKASIH v
RINGKASAN vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
1. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan 4
1.5 Manfaat 4
1.6 Tempat dan Waktu 5
2. TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Wilayah Penelitian Teluk Lamong 6
2.2 Arus 7
2.2.1 Pengertian Arus 7
2.2.2 Pola Pergerakan Arus di Kawasan Bangunan 8
2.2.3 Jenis Arus 9
2.2.4 Faktor Pembangkit Arus 9
2.3 Angin 11
2.4 Pasang Surut 11
2.5 Batimetri 13
2.6 Penginderaan Jauh 14
2.7 Studi Penelitian Terdahulu 15
3. METODOLOGI PENELITIAN 17
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian 17
3.2 Stasiun Pengambilan Sampel 17
3.3 Alat Penelitian 18
3.4 Metode Penelitian 20
3.5 Skema Kerja Penelitian 21
3.6 Metode Pengolahan Data 23
3.6.1 Pengolahan Data Arus *Surfer* ERDDAP 23
3.6.2 Pengolahan Data Arus *Surfer* OSCAR 25
3.6.3 Data Arus Lapang (*Insitu*) 27
3.6.4 Batimetri 28
3.6.5 Pasang Surut 29
3.7 Analisis Data 30
3.7.1 Analisis Hasil Citra Satelit ERDDAP dan OSCAR 30
3.7.2 Analisis Hasil Lapang 30
3.7.3 Peta Arus Lapang 31
4. HASIL DAN PEMBAHASAN 32
4.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian 32
4.1.1 Keadaan Geografis 33
4.1.2 Keadaan Iklim 34
4.1.3 Kondisi Pasang Surut 35
4.2 Karakteristik Pola Arus Oleh Citra ERDDAP dan OSCAR 35
4.2.1 Musim Barat 36
4.2.1.1 Pola Pergerakan Arus Musim Barat 36

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4.2.1.2 Pola Kecepatan Arus Musim Barat 42
4.2.2 Musim Timur..... 46
4.2.2.1 Pola Pergerakan Arus Musim Timur 46
4.2.2.2 Pola Kecepatan Arus Musim Timur..... 52
4.3 Pola Arus Berdasarkan Pengukuran Lapang 56
4.4 Analisis Pola Pergerakan Arus di Kawasan Bangunan Pelabuhan 59
5. PENUTUP..... 66
5.1 Kesimpulan..... 66
5.2 Saran 66
DAFTAR PUSTAKA..... 67
LAMPIRAN..... 70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tipe pasang surut campuran condong harian tunggal 13
Gambar 2. Peta lokasi penelitian di kawasan Pelabuhan Teluk Lamong..... 17
Gambar 3. Proses pengolahan pola pergerakan arus oleh *software Surfer* 20
Gambar 4. Skema kerja penelitian di lapang (*Insitu*) 21
Gambar 5. Diagram alir skema kerja penelitian data citra satelit 22
Gambar 6. Langkah pengunduhan data arus ERDDAP 25
Gambar 7. Langkah pengunduhan data arus OSCAR..... 27
Gambar 8. Skema kerja pengambilan data arus di lapang..... 28
Gambar 9. Skema pembuatan peta batimetri 29
Gambar 10. Peta kontur dasar perairan kawasan bangunan pelabuhan 34
Gambar 11. Pasang surut di kawasan bangunan pelabuhan (Hasil Penelitian) . 35
Gambar 12. Pola pergerakan arus musim barat tahun 2010..... 37
Gambar 13. Pola pergerakan arus musim barat tahun 2011..... 37
Gambar 14. Pola pergerakan arus musim barat tahun 2012..... 38
Gambar 15. Pola pergerakan arus musim barat tahun 2013..... 39
Gambar 16. Pola pergerakan arus musim barat tahun 2014..... 39
Gambar 17. Pola pergerakan arus pada musim barat 41
Gambar 18. Pola kecepatan arus musim barat tahun 2010-2014..... 43
Gambar 19. Persamaan garis kecepatan arus rata-rata data satelit..... 45
Gambar 20. Pola pergerakan arus musim timur tahun 2010 47
Gambar 21. Pola pergerakan arus musim timur tahun 2011 47
Gambar 22. Pola pergerakan arus musim timur tahun 2012 48
Gambar 23. Pola pergerakan arus musim timur tahun 2013 49
Gambar 24. Pola pergerakan arus musim timur tahun 2014 50
Gambar 25. Pola pergerakan arus pada musim timur 51
Gambar 26. Pola kecepatan arus musim timur tahun 2010-2014 53
Gambar 27. Persamaan garis kecepatan arus rata-rata data satelit..... 55
Gambar 28. Pola pergerakan arus kondisi pasang..... 59
Gambar 29. Pola pergerakan arus kondisi surut..... 60
Gambar 30. Peta arus kuat dan arus lemah di kawasan bangunan pelabuhan.. 62
Gambar 31. *Scatter graph* data kecepatan arus 64
Gambar 32. Residual data citra satelit Oscar Bulan Mei 2014 65

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ringkasan studi penelitian terdahulu 15
Tabel 2. Titik koordinat dan tipe lokasi 18
Tabel 3. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian 18
Tabel 4. Prinsip kerja *software Surfer* 19
Tabel 5. Spesifikasi sumber data server ERDDAP 24
Tabel 6. Spesifikasi sumber data server OSCAR 26
Tabel 7. Interpretasi koefisien korelasi 30
Tabel 8. Kedalaman perairan pada setiap stasiun 33
Tabel 9. Pola kecepatan arus tahun 2010-2014 36
Tabel 10. Hasil pengukuran arus lapang 58
Tabel 11. Hasil kecepatan arus satelit dan lapang 62
Tabel 12. Perhitungan statistik kecepatan arus satelit dan lapang 63

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tahapan pengunduhan data arus ERDDAP 70
Lampiran 2. Proses pengunduhan data arus OSCAR 71
Lampiran 3. Proses pengolahan data Surfer..... 72
Lampiran 4. Foto kegiatan di lapang 73

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kawasan Teluk Lamong merupakan perairan yang terdapat sebuah bangunan dermaga pelabuhan kapal peti kemas dan bongkar muat. Secara geografis, Teluk Lamong terletak di Kawasan Pantai Utara Surabaya (Pantura), tepatnya di empat Kecamatan yaitu Kecamatan Benowo, Kecamatan Asemrowo, Kecamatan Krembangan, Kecamatan Semampir dan Kecamatan Pabean Cantikan, Surabaya, Jawa Timur. Keadaan seperti ini akan menaikkan intensitas aktifitas di laut dan secara langsung memberikan dampak terhadap pergerakan pola arus. Menurut laporan BLH (2012), sebagian besar nelayan tradisional di wilayah Romokalisari dan sekitarnya memanfaatkan perairan Teluk Lamong sebagai daerah tangkapan ikan dan sebagian kawasan di Teluk Lamong merupakan zona konservasi yaitu Pulau Galang. Selanjutnya Pujiraharjo *et al* (2013) menambahkan, bangunan pantai di Teluk Lamong dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kawasan pesisir utara Surabaya, zona tangkapan dan wilayah konservasi.

Arus merupakan pergerakan massa air laut dalam skala luas yang terjadi secara vertikal dan horisontal sampai massa air mengalami kesetimbangan. Nontji (2007) menjelaskan, arus merupakan mengalirnya suatu massa air yang dapat disebabkan oleh kondisi angin ataupun dapat disebabkan oleh gerakan bergelombang panjang. Kegiatan pembangunan struktur bangunan di Teluk Lamong akan memberikan efek terhadap perubahan pola arus yang dilihat dari arah dan kecepatannya. Arus di kawasan pantai dominan dihasilkan oleh kondisi angin dan pasut. Menurut Mustain (2009), umumnya arus di daerah pantai disebabkan oleh kondisi pasang surut dan angin.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Interaksi atmosfer seperti halnya kondisi angin sangat menentukan kondisi arus permukaan pada suatu tempat, kondisi angin selalu berganti sebanding dengan adanya peralihan musim. Di indonesia terdapat dua musim, yaitu Musim barat dan Musim timur. Mengetahui perbedaan pola angin kedua musim tersebut diharapkan dapat memberi sebuah perbandingan dan kesimpulan terhadap keadaan pergerakan arus. Menurut Elyerviana (2011), peralihan atau bergantinya musim dapat mempengaruhi kondisi angin dan pada akhirnya akan mempengaruhi pola pergerakan arus, pada Musim barat angin dan arus mendorong massa air hangat ke arah selatan Indonesia, ke kawasan Laut Arafuru, sedangkan kekosongan yang terjadi akan digantikan massa air yang relatif dingin dari kawasan Laut Cina Selatan. Akibatnya terjadi peningkatan suhu permukaan laut dari Laut Cina Selatan ke arah Laut Arafura. Pada Musim timur terjadi hal yang sebaliknya.

Arus pasang surut merupakan kondisi arus yang terjadi karena disebabkan oleh faktor pasang surut di suatu wilayah. Menurut Mustain *et al* (2009), peristiwa pasang surut suatu perairan laut dapat menghasilkan suatu arus pasang surut, arus pasang surut memiliki arti arus yang timbul akibat adanya peristiwa pasang surut. Pergerakan air dalam kondisi pasang dapat membentuk arus-arus pasang. Tetapi meskipun arus ini timbul akibat peristiwa pasang, arah dan kecepatannya tidak sepenuhnya tergantung oleh keadaan pasang itu sendiri, faktor lain yang mempengaruhi adalah kedalaman perairan serta kedekatan terhadap garis pantai.

Data kecepatan arus dapat diperoleh melalui keunggulan teknologi seperti data pencitraan satelit, adapun beberapa instansi pemerintah seperti Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yang menyediakan data seperti arus. Data yang didapatkan dari citra satelit ERDDAP dan OSCAR yang

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

kemudian menghasilkan penggambaran pola arus menggunakan aplikasi *Surfer* 10. Hasil tampilan data akan memberikan suatu pola arus di kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong, pemantauan kondisi oseanografi akibat dampak pembangunan sangat penting karena dapat mempengaruhi kesuburan suatu perairan.

Kajian mengenai informasi oseanografi menggunakan data arus oleh Surfer dan pola arus di lapang pada kondisi pasang dan surut dapat menjadikan sebuah media pemantauan yang praktis mengenai pola arus yang terjadi serta cenderung selalu berubah tergantung kondisi musim setiap tahunnya serta pengaruh adanya kegiatan manusia yakni pembangunan struktur bangunan pelabuhan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah diperlukannya informasi pola pergerakan arus terutama di wilayah Utara Surabaya yaitu di kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong. Permasalahan penelitian ini meliputi :

1. Bagaimana pola pergerakan arus di sekitar kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong
2. Bagaimana pola pergerakan arus jika dilihat secara *trendline* pada saat dimulainya pembangunan infrastruktur pelabuhan pada tahun 2010 hingga tahun 2014
3. Membandingkan hasil pola pergerakan arus yang dihasilkan oleh citra satelit pada bulan Mei 2014 dengan hasil pengukuran lapang menggunakan validasi data perhitungan statistik.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini penulis membatasi permasalahan yang akan dibahas, batasan masalah penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini hanya mengkaji sirkulasi pola arus dalam skala regional di sekitar kawasan bangunan pelabuhan perairan Teluk Lamong, Surabaya, Jawa Timur.
2. Hasil dan pembahasan pada penelitian ini berdasarkan pola pergerakan arus oleh citra satelit ERDDAP pada tahun 2010-2012 dan OSCAR pada tahun 2013-2014.
3. Pengukuran arus saat di lapang menggunakan data arus pada saat pasang dan arus pada saat surut pada bulan Mei 2014.

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pola pergerakan arus di sekitar kawasan bangunan pelabuhan bongkar muat barang dan peti kemas Teluk Lamong sehingga mendapatkan peta arus kuat dan lemah.
2. Mengetahui *trendline* pola pergerakan arus saat dimulainya pembangunan pelabuhan pada tahun 2010 hingga tahun 2014
3. Mengetahui pola pergerakan arus yang dihasilkan oleh citra satelit pada bulan Mei 2014 dengan hasil pengukuran arus di lapang dengan cara perhitungan statistik.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memperoleh pengetahuan mengenai pengolahan pola arus menggunakan *software Surfer* yang merupakan hasil *download* citra satelit ERDDAP dan OSCAR, hasil dari penelitian ini dapat dijadikan salah satu acuan informasi data guna penelitian

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

selanjutnya serta akan memberikan gambaran pola pergerakan arus di sekitar bangunan pelabuhan Teluk Lamong yang nantinya dapat dijadikan dalam membuat sebuah kebijakan dalam melakukan manajemen dermaga.

1.6 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di daerah Pantai Utara Surabaya (Pantura) tepatnya di sekitar kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2014. Pada penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan hingga akhirnya dapat menyelesaikan laporan.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Wilayah Penelitian Teluk Lamong

Wilayah Teluk Lamong termasuk dalam kawasan Pantai Utara Surabaya (Pantura), wilayah perairan Teluk Lamong memiliki beberapa muara sungai, antara lain Sungai Lamong, Sungai Kalianak, Sungai Greges, Sungai Manukan, Sungai Branjangan dan Sungai Sememi. Kedalaman perairan Teluk Lamong berkisar 0,2 meter hingga 2 meter, dan kedalaman alur pelayaran mencapai 12 meter. Potensi yang dimiliki kawasan Teluk Lamong yakni sebagai saluran pembuangan melalui sungai-sungai yang bermuara di wilayah tersebut, adanya kawasan hutan mangrove, meskipun hanya 10% luas laut, tetapi dapat menampung 90% biota laut, fungsi ekologis mangrove salah satunya sebagai *retention zone* (tempat pemberhentian air dari darat sebelum masuk ke wilayah laut), perairan Teluk Lamong memiliki pantai yang landai sehingga penetrasi matahri langsung ke dasar dan menjadikan pantai subur serta ideal sebagai kawasan budidaya. Pemanfaatan Teluk Lamong saat ini adalah sebagai zona penangkapan masyarakat nelayan Romokalisari, Gresik dan wilayah lainnya serta sebagai kawasan konservasi (Pemerintah Kota Surabaya, 2007).

Menurut Laporan Profil Keanekaragaman Hayati Kota Surabaya (2012), Pantai Utara Surabaya (Pantura) mempunyai garis pantai ± 9 km dan luas kawasan ± 1.000 ha. Sebagian besar di kawasan darat dimanfaatkan untuk kegiatan industri dan pergudangan, pertanian ladang garam, pemukiman, militer dan pelabuhan. Sedangkan di daerah perairannya dimanfaatkan intuk aktifitas alur pelayaran, utilitas kabel dan pipa interkoneksi. Keadaan lingkungan Teluk Lamong adalah sebagai berikut :

1. Teluk Lamong memiliki Muara Sungai Lamong yang merupakan anak Sungai Bengawan Solo

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

2. Teluk Lamong terdapat urugan di wilayah pesisirnya guna pemasangan paku bumi untuk pancangan kapal di daerah dekat Pulau Galang oleh PELINDO.
3. Pada kawasan pesisir Teluk Lamong terdapat urugan untuk rumah susun yang akan dibangun di dekat Tempat Pelelangan Ikan (TPI).

Menurut Pujiraharjo *et al* (2013), pengembangan pelabuhan peti kemas yang dilakukan oleh PELINDO di kawasan perairan Teluk Lamong karena dampak pesatnya perkembangan perekonomian Indonesia khususnya Provinsi Jawa Timur, sehingga kapasitas bongkar muat yang ada saat ini (Pelabuhan Tanjung Perak) tidak mencukupi (*over*). Oleh karena itu dilakukan perencanaan pengembangan fasilitas bongkar muat dan terminal peti kemas melalui pembangunan pelabuhan di wilayah Teluk Lamong. Selain PT. Pelindo, beberapa investor juga mengajukan perijinan melakukan pembangunan di wilayah tersebut, diantaranya PT. Pelindo II untuk pelabuhan bongkar muat dan terminal peti kemas, PT. Sarana Mitra Global Niaga untuk keperluan terminal multi guna dan depo *container*, serta PT. Indosarana Niaga Perkasa untuk keperluan pembangunan *water front city*. Hal tersebut diperkirakan berpotensi pada pola pergerakan arus di perairan Teluk Lamong.

2.2 Arus

2.2.1 Pengertian Arus

Arus merupakan pergerakan massa air laut dalam skala luas yang terjadi secara vertikal dan horisontal sampai massa air mengalami kesetimbangan. Menurut Sverdrup dalam Sugianto (2007), arus merupakan gerakan air yang mengakibatkan perpindahan horizontal dan vertikal massa air.

Sedangkan menurut Gross dalam Samsekerta (2012), arus merupakan gerakan horizontal atau vertikal dari massa air menuju kestabilan yang terjadi terus menerus, gerakan yang terjadi merupakan gaya yang bekerja di permukaan, kolom perairan dan dasar perairan.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Menurut Mustain (2009), arus merupakan gerakan air yang mengakibatkan perpindahan horizontal massa air secara luas yang terjadi pada seluruh permukaan lautan di dunia. Sedangkan menurut Nontji dalam Elyerviana (2011), arus merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dapat disebabkan oleh tiupan angin ataupun fenomena oseanografi di laut seperti peristiwa pasang surut.

2.2.2 Pola Pergerakan Arus di Kawasan Bangunan

Pergerakan pola arus di suatu perairan memiliki peran penting dalam menentukan arus pelayaran ataupun kontruksi bangunan pantai, selain dapat memberikan dampak negatif pada bangunan pantai itu sendiri, hal lain yang harus diperhatikan adalah perubahan arah dan kecepatan arus sehingga akan mempengaruhi kesuburuan perairan. Seperti yang dijelaskan Mustain (2009), pola pergerakan arus terjadi secara luas di seluruh permukaan laut di dunia, arus memiliki arti yang penting terhadap alur pelayaran dan menentukan letak bangunan pantai yang baik, karena kondisi arus dapat mengganggu alur pelayaran dan erosi pada bangunan pantai.

Menurut Pujiraharjo *et al* (2013), rencana reklamasi di Teluk Lamong menyebabkan perubahan pola arus yang berakibat pada penurunan kecepatan rata-rata arus secara drastis, hal ini dapat mengakibatkan efek pembendungan di mulut muara sungai yang dapat menimbulkan banjir di bagian kanan-kiri sungai terutama pada saat banjir dan kondisi air laut pasang.

Pola arus di Asia Tenggara sangat dipengaruhi oleh angin, dimana angin musim memiliki perbedaan yang signifikan, yaitu angin Musim barat dan angin Musim timur. Menurut Samsekerta *et al* (2012), di Asia bagian Tenggara sangat terlihat perubahannya antara Musim barat dan Musim timur sehingga pengaruhnya terhadap arus laut akan tinggi. Arus Musim barat terjadi ketika

aliran air dari utara menuju selatan melalui Laut Cina Selatan, Laut Jawa dan Laut Flores, dan Musim timur terjadi sebaliknya yaitu mengalir dari selatan menuju utara.

2.2.3 Jenis Arus

Arus dibedakan menjadi dua macam, yaitu arus permukaan laut dan arus dalam. Arus permukaan laut disebabkan oleh beberapa faktor yang salah satunya disebabkan oleh faktor angin. Energi yang dihasilkan oleh arus tergantung oleh kondisi kedalaman perairan, dimana semakin tinggi kedalaman suatu perairan, maka energi arus yang dipengaruhi angin secara vertikal akan semakin melemah. Menurut Hutabarat dalam Elyerviana (2011), arus di permukaan sebagian besar disebabkan oleh angin yang bergerak di permukaan laut, selain itu faktor lain yang mempengaruhi yaitu topografi dan keadaan geografis.

Menurut Sugianto (2007), keadaan geografis Indonesia dapat mempengaruhi karakteristik arus laut, perairan di Indonesia termasuk dalam perairan tropis, dimana jenis arus permukaan sangat dipengaruhi oleh keadaan musim yang berkembang di Indonesia, sedangkan arus-arus laut di kedalaman laut yang lebih dalam lebih banyak dipengaruhi oleh keadaan pasang dan surut. Hal yang sama diungkapkan oleh Bernawis dalam Samsekerta (2012), menurut jenisnya arus dibedakan menjadi dua, yakni 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.

2.2.4 Faktor Pembangkit Arus

Arus dibedakan berdasarkan jenisnya yakni arus dipermukaan laut dan arus dalam, kedua jenis arus tersebut dibedakan berdasarkan faktor pembangkitnya. menurut Hutabarat dalam Elyerviana (2011), arus permukaan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

laut dipengaruhi oleh adanya gaya gesekan angin yang ada di atasnya, namun faktor pembangkitnya tidak hanya angin, arus permukaan juga dipengaruhi oleh tiga faktor lain yaitu kontur dasar perairan dan letak geografi, sehingga arus yang dihasilkan adalah gabungan dari faktor-faktor tersebut. Sehingga faktor pembangkit arus dalam berbeda dengan arus permukaan. Alfiah (2009) menjelaskan, faktor pembangkit arus permukaan disebabkan oleh adanya angin yang bertiup diatasnya. Kecepatan arus ini akan berkurang sesuai dengan makin bertambahnya kedalaman perairan sampai pada akhirnya angin tidak berpengaruh pada kedalaman 200 meter. Sedangkan arus pasang surut merupakan sirkulasi arus laut akibat keadaan pasang surut, yang diakibatkan adanya perbedaan distribusi tinggi muka laut akibat adanya interaksi bumi, bulan dan matahari. Hal yang sama dijelaskan dalam Sugianto (2007), kondisi arus-arus yang berada dikedalaman laut lebih dominan dipengaruhi oleh keadaan pasang surut.

