ANALISIS KONSENTRASI OKSIGEN TERLARUT (DO), pH, SALINITAS DAN SUHU PADA MUSIM HUJAN TERHADAP PENURUNAN KUALITAS AIR PERAIRAN TELUK PUNDUH KABUPATEN PESAWARAN PROVINSI LAMPUNG

Mudian Paena[1], Rezki Antoni Suhaimi[1] dan Muhammad Chaidir Undu[1]

[1]Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau
mudianpaena@yahoo.co.id

Abstrak: Perairan Teluk Punduh merupakan perairan yang digunakan untuk mengairi tambak intensif yang berada di sekitarnya. Selain itu pembuangan limbah tambak dalam bentuk organik juga dialirkan kedalam teluk. Akibatnya akan terjadi perubahan bahkan penurunan kualitas air teluk. Aktifitas yag berada di sekitar perairan Teluk Punduh didominasi oleh kegiatan tambak intensif, dengan demikian maka konstribusi terbesar terhadap perubahan kualitas air di Teluk Punduh adalah limbah organik tambak intensif. Adanya kecenderungan negatif tersebut menyebabkan pentingnya dilakukan pemantauan kualitas perairan. Beberapa kualitas air yang mempengaruhi eksistensi biota perairan adalah oksigen terlarut, pH, salinitas dan suhu. Oksigen dimanfaatkan oleh organisme perairan untuk proses respirasi dan menguraikan zat organik menjadi zat an-organik oleh mikro organisme. pH dalam perairan berkaitan langsung dengan kondisi oksigen terlarut dimana saat oksigen terlarut rendah maka pH menjadi asam demikian pula sebaliknya. Salinitas merupakan indikator utama untuk mengetahui penyebaran massa air lautan sehingga penyebaran nilai-nilai salinitas secara langsung menunjukkan penyebaran dan peredaran massa air dari satu tempat ke tempat lainnya. Sedangkan suhu sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisma. Berdasarkan hal tersebut di atas maka telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi dan distribusi oksigen terlarut, pH, salinitas dan suhu perairan Teluk Punduh. Penelitian dilakukan dengan metode survei. Pengambilan dan pengukuran parameter fisika-kimia air dilakukan secara in situ, fisika-kimia yang diukur adalah suhu, saliniatas, pH air, kecerahan perairan, arus dan DO menggunakan MDS 650. Pengukuran dilakukan musim hujan. Analisa data dilakukan secara desktiptif dan analisa spasial menggunakan software Arc GIS 3.1 Hasil penelitian menunjukkan kualitas perairan Teluk Punduh masing-masing oksigen terlarut antara 2.54 – 5.39 mg/L, pH 6.64 – 7.73, salinitas antara 29.84 – 31.58 ppt dan suhu antara 29.88 – 33.79ºC.

Kata kunci: oksigen terlarut, pH, salinitas, suhu, Teluk Punduh, Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung

PENDAHULUAN

Perairan Teluk Punduh merupakan perairan yang digunakan untuk mengairi tambak intensif yang berada di sekitarnya. Selain itu pembuangan limbah tambak dalam bentuk organik juga dialirkan kedalam teluk. Akibatnya akan terjadi perubahan bahkan penurunan kualitas air teluk. Secara umum pembuangan limbah tambak intensif bukan satu-satunya yang menyebabkan degradasi kualitas air teluk tetapi limbahlain seperti pabrik dan industri, kegiatan pertanian dan limbah dari aktifitas

manusia lainnya telah memberi konstribusi terhadap perubahan kualitas lingkungan. Rudiyanti (2009), mengatakan bahwa masuknya berbagai limbah mempunyai potensi mencemari lingkungan perairan. Selanjutnya dampak dari terjadinya hal tersebut, yang paling utama merasakannya adalah organisme-organisme akuatik.

Aktifitas yag berada di sekitar perairan Teluk Punduh didominasi oleh kegiatan tambak intensif, dengan demikian maka konstribusi terbesar terhadap perubahan kualitas air di Teluk Punduh adalah limbah organik tambak intensif. Perubahan kualitas air akibat aktifitas tambak intensif yang membuang limbahnya ke perairan akan mempengaruhi semua komponen fisika, biologi dan kimia perairan. Dalam perairan ketiga komponen tersebut menjadi instrument dalam sebuah sistem ekologi yang luas dimana secara bersama-sama bergerak saling terkait baik dalam siklus materi maupun dalam aliran energi, akibatnya adalah ketika salah satu instrument terganggu maka akan terjadi ketidakseimbangan dalam sistem ekologi perairan secara luas, dalam keadaan seperti ini dapat dikatakan bahwa telah terjadi degradasi lingkungan.

Pengembangan budidaya tambak intensif di Teluk Punduh merupakan usaha untuk meningkatkan produksi dan sekaligus seharusnya menjadi langkah strategis pelestarian kemampuan lingkungan yang serasi dan seimbang. Namun demikian secara praktis, praktek pelestarian lingkungan dari aktifitas tambak intensif masih jauh dari yang diharapkan. Penurunan kualitas air dibawah nilai baku mutu dapat mengancama keberadaan ekosistem perairan, selain itu dapat mengancam keberlanjutan tambak intensif yang menggunakan perairan Teluk Punduh sebagai sumber air utama. Adanya kecenderungan negatif tersebut menyebabkan pentingnya dilakukan pemantauan kualitas perairan. Beberapa kualitas air yang mempengaruhi eksistensi biota perairan adalah oksigen terlarut, pH, salinitas dan suhu.

Oksigen adalah salah satu unsur kimia yang sangat penting sebagai penunjang utama kehidupan berbagai organisme. Oksigen dimanfaatkan oleh organisme perairan untuk proses respirasi dan menguraikan zat organik menjadi zat an-organik oleh mikro organisme. Oksigen terlarut dalam air berasal dari difusi udara dan hasil fotosintesis organism berklorofil yang hidup dalam suatu perairan dan dibutuhkan oleh organisme untuk mengoksidasi zat hara yang masuk ke dalam tubuhnya (Nybakken, 1988). Adanya penambahan oksigen melalui proses fotosintetis dan pertukaran gas antara air dan udara menyebabkan kadar oksigen terlarut relatif lebih tinggi

di lapisan permukaan. Dengan bertambahnya kedalaman, proses fotosintesis akan semakin kurang efektif, maka akan terjadi penurunan kadar oksigen terlarut sampai pada suatu kedalaman yang disebut "*Compensation Depth*", yaitu kedalaman tempat oksigen yang dihasilkan melalui proses fotosintetis sebanding dengan oksigen yang dibutuhkan untuk respirasi (Sverdrup, *et al*., 1942 *dalam* simanjuntak, 2005). Kadar oksigen terlarut yang turun drastis dalam suatu perairan menunjukkan terjadinya penguraian zat-zat organik dan menghasilkan gas berbau busuk dan membahayakan organisma (Simanjuntak, 2005). Kekurangan oksigen terlarut dalam perairan dapat menyebabkan kematian bagi biota perairan.

pH dalam perairan berkaitan langsung dengan kondisi oksigen terlarut dimana saat oksigen terlarut rendah maka pH menjadi asam demikian pula sebaliknya. Selain oksigen terlarut suhu perairan juga member peran terhadap fluktuasi pH. Pada saat suhu perairan tinggi maka pH menjadi rendah terutama ketika kenaikan suhu disebabkan oleh pencemaran. Pescod, (1978) *dalam* Simanjuntak (2009), bahwa derajat keasaman suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang cukup penting dalam memantau kestabilan perairan. Perubahan nilai pH suatu perairan terhadap organisme akuatik mempunyai batasan tertentu dengan nilai pH yang

bervariasi, tergantung pada suhu air laut, konsentrasi oksigen terlarut dan adanya anion dan kation.

Salinitas merupakan faktor pembatas bagi organisme perairan terutama yang berada pada range yang sempit. Selanjutnya bahwa salinitas merupakan indikator utama untuk mengetahui penyebaran massa air lautan sehingga penyebaran nilai-nilai salinitas secara langsung menunjukkan penyebaran dan peredaran massa air dari satu tempat ke tempat lainnya. Penyebaran salinitas secara alamiah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain curah hujan, pengaliran air tawar ke laut secara langsung maupun lewat sungai dan gletser, penguapan, arus laut, turbulensi percampuran, dan aksi gelombang (Meadows dan Campbell., 1988; Illahude, 1999 *dalam* Huboyo dan Zaman, 2007).

Salinitas akan mempengaruhi penyebaran organisme baik secara horisontal maupun secara vertikal (Odum, 1971). Salinitas juga akan mempengaruhi penyebaran plankton, hewan makrobenthos dan organisme perairan lainnya.

Salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme adalah temperatur (Nybakken, 1988). Suhu perairan yang lebih hangat menyebabkan organisme perairan mengalami peningkatan laju respirasi dan peningkatan konsumsi oksigen serta lebih mudah terkena penyakit, parasit dan bahan kimia beracun (Huboyo dan Zaman, 2007).

Berdasarkan hal tersebut di atas maka telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi dan distribusi oksigen terlarut, pH, salinitas dan suhu perairan Teluk Punduh.

METODE PENELITIAN

Pengambilan dan pengukuran parameter fisika-kimia air dilakukan secara in situ, fisika-kimia yang diukur adalah suhu, saliniatas, pH air, kecerahan perairan, arus dan DO. Parameter fisika dan kimia limbah yang terdiri atas kelarutan oksigen (DO), salinitas, suhu dan pH diukur secara in-situ menggunakan MDS 650. Pengukuran dilakukan musim hujan. Total pengukuran yang dilakukan sebanyak 100 titik, mulai dari outlet tambak intensif, tengah teluk sampai pada jarak 3200 meter di mulut teluk. Analisa data dilakukan secara desktiptif dan dibandingkan dengan standar baku yang disyaratkan serta hasil-hasil penelitian sebelumnya. Sedangkan analisa spasial menggunakan software Arc GIS 3.1 untuk menggambarkan distribusi oksigen terlarut, pH, salinitas dan suhu di perairan Teluk Punduh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

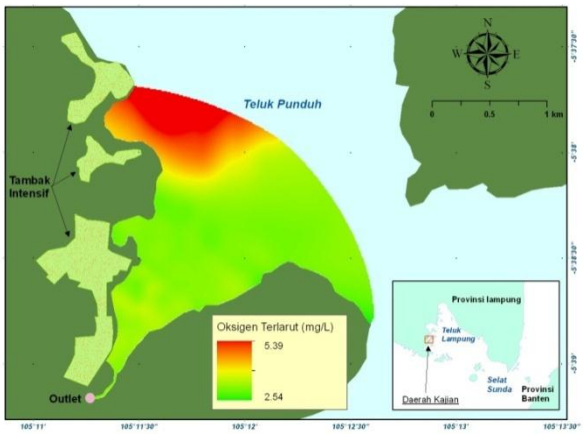
Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut merupakan parameter yang paling kritis di dalam budidaya ikan dibandingkan rumput laut dan tirammutiara. Oksigen berasal dari proses difusi udara dan fotosintesis, serta dipengaruhi suhu, salinitas dan tekanan udara. Peningkatan suhu, salinitas dan tekanan menyebabkan penurunan oksigen, begitu juga sebaliknya (Affian, 2011). Terganggunya suatu ekosistem perairan dapat diketahui dari tingkat kesuburan yang semakin rendah. Salah satu indikator kesuburan perairan adalah oksigen terlarut. Kadar oksigen terlarut semakin menurun seiring dengan semakin meningkatnya limbah organik di perairan tersebut. Hal ini disebabkan oksigen yang

dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik menjadi zat anorganik semakin banyak (Simanjuntak, 2007)

Hasil pengukuran oksigen terlarut selama penelitian berkisar antara 2.54 – 5.39 mg/L. Nilai oksigen terlarut yang rendah (< 5 mg/L) tersebar hampir merata dalam teluk mulai dari *outlet* tambak sampai pada sebagian besar mulut teluk. Menurut Kepmen KLH No. 51 tahun 2004, persyaratan oksigen terlarut untuk biota perairan diatas 5 mg/L. Nilai oksigen terlarut yang rendah tersebut dapat terjadi karena adanya pengaruh limbah organik dari tambak intensif.

Reid, (1961); Welch, (1980) *dalam* Simanjuntak, (2005) menjelaskan bahwa kecenderungan menurunnya oksigen terlarut di perairan ini sangat dipengaruhi oleh meningkatnya bahan-bahan organik yang masuk ke perairan disamping faktor-faktor lainnya diantaranya kenaikan suhu, salinitas, respirasi, adanya lapisan di atas permukaan air, senyawa yang mudah teroksidasi dan tekanan atmosfir



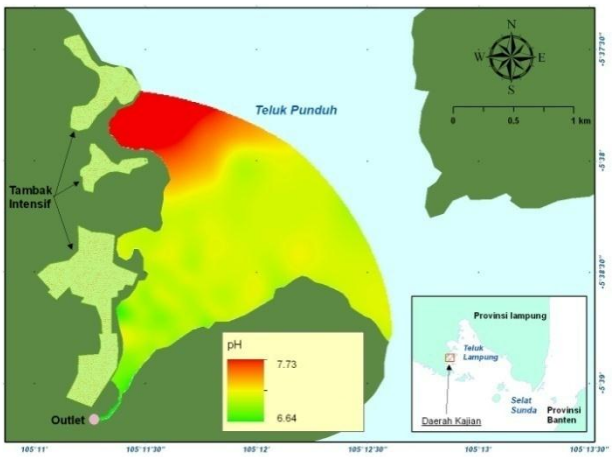
Gambar 1. Sebaran kandungan oksigen terlarut perairan Teluk Punduh saat musim hujan

Sedangkan nilai nilai oksigen terlarut yang tinggi (> 5 mg/L) hanya terdapat pada sebagian kecil wilayah di mulut teluk (Gambar 1). Secara umum kandungan oksigen terlarut lebih tinggi di wilayah pantai dibandingkan dengan pada laut lepas (Santoso, 2005). Keadaan ini berbeda dengan hasil penelitian . Pada bagian perairan yang dijumpai nilai kandungan oksigen terlarutnya tinggi dapat disebabkan proses fotosintesis oleh fitoplankton terjadi secara alami namun dengan nilai hanya sedikit diatas 5 mg/L berarti proses fotosintesis belum terjadi secara optimal. Dari hasil tersebut maka dapat dikatakan bahwa perairan teluk punduh pada musim hujan telah tercemar dengan indikator rendahnya kandungan oksigen terlarut. Menurut Nybakken (1992), kandungan oksigen perairan erat kaitannya dengan banyaknya bahan organik yang berada di suatu perairan. Kandungan oksigen terlarut akan menurun dengan masuknya bahan organik ke perairan.

pH

Derajat keasaman (pH) sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan, pada pH rendah (asam, pH< 5) dan pH tinggi (basa, pH> 11) dapat menimbulkan kematian ikan dan tidak terjadi reproduksi. Nilai pH air laut berkisar 7,5-8,4 dan semakin rendah kewilayah pantai karena pengaruh air tawar (Affian, 2011). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pH perairan Teluk Punduh berkisar antara 6.64 – 7.73 (Gambar 2). pH rendah banyak terkonsentrasi pada *outlet*

tambak intensif dan selanjutnya meningkat pada seluruh perairan teluk. Sedangkan nilai tertinggi berada pada bagian barat teluk. Pescod, (1978) *dalam* Simanjuntak (2009) bahwa nilai pH dapat menjadi lebih rendah disebabkan kandungan bahan organik yang tinggi, namun demikian pada umumnya air laut mempunyai nilai pH lebih besar dari 7 yang cenderung bersifat basa, namun dalam kondisi tertentu nilainya dapat menjadi lebih rendah dari 7 sehingga menjadi bersifat asam.



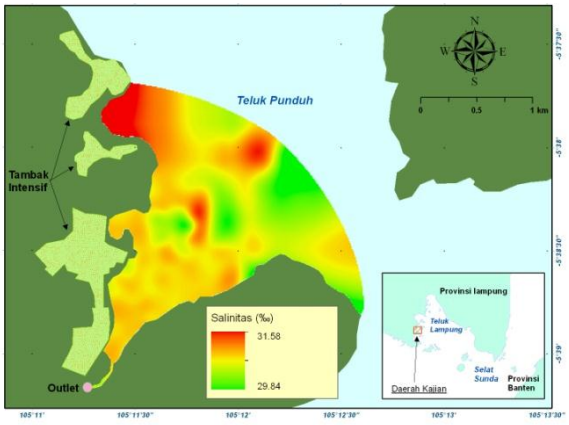
Gambar 2. Peta sebaran pH Perairan Teluk Punduh saat musim hujan

Dalam penelitian ini nilai pH terendah 6.64 sudah berada dalam kategori kritis terutama sekitar *outlet* tambak intensif. Menurut Baker *et al.* (1990) *dalam* Effendi (2003), bahwa nilai pH 6 ± 6,5 akan menurunkan keanekaragaman plankton dan benthos dan kelimpahan total biomassa dan produktivitas tidak mengalami perubahan. Menurut Effendi (2003) sebagian besar organisme air peka terhadap perubahan pH dan menyukai pH sekitar 7 – 7,5. Apabila nilai pH 6,0 – 6,5 akan menyebabkan keanekaragaman plankton dan hewan makrobenthos akan menurun. Menurut Mulyanto (1992), nilai pH yang baik untuk kehidupan ikan berkisar dan antara 6.5 – 8.5. Sedangkan menurut Kepmen KLH No. 51 Tahun 2004, nilai pH perairan untuk biota sebaiknya antara 7 – 8.5. Dengan demikian maka nilai pH yang diperoleh dari hasil pengukuran di perairan Teluk Punduh, sebagian besar telah berpotensi menurunkan kualitas perairan.

Salinitas

Salinitas perairan hasil penelitian berkisar antara 29.84 – 31.58 ppt, sedangkan nilai salinitas yang umum di parairan Indonesia menurut Romimohtarto dan Thayib (1982) *dalam* Edward dan Tarigan (2003), berkisar antara 32-34 ppt, laut terbuka umumnya salinitas berkisar antara 33-37 ppt dengan rata-rata 35 ppt. Rendahnya salinitas perairan Teluk Punduh dari salinitas perairan yang umum di Indonesia dipengaruhi oleh karena adanya proses pengenceran dari hujan dan pengenceran limbah organik dari tambak intensif. Dengan demikian walaupun salinitas ini masih baik untuk kehidupan organisme laut, khususnya ikan namun perubahan nilai salinitas tersebut telah mengindikasikan terjadi penurunan kualitas perairan. Salinitas tertinggi di perairan Teluk Punduh menyebar di bagian barat teluk, sedangkan salinitas terendah berada di bagian tengah dan mulut teluk. Menurut Nybakken (1988), fluktuasi salinitas dapat disebabkan oleh adanya gradien salinitas pada saat tertentu yang polanya bervariasi bergantung pada topografi estuaria, musim, pasang surut dan jumlah air

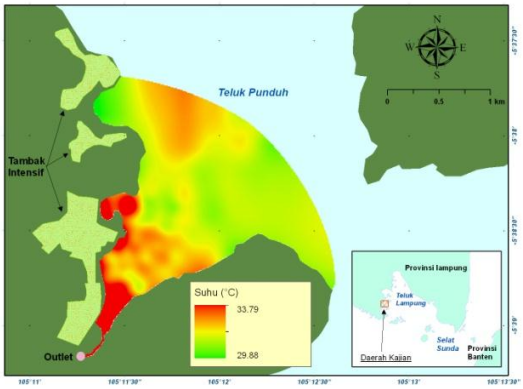
tawar. Sedangkan menurut Nontji (1987), sebaran salinitas di air laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai.



