

KEMATIAN MASSAL IKAN DI WADUK CIRATA PADA JANUARI 2013

**Nawa Suwedi^a, Abimanyu T. Alamsyah^b,
Dwita Sutjiningsih^b, dan Yudhi S. Garno^a**

^a *Pusat Teknologi Lingkungan-BPPT*

^b *Pusat Studi Ilmu Lingkungan-UI*

E-mail: nawaswd@yahoo.com

Diterima: 11 Maret 2014, Disetujui: 17 Maret 2015

ABSTRAK

Kematian massal ikan di waduk dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah ketersediaan oksigen terlarut dalam air waduk. Pendekatan pemahaman kejadian kematian massal ikan yang berbeda dengan yang biasa telah dilakukan dalam penelitian ini. Pendekatan yang dilakukan adalah analisis keterkaitan antara kejadian kematian massal ikan dengan data cuaca. Data cuaca yang dimaksud adalah intensitas cahaya matahari, temperatur udara permukaan, kondisi awan, hujan, arah angin, dan kecepatan angin. Pengamatan data cuaca dilakukan di Waduk Cirata antara tanggal 1 Nopember 2012 sampai 31 Januari 2013. Dari pengamatan data tutupan awan dan hujan, diketahui bahwa pada kejadian kematian massal ikan tanggal 17, 18 dan 19 Januari, Waduk Cirata ada dalam kondisi tertutup awan dari tanggal 9 sampai 19 Januari dan hujan terjadi antara tanggal 11 - 19 Januari. Diantara hari hujan tersebut, menjelang kejadian dan pada saat kejadian (antara tanggal 16, 17 dan 18 Januari) kondisi hujan relatif tinggi yaitu antara 5 sampai 8 jam dari 13 jam pengamatan. Dari pengamatan arah angin dominan antara tanggal 16, 17 dan 18 Januari, diketahui bahwa angin dominan berasal dari arah Timur dan Timur Laut. Hal ini yang dapat menjelaskan mengapa kematian massal ikan dapat terjadi di: sebagian blok Gado Bangkong sampai Cipicung, sebagian blok Cibogo sampai Citatah, dan sebagian blok Pasir Anas sampai Sangkali (Bandung Barat); sebagian blok Cimanggu, Cadas, dan Tanah Beurem Sona (Purwakarta); dan sebagian blok Patokbesi (Cianjur).

Kata Kunci: kematian massal ikan, waduk, Cirata, data cuaca, peringatan dini

ABSTRACT

REVEALING THE MASS FISH KILLS IN CIRATA RESERVOIR IN JANUARY 2013. *Fish mass mortality in a lake can be influenced by the availability of dissolved oxygen in a lake water. An alternative approach has been performed to understand fish mass mortality in a lake. The approach taken was an analysis of relationship between an incidence of fish mass mortality and a weather data. The weather data used were intensity of sunlight, surface air temperature, clouds, rains, wind direction, and wind speed. The weather parameters were observed in lake Cirata from November 1, 2012 to January 31, 2013. Cloud coverage and rain data analysis showed that the incidence of fish mass mortality in 16th, 17th and 18th of January, was marked by cloudy conditions from January 9, 2013 to January 19, 2013 and rainy conditions from January 11, 2013 to January 19, 2013. Among those rainy days, rain intensities were relatively high on day 16th-18th of January which occurred between 5 to 8 hours from 13 hours of observation. Wind data analysis showed that dominant wind direction during the 16th, 17th and 18th of January came from the East and Northeast. That can explain the occurrence of fish mass mortality in some areas of the lake, which are: some parts of Gado Bangkong until Cipicung, some parts of Cibogo until Citatah, and some parts of Pasir Anas until Sangkali (Bandung Barat block); some parts of Cimanggu, Cadas, and Tanah Beurem Sona (Purwakarta block); and some parts of Patokbesi (Cianjur block).*

Keywords : fish mass mortality, lesevoir, Cirata, weather data, early warning.