Berdasarkan penjelasan Mustain (2009), secara umum faktor pembangkit arus selain disebabkan oleh angin, ada beberapa faktor lain, salah satunya pengaruh peristiwa pasang surut. Arah dan kecepatan arus tidak hanya bergantung pada pasang surut, tetapi juga dipengaruhi oleh kedalaman perairan dan jarak terhadap garis pantai. Arus yang disebabkan kondisi pasang penyebab utamanya adalah adanya gaya tarik menarik antara dua gaya yang terjadi di lautan yaitu gaya gravitasi bumi dan gravitasi bulan, selain itu gaya yang berpengaruh signifikan adalah timbulnya gaya sentrifugal, gaya sentrifugal terbentuk karena adanya fenomena revolusi antara bumi dan bulan. Gaya sentrifugal sendiri dapat didefinisikan suatu gaya yang ditarik keluar dari pusat bumi yang besarnya kurang lebih sama dengan gaya yang ditarik ke permukaan bumi.

2.3 Angin

Angin adalah massa udara yang bergerak dari tempat bertekanan tinggi ke tekanan rendah, dan diakibatkan oleh gaya rotasi bumi sehingga akan terjadi perbedaan tekanan udara dari satu tempat ke tempat lain. Menurut Habibie *et al* dalam Bayhaqi (2014), angin adalah udara yang bergerak akibat perbedaan tekanan di bumi, angin akan bergerak dari tekanan tinggi ke rendah.

Indonesia merupakan daerah yang sangat rentan terhadap perubahan kondisi angin, perubahan tersebut akan mempengaruhi pola sirkulasi laut dan kondisi musim pada suatu daerah. Musim di Indonesia terbagi menjadi dua musim yakni musim penghujan dan musim kemarau, dan angin yang mempengaruhinya adalah angin Musim barat dan angin Musim timur. Menurut Nontji dalam Elyerviana (2011), letak geografis Indonesia sangat strategis untuk angin musim yakni diantara Benua Asia dan Benua Australia, dimana terjadi dua periode yang berbeda sebanding dengan kondisi angin yang berbeda pula terutama arah angin.

Menurut penelitian Sugianto *et al* (2007), letak gografis Indonesia mendukung karakteristik angin pada daerah tropis berkembang, angin Musim barat bertiup dari kawasan Samudera Hindia bagian barat ke arah timur, sehingga arus laut secara umum mengalir dari barat ke timur. Sedangkan Musim timur terjadi sebaliknya, angin bertiup dari timur ke arah barat. Angin Musim barat di Indonesia terjadi antara bulan November – Maret, sedangkan angin Musim timur terjadi pada bulan Mei – September. Pada musim peralihan terjadi pada bulan April dan Oktober (Susanto *et al*, 2005).

2.4 Pasang Surut

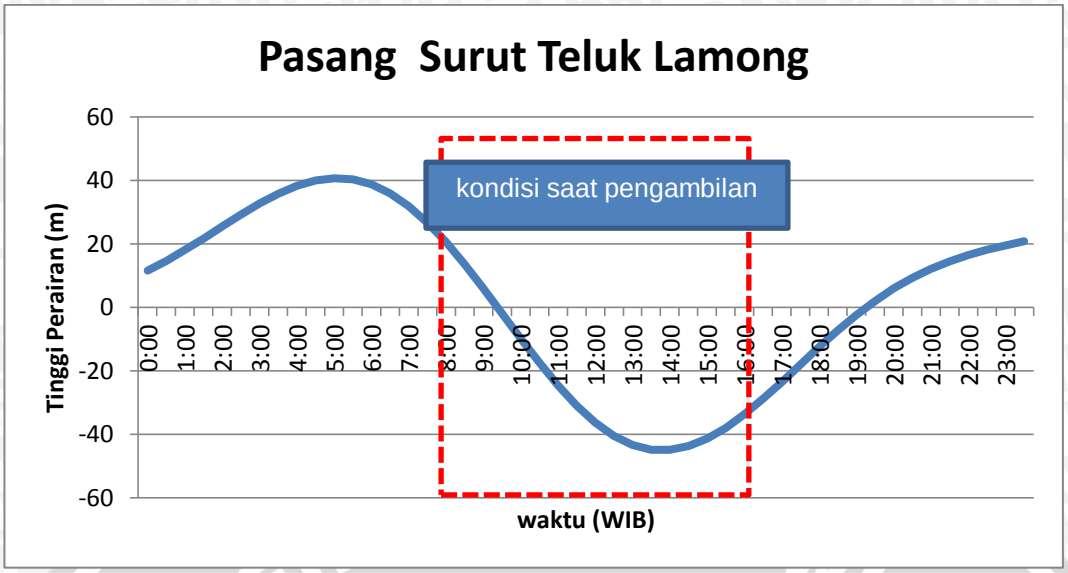
Pasang surut merupakan fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala atau periodik yang disebabkan oleh gaya gravitasi dari

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

benda-benda luar angkasa seperti matahari dan bulan serta pengaruh gaya sentrifugal bumi. Menurut Susantoro dalam Atmodjo (2000), pasang surut dapat diartikan suatu peristiwa fisika laut yang berupa gerak naik turunnya permukaan laut yang diakibatkan oleh gaya tarik bumi terhadap bulan dan matahari, selain itu peristiwa pasang surut pada suatu tempat juga dipengaruhi oleh rotasi bumi beserta posisi geografisnya.

Menurut Dronkers (1964), pasang surut laut adalah suatu fenomena naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang di pengaruhi oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi, terutama matahari, bulan dan bumi. Pasang surut di bumi dibagi menjadi tiga jenis, yaitu pasang surut atmosfer (*atmospheric tide*), pasang surut laut (*oceanic tide*) dan pasang surut bumi padat (*tide of the solid earth*). Jenis pasang surut tersebut dibedakan karena adanya suatu pergerakan yang dinamis oleh benda-benda luar angkasa seperti bintang dan materi lainnya.

Menurut Kahar (2008), menjelaskan bahwa ada empat tipe pasut yang dibedakan berdasarkan perbedaan respon setiap lokasi terhadap gaya pembangkit pasang surut, sehingga terjadi tipe pasut yang berbeda di sepanjang pesisir, tipe pasang surut itu meliputi pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*), pasang surut campuran condong harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) dan pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*).



Gambar 1. Tipe pasang surut campuran condong harian tunggal (Puspita, 2014)

Menurut Puspita (2014), apabila dilihat pada hasil pengolahan data tipe pasang surut di perairan Teluk Lamong adalah campuran condong harian tunggal, artinya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut setiap hari tetapi terkadang dua kali pasang dan dua kali surut dengan perbedaan tinggi dan *interval* yang berbeda. Gambar 1 adalah grafik tipe pasang surut campuran condong harian tunggal.

2.5 Batimetri

Menurut Dianovita (2011), survei batimetri merupakan salah satu kegiatan dari survei hidrografi yang digunakan untuk mendapatkan data kedalaman dan menampilkan topografi dasar laut. Teknik survei batimetri saat ini dapat dilakukan secara menggunakan metode penginderaan jauh, dengan memamnfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik pada panjang gelombang cahaya tampak yang dipantulkan kembali dari bawah permukaan laut.

Pada arus perairan laut, selain pengaruh gaya eksternal (angin) dan peristiwa pasang surut perairan, kondisi topografi dasar perairan sangat mempengaruhi pola arus pada suatu perairan, baik arus permukaan maupun

arus pasang surut. Hal tersebut dapat mempengaruhi arah dan kecepatan arus perairan (Sugianto, 2007). Hal yang sama diungkapkan oleh Mustain (2009), pergerakan arus seperti arah dan kecepatan tidak hanya tergantung pada keadaan pasang surut perairan, tetapi juga pada kedalaman air dan kedekatan garis pantai.

2.6 Penginderaan Jauh

Menurut pendapat Atmanegara dalam Elyerviana (2011), penginderaan jauh didefinisikan sebagai suatu ilmu dan teknologi yang berhubungan dengan objek yang diukur, diidentifikasi atau dianalisis karakteristiknya tanpa kontak langsung dengan objek yang dikaji. Menurut Lillesand dan Kiefer (1990), penginderaan jauh adalah suatu ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah atau gejala dengan menggunakan data yang diperoleh dan dianalisis menggunakan suatu alat tanpa kontak langsung terhadap objek yang dikaji.

Menurut Atmanegara dalam Elyerviana (2011), terdapat empat komponen yang sangat penting dalam sistem penginderaan jauh, yaitu :

1. Sumber energi matahari yang berupa radiasi elektromagnetik
2. Atmosfer sebagai media lintasan radiasi elektromagnetik, karena semua energi tentunya akan melewati atmosfer dengan jarak dan panjang tertentu
3. Sensor, merupakan suatu media yang dapat menhasilkan data citra atau numerik melalui radiasi elektromagnetik yang direkam saat objek menerima dan memancarkan sinyal
4. Objek yaitu suatu fenomena atau parameter yang dideteksi oleh sensor.

Menurut Hasyim (2002), pengaplikasian teknologi penginderaan jauh saat ini merupakan suatu ilmu yang dapat memberikan informasi penting terhadap potensi sumberdaya alam secara akurat dalam bentuk spasial digital dinamis.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Atmanegara dalam Elyerviana (2011), berpendapat bahwa perolehan data melalui citra satelit memiliki keuntungan dalam segi biaya dan waktu serta kombinasi spektral (*band*) yang lebih sesuai diaplikasikan. Sedangkan menurut Donoedoro dalam Atmanegara (2009), kekurangan teknologi penginderaan jauh dari pencitraan satelit adalah sensor satelit yang hanya dapat merekam perairan yang sangat dangkal yakni kedalaman yang kurang dari 30 meter dan kondisi perairannya jernih.

2.7 Studi Penelitian Terdahulu

Penelitian ini berpedoman dengan studi penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian pola pergerakan arus di sekitar muara sungai yang berhadapan langsung dengan laut. Ringkasan studi penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Ringkasan studi penelitian terdahulu

Studi Penelitian	**Alwafi Pujiraharjo**	**Syahrul Purnawan**	**Emiyarti**
Judul	Studi Dampak Rencana Reklamasi Di Teluk Lamong Propinsi Jawa Timur Terhadap Pola Arus Pasang Surut Dan Angkutan Sedimen.	Studi Sebaran Sedimen Berdasarkan Ukuran Butir Di Perairan Kuala Gigieng, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh.	Karakteristik Fisika Kimia Sedimen Dan Hubungannya Dengan Struktur Komunitas Makrozoobentos Di Perairan Teluk Kendari.
Tahun	2013	2012	2004
Landasan Teori	Pengembangan terminal peti kemas dikhawatirkan berdampak negatif terhadap pola arus dan sedimentasi dan menyebabkan	Kuala Gigieng merupakan daerah yang strategi karena diapit oleh tiga desa, berdasarkan informasi dari peta	Teluk Kendari perkembangannya cukup pesat akibat berbagai kegiatan seperti pelabuhan dan perikanan maupun

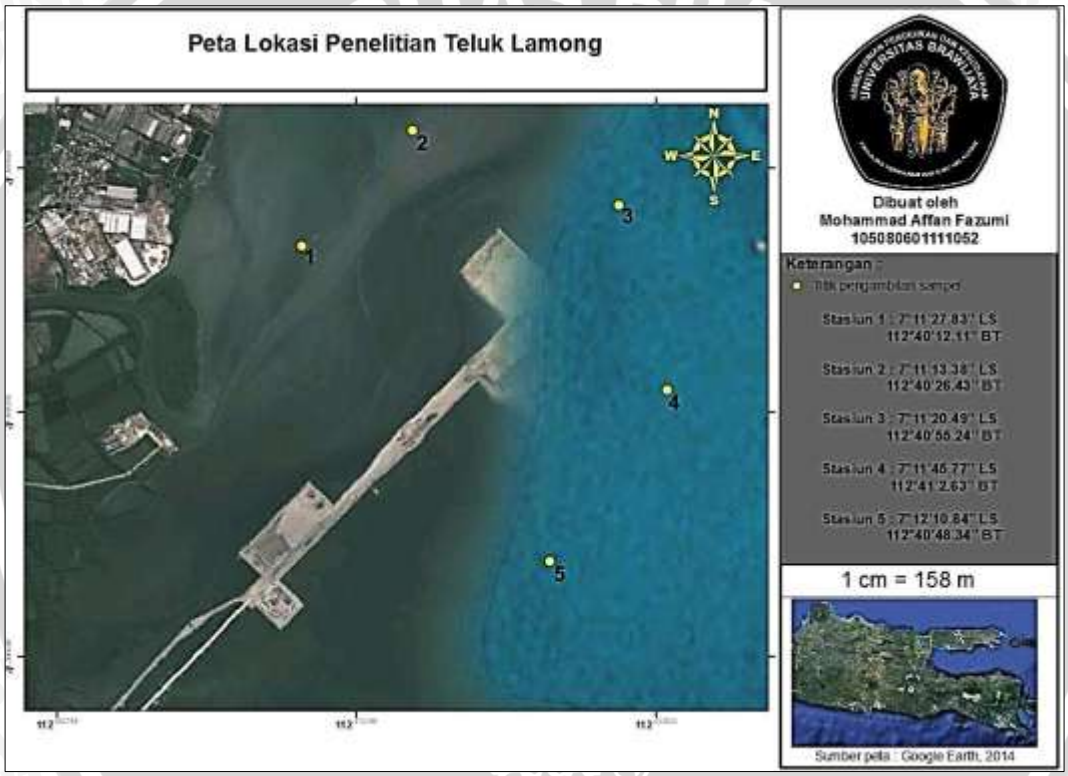
Studi Penelitian	Alwafi Pujiraharjo	Syahrul Purnawan	Emiyarti
	pendangkalan alur pelayaran.	satelit menunjukkan adanya proses penumpukan sedimen yang cenderung berubah dan tidak stabil.	pemukiman, kegiatan tersebut dapat menyebabkan gangguan terhadap kondisi ekologis perairan.
Metode Penelitian	Membuat skenario permodelan sebelum adanya bangunan dan sesudah adanya bangunan pelabuhan.	Dilakukan pengambilan sedimen dan pengukuran arus di kawasan hulu, tengah dan hilir untuk mengetahui kecepatan arusnya dan dilakukan perbandingan terhadap hasil uji butir sedimen.	Karakteristik fisika kimia air dilakukan dengan cara membandingkan dengan baku mutu air laut untuk kehidupan biota laut.
Kesimpulan	Rencana reklamasi menyebabkan perubahan pola arus dan pengendapan sedimen di sekitar muara Sungai Lamong, untuk mengatasinya perlu dilakukan pengerukan dan pelebaran kedalaman air, apabila ingin mengoptimalkan lahan maka perlu dilakukan penataan ulang terhadap rencana reklamasi.	Kecepatan arus mempengaruhi distribusi sebaran sedimen, dimana butiran sedimen yang lebih besar ditemukan di daerah yang memiliki kecepatan arus yang lebih tinggi.	Komunitas makrozoobentos yang dijumpai di perairan teluk kendari memiliki nilai keanekaragaman yang rendah dan spesies yang dominan adalah genus *Cerithidae* sp.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian pola pergerakan arus ini dilakukan di sekitar kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong, Surabaya, Jawa Timur dengan letak koordinat $7^0$11'29.76'' Lintang Selatan dan $112^0$41'42.51'' Bujur Timur. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 25 Mei 2014. Lokasi penelitian Teluk Lamong dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian di kawasan Pelabuhan Teluk Lamong (Google earth, 2014)

3.2 Stasiun Pengambilan Sampel

Pada penelitian ini pengukuran secara lapang (*Insitu*) dilakukan di lima lokasi pengamatan yang ditentukan secara *purposive sampling*, dimana penentuan stasiun penelitian dilakukan pada perbedaan kondisi lingkungan pada setiap stasiun. Pengambilan data berada di sekitar kontruksi bangunan dermaga

Pelabuhan PELINDO III. Titik pengukuran beserta letak koordinatnya dan deskripsi lokasi sampling setiap titik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Titik koordinat dan tipe lokasi

Stasiun	Koordinat	Deskripsi
1	7°11'27.83'' LS dan 112°40'12.11'' BT	Mewakili data Bagian Barat Daya kontruksi dermaga
2	7°11'13.38'' LS dan 112°40'26.43'' BT	Mewakili data Bagian Barat kontruksi dermaga
3	7°11'20.49'' LS dan 112°40'55.24'' BT	Mewakili data Bagian Utara kontruksi dermaga
4	7°11'45.77'' LS dan 112°41'2.63'' BT	Mewakili data Bagian Timur kontruksi dermaga
5	7°12'10.84'' LS dan 112°40'48.34'' BT	Mewakili data Bagian Tenggara kontruksi dermaga

(Sumber data : Google earth, 2014)

3.3 Alat Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara *Insitu* dan *Eksitu*, serta membutuhkan beberapa alat bantu seperti perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) untuk mempermudah dalam melakukan analisis data, selain itu alat yang digunakan pada saat di lapang untuk mengukur arus di keadaan sebenarnya. Alat yang digunakan selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

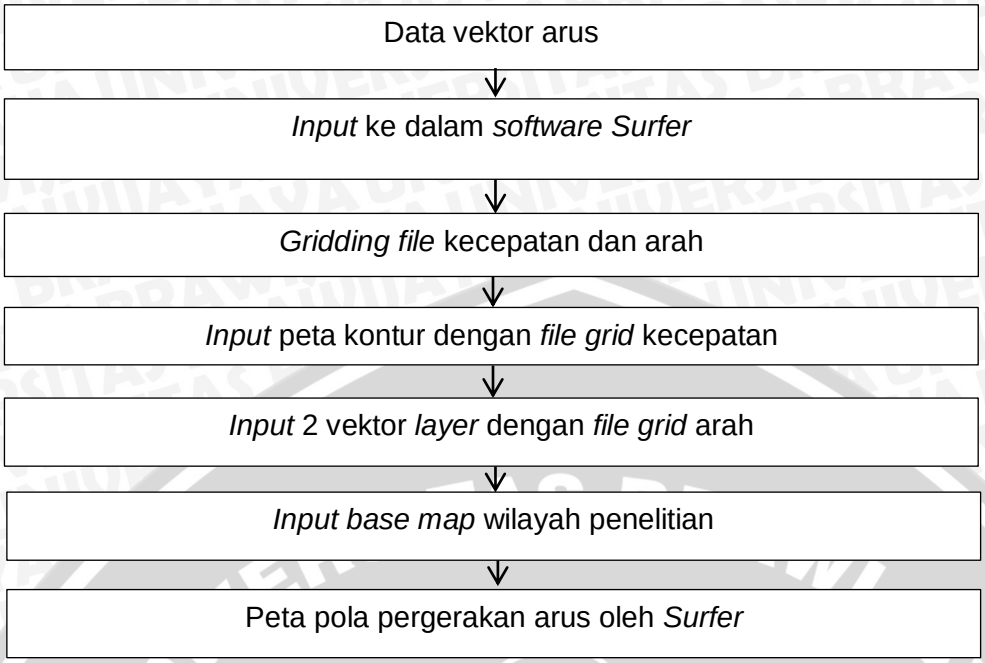
Tabel 3. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

No.	Alat	Kegunaan
Hardware		
1	Laptop Acer *Os. Window 7 Professional* 32-bit	Sebagai alat perangkat keras (*hardware*) yang berfungsi menjalankan aplikasi (*software*)
Software		
2	*MS.Excel*	Untuk mengelolah data arus yang didapatkan dari data citra satelit
3	*Surfer* 10 (32-bit)	Untuk membuat pola pergerakan arus dalam bentuk gambar
4	*Ocean Data View* (ODV)	Membuat plot area data vektor arus OSCAR
5	*Arcgis* 9.3	Untuk pembuatan peta lokasi penelitian
Lapang		
6	*Current meter*	Sebagai alat pengukur arah dan kecepatan arus di kondisi lapang (*Insitu*)

Penelitian ini melalui beberapa tahapan dalam mengelolah data. Data yang sudah diperoleh akan dilakukan pengelolahan menggunakan jenis perangkat lunak (*software*) yakni *software Surfer*. *Software* tersebut memiliki fungsi yaitu dapat menghasilkan pola pergerakan arus di sekitar bangunan pelabuhan Teluk Lamong. Pada *software Surfer* terdapat beberapa tahap pengolahan data dari awal sampai hasil. Pada data Input berupa vektor arus yang dihasilkan oleh citra satelit, metode pembuatan ialah *Grid* melalui jenis *Krigging*, proses kerja *software Surfer* ialah menggunakan data interpolasi dan hasil yang ditampilkan (*output*) merupakan bentuk peta atau gambar pola pergerakan arus. Tahapan selanjutnya adalah pengambilan data secara lapang (*Insitu*), perlakuan sampling dilakukan dengan memasukkan alat *current meter* ke dalam badan perairan dan diamati hasilnya yang terekam pada *display*. Data lapang (*Insitu*) selanjutnya dilakukan perbandingan dengan data yang sudah di ambil dari citra satelit dan dianalisis. Pada tabel 5, dapat dilihat prinsip kerja *software Surfer*. Kemudian pada Gambar 3 merupakan tahapan mekanisme pembuatan peta pola pergerakan arus menggunakan *software Surfer*.