Gambar 3. Peta sebaran salinitas perairan Teluk Punduh saat musim hujan

Suhu

Hasil pengukuran suhu menunjukkan bahwa suhu perairan teluk punduh berkisar antara 29.88 – 33.79ºC. Suhu tertinggi tercatat pada sekitar *outlet* tambak intensif dan terendah berada di sekitar mulut teluk bagiab barat. Affan (2011), mengatakan bahwa suhu berperan penting bagi kehidupan dan perkembangan biota laut, peningkatan suhu dapat menurun kadar oksigen terlarut mempengaruhi metabolisme seperti laju pernafasan dan konsumsi oksigen serta meningkatnya konsentrasi karbon dioksida. Menurut Effendi (2003) bahwa kisaran temperatur yang optimal untuk pertumbuhan fitoplankton secara umum di perairan adalah 20 – 30ºC. Selanjutnya dikatakan bahwa algae dari filum Chlorophyta dan diatom akan tumbuh dengan baik pada kisaran suhu berturut-turut 30 ± 35ºC dan 20 ± 30ºC, dikarenakan penyerapan panas matahari yang masuk ke badan perairan oleh partikel-partikel baik yang tersuspensi maupun terlarut, baik yang berasal dari limbah industri maupun domestik. Mayunar *et al*, (1995) dalam Affan, (2011), menyebutkan suhu optimum untuk budidaya ikan adalah 27 - 32ºC. , sedangkan untuk budidaya rumput laut membutuhkan suhu pada kisaran 20 - 30ºC dan untuk tiram berkisar antara 20 - 32ºC. Dengan demikian maka suhu perairan yang terukur saat musim hujan di perairan Teluk Punduh, telah mempengaruhi penurunan produktifitas primer perairan..



Gambar 4. Peta sebaran suhu permukaan perairan Teluk Punduh saat musim hujan

KESIMPULAN

1. Limbah organik telah menurunkan kandungan oksigen terlarut perairan Teluk Punduh saat musim hujan.
2. Nilai pH di perairan Teluk Punduh pada musim hujan, sebagian besar telah berpotensi menurunkan kualitas perairan.
3. Rendahnya salinitas perairan Teluk Punduh dari salinitas perairan yang umum di Indonesia dipengaruhi oleh karena adanya proses pengenceran dari hujan dan pengenceran limbah organik dari tambak intensif.
4. Suhu perairan yang terukur saat musim hujan di perairan Teluk Punduh, telah berpengaruh pada penurunan produktifitas primer perairan..

DAFTAR PUSTAKA

Affan, J.M., 2011. Seleksi Lokasi Pengembangan Budidaya Dalam Keramba Jaring Apung (KJA) Berdasarkan Faktor Lingkungan dan Kualitas Air Di Perairan Pantai Timur Kabupaten Bangka Tengah. J. Sains MIPA, Vol. 17, No. 3, Hal.: 99 - 106

Edward dan Tarigan, M.S., 2003. Pengaruh Musim Terhadap Fluktuasi Kadar Fosfat dan Nitrat Di Laut Banda. Makara Sains. Volume 7 Nomor 2. Hal 82-90.

Effendi, H. 2003. Telaan Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisus. Yogyakarta.

Huboyo, H.S., dan Zaman, B., 2007. Analisa sebarab Temperatur dan Salinitas Air Limbah PLTU-PLTGU Berdasarkan Sistem Pemetaan Spasial (Studi Kasus: PLTU-PLTGU Tambak Lorok Semarang). Jurnal PRESIPITASI. Vol. 3 No.2. Hal 40 – 45.

Kepmen KLH Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air laut.

Mulyanto. 1992. Lingkungan Hidup Untuk Ikan. Depa rteme n P endi d ikan dan Kebudayaan Jakarta.

Nybakken, J. W. 1988. Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologi. Alih bahasa oleh M. Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. Hutomo dan S. Sukarjo. Gramedia Jakarta. 459 hal

Odum, E.P. 1971. Fundamentals of Ecology. W.B. Sounders Company, Toronto. 347 pp.

Rudiyanti, S., 2009. Kualitas Sungai Banger Pekalongan Berdasarkan Indikator Biologis *(Pekalongan Banger River Water Quality Based on Biological Indicator)*. Jurnal Saintek Perikanan Vol. 4, No. 2. Hal 46 – 52.

Simanjuntak, M., 2005. Oksigen Terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka. Jurnal Ilmu Kelautan. Volume 12 Nomor 2. Hal 59 – 66.

Simanjuntak, M., 2009. Hubungan Faktor Lingkungan Kimia, Fisika Terhadap Distribusi Plankton Di Perairan Belitung Timur, Bangka Belitung. Jurnal Perikanan (J. Fish. Sci.) XI (1): 31-45.

Santoso, A.D., 2005. Pemantauan Hidrografi dan Kualitas Air di Teluk Hurun Lampunng dan Teluk Jakarta. Jurnal Teknik Lingkungan. P3TL-BPPT. Volume 6 Nomor 3. Hal 433 – 437.

DISTRIBUSI KLOROFIL A PERAIRAN SEKITAR TAMBAK UDANG INTENSIF PADA MUSIM HUJAN DI PERAIRAN TELUK PUNDUH KABUPATEN PESAWARAN PROVINSI LAMPUNG

Mudian Paena[1], Rezki Antoni Suhaimi[1] dan Mat Fahrur[1]

[1]Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau
mudianpaena@yahoo.co.id

Abstrak: Klorofil-a merupakan salah satu pigmen yang terdapat dalam fitoplankton yang berperan untuk melakukan fotosintesis. Untuk mengetahui tingkat kesuburan dan kualitas suatu perairan dapat dilihat dari besarnya nilai klorofil-a yang terdapat pada perairan tersebut. Perairan yang subur berkaitan erat dengan produktivitas primer perairan, sedangkan produktivitas primer perairan tergambar dari kelimpahan fitoplankton. Kemampuan fitoplankton untuk mensintesis sendiri bahan organiknya menjadikan fitoplankton sebagai dasar dari sebagian besar rantai makanan di ekosistem lautan, karena plankton menjadi bahan makanan bagi berbagai jenis hewan laut. Sebaran konsentrasi plankton, tinggi di perairan pantai sebagai akibat dari tingginya suplai nutrien yang berasal dari daratan melalui limpasan air sungai, dan sebaliknya cenderung rendah di daerah lepas pantai. Teluk Punduh merupakan perairan yang mendapat beban limbah organik dari tambak intensif yang ada di sekittarnya. Pasokan tersebut akan merangsang peningkatan nutrient yang berpengaruh terhadap kesuburan perairannya. Kelayakan suatu perairan untuk kegiatan perikanan dapat diketahui dengan melihat batas kandungan kloroil-a dalam fitoplankton. Kehidupan fitoplankton sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, walaupun kondisi perairan tidak menguntungkan bagi kehidupannya, komunitas fitoplankton masih dapat bertahan sehingga dapat digunakan sebagai indikator untuk jangka waktu yang panjang. Berdasarkan hal tersebut di atas telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi dan distribusi klorofil-a musim hujan perairan Teluk Punduh Kabupaten Pesawaran Provinsi lampung. Penelitian dilakukan pada April 2013 saat musim hujan. Pengambilan contoh air untuk analisa klorofil-a dilakukan secara purposive. Analisa klorofil-a dilakukan melalui prosedur yang dikemukakan oleh Leonore, dan Hutagalung. Analisa data konsentrasi klorofil-a dilakukan secara deskriptif, sedangkan untuk distribusinya diolah dengan sofeware Ar GIS 3.1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a pada musim hujan di perairan Teluk Punduh berkisar antara 0 – 8.43 mg/m3 dengan reraata 0.48 mg/m3. Perairan Teluk Punduh pada saat musim hujan termasuk perairan dengan kesuburan sedang (mesotrofik). Namun demikian dibeberapa titik kandungan klorofil-a perairan ini termasuk eutrofik terutama pada sekitar *outlet* tambak.

Kata kunci: *klorofil-a, Teluk Punduh, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung*

PENDAHULUAN

Klorofil-a merupakan salah satu pigmen yang terdapat dalam fitoplankton yang berperan untuk melakukan fotosintesis. Untuk mengetahui tingkat kesuburan dan kualitas suatu perairan dapat dilihat dari besarnya nilai klorofil-a yang terdapat pada perairan tersebut (Ulqadry dan Aryawati, 2012). Selain dari konsentrasi klorofil-a,

fitoplankton juga dapat diidentifikasi dari pola arus permukaan, *upwelling,* dan *front* dengan asumsi bahwa daerah tempat terjadinya front, upwelling, dan pola arus permukaan merupakan perairan yang subur. Perairan yang subur berkaitan erat dengan produktivitas primer perairan, sedangkan produktivitas primer perairan tergambar dari kelimpahan fitoplankton (Aini, 2007 *dalam* Prianto *et al,* 2012).

Fitoplankton adalah alga uniseluler mikroskopis yang terdiri atas sejumlah besar klas yang berbeda. Fitoplankton adalah tumbuhan renik yang biasanya mengapung di permukaan air atau di melayang di kolom air. Fitoplankton mengandung klorofil yang memungkinkan organisme ini melakukan fotosintesis. Fitoplankton ketika berada dalam jumlah yang besar dapat tampak sebagai warna hijau di air karena mereka mengandung klorofil dalam sel-selnya, walaupun warna sebenarnya dapat bervariasi untuk setiap jenis fitoplankton karena kandungan klorofil yang berbeda beda atau memiliki tambahan pigmen seperti phycobiliprotein. (Thurman, 1997).

Untuk keperluan fotosintesis, fitoplankton harus berada pada zona euphotic (bagian permukaan) lautan, danau atau kumpulan air yang lain. Melalui fotosintesis, fitoplankton menghasilkan banyak oksigen yang memenuhi atmosfer bumi. Fitoplankton juga sangat tergantung dengan ketersediaan nutrisi untuk pertumbuhannya. Nutrisi-nutrisi ini terutama makronutrisi seperti nitrat, fosfat atau asam silikat, yang ketersediaannya diatur oleh kesetimbangan antara mekanisme yang disebut pompa biologis dan upwelling. Kemampuan fitoplankton untuk mensintesis sendiri bahan organiknya menjadikan mereka sebagai dasar dari sebagian besar rantai makanan di ekosistem lautan dan di ekosistem air tawar (UNEP, 1998).

Fitoplankton yang berada pada lapisan cahaya (fotik) mengandung klorofil-a yang berguna untuk fotosintesis. Klorofil-a mampu menyerap cahaya biru dan hijau, sehingga keberadaan fitoplankton dapat dideteksi berdasarkan kemampuan klorofil-a tersebut. Plankton, baik fitoplankton maupun zooplankton mempunyai peranan penting dalam ekosistem laut karena plankton menjadi bahan makanan bagi berbagai jenis hewan laut lainnya (Adnan, 2010). Perairan dikatakan eutrofik jika memiliki nutrien tinggi dan mendukung tumbuhan dan hewan air yang hidup di dalamnya. Perairan tipe oligotrofik pada umumnya jernih, dalam dan tidak dijumpai melimpahnya tanaman air serta alga. Kondisi tersebut menggambarkan nutrien yang rendah sehingga tidak mendukung populasi ikan yang relatif besar. Perairan tipe mesotrofik berada di antara tipe eutrofik dan oligotrofik, dengan kondisi nutrien sedang (Zulfia dan Aisyah, 2013).

Umumnya sebaran konsentrasi plankton tinggi di perairan pantai sebagai akibat dari tingginya suplai nutrien yang berasal dari daratan melalui limpasan air sungai, dan sebaliknya cenderung rendah di daerah lepas pantai. Meskipun demikian pada beberapa tempat masih ditemukan konsentrasi plankton yang cukup tinggi, meskipun jauh dari daratan. Keadaan tersebut disebabkan oleh adanya proses sirkulasi massa air yang memungkinkan terangkutnya sejumlah nutrien dari tempat lain, seperti yang terjadi pada daerah upwelling (Fitriya *et al,* 2011). Muatan unsur hara yang tinggi dapat merangsang pertumbuhan fitoplankton dengan cepat dan berlimpah sehingga dapat mempengaruhi fluktuasi dan kelimpahan fitoplankton yang ada di perairan (Yuliana, 2007 *dalam* Prianto *et al,* 2012).

Teluk Punduh merupakan perairan yang mendapat beban limbah organik dari tambak intensif yang ada di sekittarnya. Pasokan tersebut akan merangsang peningkatan nutrient yang berpengaruh terhadap kesuburan perairannya. Kesuburan perairan merupakan fungsi beban masukan unsur hara (nutrien) yang berlebih dan klorofil (Jeffrey, 1980). Nitrat merupakan pengontrol produktivitas primer perairan di zona eufotik dan dapat menjadi pupuk pada tanaman air. Senyawa ini dihasilkan dari

proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan dengan bantuan bakteri (Effendi, 2003). Davis dan Cornwell *dalam* Effendi (2003) menyatakan fosfat merupakan bentuk fosfor yang berfungsi sebagai unsure esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan alga, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan alga akuatik serta mempengaruhi tingkat produktivitas perairan. Klorofil-a merupakan jenis klorofil yang paling banyak terdapat pada fitoplankton (Jeffrey, 1980). Metode lain untuk mengklasifikasi tingkat kesuburan adalah dengan menghitung kandungan nitrat dan fosfat serta kelimpahan plankton (Nybakken, 1988). Fitoplankton dapat menunjukkan ketidakstabilan ekologi, dan juga dapat mengevaluasi berbagai bentuk pencemaran. Setiap jenis fitioplankton berbeda respon fisiologisnya terhadap perubahan kualitas perairan. Pencemaran merupakan pengrusakan kualitas air akibat akumulasi buangan limbah oleh manusia maupun buangan lain (Fachrul, 2007).

Kelayakan suatu perairan untuk kegiatan perikanan dapat diketahui dengan melihat komposisi fitoplankton dan kandungan klorofil. Kehidupan fitoplankton sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, walaupun kondisi perairan tidak menguntungkan bagi kehidupannya, komunitas fitoplankton masih dapat bertahan sehingga dapat digunakan sebagai indikator untuk jangka waktu yang panjang (Minsas *et al,* 2013). Berdasarkan hal tersebut di atas telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi dan distribusi klorofil-a musim hujan perairan Teluk Punduh Kabupaten Pesawaran Provinsi lampung.

METODE PENELITIAN

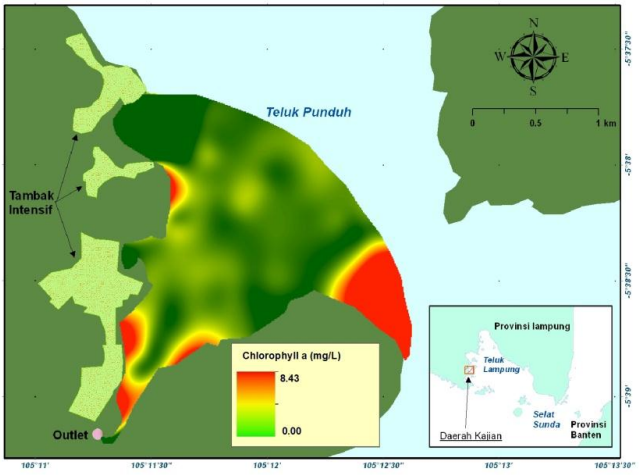
Penelitian dilakukan pada April 2013 saat musim hujan. Pengambilan contoh air untuk analisa klorofil-a dilakukan secara *purposive.* Analisa klorofil-a dilakukan melalui prosedur yang dikemukakan oleh Leonore, (2005) dan Hutagalung, (1997), dimana air contoh laut sebanyak 100 – 500 mL disaring menggunakan aspirator ditambak dengan vacuum pump yang telah berisi kertas saring cellulose, kertas saring cellulose dilipat lalu dimasukkan kedalam test tube yang berisi 7.5 mL larutan aseton 90%. Disimpan selama 24 jam dalam freezer, selanjutnya dicentrifuge dengan kecepatan 3500 rpm selama 10 menit lalu didiamkan selama 2 jam. Cairan jernih dituangkan kedalam kuvet untuk diukur absorsinya dengan menggunakan spektofotometer visible genesys. Selanjutnya diatur panjang gelombang masing-masing 750; 644; 647; dan 630 nm menggunakan blanko aceton yang telah dicentrifuge, selanjutnya dicatat dan dihitung kandungan klorofilnya.

klorofil-α={(11,85 x OD664)-(1,54 x OD647)- (0.08 x OD630)}/Vs2 x V1

Dimana: OD664 : absorban 664 – absorban 750
OD647 : absorban 647 – absorban 750
OD630 : absorban 630 – absorban 750
V1: volume ekstrak aceton
Vs: volume sampel (m3)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klorofil-a fitoplankton adalah suatu pigmen aktif dalam sel tumbuhan yang mempunyai peranan penting di dalam proses berlangsungnya fotosintesis diperairan. Semua sel berfotosintesis mengandung satu atau beberapa pigmen berklorofil (hijau coklat, merah atau lembayung), sementara itu dalam mata rantai makanan *(food chain)* di perairan, fitoplankton mempunyai fungsi sebagai produsen primer dimana organisme ini mampu mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis, untuk itu maka kandungan klorofil-a digunakan sebagai standing stock fitoplankton yang dapat dijadikan produktivitas primer suatu perairan (Pugesehan, 2010 *dalam* Adani *et al*, 2013). Klorofil-a merupakan pigmen yang selalu ditemukan dalam fitoplankton serta semua organisme autotrof dan merupakan pigmen yang terlibat langsung (pigmen aktif) dalam proses fotosintesis. (Arifin, 2009).



Gambar 1. Peta sebaran klorofil-a saat musim hujan di perairan Teluk Punduh

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a pada musim hujan di perairan Teluk Punduh berkisar antara 0 – 8.43 mg/m^3. Bond, (1979) mengatakan bahwa kosentrasi klorofil-a di atas 0,2 mg/m^3 menunjukkan kehadiran fitoplanton dapat menopang kelangsungan perkembangan perikanan komersial. Illahude, (1998), bahwa tingginya konsentrasi klorafil-a di pesisir pantai dapat dipengaruhi oleh percampuran dengan sedimentasi dan substansi-substansi kuningan yang dibawa oleh sungai-sungai dari daratan ataupun limpahan dari tengah lautan, terutama pada daerah pantai. Selain itu faktor kedalaman pantai juga menentukan tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a di perairan. Menurut Sulastri, dkk (2002) meningkatnya kandungan klorofil-a disebabkan oleh meningkatnya kelimpahan fitoplankton. Tingginya kandungan klorofil juga berhubungan dengan penurunan jumlah zat hara, dimana penyerapan zat hara oleh fitoplankton menyebabkan melambatnya penurunan tenggelamnya sel fitoplankton (Parsons dan Takahashi, 1984 *dalam* Minsas *et al*, 2013).