PENDAHULUAN

Sejalan dengan meningkatnya kegiatan budidaya ikan air tawar dengan keramba jaring apung (KJA) maka kematian massal ikan (KMI) di beberapa waduk/danau di Indonesia juga cenderung meningkat. Waduk/danau yang sering mengalami bencana KMI antara lain adalah Waduk Cirata (BPWC, 2010; Prihadi, 2005), Waduk Jatiluhur (Lukman, 2006), dan Danau Maninjau (Fakhrudin, 2010). Sedangkan KMI di Waduk Cirata, terjadi pada tahun 1990, 1993, 1994, 1995, 1997, 2001, 2007, 2008 (BPWC, 2010) dan pada tahun 2004 dan 2005 (Prihadi, 2005).

Kematian massal ikan menyebabkan kerugian ekonomi, sosial dan lingkungan. Kerugian ekonomi dan sosial yang terjadi berupa hilangnya modal bagi pemilik KJA dan hilangnya mata pencaharian bagi pekerja KJA. Kerugian lingkungan yang terjadi berupa munculnya bau busuk yang menyengat dan air waduk yang berlendir sebagai akibat dari adanya bangkai-bangkai ikan mati yang dibiarkan membusuk di perairan waduk.

Faktor penyebab terjadinya KMI di waduk, secara umum dapat dibedakan menjadi (1) Rendahnya kualitas air waduk dan akibat adanya *upwelling* (Prihadi, 2005). Hal ini didasarkan pada kejadian KMI di Waduk Cirata pada tanggal 13 Desember 2004 dan 17 Januari 2005 dimana KMI terjadi setelah hujan seharian selama 3 hari berturut-turut dan untuk hari berikutnya diikuti oleh kondisi mendung yang disertai angin; (2) Rendahnya kadar oksigen terlarut (*dissolved oksigen*, DO) dalam air waduk (Chapra, 1997; Benjamin, et al. 1996). Menurut Chapra (1997), kadar oksigen terlarut (DO) di perairan sangat dipengaruhi oleh adanya proses reareasi, fotosintesis tumbuhan air, fitoplankton, dan kebutuhan oksigen untuk proses dekomposisi bahan organik karbon dan oksidasi. Adanya gangguan proses fotosintesis fitoplankton sebagai akibat dari adanya awan yang menutupi waduk yang berlangsung selama dua hari berturut-turut yang diduga merupakan salah satu penyebab terjadinya

KMI (Lukman, 2006). Dugaan ini didasarkan pada kejadian KMI di Waduk Jatiluhur pada tanggal 29 Januari 2006; dan (3) Adanya penyakit dan virus. Secara umum kualitas air waduk dapat mempengaruhi proses terjadinya KMI. Menurut Kordi & Tancung (2007), kualitas air waduk yang buruk dapat menyebabkan wabah penyakit yang dapat menyerang ikan dan akhirnya mati. Apabila kematian ikan tersebut berlangsung lama dan dalam wilayah yang luas maka terjadilah KMI. Pusat penuluhannya KKP (2013) mengingatkan bahwa terjadinya penyakit *koi herpes virus-KHV* di musim penghujan dapat mengakibatkan terjadinya KMI.