Tabel 4. Prinsip kerja *software Surfer*

No.	**Keterangan**	***Software Surfer***
1	Data Input	Data Vektor Arus
2	Metode *Grid*	*Krigging*
3	*Prosessing*	Data Interpolasi
4	*Output*	Peta atau Gambar



Gambar 3. Proses pengolahan pola pergerakan arus oleh *software Surfer*

3.4 Metode Penelitian

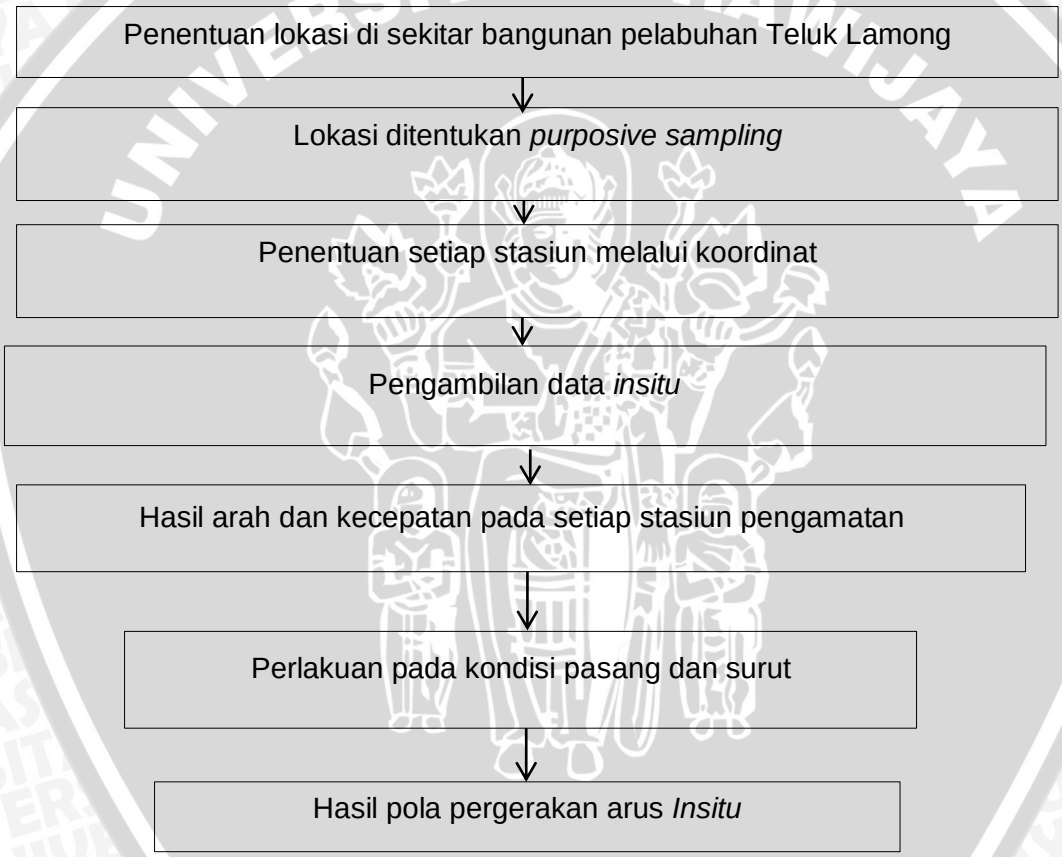
Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif. Metode penelitian deskriptif merupakan metode penelitian yang menjelaskan suatu fenomena atau gejala yang terjadi pada masa sebelum dan masa sekarang dengan menganalisis data-data yang terkait dalam penelitian, serta pada penelitian ini dilakukan pengukuran parameter langsung (*Insitu*), parameter tersebut adalah data arus di lapang menggunakan alat *current meter*.

Hasil dari penelitian ini, adalah sebuah pola pergerakan arus dalam bentuk gambar atau peta yang dapat menjelaskan keadaan arus yang dibedakan berdasarkan musim yakni Musim barat dan Musim timur. Analisis data menggunakan data hasil *download* di server ERDDAP yang telah disediakan oleh satelit NOAA pada tahun 2010-2012 dengan memasukkan koordinat lokasi penelitian yakni di sekitar kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong dan dianalisis menggunakan *software Surfer*. Kemudian pada analisis data hasil *download* di server OSCAR yang telah disediakan oleh NASA pada tahun 2013-2014 dengan memilih *file download* di dalam *data base* server OSCAR, dimana

hasil *download* merupakan hasil pola arus secara global, dalam melakukan plot area penelitian dapat menggunakan *software Ocean Data View* (*ODV*).

3.5 Skema Kerja Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan data utama yaitu data vektor arus dari data hasil citra satelit ERDDAP dan OSCAR, serta menggunakan data hasil pengukuran pola arus di lapang (*Insitu*). Gambar 4 merupakan diagram alir skema kerja penelitian di lapang (*Insitu*), serta skema kerja penelitian ini secara garis besar terdapat pada diagram alir pada Gambar 5.



Gambar 4. Skema kerja penelitian di lapang (*Insitu*)

Gambar 5. Diagram alir skema kerja penelitian data citra satelit

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

3.6 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data merupakan cara dalam mengelolah data sehingga menghasilkan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini. Data tersebut berperan sebagai Inputan sebuah *software* yang digunakan yakni *Surfer* hasil *download* data citra satelit ERDDAP dan OSCAR. Data tersebut diolah melalui beberapa langkah, yakni :

1. Data Vektor Arus *Environmental Research Division's Data Acces Program* (ERDDAP)

   Data vektor arus pada lokasi penelitian di kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong didapatkan dari mengunduh data arus melalui server ERDDAP. Data arus yang diunduh adalah data arus pada tahun 2010-2012. Data vektor tersebut kemudian dimasukkan dalam *MS.Excel* untuk dikelompokkan setiap bulan. Data vektor dan kecepatan arus ini akan menjadi data Input ke dalam *software Surfer*.

2. Data Vektor Arus *Ocean Surface Current Analysis Real-time* (OSCAR)

   Data vektor arus pada lokasi penelitian di kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong ini didapatkan dari data hasil *download* melalui server OSCAR. Data vektor arus kemudian dilakukan *input* ke dalam *software Ocean Data View* (*ODV*) dan dilakukan plot area wilayah penelitian. Kemudian data disortir menggunakan *MS.Excel*. Kemudian data diolah menggunakan *software Surfer* dan dibuat *Grid* untuk pembuatan peta pola pergerakan arus menggunakan *software Surfer*.

3.6.1 Pengolahan Data Arus Dari ERDDAP

Data arus yang digunakan pada penelitian ini adalah data arus yang didapatkan dari data citra satelit dari server data *Environmental Research Division's Data Acces Program* (ERDDAP). Data hasil *download* merupakan data vektor di perairan Teluk Lamong pada tahun 2010-2012. Data yang dihasilkan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

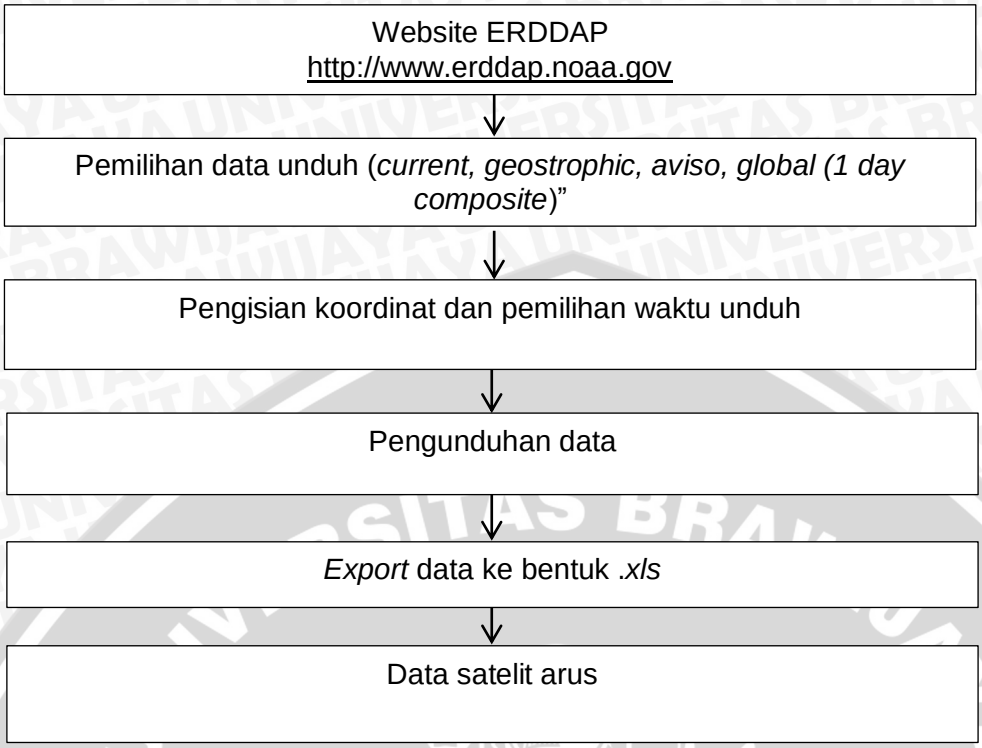
oleh server ERDDAP ini hasil dari 7 satelit observasi. Dengan resolusi data satelit *latitude* $0{,}25^0$ dan *longitude* $0{,}249^0$, dimana dalam 1^0 pada satelit umumnya mencakup luas lokasi hingga 111 km di belahan bumi sekitar garis ekuator. Sedangkan Teluk Lamong mempunyai luasan 15 km^2. Kemudian data level 3 merupakan penjelasan data yang bisa diolah langsung tanpa menggunakan koreksi geometrik. Spesifikasi sumber data vektor arus yang diperoleh dari server data ERDDAP dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Spesifikasi sumber data server ERDDAP

Spesifikasi Sumber Data	Keterangan
Resolusi	Latitude : $0{,}25^0$ Longitude : $0{,}249^0$
Data Level	3
Sensor	Altimeter
Satelit Observasi	TOPEX/Posseidon, ERS-1, ERS-2, Geosat Follow-on, Envisat, Jason-1, Altimeter

(Sumber data : NOAA, 2014)

Data hasil *download* dari server data ERDDAP berupa *file* dengan format *.odvTxt*. Data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *MS.Excel* untuk dilakukan pengelompokkan data berdasarkan bulan serta Musim barat dan Musim timur. Kemudian data dilakukan pemisahan *cell* antara koordinat Y(*Latitude*), X(*Longitude*), vektor U dan vektor V. Kemudian dilakukan pengolahan untuk mendapatkan data kecepatan arus dan arah arus. Perhitungan kecepatan arus dapat diketahui dengan menggunakan rumus V= $\sqrt{u^2 + v^2}$. Data tersebut kemudian dilakukan *export* ke dalam *software Surfer* untuk menghasilkan peta pola pergerakan arus . Langkah pengunduhan *file* ERDDAP dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Langkah pengunduhan data arus ERDDAP

3.6.2 Pengolahan Data Arus Dari OSCAR

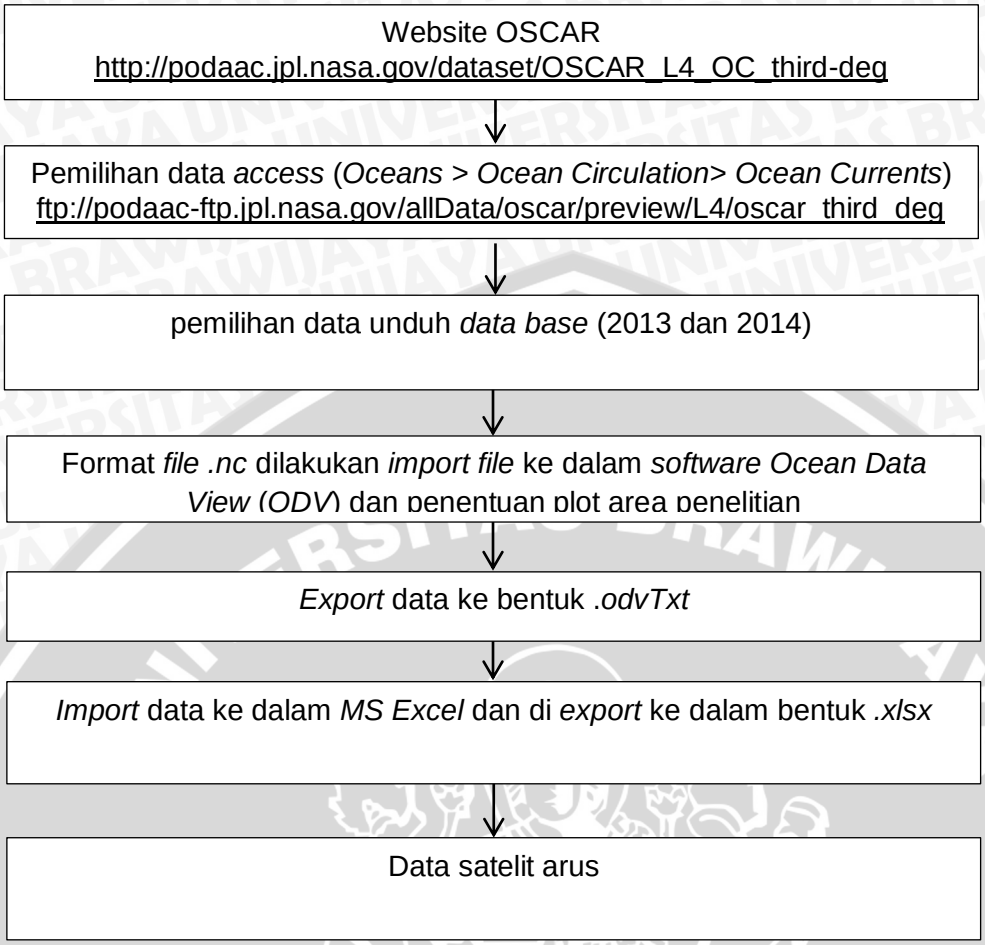
Data arus yang digunakan pada penelitian ini selain dari hasil *download* citra satelit ERDDAP adalah data arus yang didapatkan dari data citra satelit dari server data *Ocean Surface Current Analysis* (OSCAR). Data hasil *download* merupakan data vektor di perairan Teluk Lamong pada tahun 2013-2014. Data yang dihasilkan oleh server OSCAR ini hasil dari 11 *platform* atau sensor observasi. Resolusi data satelit *latitude* $0{,}33^0$ dan *longitude* $0{,}33^0$, dimana dalam 1^0 pada satelit umumnya mencakup luas lokasi hingga 111 km^2. Sedangkan Teluk Lamong mempunyai luasan 15 km^2 di belahan bumi sekitar garis ekuator. Kemudian data level 4 merupakan penjelasan data yang bisa diolah langsung tanpa menggunakan koreksi geometrik. Spesifikasi sumber data vektor arus yang diperoleh dari server data OSCAR dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Spesifikasi sumber data server OSCAR

Spesifikasi Sumber Data	Keterangan
Resolusi	Latitude : 0,33 *degrees* Longitude : 0,33 *degrees*
Data Level	4
Sensor	Altimeter
Temporal Resolution	5 hari
Satelit Observasi	ENVISAT, METOP-A, NOAA, JASON-1, QUIKSCAT, TOPEX, ERS, DMSP, GFO, OSTM, GRACE

(Sumber data : NASA, 2014)

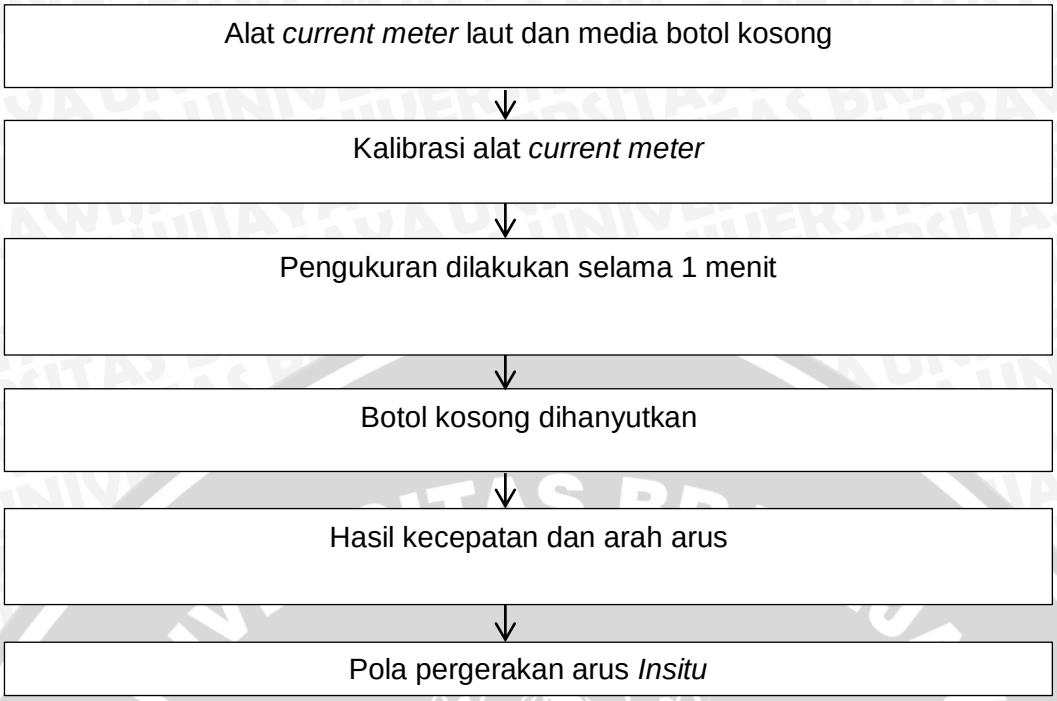
Data hasil *download* dari server data OSCAR berupa *file* dengan format *.nc*. Data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *software* ODV untuk dilakukan penentuan area penelitian dan mendapatkan data berupa output format *.odvTxt*. Kemudian data dilakukan pemisahan *cell* (proses sortir) antara koordinat Y (*Latitude*), X (*Longitude*), vektor U dan vektor V melalui *MS Excel*. Kemudian dilakukan pengolahan untuk mendapatkan data kecepatan arus dan arah arus. Perhitungan kecepatan arus dapat diketahui dengan menggunakan rumus V= $\sqrt{u^2 + v^2}$ dan arah arus didapatkan melalui rata-rata nilai vektor U dan vektor V. Data tersebut kemudian dilakukan *export* ke dalam *software Surfer* untuk dilakukan proses *Grid* dan akan menghasilkan peta pola pergerakan arus di sekitar bangunan pelabuhan Teluk Lamong. Pada umumnya cara pengolahan data vektor arus dari OSCAR prosesnya sama, hanya saja yang membedakan dari kedua citra satelit ini ialah berada pada plot area penelitian, pada server ERDDAP, plot area penelitian langsung ditentukan di *website* atau secara *online*, untuk data citra satelit OSCAR penentuan plot area penelitian dilakukan menggunakan *software Ocean Data View* (*ODV*). Tahapan pengunduhan *file* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Langkah pengunduhan data arus OSCAR

3.6.3 Data Arus Lapang (*Insitu*)

Pengambilan data arus di kondisi lapang dilakukan di sekitar bangunan pelabuhan Teluk Lamong. Data lapang ini berfungsi sebagai data validasi dari penelitian ini yang mengacu terhadap penelitian secara *time series* menggunakan data hasil pengolahan citra satelit. Pengambilan data lapang dibedakan berdasarkan pengelompokkan data pada kondisi saat pasang dan kondisi saat surut. . Langkah pengambilan data arus di lapang dapat dilihat pada diagram alir di Gambar 8.



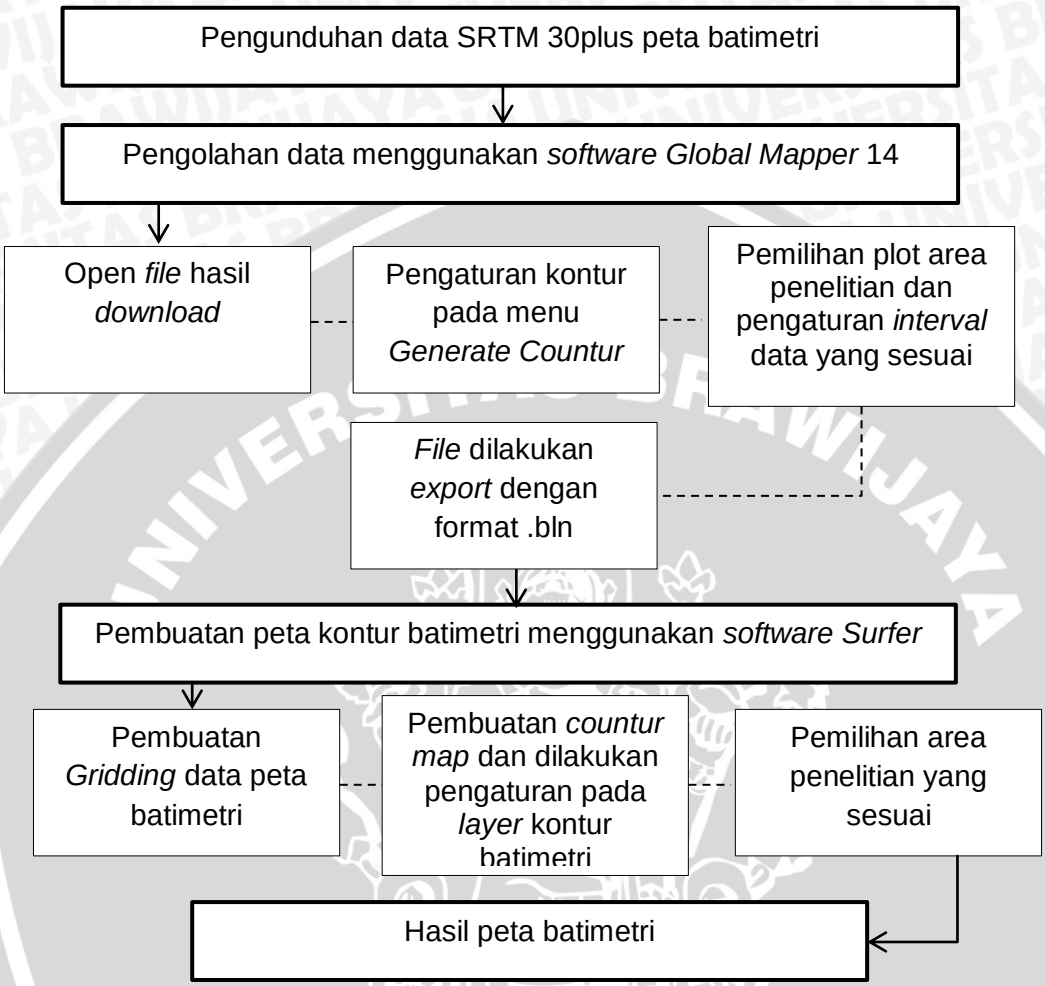
Gambar 8. Skema kerja pengambilan data arus di lapang (*Insitu*)

Alat yang digunakan dalam pengambilan data adalah *current meter* laut dengan metode sensor berupa *propeler*. Hasil yang di catat dalam *display* adalah kecepatan maksimum dan minimum, kemudian dilakukan perhitungan kecepatan rata-rata. Proses pengambilan data arah arus di lapang menggunakan media botol air minum kosong yang diikat dengan tali sepanjang dua meter lalu dihanyutkan di permukaan perairan. Kemudian arah hanyut media di validasi menggunakan kompas dan dicatat hasilnya.