Berdasarkan nilai rerata kandungan klorofil-a yaitu sebesar 0.48 mg/m^3 maka perairan Teluk Punduh pada saat musim hujan termasuk perairan dengan kesuburan sedang (mesotrofik) (Tabel 1). Namun demikian dibeberapa titik kandungan klorofil-a perairan ini termasuk eutrofik terutama pada sekitar *outlet* tambak (Gambar 1). Tingginya kandungan klorofil –a pada daerah ini dipengaruhi oleh konsentrasi bungan limbah organik tambak intensif. Menurut Dawes (1981) *dalam* Wirasatriya (2011)

bahwa alga fitoplankton memerlukan berbagai unsur hara (nutrient) untuk aktivitas fotosintesa. Produksi biomasa fitoplankton di daerah eufotika dikontrol oleh daya dukung unsur hara di perairan. Unsur hara yang diperlukan dalam jumlah relatif besar adalah C, H, O, N, S, P, Si, Ca, Mg, dan K. Nybakken (1992) menyebutkan bahwa nutrient utama yang diperlukan fitoplankton untuk tumbuh dan berkembang biak adalah nitrogen (NO^{3-}) dan fosfor (PO_4^{2-}). Zat-zat hara lain baik organik maupun anorganik mungkin diperlukan dalam jumlah kecil atau sangat kecil namun pengaruhnya terhadap produktivitas tidak sebesar nitrogen dan fosfor. Kedua unsur ini sangat penting artinya karena kadarnya dalam air yang sangat kecil. Kedua unsur inilah yang menjadi faktor pembatas bagi produktivitas fitoplankton pada kondisi kondisi laut yang biasa terdapat.

Kandungan klorofil-a yang juga dipengaruhi oleh input bahan organik dari sumber lain yang dialirkan ke sungai yang mengalami peningkatan pada musim hujan. Booteiller *et al,* (1992) menjelaskan bahwa konsentrasi klorofil-a tergantung pada musim, lintang atau struktur hidrologi. Terlepas dari keragaman konsentrasi, distribusi klorofil-a dalam perairan jelas terkait dengan nutrisi. Asanuma *et al*, (2003); Hendiarti *et al*, (2004) *dalam* Nababan *et al,* (2009) mengatakan, pada musim hujan, peningkatan aliran sungai akan mempengaruhi konsentrasi klorofil-a melalui peningkatan unsure hara dan bahan organik terlarut.
Sumber: Dirangkum oleh Zulfiah dan Aisyah (2013).

Parameter/ *Parameter*	Status trofik/*Trophic level*			Sumber/*Source*
	Eutrofik	Mesotrofik	Oligotrofik	
Kecerahan/*Transparency*(m)	3-1,5	6-3	> 6	Wetzel (2001)
N-NO_3 (mg/l)	>0,2	0,1-0,2	<0,1	Golman & Horne (1983)
P-PO_4 (mg/l)	0,031-0,1	0,011-0,03	0,003-0,01	Vollenweider *dalam* Effendi (2003)
Klorofil-a/*Chlorophyll-a* (mg m^{-3})	8-25	2,5-8	<2,5	Likens (1975) *dalam* Jorgensen (1980)
Kelimpahan plankton/*Plankton abundance* (ind/l)	>15.000	2.000-15.000	<2.000	Lander *dalam* Basmi (1994)

Peningkatan jumlah kandungan klorofil-a terdapat pada bagian timur mulut teluk, hal ini disebabkan karena pada bagian timur mulut teluk terdapat sentra budidaya keramba jarring apung. Dengan demikian arus dapat mempengaruhi distribusi klorofil-a. Sukoharjo, (2012) menjelaskan bahwa sebaran konsentrasi klorofil-a pada umumnya tinggi di perairan pantai sebagai akibat dari suplai nutrien tinggi yang berasal dari daratan melalui limpasan air sungai, dan rendah di perairan lepas pantai. Meskipun demikian konsentrasi klorofil-a tinggi dapat ditemukan pula di perairan lepas pantai, disebabkan adanya proses sirkulasi massa air mengangkut nutrien dengan konsentrasi tinggi dari perairan dalam ke permukaan yang dikenal sebagai fenomena *upwelling*.

Tindak konsistennya kandungan klorofil-a di permukaan perairan teluk sangat berkaitan dengan fluktuasi kondisi lingkungan perairan, Mann dan Lazier, (1991), bahwa klorofil merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan produktivitas primer di perairan. Sebaran dan tinggi rendahnya kandungan klorofil sangat terkait dengan kondisi oseanografi suatu perairan. Umumnya fotosintesis bertambah sejalan dengan peningkatan intensitas cahaya (Mann, 1982 dalam Minsas et al, 2013). Cahaya merupakan salah satu faktor yang yang menentukan distribusi klorofil-a di perairan.

KESIMPULAN

1. Konsentrasi klorofil-a pada musim hujan di perairan Teluk Punduh berkisar antara 0 – 8.43 mg/m^3 dengan reraata 0.48 mg/m^3.
2. Perairan Teluk Punduh pada saat musim hujan termasuk perairan dengan kesuburan sedang (mesotrofik). Namun demikian dibeberapa titik kandungan klorofil-a perairan ini termasuk eutrofik terutama pada sekitar *outlet* tambak

DAFTAR PUSTAKA

Adani, N.G., Muskanonfola, MR., & Hendrarto, I.B., 2013. Kesuburan Perairan Di Tinjau dari Kandungan Klorofil-a Fitoplankton. Journal of Maqueres Volume 2, Nomor 4. Hal 38-45

Adnan, 2010. Analisa Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Data Inderaja Hubunganya Dengan Hasil Tangkapan Ikan Tongkol (Euthynnus affinis) Di Perairan Kalimantan Timur. Jurnal Amanisal Vol. 1. No.1. Hal 1 – 12.

Arifin, R. 2009. Distribusi Spasial dan Temporal Biomassa Fitoplankton (Klorofil-a) dan Keterkaitannya dengan Kesuburan Perairan Estuari Sungai Brantas, Jawa Timur. Program Studi MSP. FPIK. IPB. Bogor. Skripsi *(tidak dipublikasikan)*.

Bouteiller, A.L., Blanchot, J., & Rodier, M., 1992. Size distribution patterns of phytoplankton in the western Pacific: towards a generalization for the tropical open ocean. Deep-Sen Research, Vol. 39. No. 5. pp. 805-823.

Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta. 243 p.

Fachrul, M.F., 2007. Metode Sampling Bioekologi. Bumi Aksara. Jakarta

Fitriya, N., Surbakti, H., & Aryawati, R., 2011. Pola Sebaran Fitoplankton serta Klorofil-a pada Bulan November di Perairan Tambelan, Laut Natuna. Maspari Journal 03. Hal 1-8.

Jeffrey, S.W. 1980. Algal Pigment System in P.G Falhowsky (ed) Primary Productivity in the Sea. Plenum Press. New York. p. 33-58.

Minsas, S., Zakaria, I.J., dan Nurdin, J., 2013. Komposisi dan Kandungan Klorofil-a Fitoplankton Pada Musim Timur Dan Barat di Estuari Sungai Peniti, Kalimantan Barat. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung. Hal 381 – 386.

Nababan, B., Zulkarnaen, D., & Goal, 2009. Variabilitas Konsentrasi Klorofil-a Di Perairan Utara Sumbawa Berdasarkan Data Satelit SeaWiFS. E-Jurnal Ilmu dan Teknilogi Kelautan Tropis Volume 1 Nomor 2. Hal 73 – 83.

Nybakken, J.W. 1988. Biologi Laut. Suatu Pendekatan Ekologi. Alih bahasa oleh M. Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. Hutomo dan S. Sukarjo, Gramedia Jakarta. 459 p.

Prianto, Ulqodry, T.Z., dan Aryawati, 2012. Pola Sebaran Konsentrasi Klorofil-a di Selat Bangka dengan Menggunakan Citra Aqua-Modis. Maspari Journal Volume 5 Nomor 1. Hal 22-33

Sulastri., Apip dan Lukisubehi. 2002. Perubahan Komposisi Fitoplankton dan Tingkat eutrofikasi Danau Maninjau Sumatra Barat. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. LIPI Press, Jakarta.

Thurman, H. V. 1997. Introductory Oceanography. Prentice Hall College. New Jersey

UNEP. 1998. Phytoplankton. www.gcrio.org/UNEP1998/UNEP98p38.html

Wirasatriya, A., 2011. Pola Distribusi Klorofil-a dan Total Suspended Solid (TSS) di Teluk Toli Toli, Sulawesi. Buletin Oseanografi Marina Vol.1. Hal 137 – 149.

Zulfia, N., & Aisyah, 2013. Status Trofik Perairan Rawa Pening Ditinjau Dari Kandungan Unsur Hara (Nitrat dan Fosfat) Serta Klorofil-a. Bawal Volume 5 Nomor 3. . Hal 189-199.

PENINGKATAN KESUBURAN PERAIRAN LAUT ARAFURA DAN SEKITARNYA PASCA SIKLON TROPIS LAM

Eko Susilo, Sri Hadianti

Balai Penelitian dan Observasi Laut
Jl. Baru Perancak, Negara, Jembrana, Bali, 82251
e-mail: ekosusilo@live.com

Abstrak: Siklon tropis merupakan fenomena atsmosfer yang ditandai muncul tekanan udara rendah yang memicu terjadinya angin yang kencang akibat proses perpindahan panas dari daerah khatulistiwa menuju garis lintang. Dampak siklon tropis sangat dirasakan oleh daerah pesisir dan daratan baik berupa meningkatnya curah hujan, bencana banjir hingga kerusakan infrastruktur. Namun siklon tropis menjadi salah satu faktor yang pemicu terjadinya pengadukan vertikal dan *upwelling* yang menyebabkan meningkatnya kesuburan perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesuburan perairan di Laut Arafura dan sekitarnya pasca terjadinya siklon tropis LAM yang menerjang perairan Arafura dan pantai Queensland Australia pada tanggal 19 Februari 2015. Hasil analisis data konsentrasi klorofil-a komposit 8 harian satelit Aqua Modis menunjukkan daerah yang dilalui oleh siklon tropis LAM mengalami peningkatan kesuburan namun dengan respon yang berbeda pada masing-masing area pengamatan. Nilai konsentrasi klorofil-a sebelum terjadi siklon berkisar antara 0,71 mg/m^3 - 0,76 mg/m^3 dan mengalami peningkatan hingga 5 kali lipat pada kisaran 3,72 mg/m^3 dan 4,15 mg/m^3. Jeda waktu peningkatan kesuburuan bervariasi dari beberapa hari (A1, A2 dan A4) hingga selang 2 minggu (A3) pasca siklon LAM. Sedangkan berdasarkan data *Global High Resolution Sea Surface Temperature* (GHRSST), suhu permukaan laut mengalami penurunan tertinggi mencapai 1,14^{o}C dalam kurun waktu 2-3 hari pasca siklon tropis LAM, khususnya pada area A3 yang merupakan lokasi terjadinya siklon dewasa sebelum bergerak memasuki daratan.

Kata kunci: Kesuburan Perairan, Laut Arafura, Siklon LAM

PENDAHULUAN

Siklon tropis merupakan bentuk gangguan cuaca ekstrim yang diawali munculnya pusat tekanan rendah di atas lautan yang memicu proses konveksi dan pembentukan awan secara intensif. Umumnya pembentukan siklon tropis ini efektif pada daerah lintang di atas 10^o lintang utara maupun lintang selatan (Haryani dan Zubaidah, 2012). Sekitar 65% siklon tropis terbentuk di daerah antara 10^o dan 20^o dari ekuator. Daerah pembentukan siklon tropis meliputi perairan Atlantik Barat, Pasifik Timur, Pasifik Utara bagian Barat, Samudera India Utara dan Selatan, Australia dan Pasifik Selatan (Suryantoro, 2008). Siklon tropis tidak terbentuk di daerah ekuator karena gaya Coriolis mendekati nol (Neiburger, 1995 dalam Asrianti *et al.,* 2013). Walaupun Indonesia bukan merupakan daerah pembentukan siklon tropis, namun kondisi cuaca Indonesia sering mendapatkan imbas dari kejadian siklon tropis (Haryani dan Zubaidah, 2012).

Menurut Tjasyono *et al.,* (1983) dalam Haryani dan Zubaidah, (2012) syarat terbentuknya siklon tropis harus memenuhi 3 kriteria yaitu: (1) adanya konvergensi pada permukaan yang cukup kuat sehingga dapat menaikan lapisan udara lembab, (2)

adanya divergensi pada ketinggian tertentu untuk memindahkan udara yang tertimbun dan menyebabkan permukaan udara turun, (3) adanya energi yang cukup supaya dapat mempertahankan sirkulasi. Tjasyono, (2004) menyebutkan pertumbuhan badai tropis pada umumnya dibagi menjadi tiga tahap. Tahap lahir ditandai oleh susunan awan yang nisbi acak dan garis badai yang berkaitan dengan gerak gangguan angin timuran. Tahap dewasa yang ditandai dengan adanya sirkulasi rotasi yang kuat dengan kondisi simetris dan pola awan teratur disertai mata siklon yang bertekanan rendah. Tahap mati ditandai oleh sirkulasi yang makin melebar sehingga ukuran dan bentuknya menjadi tidak simetris. Pada belahan bumi utara umur siklon tropis rata-rata selama 6 hari dan 5 hari pada belahan bumi selatan (Asrianti *et al*., 2013).

Siklon tropis menyebabkan meningkatnya intensitas curah hujan dan angin kencang yang bersifat merusak. Telah banyak kajian pengaruh siklon tropis terhadap perubahan kondisi cuaca yang bersifat merusak (*destruktif*). Siklon tropis yang melewati daratan dapat menyebabkan kerusakan insfrastruktur baik berupa sarana umum, angkutan, bangunan, jembatan dan sebagainya. Sedangkan siklon tropis yang terjadi di perairan terbuka dapat menyebabkan ombak besar, hujan lebat, dan banjir di daerah pesisir. Dampak curah hujan yang terjadi di wilayah Indonesia biasanya merupakan akibat dari ekor siklon atau pemencaran awan pada tahap pembentukan siklon (Widiani, 2012). Suryantoro (2008) mencatat sekitar 80 sampai 100 kejadian siklon tropis setiap tahunnya di dunia dengan korban jiwa rata-rata mencapai 20.000 jiwa dan kerugian ekonomi mencapai USD 7 milyar. Namun siklon tropis yang terbentuk dan terjadi di perairan pesisir atau laut lepas memungkinkan terbentuknya daerah yang subur. Wang et al., 2009 menyebutkan siklon tropis yang terjadi di Laut Cina Selatan mempengaruhi dinamika dan sirkulasi massa air baik pada skala sempit maupun yang lebih luas. Siklon tropis dapat memicu terbentuknya eddy dan perubahan kedalaman lapisan termoklin. Pada daerah yang dilintasi siklon tropis memungkinkan pergerakan vertikal massa air yang kaya akan nutrien ke lapisan permukaan. Tingginya intensitas hujan mengakibatkan masukkan air dari muara sungai semakin intensif dengan membawa zat hara dari daratan (Zhao et al., 2009). Menurut Ye et al., (2013) siklon tropis Nuri mampu meningkatkan konsentrasi klorofil-a 5 kali lebih tinggi dari tingkat normal pada hari ke-2 dan berlangsung selama sekitar satu minggu serta menginduksi pencampuran vertikal secara signifikan.

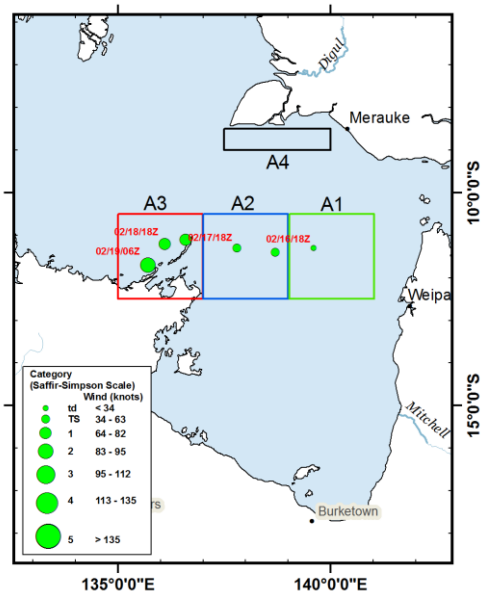
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesuburan perairan di perairan Laut Arafura dan sekitarnya pasca terjadinya badai tropis LAM yang menerjang pantai Queensland Australia pada tanggal 19 Februari 2015. Siklon tropis Lam merupakan yang terkuat melanda wilayah laut Australian bagian Utara sejak dilanda siklon tropis Monica tahun 2006. Siklon ini mulai terbentuk di Tanjung Cape York dan memasuki Teluk Carpentaria sebelah timur yang juga berbatasan dengan Laut Arafura. Secara intensif berkembang semakin kuat dan membentuk mata siklon pada tanggal 18 Februari 2015. Selanjutnya mencapai kecepatan angin maksimum sekitar 185 km/jam pada tanggal 19 Februari 2015. Tingginya kecepatan angin yang dihasilkan membuat siklon tropis LAM masuk ke dalam kategori 4 dan melemah setelah enam jam pindah ke darat (http://www.bom.gov.au/announcements/sevwx/nt/nttc20150217.shtml).

METODOLOGI

2.1. Data Siklon Tropis LAM

Data lintasan siklon tropis LAM berdasarkan data dari *Joint Typhoon Warning Center* (JTWC) yang dapat diakses melalui layanan *website Unisys Weather*

(http://weather.unisys.com/hurricane/s_pacific/2015/index.php). Informasi mengenai lokasi diperoleh setiap 6 jam disimbolkan dengan lingkaran sedangkan kecepatan angin dan kategori siklon disimbolkan dengan ukuran lingkaran (1 knot = 0,514 m/s, waktu dalam *Coordinated Universal Time*-UTC).



Gambar 1. Lokasi penelitiaan, lintasan dan karakteristik siklon tropis LAM

2.2. Data Satelit

Analisis variasi spasial dan temporal kecepatan angin sebelum dan pada saat terjadinya silon tropis LAM menggunakan data komposit harian *Advanced Scatterometer* (ASCAT) METOP yang memiliki resolusi 0,25 derajat. Data tersebut diperoleh dari ERDDAP *server* (http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/erdQAwind1day.html). Nilai kecepatan dan arah angin pada ketinggian 10 meter dihitung menggunakan persamaan:

$$wind_speed = \sqrt{x_wind^2 + y_wind^2}$$

$$wind_direction = 90 - \left(\left(\frac{180}{\pi}\right) * ATAN2\left(\frac{x_wind}{y_wind}\right)\right)$$

Analisis variasi spasial dan temporal suhu permukaan laut sebelum dan pada saat terjadinya siklon tropis LAM menggunakan data komposit harian *Global High Resolution Sea Surface Temperature* (GHRSST) level 4 hasil optimum interpolasi data sensor *microwave* (*Advanced Microwave Scanning Radiometer*-AMSR dan *Tropical Rainfall Measuring Mission Microwave Imager*-TMI) dan sensor *infrared* (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*-MODIS). Data tersebut tersedia secara *online* di *Physical Oceanography Distributed Active Archive Center* (PO.DAAC) dan dapat diunduh melalui portal http://podaac.jpl.nasa.gov/ dengan resolusi spasial 0,083 derajat.