Menanggapi permasalahan tersebut maka para peneliti, saat ini, telah dan sedang melakukan kajian mengenai bagaimana resiko KMI dapat dikurangi. Pengurangan resiko terjadinya KMI dapat dilakukan dengan membangun sistem peringatan dini KMI. Peringatan dini KMI, saat ini, dikembangkan melalui pendekatan data kualitas air (Fakhrudin, 2010). Pendekatan melalui data kualitas air yang bersifat insitu dan sesaat diakui dapat memberikan hasil yang sangat baik untuk mengetahui situasi KMI pada saat kejadian. Akan tetapi, peringatan dini dengan data kualitas air tidak cukup memberi waktu bagi petani/penjaga KJA untuk melakukan evakuasi terhadap ikan-ikan mereka yang masih ada di KJA. Sebagai alternatifnya, pendekatan dengan menggunakan data cuaca akan dilakukan dalam studi ini. Pemilihan dengan menggunakan data cuaca lebih didasari oleh adanya teori yang menyatakan bahwa KMI akan terjadi apabila DO perairan waduk rendah (menuju nol) dan oleh adanya kearifan lokal penduduk di sekitar Waduk Cirata yang menandai adanya KMI dengan terdapatnya perubahan cuaca di sekitar Waduk Cirata. Oleh karena itu, penelitian ini akan difokuskan pada analisis dan pencarian hubungan antara parameter tutupan awan, hari hujan, intensitas cahaya, arah dan kecepatan angin yang dikaitkan dengan kasus KMI di Waduk Cirata pada tanggal 17, 18 dan 19 Januari 2013

METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *luxmeter* sebagai alat pengukur intensitas cahaya, termometer sebagai alat pengukur temperatur/suhu permukaan, *anemometer* sebagai alat pengukur arah dan kecepatan angin, GPS, lembar monitoring sebagai alat pencatat data pengukuran, buku hasil pengukuran, serta beberapa software pengolah data (*GIS*, *spreadsheet* dan *windrose*).

Pengukuran/pengamatan data dilakukan di salah satu KJA yang ada di Waduk Cirata. Lokasi pengukuran data terletak pada koordinat $6,74575^{\circ}$ LS dan $107,27480^{\circ}$ BT. Pengukuran/pengamatan data dilakukan pada musim penghujan saja yaitu dari tanggal 1 Nopember 2012 sampai 31 Januari 2013.

Pengukuran/pengamatan dilakukan untuk data intensitas cahaya matahari (lux), suhu permukaan ($^{\circ}\text{C}$), arah angin (derajat), kecepatan angin (m/s), tutupan awan dan kondisi hujan dilakukan setiap 1 (satu) jam sekali yang dimulai dari jam 06.00 sampai 17.30. Hasil pengamatan kemudian dicatat dalam buku/lembar monitoring.

Pengamatan kondisi awan dilakukan secara visual. Hasil pengamatan awan dikelompokkan ke dalam: (A) berawan tebal, penuh dan gelap; (B) berawan tebal, penuh dan terang; (C) berawan tebal, sebagian dan gelap; (D) berawan tebal, sebagian dan terang; serta (E) berawan tipis, penuh dan gelap; (F) berawan tipis, penuh dan terang, (G) berawan tipis, sebagian dan terang, dan (H) tidak berawan.

Metode pengamatan kondisi hujan di kelompokkan ke dalam: (1) hujan lebat disertai angin, (2) hujan lebat, (3) hujan biasa, (4) gerimis, dan (5) terang/tidak hujan. Apabila awan yang menutup Waduk Cirata ada dalam kategori A-E maka kode tutupan awan akan dirubah ke dalam angka 1 (satu). Apabila awan yang menutup Waduk Cirata ada dalam kategori F-H maka kode tutupan awan akan dirubah ke dalam angka 0 (nol). Kode angka 1 (satu) dipakai sebagai tanda bahwa Waduk Cirata ada dalam kondisi tertutup awan sedangkan kode angka 0 (nol) dipakai sebagai tanda bahwa

Waduk Cirata dalam kondisi tidak tertutup awan.

Metode perhitungan hari hujan dilakukan dengan cara melihat ada tidaknya hujan pada hari itu. Dari data tiap jam yang ada kemudian dihitung jumlah hujan tiap harinya yang dihitung dari jumlah total kondisi hujan tiap hari. Apabila jumlah kondisi hujan dalam sehari ≥ 1 maka hari tersebut ada dalam kondisi hujan dan begitu pula sebaliknya apabila jumlah kondisi hujan dalam sehari = 0 maka hari tersebut ada dalam kondisi tidak ada hujan. Untuk menghitung rata-rata harian dihitung berdasarkan jumlah data dalam sehari pengukuran dibagi dengan jumlah pengukuran dalam sehari. Jumlah pengukuran dalam sehari hanya dihitung yang datanya tersedia saja sedangkan yang tidak ada datanya tidak dihitung. Jumlah data yang dihitung hanya data antara jam 06.00 sampai 17.30.