3.6.4 Batimetri

Pada penelitian ini, data batimetri diperoleh dari data SRTM 30plus. Cakupan area yang diambil adalah perairan Teluk Lamong. Akses pengunduhan data dapat diperoleh melalui **ftp://topex.ucsd.edu/pub/srtm30_plus**. Kemudian hasil *download* dilakukan pengolahan melalui *software Global Mapper* 14. Proses pengolahan meliputi pembuatan plot area dan kontur. Serta memasukkan *interval* data pada menu *generate countur*. Kemudian data di *export* dengan

format .bln agar dapat dilakukan proses *Gridding* pada *software Surfer*. Langkah kerja pembuatan peta batimetri dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Skema pembuatan peta batimetri

3.6.5 Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan pada penelitian ini menggunakan software *Naotide*. *Naotide* merupakan data hasil pemodelan. Data yang dihasilkan adalah data ketiggian air permukaan setiap jam dan didapatkan grafik pola pasang surut di daerah penelitian.

3.7 Analisis Data

3.7.1 Analisis Hasil Citra Satelit ERDDAP dan OSCAR

Pada penelitian ini, hasil pengolahan pola pergerakan arus menggunakan *software Surfer*. Pembagian musim yakni meliputi musim barat (November-April) dan musim timur (Mei-Oktober). Pada masing-masing peta arus akan dianalisis pola pergerakannya, meliputi kecepatan arus dan arah arus. Hasil pengolahan dan analisis pada *software Surfer* ini lebih ditekankan pada arus permukaan, karena hasil citra satelit yang terdapat pada server data ERDDAP dan OSCAR memiliki cakupan arus yang hanya terjadi di permukaan laut. Analisis hasil pola pergerakan arus ini akan dibahas secara *time series* yang berkelanjutan mulai dari tahun 2010 hingga tahun 2014, sehingga dapat menghasilkan *trendline* pola kecepatan arus dan pola arah arus pada masing-masing tahun yang dibagi menjadi musim barat dan musim timur. Metode analisis data menggunakan persamaan garis linier dengan acuan nilai r sebagai penentu kekuatan hubungan varabel x dan variabel y. Menurut Ubaidillah *et al* (2010), kekuatan hubungan dua korelasi hubungan dua variabel secara kualitatif dapat dibagi dalam lima area. Pembagian range nilai r dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Interpretasi koefisien korelasi

	Range Nilai	Tingkat Hubungan
***Multiple* R**	0,00 - 0,199	Ada hubungan sangat rendah
	0,20 - 0,399	Ada hubungan rendah
	0,40 - 0,599	Ada hubungan cukup
	0,60 - 0,799	Ada hubungan kuat
	0,80 – 1,00	Ada hubungan sangat kuat

(Sumber data : Ubaidillah, 2010)

3.7.2 Analisis Hasil Data *Insitu*

Pada analisis hasil pengukuran arus secara langsung ini akan dibahas pola pergerakan arus pada saat kondisi pasang dan surut serta menjelaskan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

faktor-faktor yang mempengaruhi pola arus pada kondisi lapang apabila terdapat perbedaan yang signifikan di setiap stasiun penelitian. Kemudian hasil pola pergerakan arus di lapang akan dilakukan validasi terhadap hasil citra satelit pada bulan Mei 2014. Analisis perbandingan antara arus di lapang dan arus hasil citra satelit merupakan perwakilan data secara *real-time* pada saat penelitian berlangsung. Metode analisis yang digunakan merupakan metode persamaan garis linier dalam mencari suatu hubungan pada dua variabel x dan y dengan acuan *range* nilai yang telah diungkapkan oleh Ubaidillah (2011).

3.7.3 Peta Arus Data *Insitu*

Pada pembuatan peta arus lapang menggunakan *software Surfer*, dimana penggunaan kontur pada peta pola pergerakan arus menggunakan *grid* kecepatan yang dihasilkan dari data satelit OSCAR pada bulan Mei 2014. Kemudian dilakukan input base map wilayah penelitian. Sedangkan untuk pola arah yang ditampilkan pada peta merupakan pola arah yang dihasilkan dari pengukuran arus di lapang.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Pelabuhan pergudangan dan peti kemas milik PELINDO III termasuk dalam wilayah Pantai Utara Surabaya (PANTURA). Daerah Pantai Utara Surabaya mempunyai garis pantai ± 9 km dan luas kawasan ± 1.000 ha. Wilayah Pantai Utara Surabaya terdapat 5 kecamatan yakni, Kecamatan Benowo, Kecamatan Asemrowo, Kecamatan Krembangan, Kecamatan Semampir dan Kecamatan Pabean Cantikan (BLH, 2012).

Kawasan pantai Utara Surabaya terdapat Teluk Lamong yang mempunyai peran penting bagi ekosistem di kawasan pesisir Utara Surabaya. Teluk Lamong memiliki kedalaman perairan kisaran 0,2 – 2 m, serta kedalaman alur pelayaran mencapai 12 m. Pemanfaatan perairan ini adalah sebagai wilayah tujuan penangkapan ikan oleh nelayan tradisional sekitar serta sebagai kawasan konservasi. Teluk Lamong memiliki pantai yang landai sehingga penetrasi matahari langsung ke dasar yang menjadikan pantai subur serta ideal sebagai kawasan budidaya (Pemerintah Kota Surabaya, 2012).

Aktifitas pembangunan pelabuhan bongkar muat dan peti kemas di kawasan Utara Surabaya merupakan pengembangan pelabuhan dan alur pelayaran Kapal Besar oleh PELINDO II. Pengembangan tersebut dilakukan guna menanggulangi *overload* yang terjadi pada Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya. Seperti yang diketahui, Kawasan Utara Surabaya daerahnya didominasi oleh industri, terutama industri bongkar muat dan peti kemas.

Aktifitas pembangunan pelabuhan dilakukan dengan cara pengurugan atau yang sering dikenal dengan istilah reklamasi. Kegiatan Pengurugan dilakukan pada lahan mangrove, hal ini dapat menyebabkan suatu ancaman kerusakan ekosistem pesisir yang pada akhirnya dapat menyebabkan banjir. Berdasarkan laporan dokumen Profil Keanekaragaman Hayati Kota Surabaya

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(2012), terdapat luas urugan tanah skitar 6 ha yang telah dijadikan alih fungsi lahan mangrove. Selain itu, aktifitas pengurugan juga dilakukan pemerintah kota Surabaya untuk membangun rumah susun bagi masyarakat nelayan yang terletak di dekat tempat pelelangan ikan (TPI).

4.1.1 Keadaan Geografis

Secara geografis pelabuhan bongkar muat dan peti kemas terdapat di perairan Teluk Lamong Kelurahan Romokalisari, Kecamatan Benowo, Surabaya. Teluk Lamong terletak pada koordinat $7^0$11'29.76'' Lintang Selatan dan $112^0$41'42.51'' Bujur Timur. Daerah ini merupakan kawasan Utara Surabaya. Kawasan Utara Surabaya merupakan daerah aliran muara sungai yang mengalir menuju perairan Teluk Lamong, sehingga akan mengakibatkan kondisi kedalaman perairan yang berbeda-beda.

Hasil pengolahan data batimetri tahun 2014 dari citra satelit TOPEX didapatkan kedalaman pada setiap stasiun pengamatan. Stasiun pengamatan pada penelitian ini terdapat lima stasiun, dimana pada stasiun 1 dan 2 dilakukan di bagian kiri bangunan, stasiun 4 dan 5 dilakukan di bagian kanan bangunan, sedangkan stasiun 3 dilakukan di bagian depan bangunan. Kedalaman setiap stasiun pengamatan dapat dilihat pada Tabel 8.

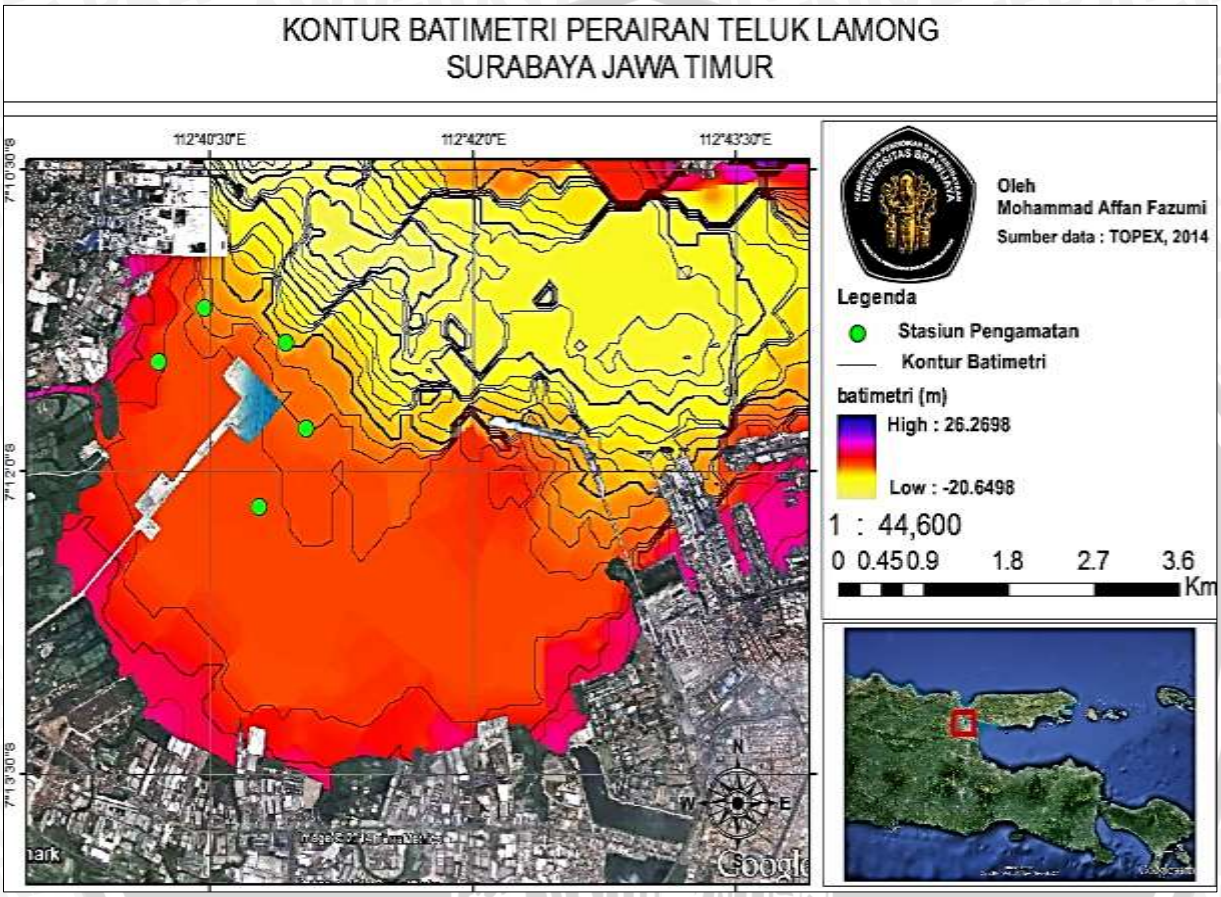
Tabel 8. Kedalaman perairan pada setiap stasiun

Stasiun Pengamatan	Kedalaman Perairan (cm)
1	100
2	292
3	490
4	320
5	200

Kedalaman tertinggi terdapat pada stasiun 3, hal tersebut dikarenakan lokasi pengambilan data dilakukan di bagian depan bangunan pelabuhan yang mendekati laut lepas dan alur pelayaran. Sedangkan kedalaman terendah terdapat pada stasiun 1, hal tersebut dikarenakan lokasi pengambilan data

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

dilakukan di dekat bibir muara Sungai Lamong. Rata-rata kedalaman perairan di bagian kiri bangunan sebesar 196 cm dan di bagian kanan bangunan mencapai 260 cm. Peta kontur dasar perairan di sekitar kawasan bangunan pelabuhan dapat dilihat pada Gambar 10.



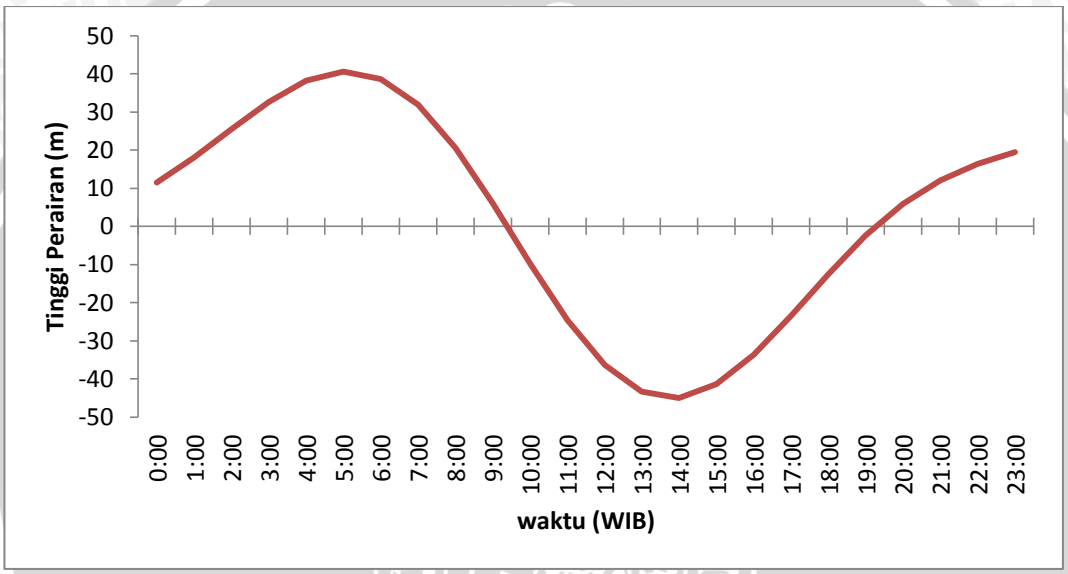
Gambar 10. Peta kontur dasar perairan kawasan bangunan pelabuhan

4.1.2 Keadaan Iklim

Pelabuhan bongkar muat dan peti kemas (PELINDO III) terletak di perairan Teluk Lamong, Surabaya. Daerah Surabaya termasuk dalam iklim tropis dan terbagi menjadi dua musim, yakni musim kemarau dan musim hujan. Menurut laporan Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya (2007), Kota Surabaya memiliki dua musim yang berbeda yaitu musim hujan dan musim kemarau.

4.1.3 Kondisi Pasang Surut

Tipe pasang surut di kawasan pelabuhan bongkar muat dan peti kemas termasuk dalam tipe pasang surut campuran condong harian tunggal, yang berarti dalam satu hari terjadi satu kali kondisi pasang dan satu kali kondisi surut terkadang juga terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda. Grafik kondisi pasang surut di sekitar kawasan bangunan pelabuhan dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Pasang surut di kawasan bangunan pelabuhan (Hasil Penelitian)

4.2 Karakteristik Pola Arus Oleh Citra ERDDAP dan OSCAR

Hasil pengolahan data pola pergerakan arus pada tahun 2010-2012 (data citra ERDDAP) dan pada tahun 2013-2014 (data OSCAR). Analisis dibagi menurut pembagian musim barat (November-April) dan musim timur (Mei-Oktober). Hasil pola kecepatan arus oleh data satelit tahun 2010 hingga 2014 dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Pola kecepatan arus tahun 2010-2014

Tahun	Musim	ERDDAP dan OSCAR		
		Maksimum	Minimum	Rata-rata
2010	Barat	0,03	0,02	0,025
	Timur	0,03	0,025	0,028
2011	Barat	0,03	0,025	0,028
	Timur	0,03	0,025	0,028
2012	Barat	0,172	0,164	0,168
	Timur	0,165	0,16	0,163
2013	Barat	0,37	0,35	0,36
	Timur	0,33	0,3	0,32
2014	Barat	0,29	0,26	0,28
	Timur	0,32	0,29	0,31

(Sumber data : hasil penelitian)

4.2.1 Musim Barat

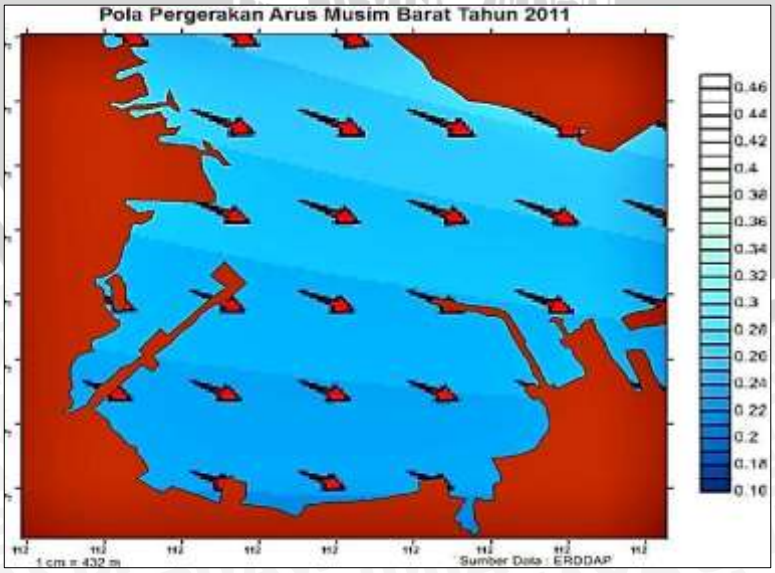
4.2.1.1 Pola Pergerakan Arus Musim Barat

Pola pergerakan arus di kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong pada musim barat tahun 2010 dapat dilihat pada Gambar 12, pola tersebut menunjukkan adanya dominasi pergerakan arah arus yang bergerak dari utara menuju ke arah selatan. Pola kecepatan arus pada musim barat tahun 2010 berkisar antara 0,21 m/s sebagai kecepatan minimum sampai 0,23 m/s sebagai kecepatan maksimum. Pergerakan arus di musim barat tahun 2010 memiliki kecepatan dengan rata-rata 0,22 m/s.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

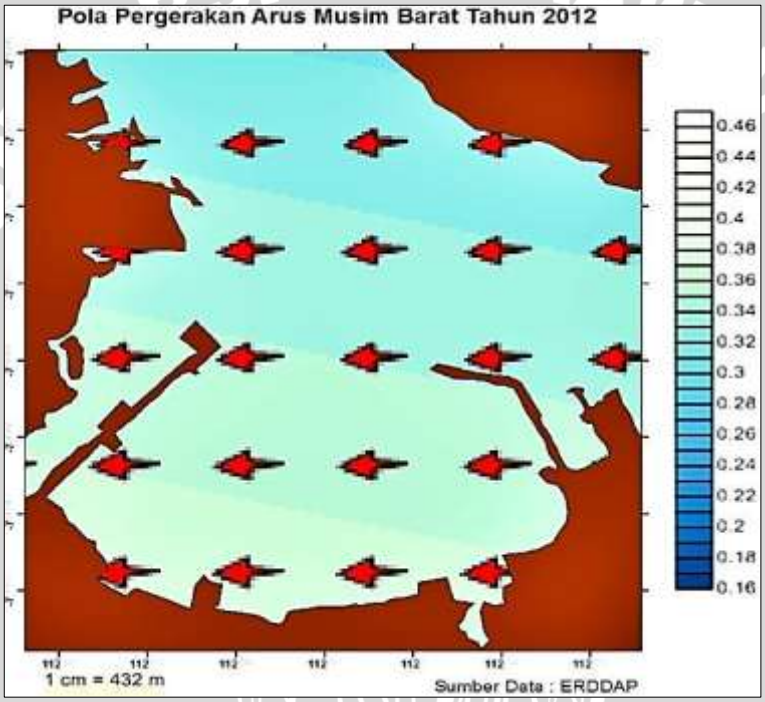
Gambar 12. Pola pergerakan arus musim barat tahun 2010

Pola pergerakan arus di kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong pada musim barat tahun 2011 dapat dilihat pada Gambar 13, pola arus tersebut menunjukkan adanya pergerakan dominan dari barat laut menuju ke arah tenggara Teluk Lamong. Pola kecepatan pada musim barat tahun 2011 berkisar antara 0,21 m/s sebagai kecepatan minimum dan 0,24 m/s sebagai kecepatan maksimum. Pergerakan arus musim barat tahun 2011 memiliki kecepatan rata-rata 0,23 m/s.



Gambar 13. Pola pergerakan arus musim barat tahun 2011

Pola pergerakan arus di kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong pada musim barat tahun 2012 dapat dilihat pada Gambar 14, pola arus tersebut menunjukkan adanya arah arus yang bergerak dominan dari timur yakni mulut Selat Madura bagian timur menuju ke arah barat yakni bangunan pelabuhan Teluk Lamong. Pola kecepatan pada musim barat tahun 2012 berkisar antara 0,31 m/s sebagai kecepatan minimum dan 0,33 m/s sebagai kecepatan maksimum. Pergerakan arus musim barat tahun 2012 memiliki kecepatan rata-rata 0,32 m/s.