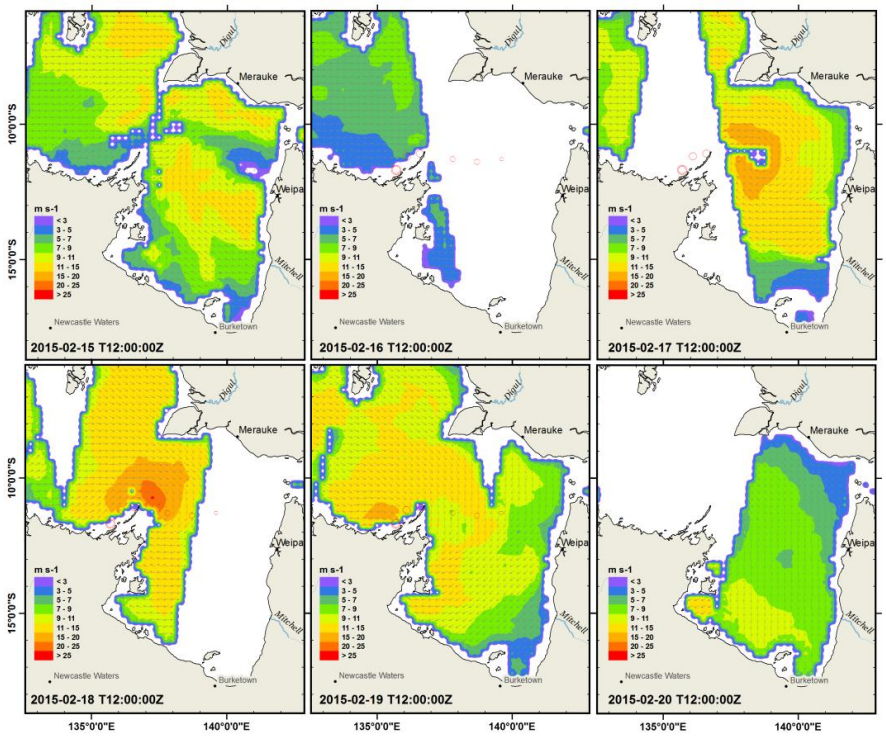
Peningkatan kesuburan perairan diindikasikan oleh nilai konsentrasi klorofil-a pada perairan. Konsentrasi klorofil-a menggunakan data komposit 8 harian dan komposit bulanan dari sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*-MODIS level 3 yang memiliki resolusi spasial 4 km. Data tersebut tersedia secara *online* di *website NASA Ocean Biology Processing Group* (http://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/).

Analisis pengaruh siklon tropis terhadap kondisi perairan dan kesuburan perairan berdasarkan dari nilai rata-rata suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a pada 4 area utama (**Gambar 1)** yaitu daerah awal munculnya siklon (A1), daerah siklon kategori 1 (A2), daerah siklon kategori 2 (A3) dan pesisir selatan Papua (A4).

HASIL DAN PEMBAHASAN

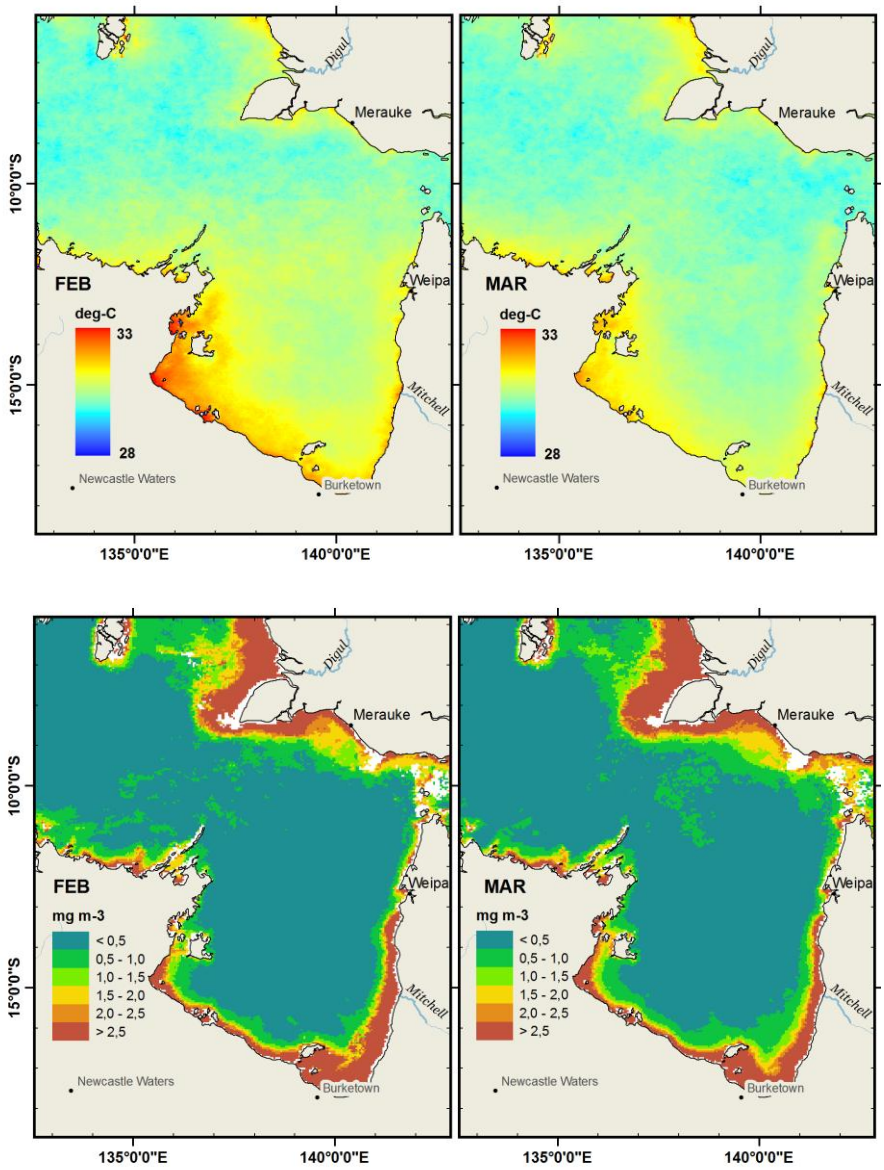
3.1.Variasi Angin

Siklon tropis LAM dikategorikan dalam siklon kategori 2 berdasarkan skala Saffir-Simpson dan berlangsung selama 5 hari. Berdasarkan data kecepatan angin dari satelit ASCAT- METOP memperlihatkan siklon tropis LAM mulai terbentuk pada tanggal 15 Februari 2015 di sebelah barat Weipa. Kecepatan angin yang tinggi terjadi di perairan Laut Arafura, selatan Merauke dan Teluk Carpentaria hingga mencapai kisaran 11-15 m/s dan mengalami pergerakan ke arah barat menuju ke Tanjung Cape York. Dua hari kemudian pada tanggal 17 Februari 2015 pusat siklon bergerak dengan kecepatan angin mencapai kisaran 15-20 m/s di sekitar pusat siklon. Siklon menerjang perairan Tanjung Cape York pada tanggal 18 Februari 2015 dengan kecepatan angin mencapai kisaran 20-25 m/s. Kecepatan angin yang tinggi terjadi hampir di seluruh perairan laut Arafura dan Teluk Carpentaria hingga mencapai kisaran 11-15 m/s. Sehari setelahnya siklon dikategorikan sebagai siklon tropis kategori 2 dan mulai menerjang wilayah pesisir dan daratan di sekitarnya, namun kecepatan angin masih cukup tinggi di perairan yang dilalui oleh siklon. Pada tanggal 20 Februari 2015 kecepatan angin mulai menurun pada kisaran 7-9 m/s. Variasi spasial dan temporal kecepatan angin sebelum dan selama siklon tropis LAM selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 2**.

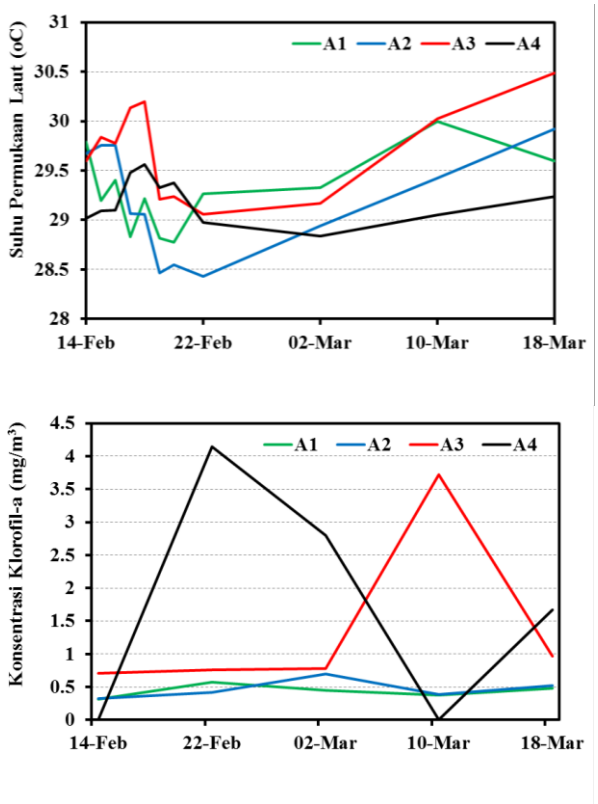


Gambar 2. Variasi harian kecepatan angin (m/s) dari sensor *Advanced Scatterometer* – METOP

Angin menjadi faktor yang dapat memicu terjadinya ekman *pumping* yang selanjutnya menimbulkan fenomena *upwelling*/ *downwelling* dan pengadukan vertikal. Pada saat terjadi siklon tropis kecepatan angin biasanya meningkat pada daerah lintasan siklon. Namun pada pusat siklon kecepatan angin cenderung lemah. Kecepatan angin pada pusat siklon tropis LAM kurang dari 3 m/s. Siklon dapat memicu terjadinya peningkatan pada kondisi kecepatan angin yang tinggi dan pergerakan arus yang lambat (Zhao et al., 2008). Pada umumnya kecepatan angin yang tinggi justru terjadi pada area yang berjarak 20-30 mil dari pusat siklon. Siklon tropis LAM memiliki kecepatan angin maksimum sekitar 185 km/jam dan tekanan udara terendah sebesar 943 hPa.



Gambar 3. Komposit bulanan klimatologis suhu permukaan laut (°C) dan konsentrasi klorofil-a (mg/m^3) tahun 2003 – 2014 dari Sensor Modis-AQUA



Gambar 4. Variasi suhu permukaan laut (*GHRSST*) dan konsentrasi klorofil-a (*MODIS*) pra dan pasca terjadinya siklon tropis LAM pada lokasi pengamatan (A1: Awal munculnya siklon; A2: Siklon kategori 1, A3: Siklon kategori 2, dan A4: Pesisir selatan P. Papua)

3.2. Variasi Suhu Permukaan Laut

Kondisi suhu permukaan laut bulan Februari klimatologis di Laut Arafura dan Teluk Carpentaria cenderung lebih hangat dibandingkan pada bulan April (**Gambar 3**). Data komposit bulanan klimatologi selama kurun waktu 12 tahun memperlihatkan suhu yang tinggi di daerah pesisir dan perairan Teluk Carpentaria pada bulan Februari. Pada bagian Teluk Carpentaria yang menjadi lintasan siklon tropis LAM cenderung hangat berkisar antara 30 – 31°C. Sedangkan suhu yang lebih dingin menyebar di bagian tengah perairan Laut Arafura pada kisaran antara 29 – 30°C. Memasuki bulan Maret suhu perairan mengalami penurunan seiring masukkanya massa air dari perairan Laut Coral yang bergerak ke arah barat. Suhu perairan Teluk Carpentaria cenderung lebih dingin dibandingan daerah sekitar pesisir dengan kisaran antara 29,5 – 30°C. Namun suhu yang hangat masih terlihat di pesisir Teluk Carpentaria dan sekitar pesisir P. Papua.

Analisis *time series* suhu permukaan laut sebelum dan saat terjadinya siklon tropis LAM diperlihatan pada **Gambar 4**. Suhu permukaan laut rata-rata sebelum terjadinya siklon tropis LAM sebesar 29,52 °C dengan nilai terendah pada A4 (29,02°C) dan tertinggi pada A1 (29,79 °C) yang merupakan lokasi awal terbentuknya siklon. Seiring dengan perkembangan siklon suhu permukaan laut mengalami penurunan. Penurunan yang signifikan terlihat 2-3 hari pasca dilalui oleh siklon. Penurunan suhu permukaan laut rata-rata pada Area A1, A2 dan A3 secara berurutan yaitu sebesar 0,42°C, 0,60°C, dan 1,14°C. Penurunan suhu yang cukup besar terjadi pada A3 yang merupakan lokasi terjadinya siklon dewasa sebelum bergerak memasuki daratan.

Namun tidak halnya dengan A4 yang bukan merupakan lintasan siklon. Suhu permukaan laut rata-rata pada area ini tidak mengalami penurunan yang signifikan, bahkan mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan siklon dari 29,47^{o}C pada tanggal 15 Februari 2015 hingga mencapai 29,51^{o}C pada tanggal 18 Februari 2015. Penurunan yang cukup tinggi pada area ini terlihat pasca terjadinya siklon yaitu tanggal 22 Februari 2015 hingga 2 Maret 2015 pada kisaran antara 28,84 – 28,98^{o}C.

3.3. Variasi konsentrasi klorofil-a

Kondisi kesuburan perairan bulan Februari klimatologis di Laut Arafura dan Teluk Carpentaria cenderung lebih rendah dibandingkan pada bulan April (**Gambar 3**). Data komposit bulanan klimatologi selama kurun waktu 12 tahun memperlihatkan konsentrasi klorofil-a yang tinggi (> 2 mg/m^3) terlihat di daerah pesisir Teluk Carpentaria dan Laut Arafura pada bulan Februari. Sedangkan di bagian tengah perairan Teluk Carpentaria dan Laut Arafura cenderung lebih rendah (< 0,5 mg/m^3). Tingginya nilai konsentrasi klorofil-a menunjukkan adanya masukan nutrien dan partikel terlarut lainnya pada aliran air sungai. Wilayah pesisir selatan P. Papua merupakan muara 5 sungai besar (S. Merauke, S. Mato dan S. Bulaka, S. Kumo, dan S. Bunyake) dan memiliki tingkat kesuburan yang tinggi sepanjang tahun. Memasuki bulan Maret konsentrasi klorofil-a mengalami peningkatan pada beberapa wilayah khususnya di selatan Pulau Yos Sudarso.

Pengaruh siklon tropis terhadap peningkatan kesuburan perairan ditunjukkan oleh hasil analisis *time series* konsentrasi klorofil-a sebelum dan saat terjadinya siklon LAM (**Gambar 4)**. Ketersediaan data harian konsentrasi klorofil-a dari satelit pada area lintasan siklon tidak ada karena tutupan awan yang tinggi sehingga analisis kesuburan perairan menggunakan data komposite 8 harian. Pada A1 dan A2 menunjukkan adanya peningkatan kesuburan selang beberapa hari pasca siklon walaupun tidak terlalu signifikan. Nilai konsentrasi klorofil-a pada A1 secara berurutan sebelum dan pasca siklon sebesar 0,32 mg/m^3 dan 0,58 mg/m^3. Sedangkan nilai konsentrasi klorofil-a pada A2 secara berurutan sebelum dan pasca siklon sebesar 0,33 mg/m^3 dan 0,69 mg/m^3 dengan jeda waktu yang lebih lama pasca siklon melintas yaitu sekitar 10 harian.

Peningkatan konsentrasi klorofil-a yang tinggi terekam pada A3 dan A4 masing-masing sebesar 3,72 mg/m^3 dan 4,15 mg/m^3. Namun kedua area memiliki respon yang berbeda terhadap terjadinya siklon yang ditunjukkan dengan jeda waktu peningkatan kesuburan pasca melintasnya siklon. Pada A3 yang merupakan pusat siklon dewasa peningkatan klorofil-a terjadi 2 minggu pasca siklon. Sedangkan pada A4 yang memiliki tingkat kesuburan tinggi sepanjang tahun memberikan respon yang lebih cepat. Diduga tiupan angin yang tinggi saat terjadinya siklon menginduksi pergerakan vertikal massa air di pesisir utara P. Papua tersebut. Tiupan angin yang kencang ke arah timur menyebabkan terjadinya transpor Ekman yang mendorong massa air di wilayah pesisir bergerak menjauhi pantai. Kekosongan massa air di wilayah pisisir akan tergantikan oleh massa air dari lapisan dalam ini menuju kearah permukaan. Umumnya proses *upwelling* dicirikan oleh massa air yang lebih dingin dan konsentrasi klorofil-a yang tinggi. Menurut Wang et al., (2009) siklon tropis dapat memicu terbentuknya eddy, perubahan kedalaman lapisan termoklin dan pergerakan vertikal massa air yang kaya akan nutrien ke lapisan permukaan. Namun ada kemungkinan sebaliknya dimana terjadi proses *downwelling* pada A4. Penurunan kesuburan perairan akibat proses *downwelling* pada daerah sekitar pesisir selatan P. Papua dapat terjadi mengingat data konsentrasi klorofil pada 14 Februari 2015 dan 10 Maret 2015 tidak ada karena

tingginya tutupan awan di area tersebut. Hal ini menyebabkan analisis tidak dapat dilakukan dengan lebih komprehensif.

Pada umumnya peningkatan kesuburan pada lintasan siklon tidak serta merta terjadi pasca melintasnya siklon. Siklon tropis LAM menyebabkan peningkatan konsentrasi klorofil-a yang hingga 5 kali lipat dibandingkan pada saat sebelum terjadinya siklon. Sebelum siklon terekam konsentrasi klorofil-a pada pada A3 sebesar 0,71 mg/m^3 dan mengalami peningkatan hingga 3,72 mg/m^{3}dalam kurun waktu 2 minggu pasca siklon (10 Maret 2015). Hal ini dimungkinkan adanya pengayaan nutrien di daerah pesisir menyusul tingginya curah hujan di daratan. Area A3 terdiri dari beberapa pulau kecil dan menjadi muara beberapa sungai besar di Australia bagian utara. Aliran air dari daratan membawa material terlarut (*river discharge*) yang dimungkinkan terdeteksi oleh sensor MODIS sebagai klorofil-a. Kondisi ini diperkuat dengan nilai konsentrasi klorofil yang relatif stabil pada saat terjadinya siklon pada kisaran 0,71 mg/m^3 - 0,76 mg/m^3 yang menunjukkan tidak ada peningkatan kesuburan pada saat terjadinya siklon. Hasil penelitian Ye et al., (2013) menunjukkan siklon tropis Nuri mampu meningkatkan konsentrasi klorofil-a 5 kali lebih tinggi dari tingkat normal pada hari ke-2 dan berlangsung selama sekitar satu minggu serta menginduksi pencampuran vertikal secara signifikan di Laut Cina Selatan.

KESIMPULAN

Suhu permukaan laut mengalami penurunan tertinggi mencapai 1.14 ^{o}C dalam kurun waktu 2-3 hari pasca siklon tropis LAM, khususnya pada area A3 yang merupakan lokasi terjadinya siklon dewasa sebelum bergerak memasuki daratan. Peningkatan kesuburan perairan terekam pada semua area pengamatan namun dengan respon yang berbeda. Nilai konsentrasi klorofil-a sebelum terjadi siklon berkisar antara 0,71 mg/m3 - 0,76 mg/m3 dan mengalami peningkatan hingga 5 kali lipat pada kisaran 3,72 mg/m3 dan 4,15 mg/m3. Jeda waktu peningkatan kesuburuan bervariasi dari beberapa hari (A1, A2 dan A4) hingga selang 2 minggu (A3) pasca siklon LAM. Adanya pengayaan nutrien di daerah pesisir menyusul tingginya curah hujan di daratan membawa material terlarut (*river discharge*) masuk ke perairan yang dimungkinkan terdeteksi oleh sensor MODIS sebagai klorofil-a. Oleh karena itu diperlukan pengukuran lapangan untuk memastikan tingginya nilai klorofil pada daerah pesisir.

DAFTAR REFERENSI

A. Suryantoro. 2008. Siklon Tropis di Selatan dan Barat Daya Indonesia dari Pemantauan Satelit TRMM dan Kemungkinan Kaitannya dengan Gelombang Tinggi dan Puting Beliung. Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara 3(1):21-32.