Pengolahan data intensitas cahaya matahari dan suhu udara permukaan hanya dilakukan pada harian rata-ratanya saja. Intensitas cahaya harian rata-rata dihitung dari total intensitas cahaya dalam sehari dibagi dengan jumlah data pengukuran dalam sehari. Suhu permukaan udara rata-rata harian didapat dari menjumlahkan data suhu permukaan udara dalam sehari dibagi dengan jumlah data pengukuran.

Metode pengolahan data arah dan kecepatan angin dilakukan dengan mengplotkan data tersebut ke dalam program *WindRose* yang dapat memberikan gambaran kecepatan dan arah angin dalam satu bidang gambar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Awan dan Hujan di Waduk Cirata

Hasil pengolahan data kondisi awan dan hari hujan di Waduk Cirata untuk bulan Januari 2013 dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa pada bulan Januari 2013, di Waduk Cirata hujan terjadi hampir setiap hari. Kondisi hujan beruntun yang lebih dari dua hari berturut turut (dalam fase hujan) terjadi pada tanggal 4 – 9, 11 – 19 dan 21 – 27. Tingkat ketertutupan awan di Waduk Cirata pada

bulan Januari 2013 mencapai 80%. Kondisi awan dengan tingkat ketertutupan lebih dari 90% (1 jam data kosong atau dari 13 jam pengamatan terselip 1 jam cuaca terang) terjadi beruntun lebih dari dua hari berturut-turut (dalam fase berawan) terjadi pada tanggal 5 Januari jam 14.00 sampai pada tanggal 10 Januari jam 10.00 dan antara tanggal 11 Januari jam 09.00 sampai tanggal 19 Januari 201 jam 10.00.

Pengamatan detail terhadap kondisi awan dan hujan yang terjadi di Waduk Cirata dan pengaruhnya pada KMI pada tanggal 17, 18, dan 19 Januari 2013 menunjukkan bahwa KMI yang terjadi didahului oleh adanya tutupan awan dengan

tingkat ketertutupan harian rata-ratanya lebih dari 90% dan KMI terjadi dalam fase hujan (kondisi dimana hujan terjadi secara beruntun yang lebih dari dua hari).

Intensitas Cahaya Matahari di Waduk Cirata

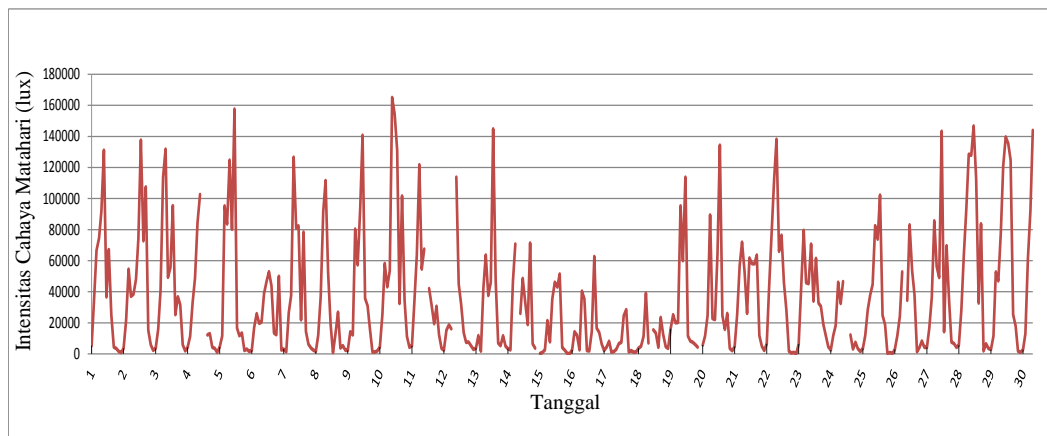
Hasil pengamatan intensitas cahaya matahari di Waduk Cirata pada bulan Januari 2013 dapat dilihat pada Gambar 1 dan data intensitas cahaya matahari harian rata-rata di Waduk Cirata pada bulan Januari 2013 dapat dilihat pada Gambar 2. Pada bulan Januari 2013, rata-rata intensitas cahaya matahari adalah 35.476,67 lux.