Gambar 14. Pola pergerakan arus musim barat tahun 2012

Pola pergerakan arus pada musim barat tahun 2013 Pada Gambar 15, dapat diketahui arah arus yang dominan bergerak dari barat laut menuju ke arah tenggara. Pergerakan arus di musim barat tahun 2013 ini mempunyai *interval* kecepatan antara 0,35 m/s sebagai kecepatan minimum sampai 0,37 m/s sebagai kecepatan maksimum. Pergerakan pola arus pada musim timur tahun 2013 ini bergerak dengan kecepatan rata-rata 0,36 m/s.

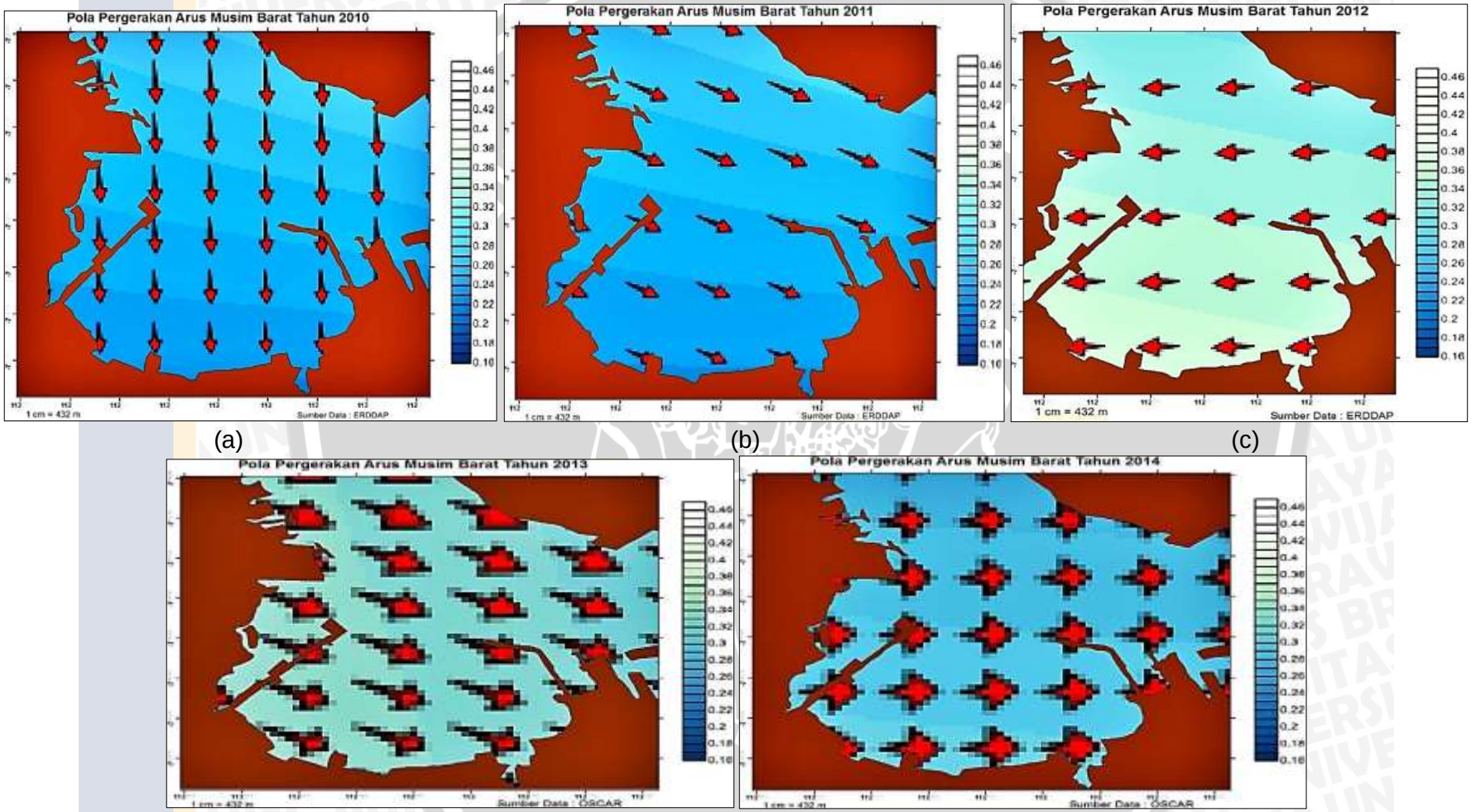
Gambar 15. Pola pergerakan arus musim barat tahun 2013

Pola pergerakan arus di kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong pada musim barat tahun 2014 dapat dilihat pada Gambar 16, arah arus yang bergerak dominan dari timur menuju ke arah barat. Pola kecepatan pada musim barat tahun 2014 berkisar antara 0,26 m/s sebagai kecepatan minimum dan 0,29 m/s sebagai kecepatan maksimum. Pergerakan arus musim barat tahun 2014 memiliki kecepatan rata-rata 0,28 m/s.

Gambar 16. Pola pergerakan arus musim barat tahun 2014

Pada Gambar 17, umumnya pergerakan pola arah arus di suatu perairan tergantung oleh kondisi arah angin setiap musim. Pembahasan pola arah arus pada penelitian ini dibagi menjadi dua musim, yakni musim barat dan musim timur. Apabila dilihat dari prinsip kerja angin musiman yang terdapat di Indonesia, angin musim barat ditandai dengan hembusan angin yang berasal dari arah barat laut yakni Benua Asia menuju ke arah tenggara yakni Benua Australia.

Pada hasil pemetaan pola arah yang dihasilkan oleh data pencitraan satelit menunjukkan dominasi pada musim barat tahun 2010, 2011, 2013 dan tahun 2014 memenuhi prinsip kerja angin berdasarkan angin pada saat kondisi musim barat. Pada kondisi musim barat atau musim penghujan di indonesia, terjadi transport massa air hangat yang berasal dari perairan Laut Cina Selatan dan bergerak menuju Laut Jawa hingga Laut Flores, pergerakan massa air ini dipengaruhi oleh faktor angin musim barat yang kuat. Menurut Samsekerta *et al* (2012), di Asia bagian Tenggara sangat terlihat perubahannya antara Musim barat dan Musim timur sehingga pengaruhnya terhadap arus laut akan tinggi. Arus Musim barat terjadi ketika aliran air dari utara menuju selatan melalui Laut Cina Selatan, Laut Jawa dan Laut Flores.



Gambar 17. Pola pergerakan arus pada musim barat a) 2010 b) 2011 c) 2012 d) 2013 e) 2014

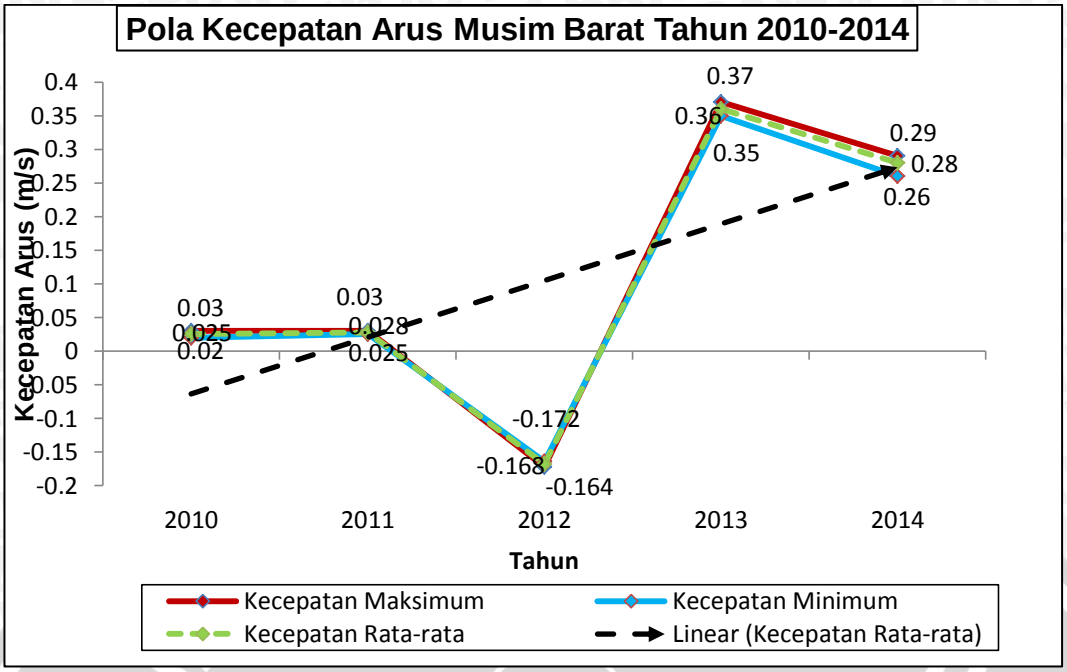
4.2.1.2 Pola Kecepatan Arus Musim Barat

Pada penelitian ini didapatkan hasil pola kecepatan arus di musim barat tahun 2010 sampai 2014 yang dapat dilihat pada Gambar 18. Pembahasan pola kecepatan arus ini akan dikelompokkan menjadi kecepatan arus maksimum, kecepatan arus minimum dan kecepatan arus rata-rata yang terdapat disekitar struktur bangunan pelabuhan. Kecepatan maksimum di musim barat pada tahun 2010 dan 2011 menunjukkan adanya persamaan nilai atau tidak mengalami perubahan yaitu 0,03 m/s, namun pada tahun selanjutnya yakni tahun 2012 mengalami penurunan pada kecepatan arus di sekitar bangunan pelabuhan sebesar 0,172 m/s, kemudian kecepatan meningkat kembali di tahun 2013 sebesar 0,37 m/s, selanjutnya dari tahun 2013 hingga 2014 kecepatan arus maksimum mengalami penurunan hingga 0,29 m/s.

Pada kecepatan arus minimum menunjukkan pola trendline yang sama dengan kecepatan arus maksimum, dimana pada tahun 2010 hingga 2011 kecepatan arus minimum hanya mengalami sedikit kenaikan dari 0,02 m/s sampai 0,025 m/s. Kemudian di tahun 2012 kecepatan arus minimum mengalami penurunan hingga 0,164 m/s, selanjutnya pada tahun 2013 mengalami kenaikan yang cukup signifikan hingga mencapai 0,35 m/s, dan mengalami penurunan kecepatan arus minimum pada tahun 2014 hingga 0,26 m/s.

Kecepatan rata-rata arus di sekitar struktur bangunan pelabuhan pada tahun 2010 dan 2011 mengalami sedikit perbedaan yakni dari 0,025 m/s naik menjadi 0,028 m/s, kemudian terjadi penurunan di tahun 2012 sebesar 0,168 m/s, selanjutnya pada tahun 2013 mengalami kenaikan kecepatan arus rata-rata yang cukup signifikan yakni sebesar 0,36 m/s. Kemudian terjadi penurunan kecepatan arus rata-rata pada tahun 2014 sebesar 0,28 m/s.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Gambar 18. Pola kecepatan arus musim barat tahun 2010-2014

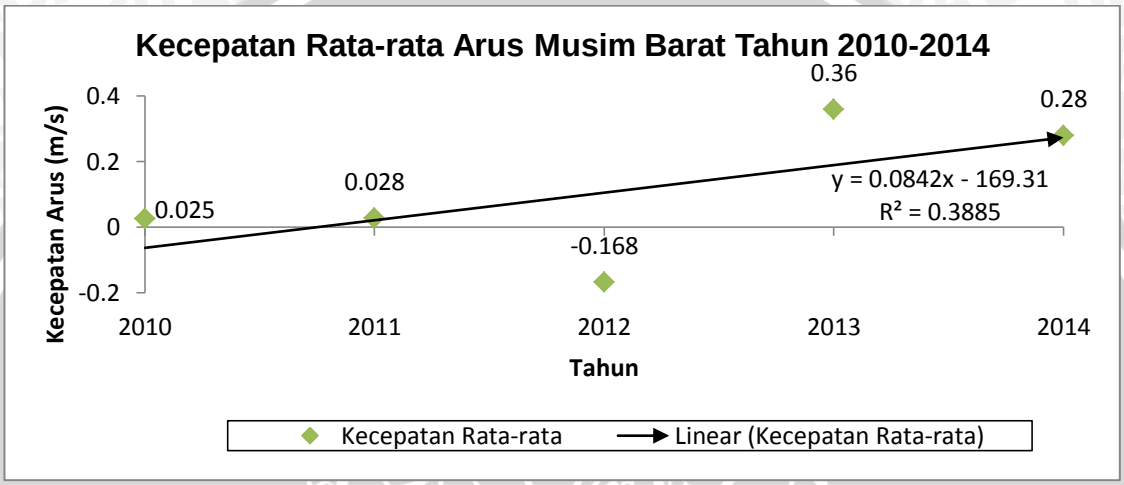
Pada pembahasan pola kecepatan arus, analisis akan ditekankan pada hasil yang ditampilkan oleh kecepatan rata-rata pada musim barat tahun 2010-2014. Pada Gambar 18 menunjukkan *trendline* hubungan pola pergerakan arus di setiap tahun, garis *trendline* tersebut menunjukkan fluktuasi kenaikan dan penurunan di tahun 2010 sampai 2014. Pola kecepatan terendah terjadi di tahun 2010 hingga 2011 dengan nilai 0,025 m/s pada tahun 2010 dan 0,028 m/s di tahun 2011, *range* nilai yang rendah tersebut dikarenakan adanya suatu aktifitas pembangunan struktur pelabuhan milik PELINDO III yang berada di kawasan pantai utara Surabaya. Kemudian kecenderungan pola kecepatan arus mengalami penurunan pada tahun 2012, hal tersebut dikarenakan adanya pola arah arus yang tidak sesuai dengan prinsip kerja angin saat musim barat berlangsung sehingga pada grafik menampilkan data dengan nilai negatif (-). Pada 2013 kecepatan arus mengalami kenaikan dengan nilai kecepatan rata-rata 0,168 m/s pada tahun 2012 hingga 0,360 m/s di tahun 2013, naiknya pola kecepatan tersebut dipengaruhi oleh berkurangnya aktifitas infrastruktur

pembangunan pelabuhan sehingga hambatan bagi pola pergerakan arus lebih berkurang serta stabilnya sirkulasi angin lokal pada tahun 2012 sehingga dampak yang ditimbulkan tidak berpengaruh besar jika dibandingkan dengan *trendline* pola kecepatan arus pada tahun 2010 sampai 2012. Sedangkan pada tahun 2012 hingga 2013 menunjukkan adanya peningkatan garis *trendline*, kemudian pada tahun 2014 kecepatan arus mengalami penurunan dikarenakan data yang tersedia dalam data base OSCAR hingga bulan Juli.

Pada Gambar 19, persamaan garis menunjukkan nilai y = 0,084x – 169,310 didapatkan dari persamaan garis kecepatan rata-rata, dimana persamaan tersebut dapat digunakan sebagai prediksi. Nilai 0,0842 merupakan nilai dari kemiringan garis pada grafik dan nilai 169,310 merupakan nilai konstan dari grafik. Semakin bertambahnya tahun menunjukkan bahwa semakin naiknya nilai kecepatan, dimana hubungan keduanya yaitu berbanding lurus. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya tahun, kontruksi pembangunan infrastruktur pelabuhan menunjukkan pada tahap penyelesaian. Dimana pada Teluk Lamong yang semula tidak ada bangunan menjadi ada bangunan yang menyebabkan perubahan arus karena adanya penghalang berupa bangunan. Menurut Yuliasari dkk. (2012), pada dasarnya arus tidak hanya dibangkitkan oleh angin, densitas, dan pasang surut. Seperti reklamasi di Pantai Marina Ancol yang menunjukkan perubahan kecepatan arus pada saat sebelum dan setelah menurut hasil simulasi permodelan arus.

Nilai R^2 pada grafik (Gambar 19), menunjukkan nilai sebesar 0,388, artinya keduanya berbanding lurus sebesar 39%, sedangkan 61% dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai (R) diperoleh dari perhitungan R = $\sqrt{R^2}$ sebesar 0, 62 dimana nilai tersebut masuk dalam range 0,60 – 0,799 yang memiliki arti penjelasan kuat. Model persamaan tersebut digunakan sebagai peramalan atau

memprediksi keadaan arus di lapang, sehingga data arus di lapang pada tahun tertentu dapat diketahui nilainya. Apabila nilai data satelit (X) maka nilainya positif yang berarti adanya pengaruh yang sesuai atau berbanding lurus, tetapi jika nilai data satelit negatif maka nilai data satelit terdapat ketidaksesuaian dengan kondisi saat di lapang. Ketidaksesuaian tersebut dapat dikarenakan adanya perbedaan prinsip angin musiman.



Gambar 19. Persamaan garis kecepatan arus rata-rata data satelit tahun 2010-2014

Pada persamaan garis pada Gambar 19, diperoleh adanya *trend* yang meningkat seiring bertambahnya tahun. Kenaikan kecepatan arus rata-rata tersebut dapat disebabkan oleh kaitannya dengan perubahan iklim yang terjadi, dimana kenaikan suhu laut yang ekstrim akan mempengaruhi kecepatan arus mengalami peningkatan melalui pergerakan pola kecepatan arus yang disebabkan oleh angin akan bergerak dari wilayah tekanan tinggi menuju ke tekanan rendah. Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* dalam laporan Kementerian Lingkungan Hidup (2014), bahwa pemanasan global telah terjadi secara intensif sejak tahun 1910 sampai 1940, dan terjadi lebih intensif lagi pada tahun 1970 hingga sekarang, pengaruh pemanasan global secara langsung tercermin dari perubahan suhu udara global. Folland *et al* dalam Laporan Kementerian Lingkungan Hidup (2014) menambahkan dari hasil

penelitian dihasilkan adanya fluktuasi kenaikan suhu udara pada tahun 1900 hingga 2000, meskipun di beberapa tahun menunjukkan penurunan yakni pada tahun 1870 sampai 1900. Metode penilitian yang digunakan adalah menggunakan analisis data observasi dan estimasi model menggunakan suhu permukaan laut. Adanya penurunan suhu pada tahun 1870 sampai 1900 diperkirakan adanya pengaruh debu letusan gunung berapi Krakatau yang dapat mengurangi intensitas sinar matahari.

Informasi mengenai perubahan iklim secara global tersebut, dengan menggunakan parameter suhu permukaan laut menunjukkan adanya hubungan suhu permukaan laut terhadap pola pergerakan arus yang dihasilkan oleh *Surfer* secara *time series*. Keterkaitan kedua hal tersebut didasari oleh pendapat Realino dkk. (2005) yang menjelaskan bahwa musim timur adalah musim upwelling terjadi dan musim barat merupakan musim dimana upwelling tidak terjadi. Proses upwelling merupakan suatu proses yang menggambarkan naik turunnya suhu yang dapat mempengaruhi pergerakan massa air menuju keseimbangannya sehingga proses tersebut berpengaruh terhadap kecepatan pergerakan arus di suatu perairan.

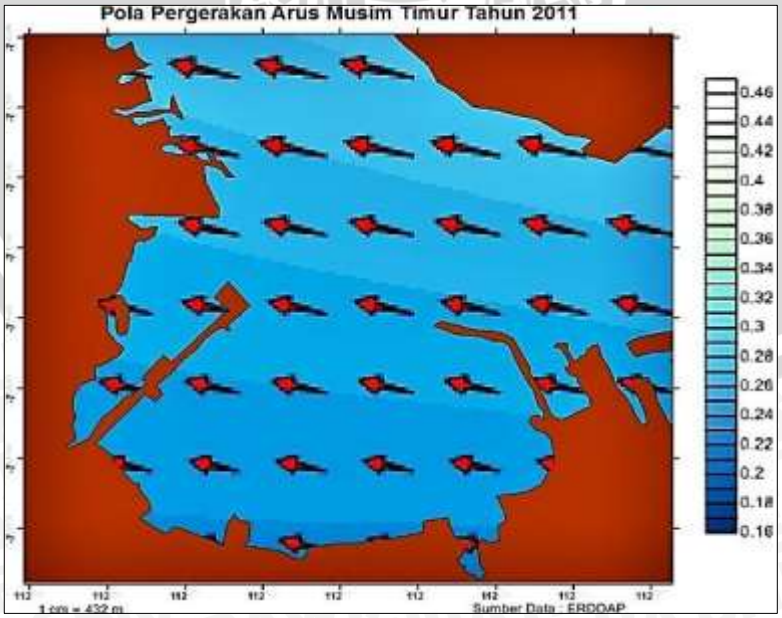
4.2.2 Musim Timur

4.2.2.1 Pola Pergerakan Arus Musim Timur

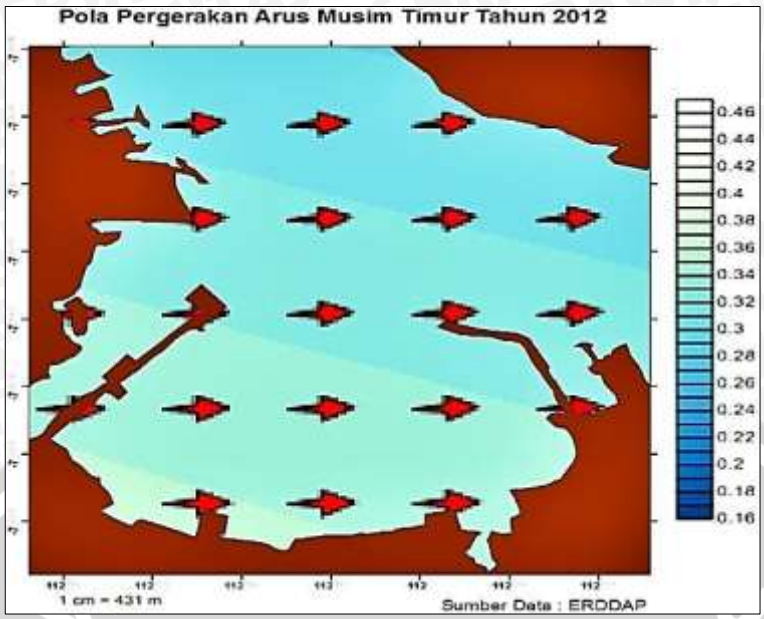
Pola pergerakan arus pada musim timur tahun 2010 pada gambar 20 dapat diketahui arah arus dominasi bergerak dari arah tenggara menuju ke arah barat laut yaitu kawasan pesisir Gresik. Pergerakan arus di musim timur tahun 2010 ini mempunyai *interval* kecepatan antara 0,125 m/s sebagai kecepatan minimum sampai 0,13 m/s sebagai kecepatan maksimum. Pergerakan pola arus pada musim timur tahun 2010 ini bergerak dengan kecepatan rata-rata 0,128 m/s.