Bureau of Meteorology. 2015. Severe Tropical Cyclone Lam Northern Territory Regional Office. Di akses 8 April 2015, dari http://www.bom.gov.au/announcements/sevwx/nt/nttc20150217.shtml

B.H.K Tjasyono. 2004. Klimatologi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

G. Wang, Z. Ling, and C. Wang. 2009. Influence of tropical cyclones on seasonal ocean circulation in the South China Sea. Journal of Geophysical Research (114):1-9.

H.J. Ye, Y. Sui, D.L. Tang and Y.D. Afanasyev. 2013. A subsurface chlorophyll a bloom induced by typhoon in the South China Sea. Journal of Marine Systems (128):138–145.

H. Zhao, D.L. Tang, and D. Wang. 2009. Phytoplankton blooms near the Pearl River Estuary induced by Typhoon Nuri. Journal of Geophysical Research (114):1-9.

H. Zhao, D. L. Tang, and Y. Wang. 2008.Comparison of phytoplankton blooms triggered by two typhoons with different intensities and translation speeds in the South China Sea, Mar. Ecol. Prog. Ser., (365):57– 65.

N.S. Haryani dan A. Zubaidah. 2012. Dinamika Siklon Tropis di Asia Tenggara Menggunakan Data Penginderaan Jauh. Widya, 29(324):54-58.

N. Widiani. 2012. Identifikasi Kejadian Siklon Tropis di Perairan Sekitar Indonesia dari Observasi Satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) dan Kaitannya dengan Curah Hujan. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.

P. Asrianti, A. Bey dan Y. Ilhamsyah. 2013. Kajian beberapa karakteristik siklon tropis (kasus topan Choi-wan dan Nida di lautan Pasifik Utara bagian barat). Depik, 2(3): 154-161.

SKRINING FITOKIMIA SENYAWA METABOLIT SEKUNDER DARI EKSTRAK KULIT BATANG MANGROVE *Rhizophora stylosa*

Ima Nurmalia Permatasari[1], Shintya Rani[1], Rifqi Fauzan[1], Mahmiah[2]

[1]Mahasiswa S1–Oseanografi Fakultas Teknik Universitas Hang Tuah Surabaya
[2]Dosen Kimia Universitas Hang Tuah Surabaya
Koresponden Author: mahmiah@gmail.com

Abstrak: Tanaman mangrove merupakan tanaman yang hidup di daratan dan air laut, antara batas air pasang dan surut. Tanaman mangrove berperan dalam melindungi garis pantai dari erosi, gelombang laut dan angin topan. Dalam kehidupan manusia, tanaman mangrove juga dapat digunakan sebagai sumber pangan, papan dan obat-obatan. Potensi pemanfaatan tanaman mangrove di bidang kesehatan saat ini masih belum banyak dimanfaatkan. Salah satu tanaman mangrove yang hidup di Perairan Pasir Putih Situbondo adalah *Rhizophora stylosa* yang secara etnobotani dimanfaatkan oleh masyarakat untuk obat tradisional seperti obat sakit gigi dan keracunan akibat terlalu banyak makan kerang–kerangan. Beberapa bagian seperti daun, biji, dan buah tanaman mangrove yang dipakai sebagai obat tradisional oleh masyarakat di wilayah Pantai Pasir Putih Kecamatan Bungatan Kabupaten Situbondo diduga mengandung senyawa metabolit sekunder yang dapat mengurangi rasa sakit. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan senyawa metabolit sekunder pada sampel kulit batang tanaman mangrove *R. stylos*a menggunakan metode maserasi dan skrining Fitokimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kulit batang tanaman mangrove *R. stylosa* mengandung senyawa metabolit sekunder golongan Alkaloid, Fenolat, Saponin, Steroid, dan Terpenoid.

Kata kunci: *R.stylosa; s*krining fitokimia; metabolit sekunder; mangrove

PENDAHULUAN

Latar belakang

Hutan mangrove merupakan ekosistem yang kompleks terdiri atas flora dan fauna daerah pantai, hidup sekaligus di habitat daratan dan air laut, antara batas air pasang dan surut. tanaman mangrove berperan juga sebagai buffer (perisai alam) dan menstabilkan tanah dengan menangkap dan memerangkap endapan material dari darat yang terbawa air sungai dan yang kemudian terbawa ke tengah laut oleh arus. Tanaman mangrove berperan dalam melindungi garis pantai dari erosi, gelombang laut dan angin topan. Tanaman mangrove juga dapat digunakan sebagai sumber pangan, papan dan obat-obatan.

Selama ini, tanaman yang digunakan sebagai obat kebanyakan berasal dari tanaman darat, padahal tanaman yang berasal dari perairan juga memiliki potensi sebagai obat-obatan. Spalding *et al* 2001 dalam Mahmiah 2013 menjelaskan bahwa tanaman mangrove di Indonesia merupakan yang terbanyak di dunia, baik dari segi kuantitas area (sekitar 42.550 km^2) maupun jumlah spesies (sekitar 45 spesies), tentunya memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi dan kemungkinan berpotensi sebagai obat. Pantai Pasir Putih Situbondo memiliki daya tarik tersendiri seperti angin

yang kencang, perubahan suhu yang ekstrem, gelombang yang tinggi, dan memiliki topografi melengkung menghadap ke laut.

Secara etnobotani, beberapa bagian tanaman mangrove yang hidup di wilayah perairan Situbondo dimanfaatkan untuk obat tradisional seperti obat sakit gigi dan keracunan akibat terlalu banyak makan kerang–kerangan. Beberapa bagian seperti daun, biji, dan buah tanaman mangrove yang dipakai sebagai obat tradisional oleh masyarakat di wilayah Pantai Pasir Putih Kecamatan Bungatan Kabupaten Situbondo diduga mengandung senyawa metabolit sekunder yang dapat mengurangi rasa sakit.

Berdasarkan kemotaksonomi, tanaman mangrove diketahui dalam tanaman tersebut mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder seperti golongan fenolat, alkaloid, terpenoid, dan saponin (Mahmiah 2013). Senyawa-senyawa metabolit sekunder tersebut dihasilkan oleh tanaman sebagai mekanisme perlindungan terhadap lingkungan sekitarnya.

Berdasarkan etnobotani dan kemotaksonomi mangrove tersebut, di hipotesis bahwa senyawa-senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tanaman mangrove *R. stylosa* akan berbeda baik secara kualitas dan kuantitas sehingga perlu dilakukan penelitian terhadap kulit batang tanaman *R. stylosa* yang terdapat di kawasan Pantai Pasir Putih Situbondo dengan tujuan mengeksplorasi senyawa-senyawa metabolit sekunder menggunakan metode sampling, maserasi, dan skrining fitokimia.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanaman Mangrove *R.stylosa*

Secara taksonomi, tanaman mangrove memiliki klasifikasi seperti tabel 1 sebagai berikut: (*www.plantamor.com*)

Tabel 1. Taksonomi Tanaman mangrove *Rhizophora stylosa*

Klasifikasi	Nama Latin
Kingdom	*Plantae*
Sub Kingdom	*Tracheobionta*
Super Divisi	*Spermatophyta*
Divisi	*Magnoliophyta*
Class	*Magniliopsida*
Sub Class	*Rosidae*
Ordo	*Myrtales*
Family	*Rhizoporaceae*
Genus	*Rhizopora*
Spesies	*R.stylosa.Griff*

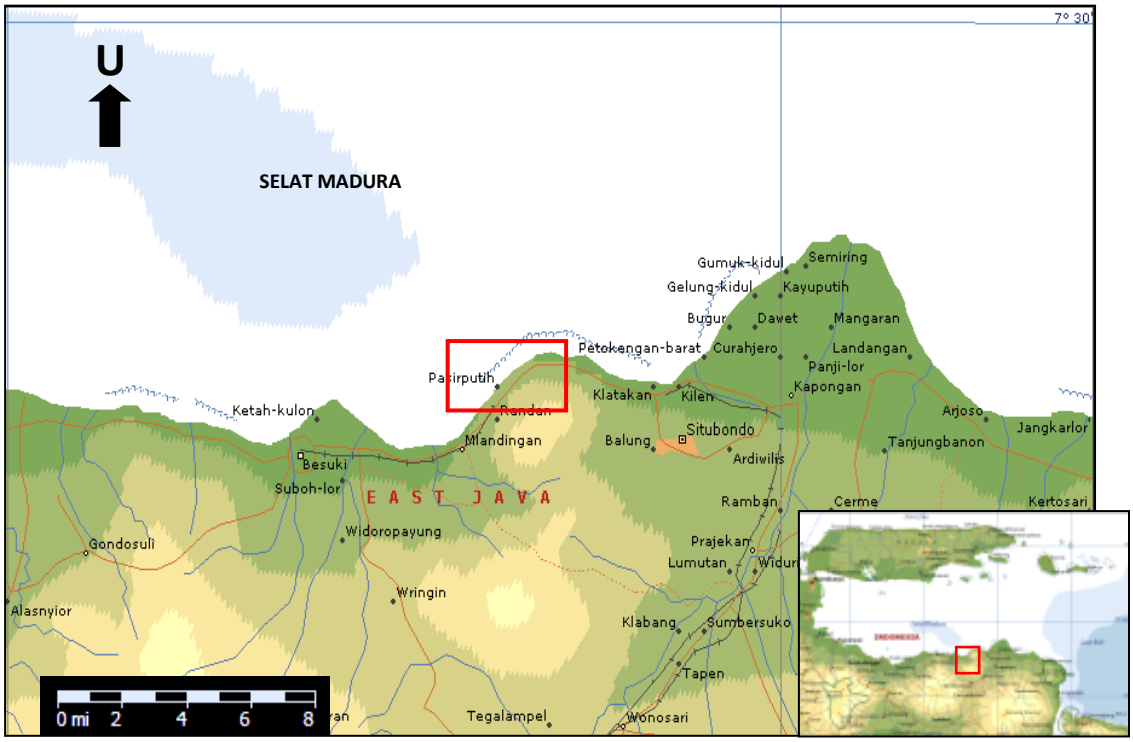
Kemotaksonomi Mangrove *R.stylosa*

Secara kemotaksonomi Tanaman mangrove mengandung senyawa metabolit sekunder seperti senyawa fenolat, alkaloid, terpenoid dan saponin yang dapat dimanfaatkan sebagai agen anti radikal bebas, anti kanker, indikator pencemaran limbah, dan bioformalin alami. Kandungan kemotaksonomi tanaman mangrove dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu habitat hidup, cuaca, pasang surut, arus, salinitas, gelombang dan iklim. Perbedaan faktor tersebut akan mempengaruhi jenis dan jumlah senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tanaman mangrove.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Kegiatan ini dilaksanakan selama 5 (lima) bulan penelitian. Sampel tumbuhan mangrove *R. stylosa* dikoleksi dari Perairan Pantai Pasir Putih, Kecamatan Bungatan, Kabupaten Situbondo, Provinsi Jawa Timur. Peta administrasi lokasi penelitian tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel mangrove *R. stylosa*

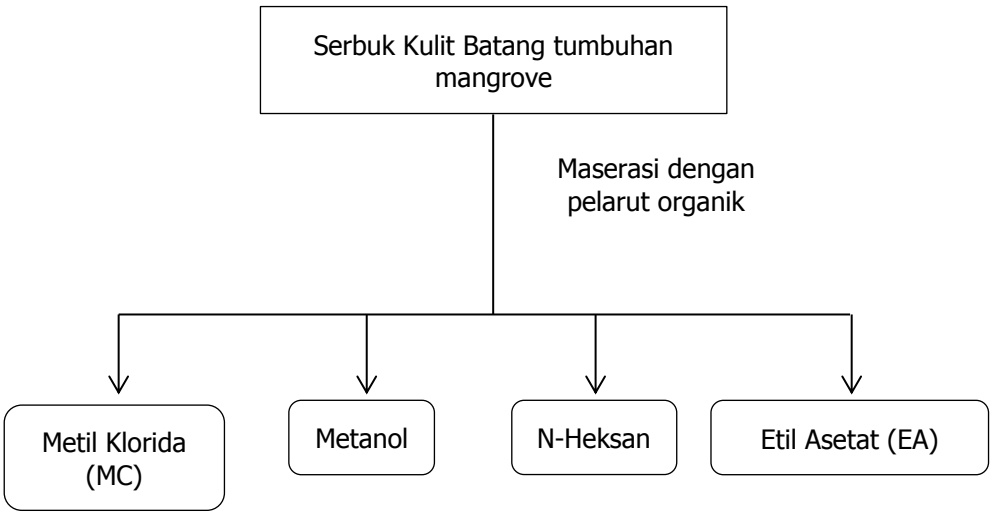
Alat dan Bahan

Analisis laboratoris terhadap sampel mangrove menggunakan peralatan yang meliputi: erlenmeyer, gelas ukur, pipet kapiler, gelas kimia, pipet tetes, spatula, pinset, bejana pengembang (chamber), maserator, lampu ultraviolet (UV) dengan λ 256 dan 366 nm.

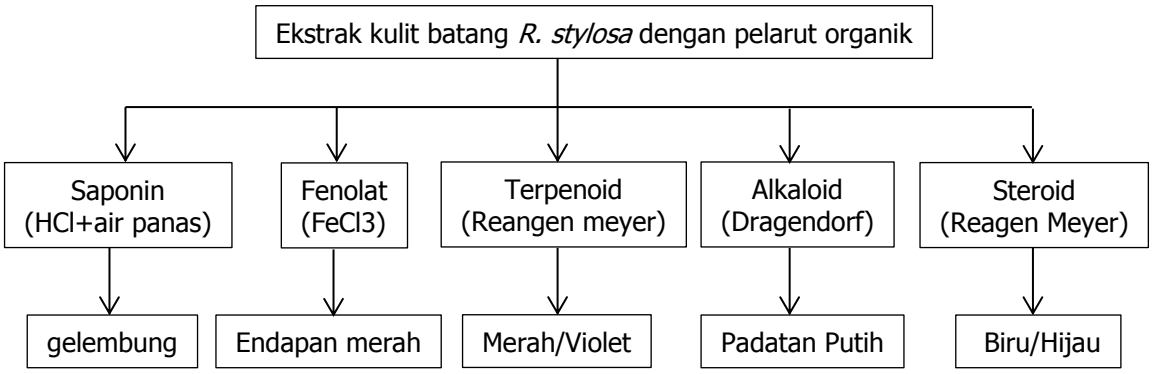
Bahan penelitian meliputi sampel tumbuhan *R. stylosa* yang di peroleh dari wilayah pasir putih Situbondo Jawa Timur. Bahan kimia yang di gunakan pada penelitian adalah pelarut-pelarut organik teknis dan p.a (pro analisis) seperti n-heksana, metilen klorida, kloroform, etil asetat, aseton, metanol, aquades, plat KLT, reagen meyer, $FeCl_3$, HCl, dan Dragendroft.

Bagan Alir Penelitian

1. Uji kelarutan *R.stylosa* pada berbagai pelarut organik



2. Skrining fitokimia



Skrining Fitokimia Kulit Batang *R. stylosa*

Sampel kering bagian kulit batang dari tumbuhan *R. stylosa* sebanyak 10 g di giling halus kemudian di lakukan uji skrining fitokimia menggunakan reagen-reagen yang spesifik terhadap golongan senyawa-senyawa metabolit sekunder yang meliputi golongan senyawa fenolat (reagen $FeCl_3$), alkaloid (reagen dragendroft), terpenoid, dan steroid (reagen meyer). Dari hasil skrining fitokimia tersebut di ketahui bahwa sampel *R. stylosa* memiliki komponen aktif senyawa berdasarkan golongan metabolit sekundernya. Terbentuknya warna merah menandakan adanya senyawa triterpenoid dan terbentuknya warna biru atau ungu menandakan adanya senyawa steroid (Harborne, 2006). Ekstrak yang ditambahkan dengan pereaksi Meyer terbentuknya endapan putih menandakan adanya senyawa alkaloid (Harborne, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi Sampel

Sampel kulit batang mangrove *R. stylosa*

Kulit batang mangrove *R. Stylosa* diambil sesuai dengan lokasi penelitian yang telah disebutkan sebelumnya. Pohon mangrove *R. stylosa* dikupas dan hanya diambil bagian kulit batangnya saja. Hal tersebut dapat dilihat seperti pada gambar 2 berikut.

Gambar 2. Mangrove *R.stylossa*

Setelah melakukan pengumpulan sampel, sampel kulit batang tumbuhan mangrove *R. stylosa* yang telah diambil dikeringkan, dipotong kecil-kecil untuk memperbesar luas penampang sampel agar mudah larut dalam pelarut organik, kemudian sampel dimasukkan dalam oven dengan suhu 30°C hal ini dilakukan untuk mengurangi kadar air pada sampel agar tidak mengganggu proses skrining. Selama proses pengeringan juga tidak boleh terkena paparan sinar matahari langsung agar senyawa yang terkandung di dalamnya tidak hilang atau rusak. Setelah itu sampel digiling supaya lebih halus atau lembut.

Pelarut Organik

Pada skrining fitokimia diperlukan pelarut organik, namun pelarut tersebut harus di destilasi terlebih dahulu sebelum digunakan, hal tersebut dilakukan untuk memurnikan pelarut. Pelarut organik yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metanol (MeOH), Etil Asetat (EA), Metilen Klorida (MC), dan n-heksana (NH). Destilasi dilakukan menggunakan *Rotary Vacuum Evaporator***.** Pelarut yang sudah di destilasi dimasukkan ke dalam botol kaca agar tidak terjadi penguapan terhadap pelarut organik tersebut.

Uji Kelarutan Senyawa Metabolit Sekunder Dalam Berbagai Pelarut Organik

Setelah sampel kulit batang dihaluskan, langkah selanjutnya adalah melakukan maserasi sampel untuk menguji kelarutan daripada pelarut organik tersebut. Sampel kulit batang mangrove yang telah dihaluskan di rendam dalam Metanol, Etil Asetat, Metilen klorida, dan n-heksana selama 3x24 jam. Hasil maserasi kemudian disaring kedalam botol 50 ml. Dari hasil maserasi tersebut dapat diketahui bahwa Metanol dan MC yang paling baik digunakan sebagai pelarut. Hal ini ditunjukkan dengan perubahan warna yang dihasilkan oleh sampel yang direndam dengan metanol lebih cepat dibandingkan yang lainnya. Kemudian disusul oleh MC yang menguap dan

menghasilkan endapan berwarna kuning. Hal ini juga disebabkan disebabkan oleh tingkat kepolaran dari pelarut tersebut.

Tabel 2. Hasil Uji Kelarutan Sampel Terhadap Pelarut Organik

Pelarut Organik	Hasil
Metanol (MeOH)	Coklat kemerahan gelap
Metilen Klorida (MC)	Hijau muda kecoklatan kemudian dihasilkan endapan warna kuning
Etil Asetat (EA)	Hijau muda
n-Heksana	Coklat

Skrining Fitokimia

Hasil maserasi yang telah dilakukan selanjutnya digunakan untuk skrining fitokimia. Skrining fitokimia bertujuan untuk mengetahui jenis metabolit sekunder apa yang terkandung dalam ekstrak. Jenis metabolit sekunder yang ditentukan dalam penelitian ini adalah alkaloid, fenolat, saponin, terpenoid, dan steroid (Marliana 2007).