Tabel 1. Data kondisi awan dan hari hujan di Waduk Cirata bulan Januari 2013.

Tanggal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
06:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
07:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
08:00	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
09:00	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
10:00	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
11:00	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0
12:00	1	1	1		0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1		0	0	0	0	0	0
13:00	1	0	1		0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1		1	1	1	0	0	0
14:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
15:00	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
16:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jml Hujan	9	9	10	9	8	13	12	12	12	8	11	13	13	13	13	13	13	13	10	9	10	9	9	11	10	11	9	11	4	8	6

Keterangan:

1 Hujan 0 Tidak Hujan 9 9 kali hujan/13 kali pengukuran

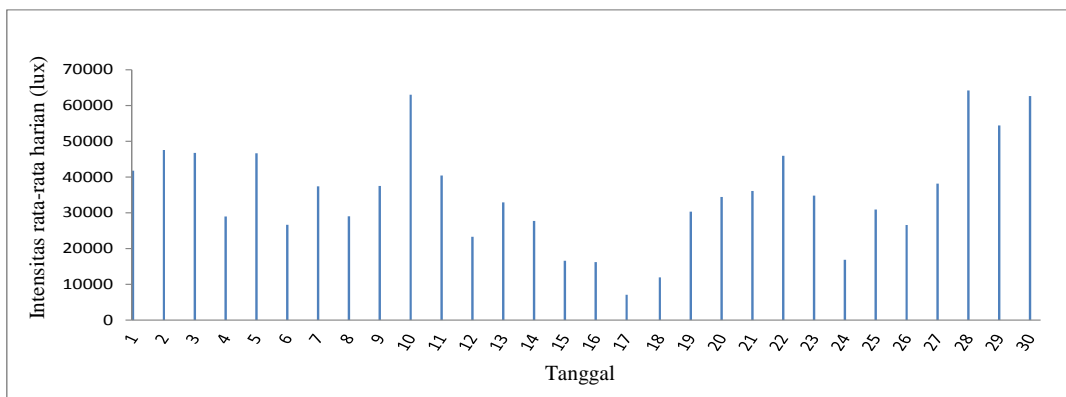


Gambar 1. Data intensitas cahaya matahari di Waduk Cirata pada bulan Januari 2013.

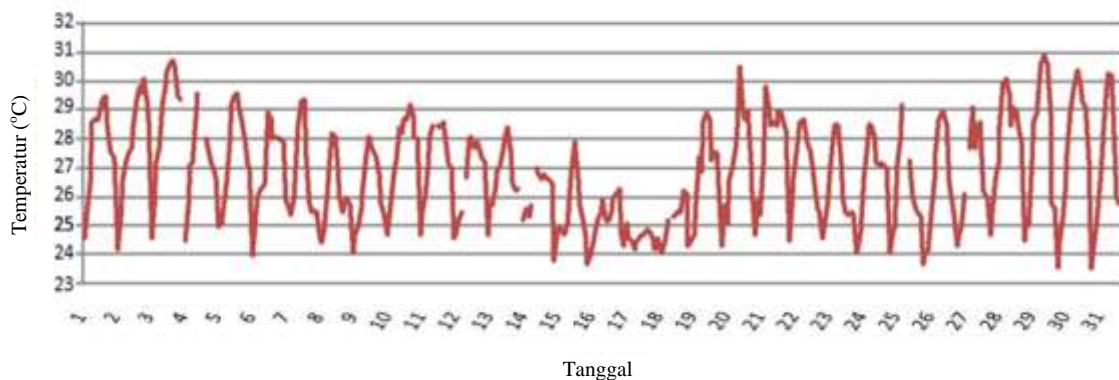
Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3 diketahui adanya grup-grup data dalam sebulan. Grup data yang ada di Gambar 2 lebih terlihat jelas apabila dibandingkan dengan yang ada di Gambar 1. Pengamatan detail terhadap pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap KMI pada tanggal 17 sampai 19 Januari 2013 memperlihatkan bahwa grup data intensitas cahaya harian rata-rata antara tanggal 14 – 18 Januari 2013 terlihat lebih rendah bila dibandingkan dengan intensitas cahaya harian rata-rata di hari lainnya. Data intensitas cahaya matahari rata-rata harian terendahnya terdapat pada tanggal 17 (7079,2 lux) dan kemudian disusul tanggal 18 Januari 2013 (11.933,3 lux).