Gambar 20. Pola pergerakan arus musim timur tahun 2010

Pola pergerakan arus pada musim timur tahun 2011 pada gambar 21 dapat diketahui arah arus yang dominan bergerak dari menuju ke arah barat laut. Pergerakan arus di musim timur tahun 2011 ini mempunyai *interval* kecepatan antara 0,21 m/s sebagai kecepatan minimum sampai 0,23 m/s sebagai kecepatan maksimum. Pergerakan pola arus pada musim timur tahun 2011 ini bergerak dengan kecepatan rata-rata 0,22 m/s.



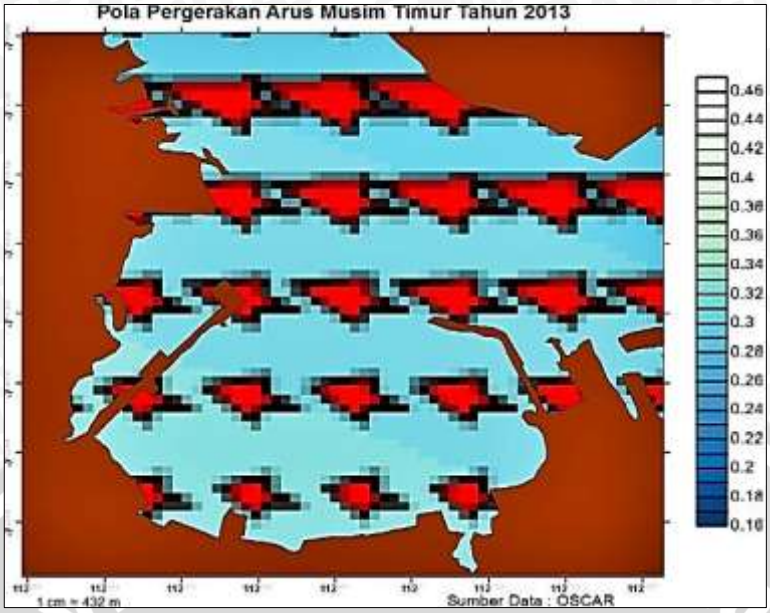
Gambar 21. Pola pergerakan arus musim timur tahun 2011



Gambar 22. Pola pergerakan arus musim timur tahun 2012

Pola pergerakan arus di kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong pada musim timur tahun 2012 dapat dilihat pada gambar 22, pola arus tersebut menunjukkan adanya arah arus yang bergerak dominan dari timur yakni mulut Selat Madura bagian timur menuju ke arah barat yakni bangunan pelabuhan Teluk Lamong. Pola kecepatan pada musim timur tahun 2012 berkisar antara 0,31 m/s sebagai kecepatan minimum dan 0,34 m/s sebagai kecepatan maksimum. Pergerakan arus musim timur tahun 2012 memiliki kecepatan rata-rata 0,33 m/s.

Pola pergerakan arus di kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong pada musim timur tahun 2013 dapat dilihat pada gambar 23, pola arus tersebut menunjukkan adanya arah arus yang bergerak dominan dari timur menuju ke arah barat laut. Pola kecepatan pada musim timur tahun 2014 berkisar antara 0,3 m/s sebagai kecepatan minimum dan 0,33 m/s sebagai kecepatan maksimum. Pergerakan arus musim timur tahun 2014 memiliki kecepatan rata-rata 0,32 m/s.

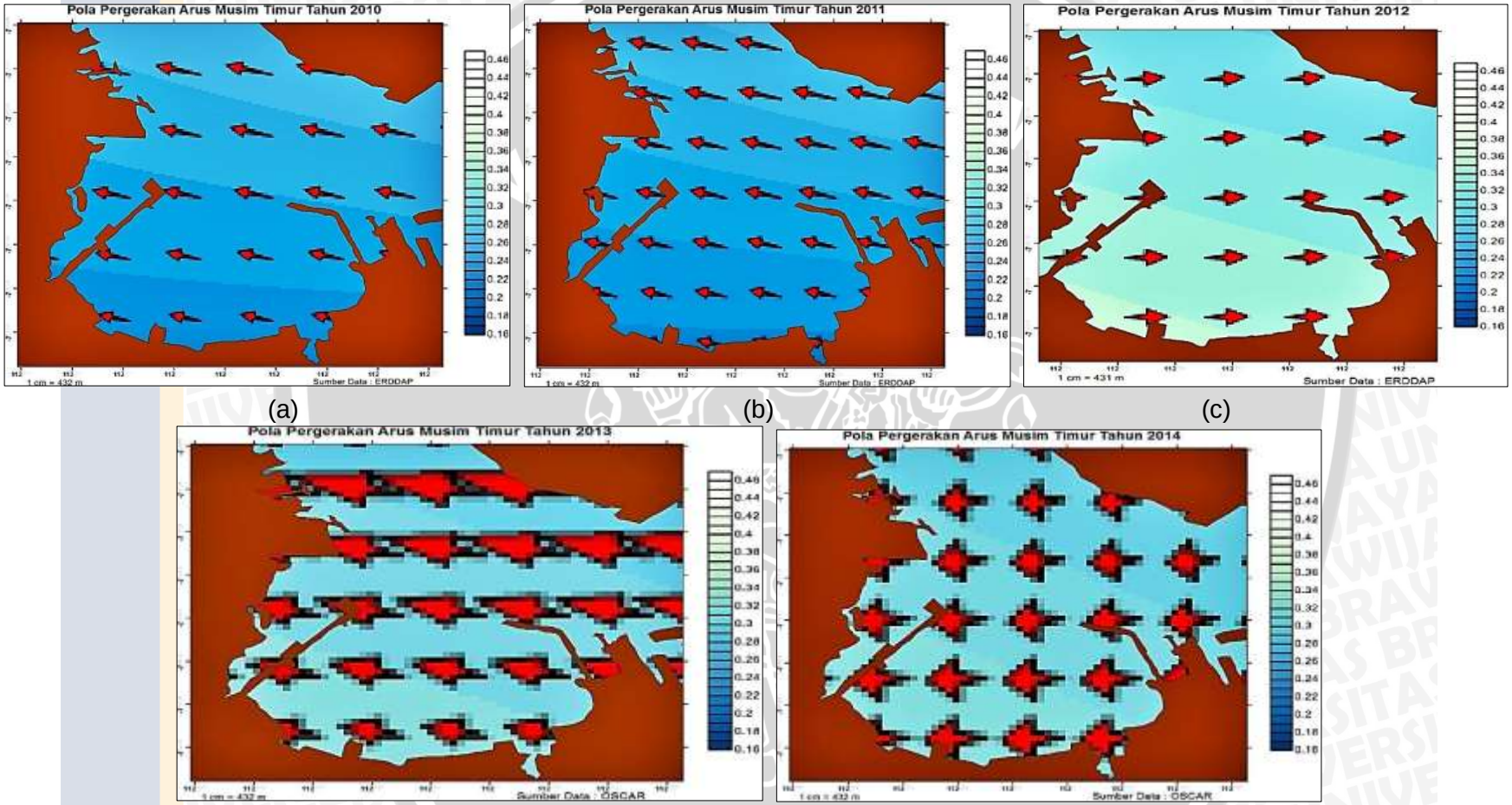


Gambar 23. Pola pergerakan arus musim timur tahun 2013

Pola pergerakan arus di kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong pada musim timur tahun 2014 dapat dilihat pada gambar 24, pola arus tersebut menunjukkan adanya sedikit perbedaan jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya yakni pada tahun 2013. Pada musim timur tahun 2014 arah arus yang bergerak dominan dari timur menuju ke arah barat. Pola kecepatan pada musim timur tahun 2014 berkisar antara 0,29 m/s sebagai kecepatan minimum dan 0,32 m/s sebagai kecepatan maksimum. Pergerakan arus musim timur tahun 2014 memiliki kecepatan rata-rata 0,31 m/s.

Gambar 24. Pola pergerakan arus musim timur tahun 2014

Peta pola pergerakan musim timur pada Gambar 25 menghasilkan dominasi arah arus yang berasal dari tenggara menuju ke arah barat laut yakni pada tahun 2010, 2011, 2013 dan tahun 2014, apabila dilihat dari arah dominasi tersebut dapat dikatakan musim timur di daerah penelitian ini memiliki pengaruh yang kuat oleh kondisi angin musim timur. Pada prinsip kerjanya, angin musim timur terjadi ketika hembusan angin yang berasal dari Benua Australia bergerak menuju ke arah barat laut yakni daratan Benua Asia, maka terdapat kesesuaian antara prinsip kerja angin dengan hasil pola pergerakan arus pada saat musim timur berlangsung. Menurut Bayhaqi (2014), pola pergerakan arus pada saat musim timur berlangsung, angin akan berhembus dari Benua Australia menuju Benua Asia atau dari arah tenggara menuju ke arah barat laut.



(a) (b) (c)

(d) (e)

Gambar 25. Pola pergerakan arus pada musim timur a) 2010 b) 2011 c) 2012 d) 2013 e) 2014

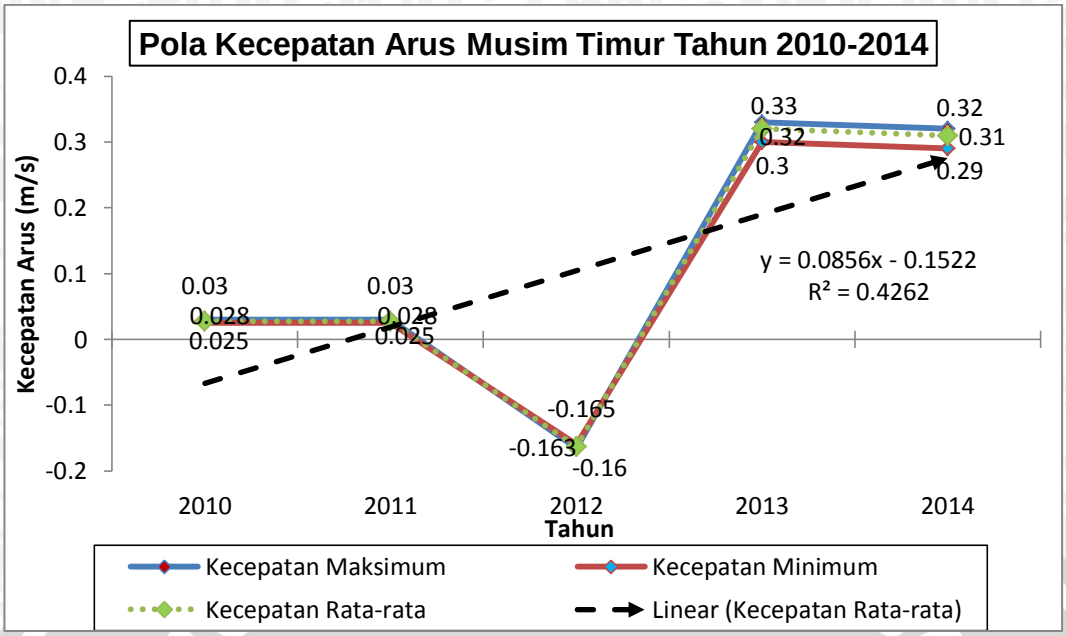
4.2.2.2 Pola Kecepatan Arus Musim Timur

Pada penelitian ini didapatkan hasil pola kecepatan arus di musim timur tahun 2010 sampai 2014 yang dapat dilihat pada Gambar 26. Pembahasan pola kecepatan arus ini akan dikelompokkan menjadi kecepatan arus maksimum, kecepatan arus minimum dan kecepatan arus rata-rata yang terdapat disekitar struktur bangunan pelabuhan. Kecepatan maksimum di musim timur pada tahun 2010 dan 2011 menunjukkan adanya persamaan nilai atau tidak mengalami perubahan yaitu 0,03 m/s, namun pada tahun selanjutnya yakni tahun 2012 mengalami penurunan pada kecepatan arus di sekitar bangunan pelabuhan sebesar 0,165 m/s, kemudian kecepatan maksimum tertinggi terjadi di tahun 2013 sebesar 0,33 m/s, selanjutnya dari tahun 2013 hingga 2014 kecepatan arus maksimum mengalami sedikit penurunan hingga 0,32 m/s.

Pada kecepatan arus minimum menunjukkan pola trendline yang sama dengan kecepatan arus maksimum, dimana pada tahun 2010 hingga 2011 kecepatan arus minimum tidak mengalami perubahan yakni 0,025 m/s. Kemudian di tahun 2012 kecepatan arus minimum mengalami penurunan hingga 0,16 m/s, selanjutnya pada tahun 2013 mengalami kenaikan yang cukup signifikan hingga mencapai 0,30 m/s, dan mengalami sedikit penurunan kecepatan arus minimum pada tahun 2014 hingga 0,29 m/s.

Kecepatan rata-rata arus di sekitar struktur bangunan pelabuhan pada tahun 2010 dan 2011 tidak mengalami perubahan yakni 0,028 m/s, kemudian terjadi penurunan di tahun 2012 sebesar 0,163 m/s, selanjutnya pada tahun 2013 mengalami kenaikan kecepatan arus rata-rata yang cukup signifikan yakni sebesar 0,32 m/s. Kemudian terjadi penurunan kecepatan arus rata-rata pada tahun 2014 sebesar 0,31 m/s.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Gambar 26. Pola kecepatan arus musim timur tahun 2010-2014

Pada pembahasan pola kecepatan yang ditampilkan pada musim timur secara umum memiliki *trendline* dengan fluktuasi kenaikan dan penurunan di tahun 2010 sampai 2014. Pola kecepatan terendah terjadi di tahun 2010 hingga 2011 pada musim timur dengan nilai 0,28 m/s pada tahun 2010 dan 2011, *range* nilai yang rendah tersebut dikarenakan adanya suatu aktifitas pembangunan struktur pelabuhan milik PELINDO III yang berada di kawasan pantai utara Surabaya. Dari data kecepatan arus menunjukkan bahwa kecenderungan pola kecepatan arus mengalami kenaikan dari tahun 2012 hingga 2013 jika dilihat pada garis *trendline* (Gambar 26), memiliki *range* nilai kecepatan rata-rata 0,163 m/s hingga 0,32 m/s, naiknya pola kecepatan tersebut dipengaruhi oleh berkurangnya aktifitas infrastruktur pembangunan pelabuhan sehingga hambatan bagi pola pergerakan arus lebih berkurang jika dibandingkan dengan *trendline* pola kecepatan arus pada tahun 2010 sampai 2011. Sedangkan pada tahun 2013 hingga 2014 menunjukkan adanya penurunan garis trendline, karena pada tahun 2014 data kecepatan arus musim timur yang tersedia dalam data base OSCAR hingga bulan Juli. Pada tahun 2012 musim timur mengalami penurunan

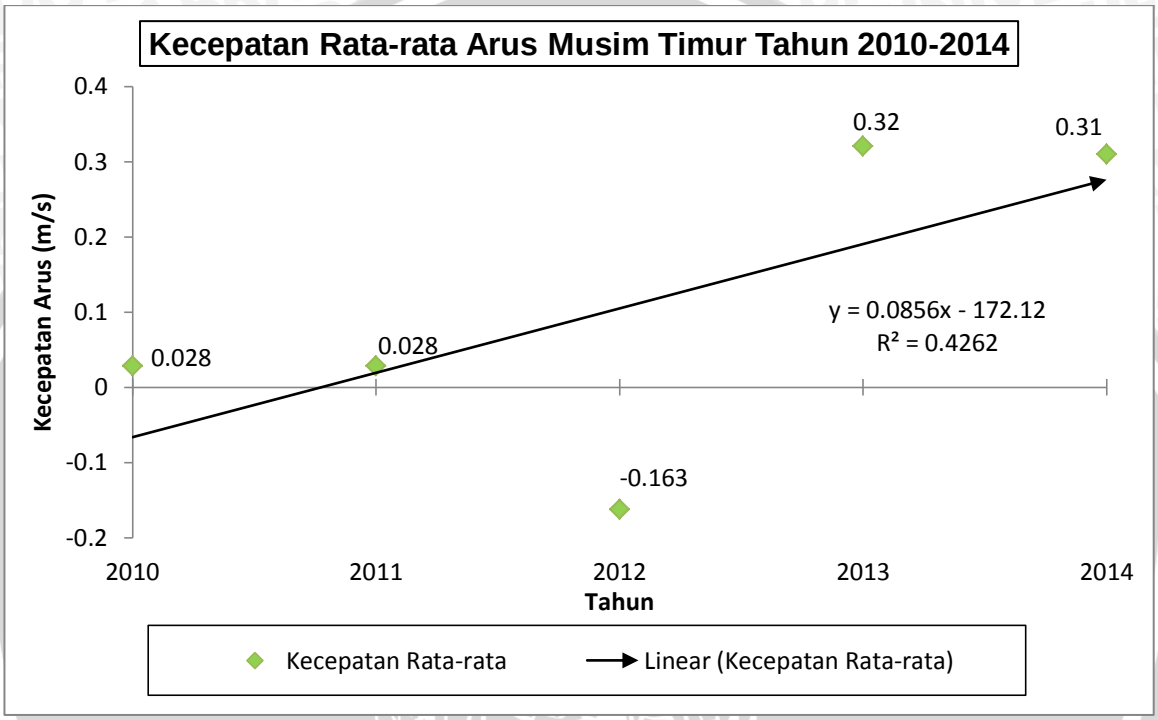
kecepatan (Gambar 26), hal tersebut dikarenakan kondisi peta pola pergerakan arus yang tidak sesuai dengan prinsip angin saat musim timur, sehingga nilai kecepatan yang dimasukkan merupakan nilai negatif (-).

Pada umumnya kecepatan arus musim timur akan memiliki pola kecepatan arus yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pola kecepatan arus pada saat musim barat. Sesuai dengan hasil penelitian Bayhaqi (2014), bahwa pola kecepatan arus pada musim timur dipengaruhi lebih banyak faktor pembangkit arus, yakni dorongan akibat gesekan angin yang berada di permukaan laut dan dibantu adanya proses *upwelling*, sehingga *upwelling* dapat dijadikan salah satu faktor penggerak arus di musim timur.

Selain dari faktor fisika perairan, hal yang dapat mempengaruhi adalah adanya pergerakan angin lokal yang kuat pada musim timur, angin lokal tersebut adalah angin gending yang terjadi di kawasan pasuruan dan probolinggo. Menurut pendapat Hertanto (2012), angin lokal merupakan angin yang biasanya bertiup di suatu tempat dan terjadi setiap hari. Angin lokal dapat menghasilkan angin jatuh atau fohn, umumnya angin jatuh dihasilkan dari suatu tempat yang memiliki kondisi pegunungan, angin tersebut timbul ketika angin setelah melewati puncak gunung dan melaju turun dengan kencang. Angin tersebut berlangsung setiap hari dan bertiup kencang.

Pada Gambar 27, persamaan garis kecepatan rata-rata di musim timur menunjukkan nilai y = 0,085x – 172,12. Dimana persamaan tersebut dapat digunakan sebagai prediksi. Nilai 0,085 merupakan nilai dari kemiringan garis pada grafik dan nilai 172,12 merupakan nilai konstan dari grafik. Semakin bertambahnya tahun menunjukkan bahwa semakin naiknya nilai kecepatan, dimana hubungan keduanya yaitu berbanding lurus. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya tahun, kontruksi pembangunan infrastruktur pelabuhan menunjukkan pada tahap penyelesaian. Dimana pada Teluk Lamong yang

semula tidak ada bangunan menjadi ada bangunan yang menyebabkan perubahan arus karena adanya penghalang berupa bangunan. Menurut Yuliasari *et al* (2012), pada dasarnya arus tidak hanya dibangkitkan oleh angin, densitas, dan pasang surut tetapi reklamasi pantai juga dapat memberikan dampak perubahan kecepatan arus.



Gambar 27. Persamaan garis kecepatan arus rata-rata data satelit tahun 2010-2014

Nilai R^2 pada grafik (Gambar 27), menunjukkan nilai sebesar 0,43 yang memiliki arti hubungan keduanya sebesar 43 %, sedangkan 57% dipengaruhi oleh faktor lain . Nilai (R) diperoleh dari perhitungan R = $\sqrt{R^2}$ sebesar 0, 65 dimana nilai tersebut masuk dalam range 0,60 – 0,79 yang memiliki arti penjelasan kuat. Model persamaan tersebut digunakan sebagai peramalan atau memprediksi keadaan arus di lapang, sehingga data arus di lapang pada tahun tertentu dapat diketahui nilainya. Apabila nilai data satelit (X) maka nilainya positif yang berarti adanya pengaruh yang sesuai atau berbanding lurus, tetapi jika nilai data satelit negatif maka nilai data satelit terdapat ketidaksesuaian dengan

kondisi saat di lapang. Ketidaksesuaian tersebut dapat dikarenakan adanya perbedaan prinsip angin musiman. Pada persamaan garis pada Gambar 27, diperoleh adanya *trend* yang meningkat seiring bertambahnya tahun.