Tabel 3. Tabel Hasil Skrining Fitokimia Kulit Batang *R.stylosa*

	Alkaloid (Dragendrof)	**Terpenoid dan Steroid (Meyer)**	**Fenolat ($FeCl_3$)**	**Saponin (HCl+Air panas)**
Metanol (MeOH)	(+)endapan berwarna putih	(+)Merah gelap	(+)Coklat tua kemerahan	(+)Merah dan ada gelembung
Etil Asetat (EA)		(-)lapisan atas kuning kecoklatan dan lapisan bawah bening	(-)Kuning kecoklatan	(-)Lapisan atas oranye dan lapisan bawah kuning bening
Metilen Klorida (MC)	(-)Tidak terjadi reaksi apapun	(+)lapisan atas bening berminyak dan lapisan bawah kuning kehijauan. Pada dinding tabung reaksi terbentuk padatan putih.	(-)Kuning	(-)Bening dan kuning
n-heksana		(-) Lapisan atas kuning dan lapisan bawah bening	(-) Kuning	(-) Lapisan atas kuning dan lapisan bawah bening

Berdasarkan tabel hasil skrining fitokimia di atas dapat dilihat bahwa pada uji senyawa metabolit sekunder fenolat, dihasilkan endapan coklat kemerahan pada sampel yang ditetesi dengan metanol. Hal ini menandakan adanya respon positif

terhadap uji fenolat sesuai dengan tanda-tanda adanya fenolat dalam suatu sampel. Sejauh ini, metanol merupakan pelarut yang paling baik diantara tiga pelarut yang lainnya. Hal yang sama terjadi pada uji senyawa metabolit sekunder saponin dan alkaloid. Pada uji senyawa tersebut, ditunjukkan hasil positif terhadap sampel yang ditetesi dengan metanol yang ditandai dengan warna merah dan terbentuk gelembung pada uji saponin, sedangkan pada uji alkaloid ditandai dengan terbentuknya endapan berwarna putih. Namun hal berbeda terjadi pada uji steroid dan terpenoid. Uji positifnya ditemukan pada sampel yang ditetesi dengan Metanol (MeOH) dan Metilen Klorida (MC). Hal tersebut dapat dilihat pada tabel bahwa terbentuknya kristal ada pada sampel yang ditetesi fenolat. Untuk uji steroid dan terpenoid juga menunjukkan hasil yang positif. Dengan menggunakan pelarut Metilen Klorida (MC) menunjukkan hasil positif untuk steroid yang ditandai dengan warna hijau, sedangkan untuk uji positif terpenoid ditunjukan dengan warna merah.

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah kami lakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Metanol (MeOH) dan Metilen Klorida (MC) merupakan pelarut terbaik untuk melarutkan sampel.
2. Tumbuhan mangrove *Rhizophora stylosa* positif mengandung senyawa metabolit sekunder berupa Alkaloid, Fenolat, Saponin dan Terpenoid
3. Alkaloid, Fenolat, Terpenoid dan Saponin ditunjukkan dari hasil positif skrining fitokimia menggunakan pelarut Metanol (MeOH). Sedangkan Steroid ditunjukkan oleh hasil positif uji dengan pelarut Metilen Klorida (MC).

SARAN

Penelitian ini akan dilanjutkan dengan uji bioaktivitas antioksidan terhadap ekstrak Metilen Klorida (MC) dan Metanol (MeOH).

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas tersusunnya makalah ini kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. DIKTI yang telah mendanai seluruh kegiatan penelitian ini melalui Program Kreativitas Mahasiswa (PKM-P) tahun 2014.
2. Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Situbondo yang telah memberikan kesempatan dan izin untuk mengambil sampel mangrove yang ada di Situbondo.

DAFTAR PUSTAKA

Mahmiah. 2013. Kajian Awal Fitokimia Mangrove *Rhizophora mucronata* Dari Pantai Timur Surabaya (PAMURBAYA). Prosiding Pertemuan Ilmiah Nasional Tahunan IX ISOI ISBN: 978-602-18153-1-1. Mataram. 355 – 360.

Marliana, E. 2007. Analisis Senyawa Metabolit Sekunder dari Batang *Spantholobus ferrugineus* (Zoll&Moritzi) Benth Yang Berfungsi Sebagai Antioksidan. Jurnal Penelitian MIPA. Vol. 1. No.1: 26

Rasyid, A. 2012. Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Serta Uji Aktivitas Anti Bakteri dan Antioksidan Ekstrak Metanol, Teripang, *Stichopus hermani*. Jurnal Teknologi dan Ilmu Kelautan Tropis. Vol.4: 362

DISTRIBUSI TOTAL BAHAN ORGANIK DAN TSS KUALITAS AIR PADA MUSIM KEMARAU DI PERAIRAN TELUK PUNDUH KABUPATEN PESAWARAN PROVINSI LAMPUNG

Mudian Paena[1], Rezki Antoni Suhaimi[1], Muhammad Chaidir Undu[1]

[1]Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau
mudianpaena@yahoo.co.id

Abstrak: Pencemaran lingkungan laut terutama di daerah pesisir seperti teluk dan muara-muara sungai telah menjadi masalah serius terutama jika di sekitarnya padat penduduk dan padat usaha yang seluruh buangan limbahnya dialirkan ke sungai dan laut. Secara ekologi praktek pembuangan limbah yang dilakukan selama ini tanpa ada pengeolahan limbah terlebih dahulu akan mengakibatkan menurunnya kualitas lingkungan perairan yang berakibat pada terganggunya biota yang hidup di dalamnya, keseimbangan alam terganggu dan secara luas berdampak pula pada manusia. Kegiatan industri perikanan di wilayah pesisir seperti tambak udang intensif, turut memberikan konstribusi limbah organik di perairan seperti tambak intensif yang berada di sekitar Teluk Punduh. Buangan limbah organik dari tambak intensif yang bermuara di Teluk Punduh akan mempengaruhi ketersediaan total bahan organik dan konsentrasi TSS di perairan tersebut dan akan mempengaruhi kualitas perairan sebagai sumber air baku bagi tambak instensif yang berada di sekitarnya. Berdasarkan hal tersebut maka telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui distribusi total bahan organik dan TSS kualitas air di perairan Teluk Punduh. Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2013. Penelitian dilakukan dengan metode survey dengan jumlah sampel 102. Pengambilan sampel air laut menggunakan dengan *Kremer Water Sampler* yang selanjutnya dipreservasi berdasarkan petunjuk yang ada. Analisa deskriptif dilakukan untuk membandingkan nilai hasil analisis dengan batas baku mutu. Sedangkan analisa spasial dengan memanfaatkan sofeware Arc-GIS 3.1 untuk melihat sebaran total bahan organik dan konsentrasi TSS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan total bahan organik di perairan Teluk Punduh berkisar antara 33.04 – 77.99 mg/L dan konsentrasi TSS berkisar antara 3 – 97 mg/L. Berdasarkan nilai total bahan organik dan konsentrasi TSS menunjukkan bahwa perairan Teluk Punduh masih dalam kondisi alami.

Kata kunci: *Distribusi total bahan organik, TSS, musim kemarau, Teluk Punduh Provinsi Lampung*

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir kini telah menjadi objek bagi pembangunan berbagai aktifitas manusia, mulai dari pembangunan fisik pelabuhan perikanan, pusat pertahanan angkatan laut, kolektor dan distributor bahan bakar minyak pertamina, pelabuhan batubara, pusat pelabuhan perikanan, lokasi latihan militer, pembangunan kawasan industri, pembangunan industri perkapalan, pengembangan resort pariwisata,

pengembangan perkotaan, pengembangan pelabuhan udara dan pembangunan pertambakan, seringkali melupakan kondisi kualitas fisik perairannya sebagai dampak dari penggunaan lahan diwilayah tersebut. Demikian strategisnya wilayah pesisir tersebut, sehingga tidak jarang terjadi konflik kepentingan *(conflict of interest)* didalam pemanfaatan ruang yang ada terutama aktivitas yang membutuhkan kualitas lingkungan yang spesifik (Edyanto, 2008). Pemanfaatan wilayah pesisir yang tidak ramah lingkungan merupakan praktek yang umum terjadi di Indonesia akibatnya hampir seluruh wilayah pesisir yang padat pemanfaatan, perairannya mengalami pencemaran terutama bagi biota spesifik.

Pencemaran lingkungan laut terutama di daerah pesisir seperti teluk dan muara-muara sungai telah menjadi masalah serius terutama jika di sekitarnya padat penduduk dan padat usaha yang seluruh buangan limbahnya dialirkan ke sungai dan laut. Secara ekologi praktek pembuangan limbah yang dilakukan selama ini tanpa ada pengeolahan limbah terlebih dahulu akan mengakibatkan menurunnya kualitas lingkungan perairan yang berakibat pada terganggunya biota yang hidup di dalamnya, keseimbangan alam terganggu dan secara luas berdampak pula pada manusia. Kegiatan industri perikanan di wilayah pesisir seperti tambak udang intensif, turut memberikan konstribusi limbah organik di perairan seperti tambak intensif yang berada di sekitar Teluk Punduh. Dimana semua limbah organik dari industri ini dialirkan ke teluk. Salah satu kualitas lingkungan yang berhubungan dengan limbah organik tersebut adalah bahan organik dan padatan tersuspensi (TSS) perairan teluk. Manurut Paramita (2012), limbah organik merupakan limbah yang paling besar mencemari lingkungan. Rizaldi, (2008) *dalam* Paramita (2012) melaporkan bahwa pencemaran lingkungan berhubungan erat dengan limbah. Permasalahan limbah timbul karena tidak seimbangnya produksi limbah dengan pengolahannya dan semakin menurunnya daya dukung alam sebagai tempat pembuangan limbah.

Jika limbah tambak intensif dibuang ke perairan umum tanpa pengolahan terlebih dahulu akan menyebabkan pencemaran lingkungan, yaitu menyebabkan bau, eutrofikasi perairan dan pendangkalan (Park *et al*. 2001 dalam Ibrahim *et al* 2009). Salah satu indikator penurunan kualitas lingkungan perairan adalah tingginya nilai bahan organik dan TSS diatas ambang toleransi biota laut. APHA, (1976); Davis dan Cornwell, (1991) *dalam* Santoso, (2008) melaporkan bahwa padatan tersuspensi dalam air dapat mempengaruhi kehidupan di perairan diantaranya menyumbat insang (saluran pernapasan) ikan dan menghambat pertumbuhan telur atau larva. Senyawa-senyawa yang telah tersuspensi dalam waktu lama dalam perairan dapat menyebabkan terhentinya pertumbuhan telur ikan dan organisme perairan lainnya. Padatan tersuspensi yang terkandung dalam perairan dapat muncul sebagai akibat peristiwa erosi, limbah-limbah industri, perkembangan alga, atau pembongkaran atau penyumbatan limbah perairan (Santoso, 2008). Kecerahan atau kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam badan air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut, maupun bahan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain).

Padatan tersuspensi terdiri dari komponen terendapkan, bahan melayang dan komponen tersuspensi koloid. Padatan tersuspensi mengandung bahan anorganik dan bahan organik. Bahan anorganik antara lain berupa liat dan butiran pasir, sedangkan bahan organik berupa sisa-sisa tumbuhan dan padatan biologi lainnya seperti sel alga, bakteri dan sebagainya (Marganof, 2007 *dalam* Pujiastuti *et al*, 2013). Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi suatu perairan akan menaikkan kekeruhan perairan tersebut, akan tetapi tidak selalu berkorelasi dengan padatan terlarut total. Padatan total terdiri dari padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid*, TSS) yang berukuran >1mm dan padatan terlarut total (*Total Dissolved Solid,* TDS) yang berukuran $<10^{-3}$mm (Santoso, 2008).

Konsentrasi TSS dalam perairan dapat mempengaruhi kandungan logam berat, nilai TSS yang tinggi dapat menurunkan kandungan logam berat dalam perairan. TSS mempemngaruhi adsorpsi logam berat terlarut. Logam berat yang diadsorpsi oleh partikel tersuspensi akan menuju dasar perairan menyebabkan kandungan logam berat dalam perairan menjadi turun (Rachmawati, 2009 dalam Rachmaningrum *et al*, 2015).

Hellawell (1986) *dalam* Mulyanto (1995), bahan organik secara alami terdapat dalam perairan dan dibutuhkan sebagai sumber energi bagi organisme perairan, tetapi apabila kandungannya terlalu tinggi akan menyebabkan penurunan kualitas air. Gejala ini meliputi penurunan oksigen terlarut secara drastis dan peningkatan amonia perairan.

Teluk punduh merupakan perairan yang telah lama mengalami proses akumulasi limbah organik seiring dengan pembukaan lahan untuk kegiatan tambak intensif. Akumulasi tersebut telah berpotensi menurunkan kualitas lingkunngan. Berdasarkan hal tersebut di atas maka telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi dan distribusi bahan organik dan TSS perairan Teluk Punduh pada musim kemarau.

METODE PENELITIAN

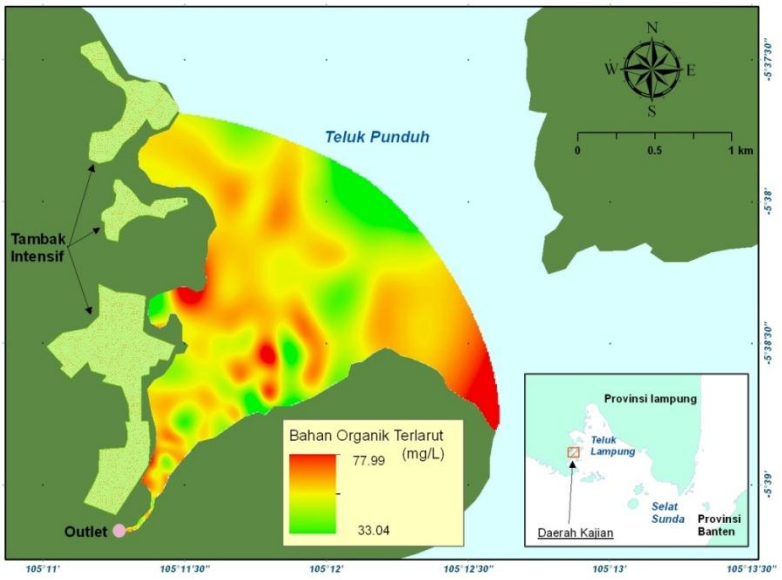
Mengacu pada Hutagalung (1997) penentuan titik sampling dilakukan secara *purposive* yaitu pengambilan sampel secara acak dengan pendekatan bahwa sampel tersebut dapat mewakili lokasi penelitian. Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2013. Penelitian dilakukan dengan metode survey dengan jumlah sampel 102. Pengambilan sampel air laut menggunakan *Kremer Water Sampler* yang selanjutnya dipreservasi berdasarkan petunjuk yang ada. Analisa deskriptif dilakukan untuk membandingkan nilai hasil analisis dengan batas baku mutu yang menjadi standar minimal bagi biota laut. Sedangkan analisa spasial, memanfaatkan sofeware Arc-GIS 3.1 untuk membuat sebaran spasial total bahan organik dan TSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan total bahan organik di perairan Teluk Punduh berkisar antara 33.04 – 77.99 mg/L. Kandungan total bahan tertinggi terdapat pada bagian timur mulut teluk, bagian tengah teluk. Tingginya kandungan bahan organik pada bagian timur teluk disebabkan oleh adanya limpasan bahan organik yang terbuang dari usaha KJA yang ada di sekitarnya. Pada daerah tengah teluk bagian barat dan timur, terdapat spot kandungan bahan organik yang tinggi karena pada daerah ini merupakan muara sungai kecil (bagian timur) dan *outlet* tambak intensif yang langsung bermuara ke parairan teluk (Gambar 1). Kandungan total bahan organik yang tersebar di perairan Teluk Punduh berada dalam *range* yang kecil, artinya fluktuasi nilai tersebar hampir merata di perairan. Ini menunjukkan bahwa distribusi bahan organik tercampur baik oleh karena adanya pasang surut sehingga kandungan bahan organik belum memberikan dampak negatif bagi perairan Teluk Punduh. Namun demikian perlu upaya pengendalian sehingga buangan bahan organik dari tambak intensif tidak sampai menurunkan kualitas perairan, mengingat perairan Teluk Punduh juga digunakan sebagai air baku untuk tambak intensif.

Bahan organik kadang kala tidak menggangu secara keseluruhan biota yang ada di perairan tetapi beberapa organisma dapat merasakan dampak dari bahan organik yang terbuang ke perairan terutama jika telah sampai menyebabkan *blomming algae*. Seperti halnya yang dilaporkan Tomascik dan Sander, (1987) *dalam* Zainal *et al,*

(2014) bahwa walaupun nutrien sangat penting dalam suatu ekosistem terutama sebagai sumber penyusunan bahan organik oleh produser primer, akan tetapi peningkatan nutrien pada ekosistem terumbu karang dinilai dapat berpengaruh negatif terhadap perkembangan ekosistem ini. Hal tersebut dikarenakan dampak yang terjadi akibat proses *blooming algae* ini mempengaruhi tingkat kekeruhan suatu perairan dan masuknya cahaya matahari ().

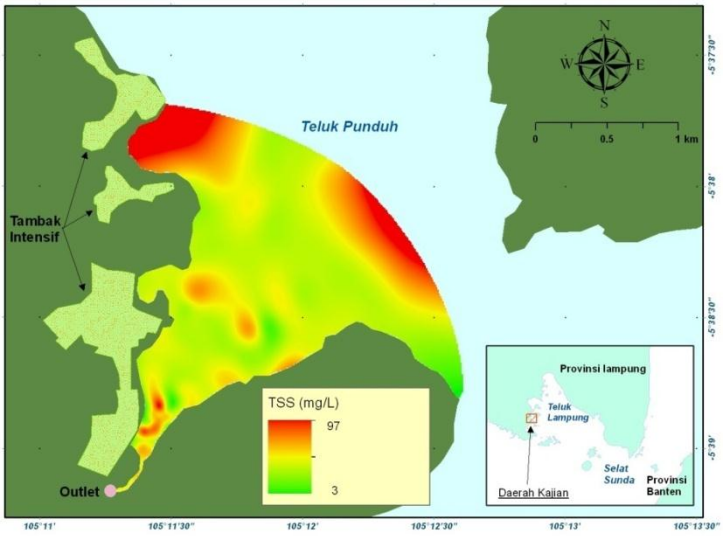


Gambar 1. Peta sebaran total bahan organik di perairan Teluk Punduh saat musim kemarau.

Salah satu pengukuran yang dapat dilakukan untuk mengetahui kualitas air adalah melalui pengukuran kandungan zat padatan TSS (*Total Suspended Solid*). Total Supended Solid (TSS) adalah material tersuspensi (diameter > 1 μm) yang tertahan pada saringan milipore dengan diameter pori 0,45 m. Pada umumnya TSS terdiri dari lumpur, pasir halus dan jasad renik yang sebagian besar disebabkan karena pengikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Pengamatan terhadap sebaran TSS sering digunakan untuk mengetahui kualitas air di suatu perairan, karena nilai TSS yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air (Maulana *et al*, 2015). Keadaan seperti ini mengakibatkan tumbuh-tumbuhan perairan menerima cahaya yang sedikit dan intensitas fotosintesis menjadi berkurang, sehingga oksigen yang diproduksi juga berkurang. Hal ini mengurangi kemungkinan organism untuk bertahan hidup (Santoso, 2008).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi TSS di perairan Teluk Punduh saat musim kemarau berkisar antara 3 – 97 mg/L. Beberapa penelitian sebelumnya memberikan gambaran tentang batas konsentrasi TSS di perairan. Debby *et al*, (2009) melaporkan bahwa baku mutu TSS antara 20 – 80 mg/L. Baku mutu TSS diperairan 50 mg/L (Rachmaningrum *et al*, 2015). Suatu perairan akan memberi pengaruh tidak baik bagi perikanan jika nilai TSS lebih besar dari 400 mg/L (Alabaster & Lloyd, 1982). Bahan-bahan terlarut dan tersuspensi pada perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika berlebihan, terutama TSS dapat meningkatkan nilai kekeruhan, yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis (Effendi, 2003). Berdasarkan beberapa

penjelasan tersebut maka dapat dikatakan bahwa konsentrasi TSS di Teluk Punduh masih tergolong alami dan belum mencemari lingkungan terutama pada musim kemarau.



Gambar 2. Peta sebaran konsentrasi TSS perairan Teluk Punduh saat musim Kemarau.

Konsentrasi TSS tertinggi menyebar pada daerah outlet tambak intensif, bagian barat mulut teluk dan bagian tengah mulut teluk. Tingginya kandungan TSS pada bagian outlet tambak intensif mengindikasikan bahwa buangan limbah organik dari tambak intensif telah menurunkan kualitas air namun penurunan tersebut masih dalam batas toleransi. Tingginya kandungan TSS pada bagian barat mulut teluk disebabkan pada daerah tersebut juga terdapat outlet tambak intensif. Sedangkan pada daerah tengah mulut teluk, tingginya kandungan TSS disebabkan karena pada bagian timur teluk terdapat kegiatan budidaya KJA, dimana buangan limbah organik dari KJA telah mempengaruhi kandungan TSS perairan disekitarnya. Secara keseluruhan nilai TSS dalam perairan Teluk Punduh mengalami fluktuasi dalam arti ada beberapa bagian perairan terjadi peningkatan TSS dan beberapa daerah lain justru nilai TSS-nya rendah (Gambar 2). Seperti dikemukakan Chester (1990) *dalam* Putri (2010), konsentrasi bahan tersuspensi di daerah estuaria dan pantai lebih bervariasi dibandingkan laut terbuka *(open ocean).* Variasi ini disebabkan oleh adanya masukan dari daratan sekitar melalui sungai berupa limbah penduduk, industri dan aktivitas lainnya yang berkontribusi terhadap peningkatan TSS.

Fluktuasi nilai TSS di perairan ada hubungannya dengan kekeruhan yang disebabkan adanya limpasan limbah dari tambak intensif. Samudro dan Rulian, (2011), melaporkan bahwa fluktuasi nilai TSS signifikan dengan fluktuasi kekeruhan sebesar 20 – 43% artinya ketika nilai TSS turun maka nilai kekeruhanpun akan turun, demikian sebaliknya. Selain input limbah dari kegiatan di darat, kandungan TSS dalam perairan semakin tinggi apabila terjadi turbulensi yaitu pengadukan dasar perairan karena pergerakan massa air yang tidak menentu dan sampai ke dasar perairan menyebabkan sedimen yang telah lama terakumulasi menjadi tersuspensi. pengadukan. Pengadukan ini dapat berimplikasi pada peningkatan kandungan TSS dalam perairan. Konsenttrasi TSS dapat dijadikan sebagai indikator turunnya kualitas perairan, demikian karena TSS dapat mempengaruhi penetrasi cahaya dalam perairan. Semakin tinggi konsentrasi TSS maka penetrasi cahaya dalam perairan semakin rendah sehingga dapat menghasmbat proses fotosintetis. Terhambatnya proses

fotosintetis menyebabkan kandungan okgigen terlarut dalam perairan menjadi rendah. Kondisi ini akan berpengaruh pada distribusi dan kelangsungan hidup biota laut. Putri, (2010 melaporkan bahwa keberadaan total padatan tersuspensi (TSS) di perairan mempengaruhi intensitas cahaya matahari ke dalam badan air. Selanjutnya Wicaksono *et al*, (2013) menjelaskan bahwa kandungan TSS semakin menurun sehubungan dengan berkurangya beban pencemaran.

KESIMPULAN

Kandungan total bahan organik di perairan Teluk Punduh berkisar antara 33.04 – 77.99 mg/L dan konsentrasi TSS berkisar antara 3 – 97 mg/L. Berdasarkan nilai total bahan organik dan konsentrasi TSS menunjukkan bahwa perairan Teluk Punduh masih dalam kondisi alami.

DAFTAR PUSTAKA

Alabaster, J.S. and Llyord, R. 1982. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. Butterworth Scientific. London. 345 p.

Debby A.J.S,. Adiwilaga E. M, Dahuri R., Muchsin I.,. Effendi, H., 2009. Sebaran Spasial luasan Area Tercemar Dan analisa beban Pencemaran Bahan Organik pada Perairan Teluk Ambon Dalam *(Spatial Distribution of Pollution areas and Analysis of Pollution Load of Organic Matter in Inner Ambon Bay Waters).* Torani (Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan) Vol. 19 Nomor 2. Hal 96 – 106.

Edyanto, C.B., 2008. Penelitian Aspek Lingkungan Fisik Perairan Sekitar Pelabuhan Sabang. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia Vol. 10 No. 2. Hal 119-127.

Maulana, L., Suprayogi, A., & Wijaya, A.S., 2015. Analisa Pengaruh Total Suspended Solid dalam Penentuan Kedalaman Laut Dangkal Dengan Metode Algoritma Van Hengel dan Spitzer. Jurnal Geodesi Undip Volume 4, Nomor 2. Hhal 139 – 148.

Mulyanto. 1995. Makrozoobenthos Sebagai Indikator Biologi Perubahan Kualitas Air Di Sungai Amprong, Malang. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang

Ibrahim, B., Suptijah, P., & Prantommy., 2009. Pemanfaatan Kitosan Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Perikanan *(The Utilization of Chitosan on Fishery Industrial Wastewater Treatment)*. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Vol XII Nomor 2. Hal 154 - 166

Paramita,P., Shovitri, S., & Kuswytasari, N.D., 2012. Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. Jurnal Sains dan Seni Volume 1. Hal E23 – E26.

Pujiastuti, P., Ismail,B., & Pranoto., 2013. Kualitas dan beban limbah Pencemaran Perairan Waduk Gajah Mungkur. Jurnal Ekosains Volume 5 Nomor 1. Hal 59 – 75.

Putri, W.A.E., 2010. Pencemaran bahan organik di Muara Sungai Batang Arau Padang Sumatera Barat Maspari Journal 01. Hal 30-34.

Rachmaningrum, M., Wardhani, E., & Pharmawati, W., 2015. Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuhkolot-Nanjung. Jurnal Rekayasa Lingkungan Nomor 1 Volume 3. Hal 1 – 11.

Samudro, G. & Rulian, R.E., 2011. Studi Penurunan Kekeruhan dan Total Suspended Solids (TSS) dalam Bak Penampungan Air Hujan (PAH) Menggunakan Reaktor Gravity Roughing Filter (GRF). Jurnal Presipitasi Vol. 8 No.1. Hal 14 – 20.

Santoso, A.D., 2008. Studi Penentuan Produktivitas Danau Buatan dengan MEI (Morphoedaphic Index) Analysis. Jurnal Hidrosfir Indonesia Vol. 3 No. 2. Hal. 81 - 86

Wicaksono, D.F., Rahadi, B.W., & Susanawati, L.D., 2013. Evaluasi Tingkat Pencemaran Air Pembuangan Limbah Cair Pabrik Kertas di Sungai Klinter Kabupaten Nganjuk. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem Vol. 1 No. 2. Hal 85-92.

Zainal, J.K., Subardjo, P., & Munasik, 2014. Pemetaan Kondisi Terumbu Karang yang Terkait Dengan Sebaran Fosfat dan Nitrat Di Perairan Pantai Desa Karimunjawa dengan Menggunakan Metode Sistem Informasi Geografis. Journal Of Marine Research. Volume 3, Nomor 3. Hal 155-164.

KARAKTERISTIK GELOMBANG MUSIM TIMUR DI PERAIRAN WONOREJO, SURABAYA

Supriyatno Widagdo

Prodi Oseanografi, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan
Universitas Hang Tuah Surabaya
Jl. Arif Rahman Hakim 150 Surabaya 60111

Email: priwidagdo@gmail.com

Abstrak: Garis pantai Pamurbaya (Pantai Timur Surabaya), termasuk kawasan Wonorejo, senantiasa mengalami perubahan temporal seiring dengan sifat-sifat dinamik kawasan setempat. Eksistensi komunitas mangrove di kawasan tersebut menjadikan perubahan garis pantainya relatif progresif. Kondisi demikian sangat berpotensi memicu permasalahan pengelolaan kawasaan pesisir. Oleh karenanya perlu dipahami karakteristik natural kawasan setempat, termasuk karakter gelombang sebagai bagian dari karakter laut (oseanografi) lokasi studi.. Penelitian ini dilaksanakan untuk menganalisis pola sebaran arah datang dan tinggi gelombang di kawasan Wonorejo, Surabaya selama Musim Timur (Juni-September). Data yang digunakan dalam penelitian berupa ramalan gelombang yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Maritim II Perak Surabaya 2012-2013. Posisi pengambilan data berada di perairan pantai Wonorejo yang secara geografi berada pada 7^{o}18'14" LS; 112^{o} 51' 41.86". Data tersebut berupa data pola gelombang harian yang diprediksi setiap jam. Data kemudian dikelompokkan per bulan mulai Juni hingga September yang menjadi periode Musim Timur. Data gelombang bulanan selanjutnya diolah dengan *software* WRPlot® untuk mengetahui pola sebaran gelombang datang, beserta distribusi frekuensi tingginya; selain itu juga dilakukan pengolahan statistika deskriptifnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik gelombang selama Musim Timur di perairan Wonorejo, sebagai bagian dari kawasan Pamurbaya, menegaskan sangat mantapnya gelombang yang menjalar dari timur dengan dominasi tinggi gelombang 50-60 cm. Kematangan gelombang musim ini terjadi pada Juli ditandai meningkatnya tinggi gelombang 70-80 cm dan relatif tingginya gelombang setinggi >1 m. Capaian tinggi gelombang yang setinggi 126 cm dan minimum 46 cm dengan rataan 73.28 cm merupakan capaian tertinggi tinggi gelombang dibandingkan dengan capaian tinggi gelombang yang terjadi pada tiga bulan lainnya. Selama September, kendati dalam frekuensi kejadian yang sangat kecil, gelombang setinggi > 1m masih ditemukan. Tinggi gelombang lebih fluktuatif dan menyentuh nadir 20-30 cm. Kondisi ini menandai akhir Musim Timur sebelum memasuki periode Pancaroba Akhir. Pola arah datang gelombang yang demikian dimungkinkan terjadi pada saat tekanan tinggi di atas Benua Australia memicu terjadinya pergerakan angin menuju area bertekanan rendah di Asia. Gerakan angin di sepanjang perairan Australia-Asia memicu gerakan gelombang yang bergerak searah dengan arah tiupan angin. Kondisi batimetri maupun geomorfologi pantai dapat menjadi halangan yang resistensif sehingga dapat mengubah arah datang gelombang. Bila ditinjau lokasi studi di perairan Selat Madura yang berbentuk semi tertutup dengan melebar di sisi timur dan menyempit di sisi utara-barat, maka arah datang gelombang yang secara mantap bergerak dari timur menemukan kesesuaian.

Kata Kunci: tinggi gelombang, arah gelombang, Musim Timur, Wonorejo

PENDAHULUAN

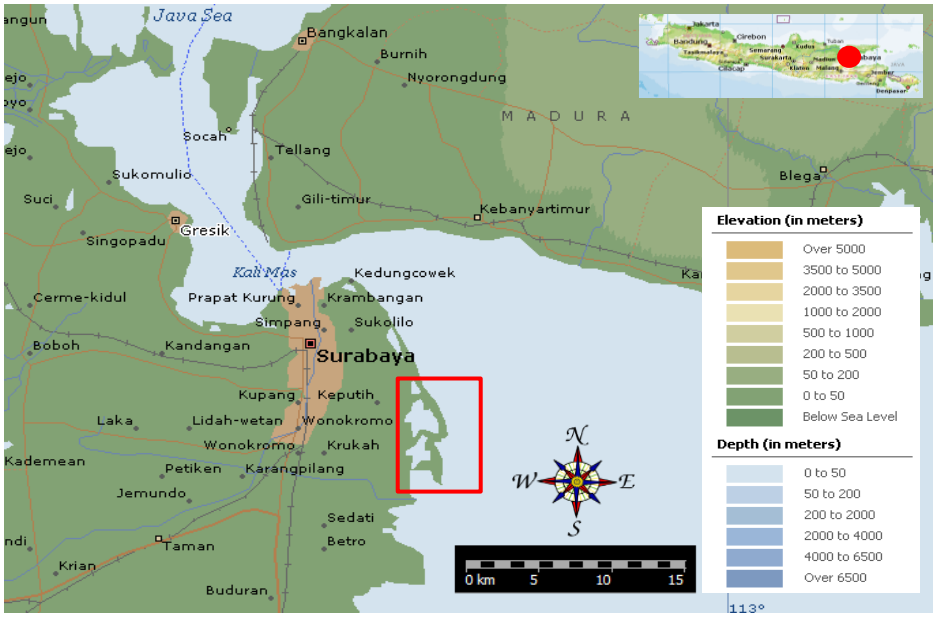
Surabaya merupakan kota metropolitan terbesar kedua di Indonesia yang berkembang pesat seiring dengan dinamika dunia industrinya. Pengembangan industri dalam banyak sektor membutuhkan banyak lahan yang acapkali mengorbankan kawasan hijau, khususnya di area pesisir, yang secara ekonomi dipandang kurang mendatangkan profit. Maraknya pengembangan perumahan dan pembukaan lahan tambak baru merupakan contoh bagaimana secara *profit oriented* menjaga fungsi ekologis suatu kawasan pesisir bukan menjadi pilihan utama. Oleh sebab itu keberadaan kawasan hijau yang terpelihara di antara maraknya pemanfaatan lahan yang berorientasi profit di kota metropolitan menjadi keunikan tersendiri. Contoh kawasan hijau semacam itu di kota Surabaya ditemukan di sebelah timur, yakni pantai timur Surabaya (selanjutnya disingkat Pamurbaya).

Perhatian warga kota terhadap pengelolaan Pamurbaya pada umumnya masih ditujukan pada utilitas lahan yang terkait dengan ekowisata; sementara karakteristik alaminya, seperti kondisi meteo-oseanografi, masih sangat kurang. Pemahaman kondisi meteo-oseanografi sangat diperlukan untuk mengoptimalkan pengelolaan kawasan tersebut sesuai dengan karakter alaminya. Oleh sebab itu menjadi penting untuk memahami karaktersitik gelombang musiman, khususnya Musim Timur, terutama dalam kaitannya dengan sifat dinamik garis pantai dan eksistensi mangrove di pesisir Pamurbaya.

Terkait dengan hal tersebut, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah menganalisis arah datang dan tinggi gelombang di perairan Wonorejo Surabaya, sebagai bagian dari Pamurbaya, selama Musim Timur (Juni-September) sebagai bagian dari pola musonal yang terjadi di lokasi studi. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah diperolehnya deskripsi arah dan tinggi gelombang selama Musim Timur, sebagai bagian dari musim-musim yang berbeda selama setahun. Pemahaman tersebut selanjutnya dapat dijadikan sebagai masukan dalam pengelolaan pesisir Pamurbaya agar menjadi lebih optimal, terutama dikaitkan dengan eksistensi dan pelestarian mangrove di kawasan timur pesisir Surabaya.

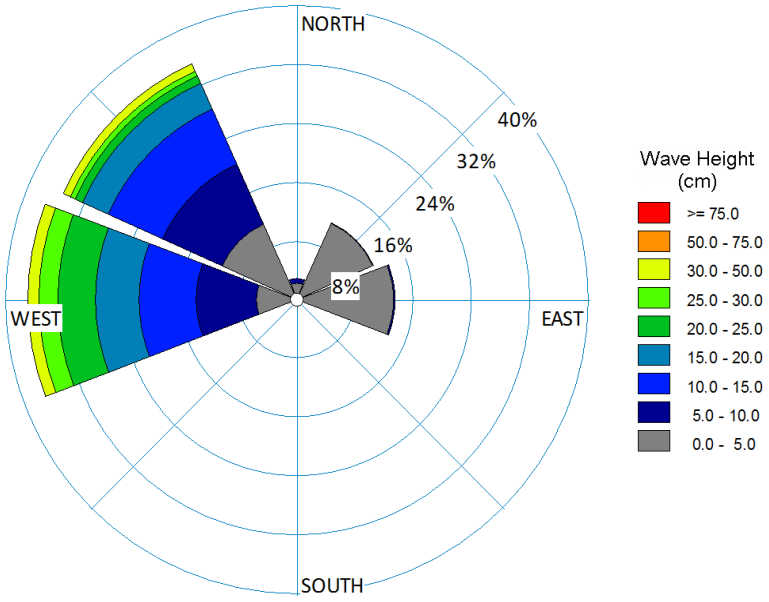
METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan data ramalan gelombang yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Maritim II Perak Surabaya 2012-2013. Posisi pengambilan data berada di perairan pantai Wonorejo (bagian dari Pamurbaya), sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1, yang secara geografi berada pada 7^{o}18'14" LS; 112^{o} 51' 41.86". Data tersebut berupa data pola gelombang harian yang diprediksi setiap jam. Data kemudian dikelompokkan per bulan mulai Juni hingga September yang menjadi periode Musim Timur. Data gelombang bulanan selanjutnya diolah dengan *software* WRPlot® untuk mengetahui pola sebaran gelombang datang, beserta distribusi frekuensi tingginya; selain itu juga dilakukan pengolahan statistika deskriptifnya.



Gambar 1 Lokasi penelitian di perairan Wonorejo sebagai bagian dari pesisir Pamurbaya.