4.3 Pola Arus Berdasarkan Pengukuran Lapang

Pengukuran arus di lapang menggunakan alat *current meter* untuk menentukan kecepatan arus dan media botol kosong yang dihanyutkan untuk menentukan arah aliran arus yang sudah dilakukan validasi menggunakan kompas. Pada Tabel 10 dapat dilihat hasil pengukuran arus di lapang saat kondisi pasang dan surut.

Hasil pengukuran arus di lapang menggunakan dua perbedaan waktu, yakni pengukuran kondisi pasang dan kondisi surut. Data dari hasil pengukuran di lapang dapat diketahui kecepatan arus di kondisi pasang dominasi lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kecepatan arus kondisi surut. Menurut Mustain (2009), fluktuasi arus yang terjadi di perairan Selat Madura mempunyai nilai kecepatan arus yang berbeda di kondisi pasang dan surut, kondisi arus pada saat pasang, nilai kecepatan yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kecepatan arus saat kondisi surut.

Kecepatan arus rata-rata saat pasang dan surut tertinggi terdapat di stasiun 5, karena pada stasiun 5 titik pengambilan data dilakukan di bagian timur atau kanan dari bangunan pelabuhan yang mendapat pengaruh arus langsung dari sebelah timur laut, Kemudian untuk kecepatan terendah terdapat di stasiun 2, dimana pada stasiun tersebut titik pengambilan data dilakukan di sisi barat laut atau kiri dari bangunan pelabuhan, rendahnya nilai kecepatan arus rata-rata pada stasiun 2 dapat diakibatkan oleh letak pengambilan data yang kurang terpengaruh oleh kondisi arus dari laut.

Pola arah yang dihasilkan saat pengukuran lapang memiliki keragaman arah pada setiap stasiun, namun setiap kondisi yakni pasang dan surut

menunjukkan pola arah yang cukup mendominasi. Pada saat kondisi pasang pergerakan arus menuju ke arah barat, serta pada saat kondisi surut arus bergerak menuju timur laut.

Tabel 10. Hasil pengukuran arus lapang

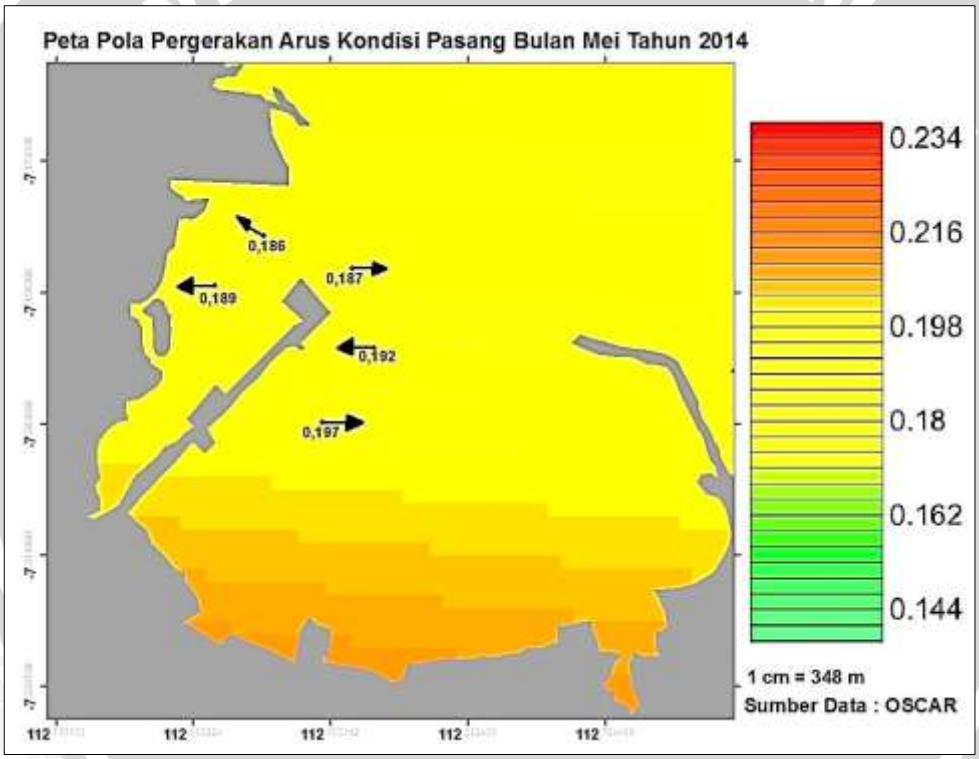
Stasiun		Kecepatan Arus (m/s)			Arah		Kecepatan Arus (m/s)			Arah	Kecepatan Rata-rata Pasang Surut (m/s)
		Maksimum	Minimum	Rata-rata			Maksimum	Minimum	Rata-rata		
1	Pasang	0,4	0,3	0,35	Barat	Surut	0,12	0,08	0,1	Timur	0,222
2		0,3	0,2	0,25	Barat Laut		0,1	0,06	0,08	Utara	0,165
3		0,4	0,3	0,35	Timur		0,2	0,12	0,16	Timur Laut	0,255
4		0,4	0,3	0,35	Barat		0,4	0,2	0,3	Timur	0,325
5		0,8	0,4	0,6	Timur		0,14	0,1	0,12	Timur Laut	0,360
Rata-rata dan dominasi		0,38			Barat		0,18			Timur Laut	

(Sumber data : Hasil Penelitian)

4.4 Analisis Pola Pergerakan Arus di Kawasan Bangunan Pelabuhan

Pada pembahasan ini akan dilakukan memetakan data satelit dan data lapang. Pola pergerakan arus pada saat pasang pada bulan Mei 2014 dapat dilihat pada Gambar 30, serta kondisi surut dapat dilihat pada Gambar 28.

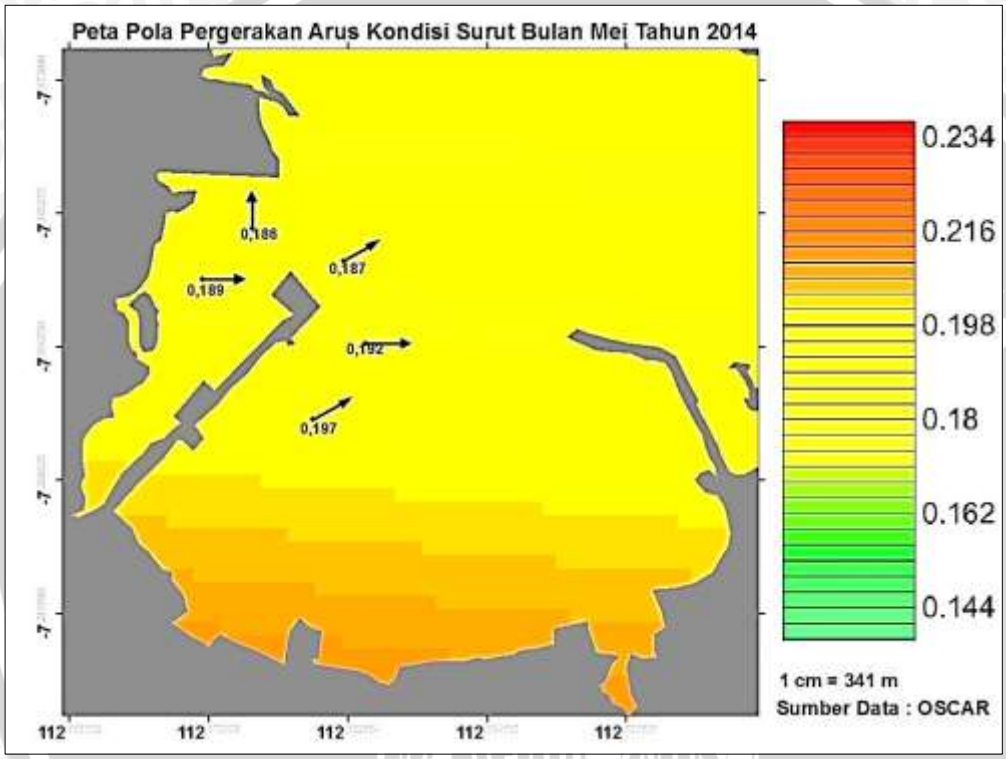
Peta yang ditampilkan peta citra satelit dengan hasil pengukuran arus di lapang adalah kondisi pasang dan surut. Kecepatan rata-rata arus pada saat pasang memiliki nilai yang lebih tinggi yakni 0,38 m/s dibandingkan kondisi arus yakni 0,18 m/s. Arah dominasi pada saat pasang menuju ke arah barat dan saat kondisi surut ke arah timur laut.



Gambar 28. Pola pergerakan arus kondisi pasang

Pada saat kondisi pasang pada Gambar 28, stasiun 1 menunjukkan pergerakan arus ke arah barat, dimana terdapat pertemuan arus oleh muara Sungai Lamong dan arus laut dan dominasi arus dari laut lebih kuat. Stasiun 2 pergerakan arus mengarah ke barat laut dimana pengaruh arus laut masih mendominasi saat kondisi pasang berlangsung, Stasiun 3 pergerakan arus ke

arah timur disebabkan terjadi pertemuan arus balik dan arus laut, arus balik diakibatkan membentur bangunan pelabuhan. Stasiun 4 pergerakan arus ke arah barat diakibatkan pengaruh langsung arus laut yang berasal dari mulut selat madura bagian timur. Stasiun 5 pergerakan arus ke arah timur karena arus yang cenderung berputar-putar pada wilayah tersebut yang semi tertutup akibat diantara dua struktur bangunan yakni di bagian barat dan timur.



Gambar 29. Pola pergerakan arus kondisi surut

Pada saat kondisi surut pada Gambar 29, stasiun 1 menunjukkan pergerakan arus ke arah timur, dimana terdapat pertemuan arus oleh muara Sungai Lamong dan arus laut, pada saat surut kondisi arus sungai lebih kuat dibanding arus laut. Stasiun 2 pergerakan arus mengarah ke utara dimana pengaruh arus muara sungai mendorong pergerakan arus dan dibelokkan ke arah pesisir utara Kota Gresik, Stasiun 3 pergerakan arus ke arah timur laut yang disebabkan arus balik akibat dari arus yang membentur bangunan pelabuhan

disertai dorongan arus muara sungai yang lebih kuat saat kondisi surut. Stasiun 4 pergerakan arus ke arah timur dimana pengaruh langsung arus laut yang berasal dari mulut selat madura bagian timur mengalami surut dan arus muara sungai cenderung lebih kuat. Stasiun 5 pergerakan arus ke arah timur laut dimana sebelumnya arus yang cenderung berputar-putar dan mengarah ke timur saat kondisi pasang mendaptkan dorongan dari arus muara sungai yang bergerak ke arah laut.

Pada intinya pola pergerakan arah arus di kawasan bangunan pelabuhan Teluk Lamong disebabkan oleh pengaruh peristiwa pasang surut sehingga arus yang disebabkan oleh angin berpengaruh sedikit, hal tersebut didukung dengan keadaan perairan di wilayah penelitian memiliki jenis perairan yang semi tertutup. Sesuai dengan pendapat Mustain (2009), bahwa keadaan perairan di Selat Madura dan sekitarnya memiliki perairan yang berjenis semi tertutup dan biasanya arus yang paling dominan di daerah dekat pantai adalah arus yang disebabkan oleh pasang surut. Menurut Hatayama *et al* dalam Bayhaqi (2014), mendiskripsikan arus pasang surut ketika terjadi pasang akan mentransportkan air dari laut lepas menuju perairan pantai, sedangkan pada saat surut mentransportkan air dari perairan pantai ke daerah perairan laut lepas.

Pada Tabel 11, dapat diketahui hasil kecepatan arus pada masing-masing data yakni data satelit dan lapang. Dari data hasil kecepatan pada tabel tersebut dapat diketahui nilai kecepatan arus yang berbanding lurus, meskipun memiliki perbedaan nilai pada masing-masing data namun *range* nilai yang tidak berbeda jauh, serta terdapat kesamaan fluktuasi kenaikan nilai hasil satelit dan data lapang.

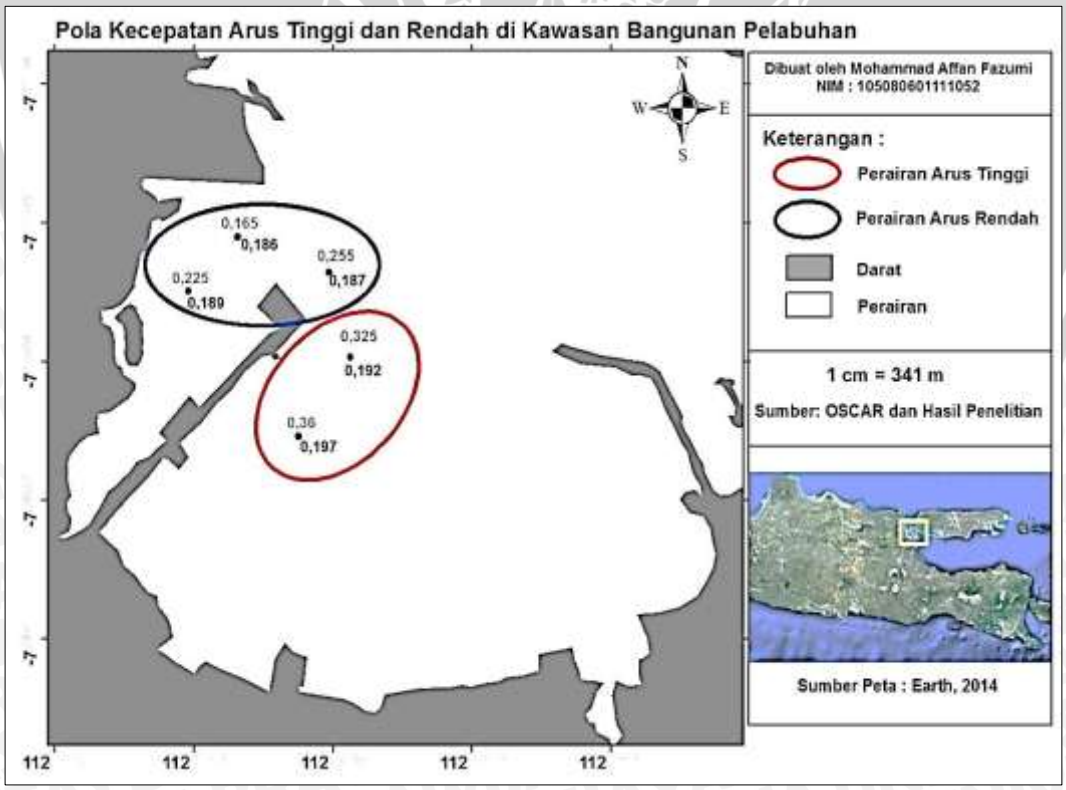
repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tabel 11. Hasil kecepatan arus satelit dan lapang

Stasiun	Kecepatan Arus Satelit (m/s)	Kecepatan Arus Lapang (m/s)
1	0,189	0,222
2	0,186	0,165
3	0,187	0,255
4	0,192	0,325
5	0,197	0,360

(Sumber Data : Hasil penelitian)

Pada penelitian ini diperoleh kecepatan arus kuat dan arus lemah, kecepatan arus kuat terdapat pada sisi bangunan sebelah kanan yaitu stasiun 4 dan stasiun 5. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai data satelit dan data lapang yang lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya. Kecepatan arus lemah terdapat pada bagian kiri dan depan bangunan yakni stasiun 1, 2 dan 3, dimana pada lokasi tersebut terdapat pertemuan arus muara Sungai Lamong dengan arus laut. Peta arus kuat dan arus lemah dapat dilihat pada Gambar 30.



Gambar 30. Peta arus kuat dan arus lemah di kawasan bangunan pelabuhan

Pada Tabel 12 menunjukkan perhitungan statistik melalui data analisis yang menggunakan model regresi pada *Ms. Excel*. Hasil dari statistik regresi meliputi nilai *Multiple* R = 0,905; R *Square* (R^2) = 0,820; *Standard error* = 0,038 yang nantinya akan dapat menjelaskan suatu tingkat akurasi data satelit terhadap data lapang.

Tabel 12. Perhitungan statistik kecepatan arus satelit dan lapang

Regression Statistics	
Multiple R	0.905842395
R Square	0.820550444
Adjusted R Square	0.760733926
Standard Error	0.038141024
Observations	5

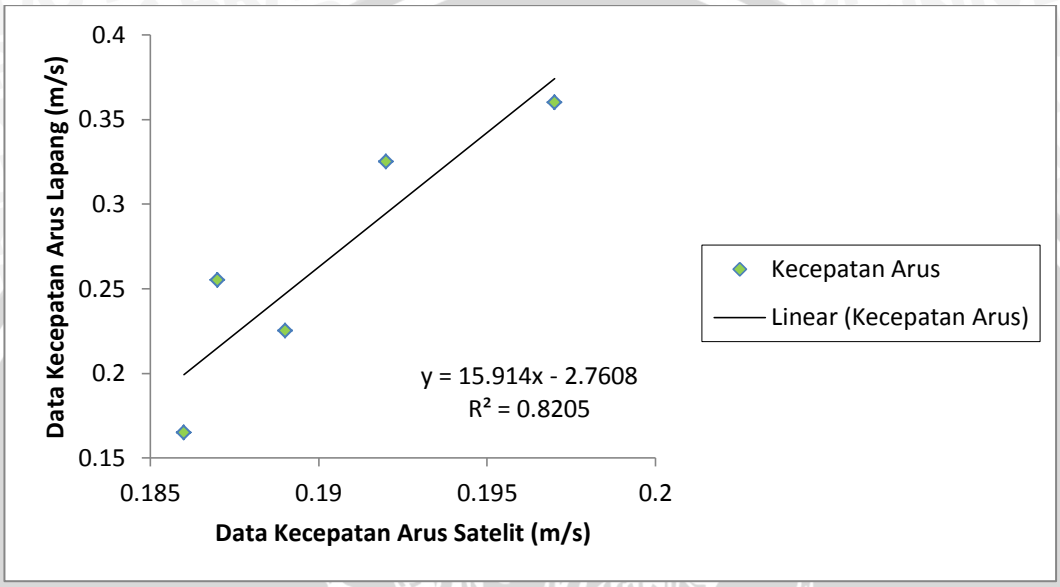
(Sumber data : Hasil penelitian)

Multiple R merupakan suatu nilai yang dapat menjelaskan keterkaitan dua variabel X dan Y. Dimana nilai X merupakan data hasil satelit dan nilai Y merupakan data hasil pengukuran lapang. Pada Tabel 12, diketahui nilai *Multiple* R mencapai 0,905. Nilai tersebut menjelaskan bahwa variabel X dan Y mempunyai tingkat penjelasan yang berbanding lurus.

R *Square* merupakan nilai yang dapat menunjukkan suatu tingkat kemampuan variabel X (data kecepatan arus satelit) menerangkan tingkat hubungan dengan data variabel Y (data kecepatan arus lapang). Nilai R^2 yang nilainya mendekati nilai 1 (satu) berarti variasi varibel X memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan mengenai hubungannya dengan variasi variabel Y. Dari data Tabel 12 dapat dijelaskan bahwa nilai kecepatan arus satelit terdapat hubungan dengan kecepatan arus *insitu* sebesar 0,820 (82%) dan sisanya sebesar 0,180 (18%) dipengaruhi atau dijelaskan faktor lain.

Standard Error merupakan standar error dari estimasi variabel terikat (dalam kasus ini ini adalah data kecepatan arus satelit). Nilai *standard error* yang dihasilkan akan dibandingkan dengan nilai standar deviasi yang dihasilkan oleh

variabel Y. Apabila semakin kecil angka *standard error* yang dibandingkan dengan nilai standar deviasi dari data kecepatan arus di lapang, maka model semakin tepat dalam menjelaskan suatu hubungan antara data arus citra satelit dengan data *insitu*. Dimana pada *standard error* yang diketahui sebesar 0,038 dan standar deviasi dari variabel Y adalah 0,078.



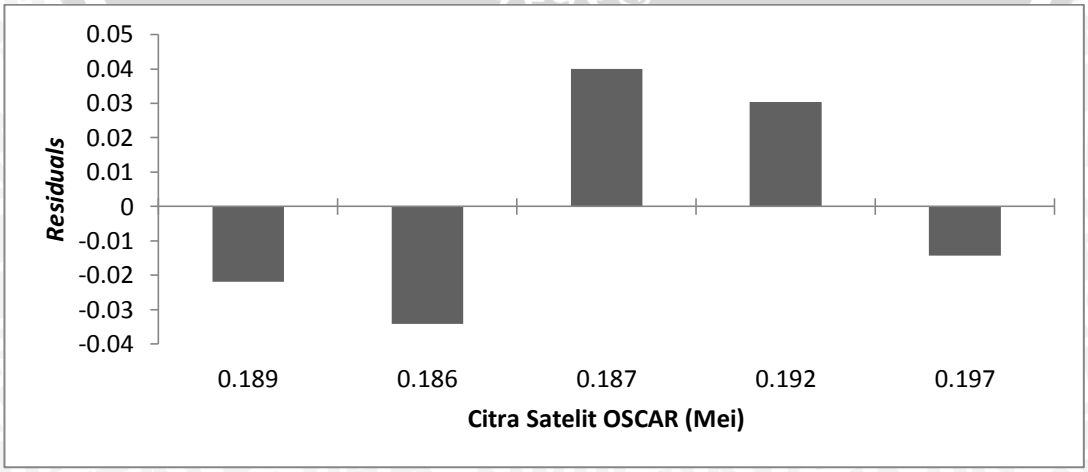
Gambar 31. *Scatter graph* data kecepatan arus

Scatter Graph hasil dari *output* regresi pada Gambar 31, digunakan untuk menerangkan apakah variabel *Independent* mempunyai penjelasan yang positif terhadap variabel *Dependent*. Jadi variabel data kecepatan arus citra satelit dikatakan normal jika angka/data berada disekitaran garis diagonal, semakin dekat maka semakin normal data tersebut dan mempunyai arti antara data citra satelit dengan data kecepatan arus di lapang ada hubungan dengan penjelasan yang sebanding lurus secara *linear*/garis lurus. Hubungan penjelasan data citra satelit memiliki hubungan dengan variabel data kecepatan arus di lapang yang positif, karena garis linear menunjukkan garis yang bergerak dari kiri bawah menuju ke kanan atas. Teknik analisis seperti ini juga dilakukan oleh Bernstein dalam Emery dan Thomson (2001) dimana analisis data menggunakan citra

satelit dapat menggantikan data di lapang (*In situ*) dari hasil analisis grafik *Scatter Graph*.