Selanjutnya dilakukan analisis pola arah dan tinggi gelombang dengan menggunakan program WRPlot®. Pola gelombang akan disajikan secara bulanan selama Musim Timur, yakni pada Juni-September. Contoh hasil analisis pola gelombang dengan program WRPlot diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Contoh tampilan WRPlot yang menunjukkan pola gelombang yang secara dominan bergerak dari barat dan barat laut dengan tinggi maksimum 30-50 cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Juni

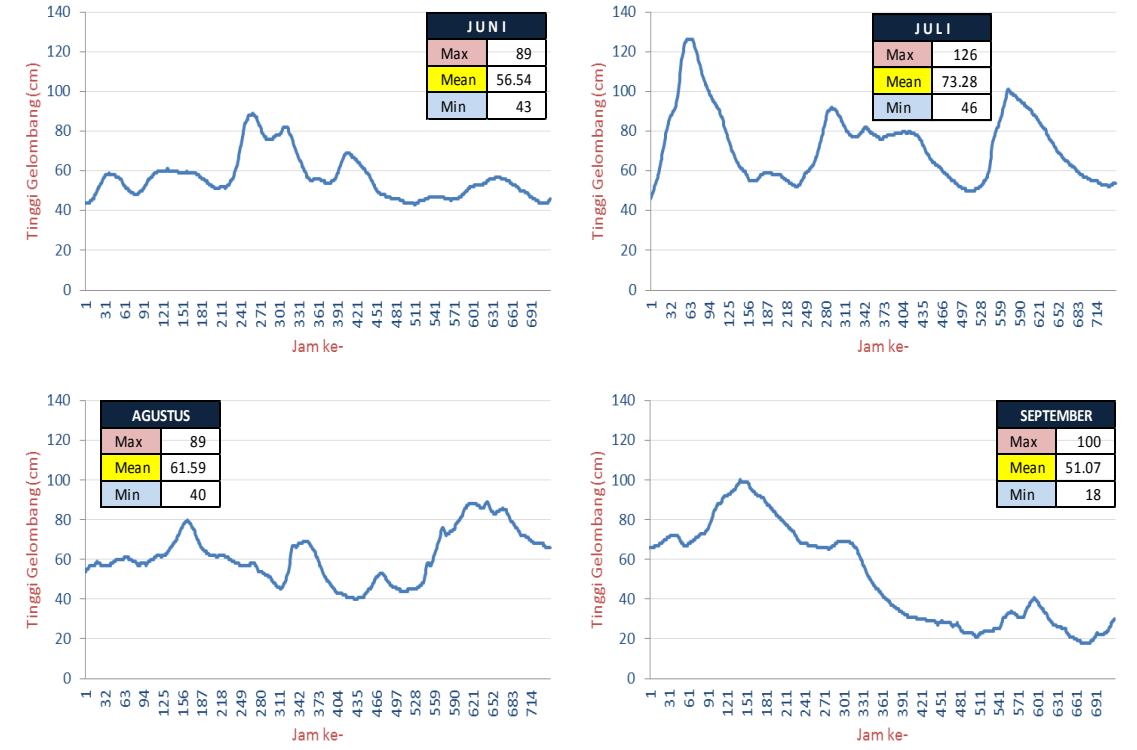
Pada Juni pola gelombang relatif kurang berfluktuasi. Dengan tinggi maksimum mencapai 89 cm dan tinggi minimum menyentuh 43 cm, gelombang pada bulan ini mengalami sedikit penaikan pada jam ke-211-331. Dengan rataan tinggi 56.54 cm, gelombang secara umum berayun pada level ketinggian sekitar 10 cm (Gambar 3). Gelombang periode ini, seperti ditunjukkan pada Gambar 4, secara sangat mantap menjalar dari timur. Tinggi gelombang dengan kisaran 50-60 cm mendominasi dengan frekuensi 48.3%, disusul dengan gelombang setinggi 40-50 cm dan 60-70 cm yang masing-masing mencapai 22.4% dan 15.5% (Gambar 5). Tinggi gelombang maksimum mencapai 6.5% dengan kisaran tinggi 80-90 cm.

Juli

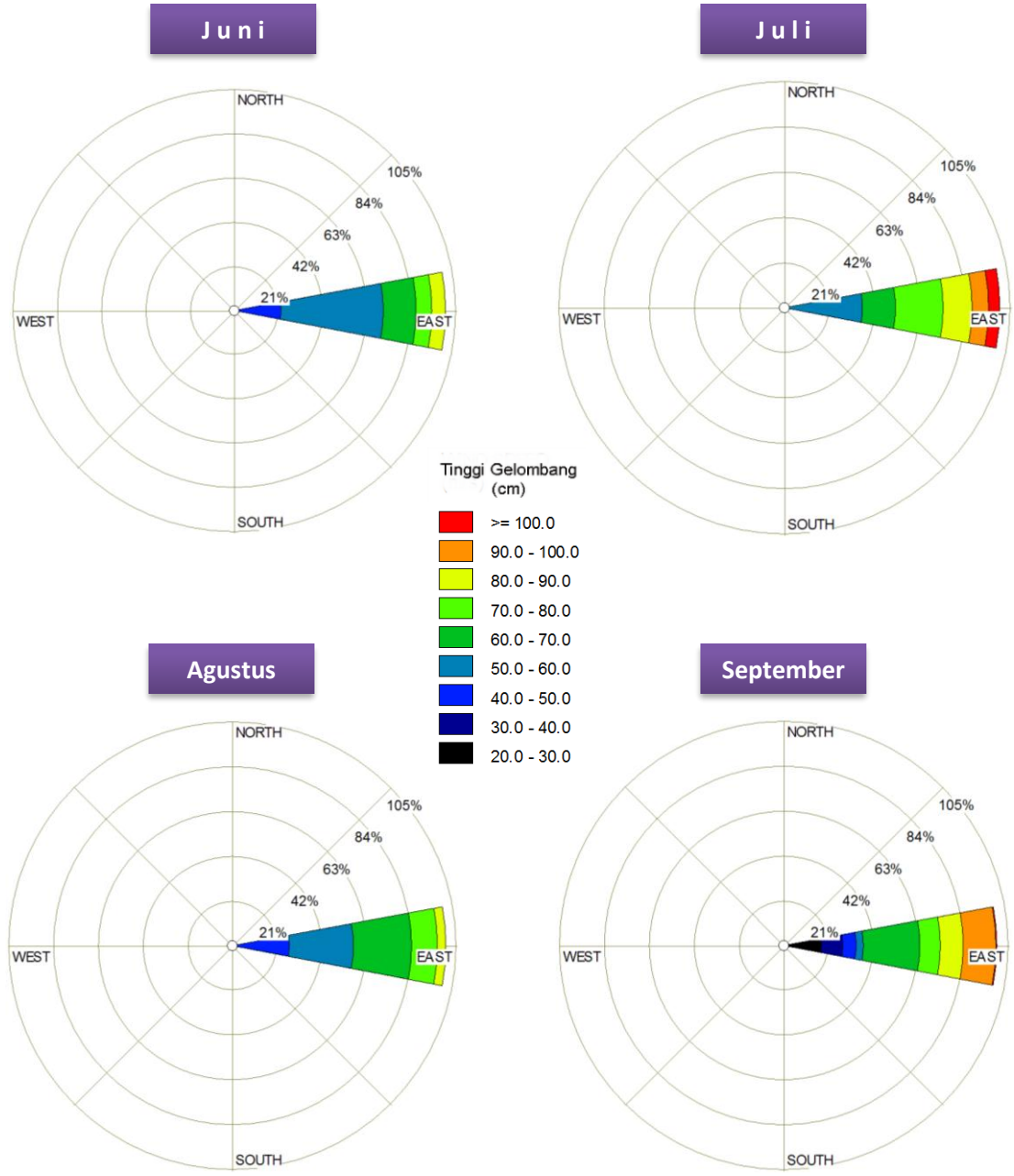
Sebulan berikutnya fluktuasi gelombang secara umum menunjukkan tiga pola sinusoidal yang besar dengan tinggi yang meningkat dari periode sebelumnya. Gelombang pada periode Juli menandai puncak perkembangan gelombang selama Musim Timur. Tinggi gelombang yang mencapai maksimum 126 cm dan minimum 46 cm dengan rataan 73.28 cm merupakan capaian tertinggi tinggi gelombang dibandingkan dengan tinggi gelombang yang terjadi pada tiga bulan lainnya (Gambar 3). Gelombang di pertengahan Musim Timur ini, seperti ditunjukkan pada Gambar 4, sangat mantap menjalar dari timur. Meskipun tinggi gelombang 50-60 cm masih mendominasi (36,2%) seperti sebulan sebelumnya, namun periode ini ditandai dengan menurunnya gelombang setinggi 40-50 cm yang kini hanya mencapai 0.2%, turun sekitar 20% dari periode Juni (Gambar 5). Selain itu, periode Juli juga ditandai dengan meningkatnya tinggi gelombang 70-80 cm yang kini mencapai 22.1% dibandingkan periode Juni yang mencapai 7.4%. Gelombang setinggi 60-70 cm relatif terjadi dengan frekuensi yang tidak berubah dari periode sebelumnya (~15%). Dengan frekuensi kejadian >5%, gelombang setinggi >1 m juga tercatat selama Juli.

Agustus

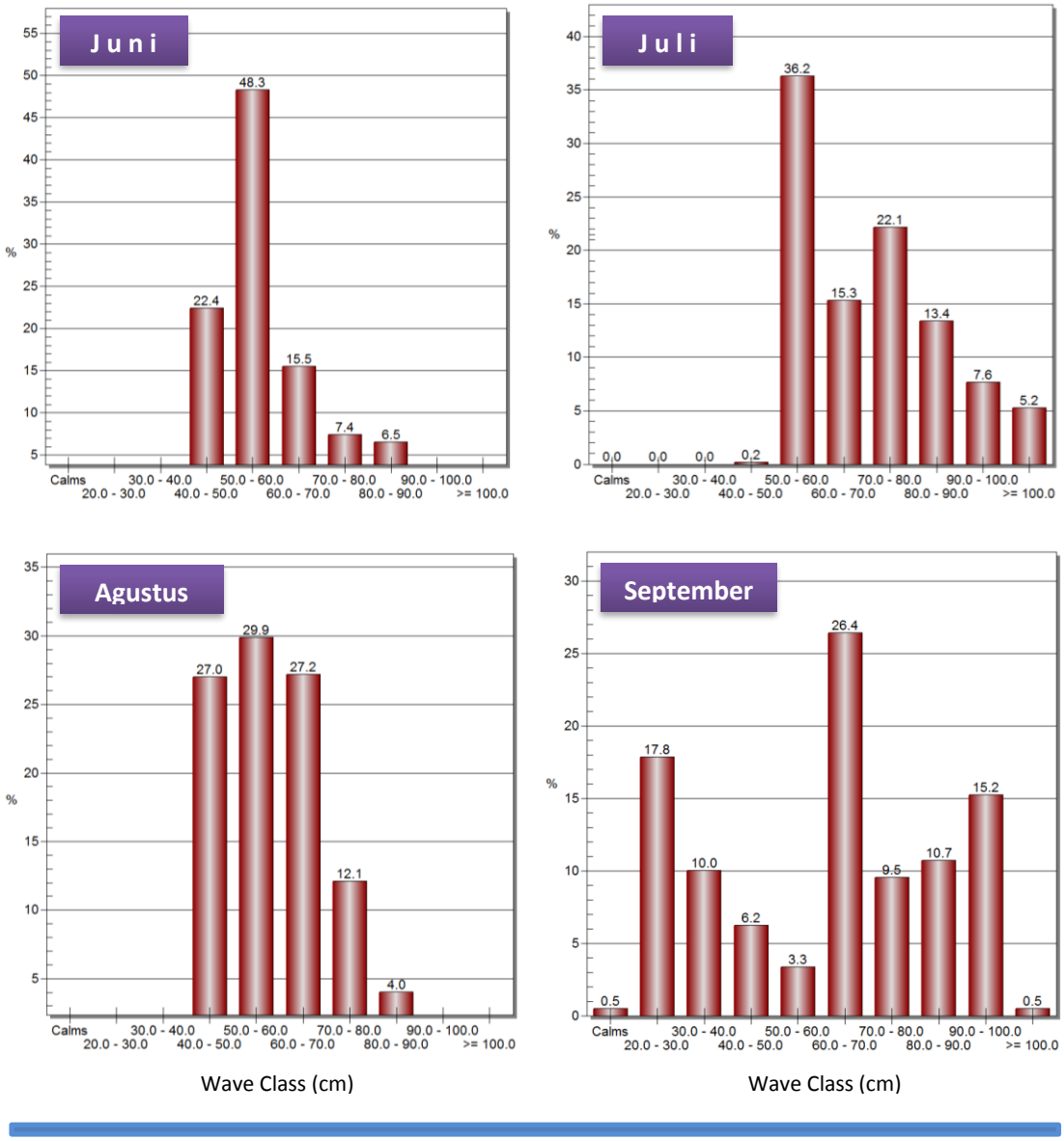
Setelah mengalami puncak kematangan gelombang pada Juli, gelombang di perairan Wonorejo mulai melemah pada Agustus kendati masih relatif tinggi. Capaian tinggi maksimum gelombang, seperti diperlihatkan paa Gambar 3, menyentuh 89 cm dan minimum 40 cm dengan rataan 61.59 cm. Kendati arah datang gelombang datang dari timur masih sangat mantap (Gambar 4), capaian tinggi gelombang tertinggi kini berada pada kisaran 80-90 cm (4%). Seperti ditunjukkan pada Gambar 5, dominasi tinggi gelombang tertinggi masih ditunjukkan oleh gelombang setinggi 50-60 cm (29.9%). Hal menyolok yang terjadi selama Agustus adalah meningkatnya tinggi gelombang 40-50 cm yang kini mengalami peningkatan >25% dari sebulan sebelumnya (Gambar 5). Selain itu tinggi gelombang 60-70 cm juga meningkat cukup tajam menjadi 27.2% dibandingkan dengan periode sebelumnya (15.3%).



Gambar 3. Fluktuasi gelombang selama Musim Timur sejak Juni hingga September



Gambar 4 Pola sebaran gelombang selama Juni-September.



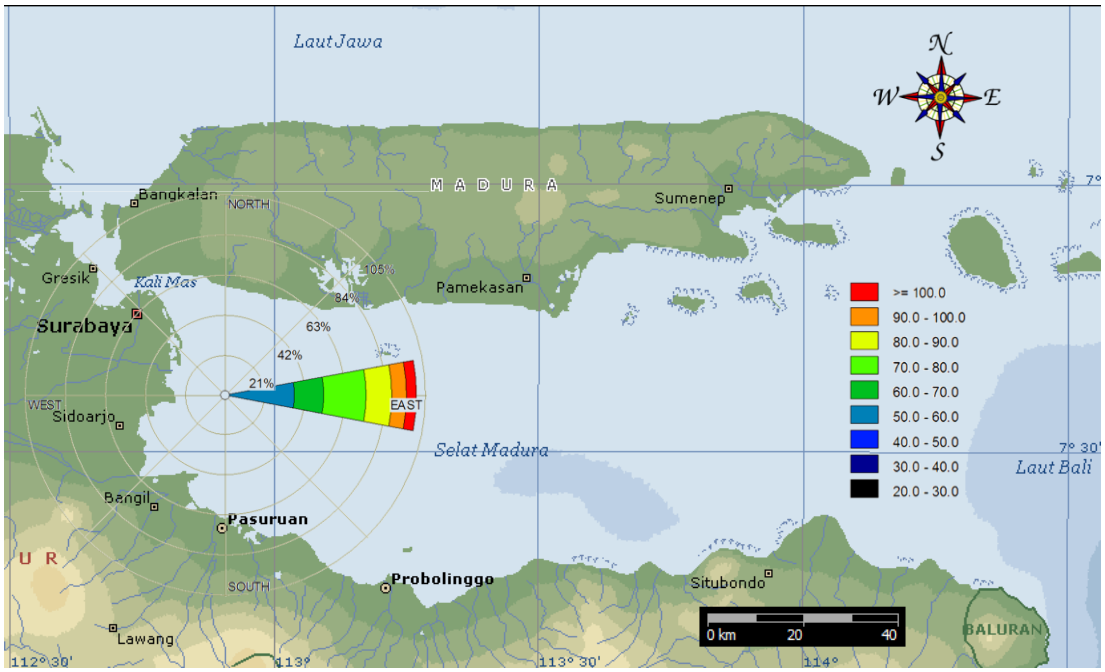
Gambar 5 Distribusi frekuensi tinggi gelombang selama Juni-September.

September

Pola fluktuasi gelombang pada Agustus masih berlanjut hingga pada awal September saat tinggi gelombang tertinggi mencapai 100 cm. Namun demikian, seperti ditunjukkan pada Gambar 3, setelah sekitar jam ke-300 gelombang berayun dengan ketinggian yang relatif menurun cukup tajam hingga menyentuh nadir pada 18 cm. Rataan tinggi gelombang selama September tercatat sebesar 51.67 cm. Masih seperti tiga periode sebelumnya, gelombang secara mantap bergerak dari timur (Gambar 4). Hal menyolok yang terjadi pada bulan ini adalah relatif bervariasinya tinggi gelombang bila dibandingkan dengan tinggi gelombang yang terjadi di tiga bulan sebelumnya. Kondisi demikian mengindikasikan mulai terjadinya pelemahan tinggi gelombang di periode akhir Musim Timur. Sekitar 20% gelombang tercatat hanya mencapai 20-30 cm. Gelombang setinggi itu tidak pernah terjadi pada tiga periode sebelumnya; bahkan

tinggi gelombang 30-40 cm yang di periode September mencapai 10% pun tidak terjadi pada Juni-Agustus (Gambar 5). Dominasi gelombang kini ditegaskan oleh gelombang setinggi 60-70 cm (26.4%), bukan lagi oleh gelombang setinggi 50-60 cm (3.3%) seperti yang secara menyolok terjadi selama periode Juni-Agustus. Peningkatan yang cukup tajam juga ditunjukkan oleh gelombang setinggi 90-100 cm yang kini mencapai 15.2%. Gelombang setinggi >1 m pun terjadi kendati dengan capaian yang hanya 0.5%.

Bila pola arah datang gelombang selama Musim Timur yang secara mantap bergerak dari timur diplot di lokasi penelitian yang berada di kawasan perairan Selat Madura, mengindikasikan kuatnya efek musonal di lokasi tersebut (Gambar 6). Pola arah datang gelombang yang demikian dimungkinkan terjadi pada saat tekanan tinggi di atas Benua Australia memicu terjadinya pergerakan angin menuju area bertekanan rendah di Asia. Gerakan angin di sepanjang perairan Australia-Asia memicu gerakan gelombang yang bergerak searah dengan arah tiupan angin. Kondisi batimetri maupun geomorfologi pantai dapat menjadi halangan yang resistensif sehingga dapat mengubah arah datang gelombang. Bila ditinjau lokasi studi di perairan Selat Madura yang berbentuk semi tertutup dengan melebar di sisi timur dan menyempit di sisi utara-barat, maka arah datang gelombang yang secara mantap bergerak dari timur menemukan kesesuaian.



Gambar 6 *Plotting* pola gelombang periode Juli sebagai representasi Musim Timur di perairan Wonorejo.

SIMPULAN

Karakteristik gelombang selama Musim Timur di perairan Wonorejo, sebagai bagian dari kawasan Pamurbaya, menegaskan sangat mantapnya gelombang yang menjalar dari timur dengan dominasi tinggi gelombang 50-60 cm. Kematangan gelombang musim ini terjadi pada Juli ditandai meningkatnya tinggi gelombang 70-80

cm dan relatif tingginya gelombang setinggi >1 m. Capaian tinggi gelombang yang setinggi 126 cm dan minimum 46 cm dengan rataan 73.28 cm merupakan capaian tertinggi tinggi gelombang dibandingkan dengan capaian tinggi gelombang yang terjadi pada tiga bulan lainnya. Selama September, kendati dalam frekuensi kejadian yang sangat kecil, gelombang setinggi > 1m masih ditemukan. Tinggi gelombang lebih fluktuatif dan menyentuh nadir 20-30 cm. Kondisi ini menandai akhir Musim Timur sebelum memasuki periode Pancaroba Akhir. Efek musonal Musim Timur yang menandai lintasan aliran angin dari Benua Australia menuju Benua Asia serta posisi Selat Madura yang berbentuk semi tertutup dengan melebar di sisi timur dan menyempit di sisi utara-barat, menjadikan gerakan mantap gelombang yang menjalar dari timur menemukan kesesuaian.

DAFTAR PUSTAKA

Brown, J., Colling A., Park, D., Phillips, J., Rothery, D. and Wright, J. 1989. *Waves, Tides and Shallow-Water Processes*. Oxford: Pergamon Press-The Open University.

Duxbury, A.C. and Duxbury, B.C. 1989. *An Introduction to the Worls's Oceans 3rd Edition*. Dubuque: Wm. C. Brown.

Nontji, A. 1997. *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan.

www.hort.purdue.edu/newcrop/tropical/lecture_03/lec_03.html [17 Mar 2008]

www.gymnasium-spaichingen.de/bili/india/monsoon.html [25 Mar 2009]

www.pacificislandtravel.com/nature_gallery/monsoonsandstroms.html. [25 Mar 2009]

www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/circulation/regional_scale_wind.htm [25 Mar 2009].