Pada *Scatter Graph* menunjukkan persamaan y = 15,914x – 2,7608 yakni menjelaskan model persamaan yang digunakan untuk memprediksi nilai kecepatan arus di lapang dari hasil penurunan data kecepatan arus citra satelit. Dari persamaan tersebut menjelaskan bahwa nilai kecepatan arus di lapang dapat diprediksi dari nilai 15,914 yakni kemiringan garis pada grafik dikali nilai citra satelit lalu dikurangi nilai konstan sebesar 2,7608. Sesuai dengan pendapat Baskara (2014), pada *Scatter Graph* menghasilkan sebuah persamaan yang mempunyai arti dalam memprediksi data di lapang menggunakan hasil turunan dari data satelit.

Dengan perhitungan data analisis menggunakan *MS. Excel* antara data arus citra satelit dengan data arus *insitu* maka diperoleh data residu dari data arus citra satelit OSCAR terhadap data arus *insitu* seperti yang dapat dilihat pada grafik Gambar 32. Grafik tersebut menjelaskan tentang seberapa besar nilai sisa antara arus hasil citra satelit dengan arus insitu pada masing-masing stasiun setelah dihitung menggunakan persamaan regresi. Data residu tersebut bisa bernilai positif (+) dan negatif (-). Pada grafik data residual arus dari citra satelit berkisar antara ±0,04.



Gambar 32. Residual data citra satelit Oscar Bulan Mei 2014

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini memiliki beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Kondisi kecepatan arus yang tinggi terdapat pada sisi kanan kawasan bangunan pelabuhan yakni stasiun 4 dan 5, sedangkan arus yang rendah terdapat pada sisi bagian kiri hingga depan bangunan pelabuhan yakni stasiun 1, 2 dan 3. Arah dominasi pada saat surut kearah timur laut dan saat pasang ke arah barat.
2. Grafik *trendline* pola kecepatan arus oleh data citra satelit tahun 2010 hingga 2014 menghasilkan garis linier yang menunjukkan garis yang bernilai positif atau cenderung meningkat. Peningkatan tersebut memiliki nilai kecepatan rata-rata tertinggi 0,36 m/s pada musim barat tahun 2013, serta 0,32 m/s pada musim timur tahun 2013.
3. Hasil perhitungan statistik data satelit dengan data lapang adalah *Multiple* R = 0,905; R *Square* (R^2) = 0,820; *Standard error* = 0,038. Dimana nilai R adalah 0,905 yang artinya antara data hasil citra satelit OSCAR dengan data *insitu* terdapat hubungan yang sangat baik.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat saya berikan dari penelitian ini, yakni dibutuhkan sebuah simulasi permodelan yang dapat menggambarkan secara detail pola pergerakan arus di sekitar bangunan pelabuhan Teluk Lamong. Hasil penelitian ini hendaknya dapat dijadikan suatu informasi dalam melakukan manajemen dermaga, sehingga tidak memberikan dampak yang buruk bagi faktor-faktor fisika dan kimia perairan.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR PUSTAKA

Alfiah, T. 2009. *Sirkulasi Laut*. Teknik Lingkungan. ITATS.

Atmanegara, A. 2009. *Aplikasi Penginderaan Jauh dan SIG Untuk Penatagunaan Lahan Mangrove diKabupaten Serdang Bedagai Provinsi Sumatera Utara*. Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.

Atmodjo, W. 2000. *Analisis Pasang Surut Di Pantai Karti Jepara Dengan Metode Kwadrat Terkecil*. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. Semarang.

Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya. 2007. *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah* Surabaya. Surabaya. Bab II – 11.

Badan Lingkungan Hidup. 2012. *Laporan Pengendalian Pencemaran Kawasan Pesisir Dan Laut*. Pemerintah Kota Surabaya. Surabaya.

Baskara, W.A.L. 2014. *Analisis Perbandingan Algoritma Citra Satelit Landsat-8 Untuk Mengetahui Konsentrasi Dan Pola Sebaran Total Suspended Matter (TSM) Pada Kawasan Teluk Pacitan Jawa Timur*. Laporan Skripsi Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Dan Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.

Bayhaqi, A. 2014. *Kajian Pola Pergerakan Arus Di Perairan Selat Bali*. Laporan Skripsi Fakultas Perikanan Dan Kelautan Universitas Brawijaya. Malang.

Budiono, K. *et al*. 1989. *Penelitian Geologi Lingkungan Pantai Dan Lepas Pantai Daerah Surabaya-Madura Dan Sekitarnya*. Puslitbang Geologi Kelautan. Bandung.

Dianovita, C. 2011. *Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Karang Congkak Dan Karang Lebar Dengan Menggunakan Citra Ikonos PAN-SHARPENED*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Dronkers, J. J. 1964. *Tidal Computations In Rivers And Coastal Waters*. North-Holland Publishing Company. Amsterdam.

Efriyeldi. 1999. *Sebaran Spasial Karakteristik Sedimen Dan Kualitas Air Muara Sungai Bantan Tengah. Bengkalis Kaitannya Dengan Budidaya KJA (Keramba Jaring Apung).* Fakultas Perikanan Universitas Riau. Riau. Jurnal Natur Indonesia II (I). page: 85-92.

Elyerviana, A. 2011. *Variabilitas Spasial Dan Temporal Kecepatan Arus Dan Angin Serta Kaitannya Dengan Hasil Tangkapan Di Perairan Laut Flores Menggunakan Data Tahun 2009*. Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Makassar.

Emery, W.J., Thomson, R.E., 2001. *Data Analysis Methods In Physical Oceanography*. USA.

Emiyarti. 2004. *Karakteristik Fisika Kimia Sedimen Dan Hubungannya Dengan Struktur Komunitas Makrozoobentos Di Perairan Teluk Kendari*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Hasyim, B. 2002. *Penyediaan Informasi Spasial Potensi Sumber Daya Alam dan Linkungan Kawasan Timur Indonesia(dalam rangka mendukung Percepatan Pembangunan Kawasan Timur Indonesia).* Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.

Hertanto, H.B. 2012. *http://geoenviron.blogspot.com/2012/10/macam-angin.html*. Diakses pada tanggal 26 September 2014 pukul 07.00 WIB.

Kahar, J. 2008. *Geodesi*. ITB. Bandung. Hal-144.

Kementerian Lingkungan Hidup. 2014. *Kajian Risiko Dan Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim Pulau Lombok Provinsi Nusa Tenggara Barat*. Jakarta.

Lillesand, T.M dan R.W, Kiefer. 1990. *Penginderaan Jauh Dan Interpretasi Citra*. (Terjemahan Dari “Remote Sensing And Image Interpretation” Oleh Dulbari). Gadjah Mada Press. Yogyakarta. Hal-725.

Mustain, M. 2009. *Analisa Pola Arus Pasang Surut Pada Alur Pelayaran Tanjung Perak Di* Selat Madura. Fakultas Teknologi Kelautan ITS. Surabaya.

Nontji, A. 2007. *Laut nusantara*. DjambatanS. Jakarta.

Patang. 2009. *Kajian Kualitas Air Dan Sedimen Di Sekitar Padang Lamun Kabupaten Pangkep*. Politeknik Pertanian Negeri Pangkep Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan. Pangkep.

Pelabuhan Indonesia III. 2014. *Pelindo III Berikan Bantuan Sosial Bagi Masyarakat Sekitar Proyek Teluk Lamong*. http://pp3.co.id_press-release-pelindo-pelindo-iii-berikan-bantuan-sosial-bagi-masyarakat-sekitar-proyek-teluk-lamong. Diakses pada tanggal 19 Agustus 2014 pukul 04.00 WIB.

Pemerintah Kota Surabaya. 2012. *Laporan Profil Keanekaragaman Hayati Kota* Surabaya. Surabaya.

Pujiraharjo *et al*. 2013. *Studi Dampak Rencana Reklamasi Di* Teluk Lamong *Propinsi Jawa Timur Terhadap Pola Arus Pasang Surut Dan Angkutan Sedimen*. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Iniversitas Brawijaya. Malang.

Purnawan, S.; Setiawan. I.; Marwantim. 2012. *Studi Sebaran Sedimen Berdasarkan Ukuran Butir Di Perairan Kuala Gigieng Kabupaten* 33 *Aceh Besar Provinsi Aceh*. Koordinatorat Kelautan Dan Perikanan Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.

Puspita, F.Y. 2014. *Analisis Faktor-Faktor Oseanografi Terhadap Pola Distribusi Sedimen Perairan Di Wilayah Pelabuhan Peti Kemas Teluk Lamong, Surabaya, Jawa Timur*. Laporan Skripsi Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Dan Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.

Realino, B., Sri, S.S., Pranowo W.S., Andiastuti, R., Bambang, A.N. 2005. Peningkatan informasi daerah penangkapan ikan melalui integrasi teknologi inderaja permodelan hidrodinamika dan bioakustik. SEACORM. Bali.

Samsekerta, P.I. *et al*. 2012. *Perubahan Karakteristik Pola Arus Laut Pulau Bali Terkait Kejadian Enso*. Balai Pantai-Puslitbang Sumber Daya Air. Bandung.

Sugianto, D.N. *et al*. 2007. *Studi Pola Sirkulasi Arus Laut Di Perairan Pantai Provinsi Sumatera Barat*. Jurusan Ilmu Kelautan FPIK UNDIP. Semarang.

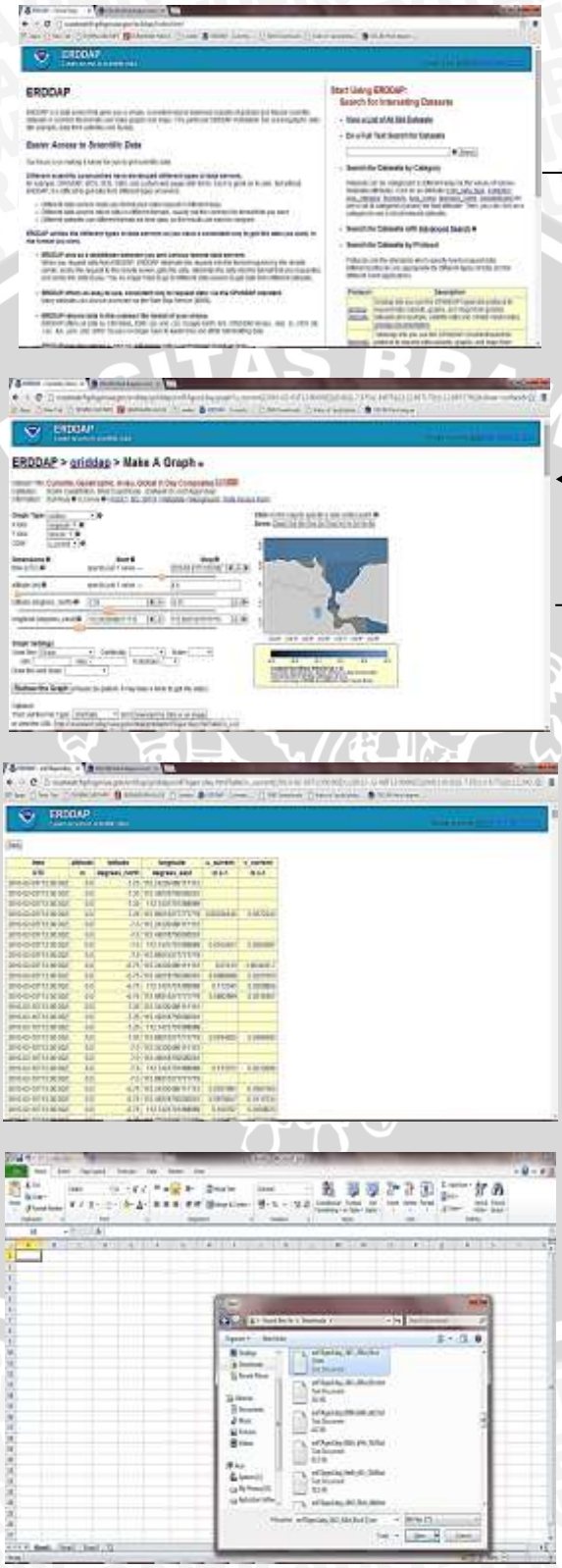
Susanto, R.D., Marra, J. 2005. *Effect Of 1997/1998 El Nino On Chlorophyll A Variability Along The Southern Coasts Of Java And Sumatra*. Oceanography 18 (4). 124-127.

Ubaidillah, H.M., Mahfud S, Fuad A.S, dan Siti C. 2010. *Korelasi Dan Regresi Pada Penelitian Kuantitatif*. UIN. Malang.

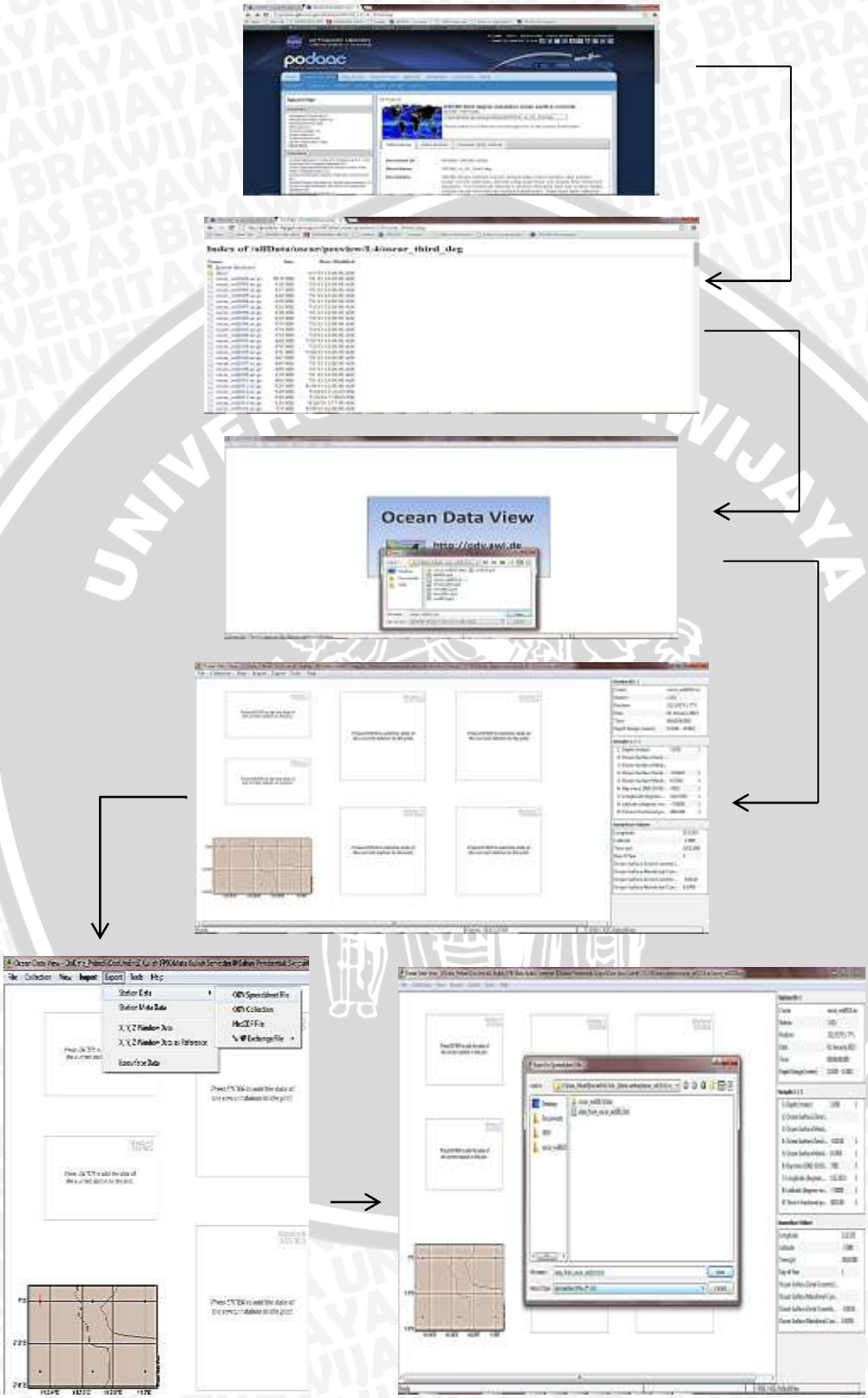
Yuliasari, D., Muhammad Zainuri, Denny N. Sugianto. 2012. *Kajian Pola Arus di Pantai Marina Ancol dan Pengaruhnya Terhadap Rencana Reklamasi*. Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Semarang.

LAMPIRAN

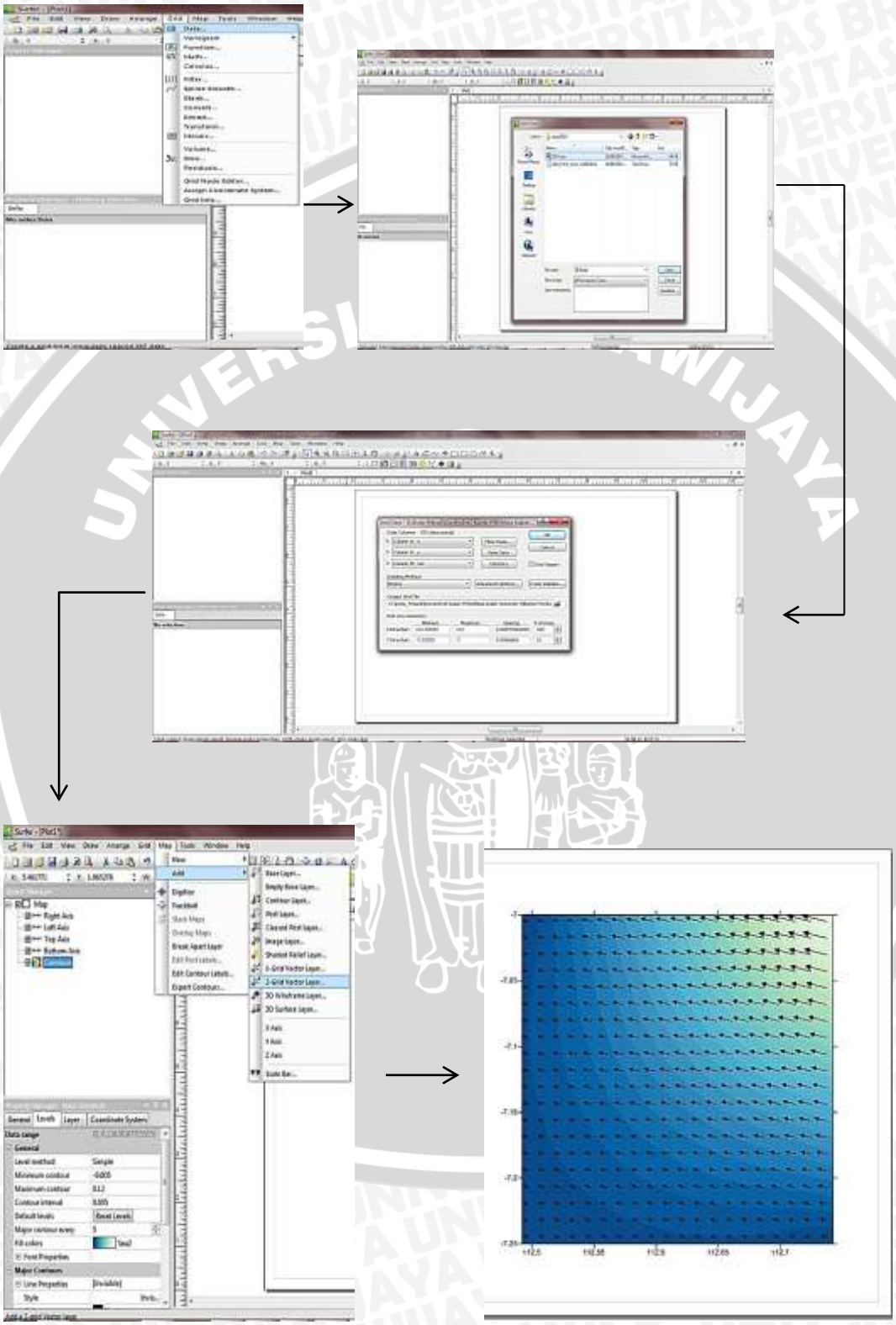
Lampiran 1. Tahapan pengunduhan data arus ERDDAP



Lampiran 2. Proses pengunduhan data arus OSCAR



Lampiran 3. Proses pengolahan data Surfer hasil data citra satelit ERDDAP dan OSCAR



Lampiran 4. Foto kegiatan di lapang

	Kalibrasi alat *Current meter* laut
	Pengukuran kecepatan arus *insitu*
	Menentukan arah arus *insitu*
	Menentukan arah arus *insitu*

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

	Mencatat hasil kecepatan arus
	Kondisi lapang perairan Teluk Lamong
	Perakitan *Current meter* laut