permukaan harian rata-rata di Waduk Cirata untuk bulan Januari 2013 dapat dilihat pada Gambar 4.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa temperatur udara permukaan harian rata-rata terendah pada bulan Januari 2013 adalah 24,6°C sedangkan temperatur udara permukaan harian rata-rata tertingginya adalah 28,1°C. Dalam rangka pengamatan detail terhadap pengaruh temperatur udara permukaan terhadap KMI tanggal 17 sampai 19 Januari 2013 maka diketahui bahwa temperatur udara permukaan harian rata-rata pada tanggal 17 Januari 2013 adalah 24,6°C dan temperatur udara permukaan harian rata-rata pada tanggal 18 Januari 2013 adalah 25,1 °C. Temperatur udara permukaan



Gambar 2. Data intensitas cahaya matahari rata-rata harian di Waduk Cirata pada bulan Januari 2013.

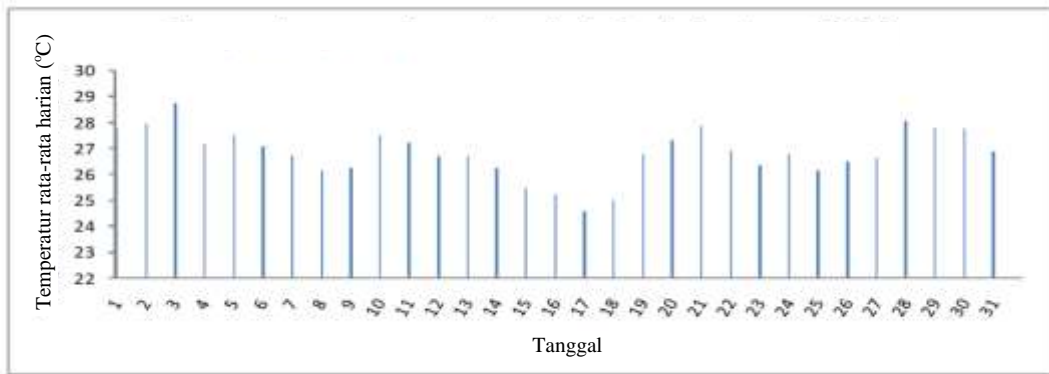


Gambar 3. Data temperatur permukaan udara di Waduk Cirata pada bulan Januari 2013

Temperatur Udara Permukaan di Waduk Cirata

Data suhu permukaan di Waduk Cirata untuk bulan Januari 2013 dapat dilihat pada Gambar 3 dan data temperatur

harian rata-rata pada tanggal 17 dan 18 Januari 2013 berada pada posisi lebih rendah apabila dibandingkan dengan temperatur udara permukaan rata-rata pada bulan Januari 2013 yaitu 26,7°C.



Gambar 4. Data temperatur permukaan rata-rata harian di Waduk Cirata pada bulan Januari 2013

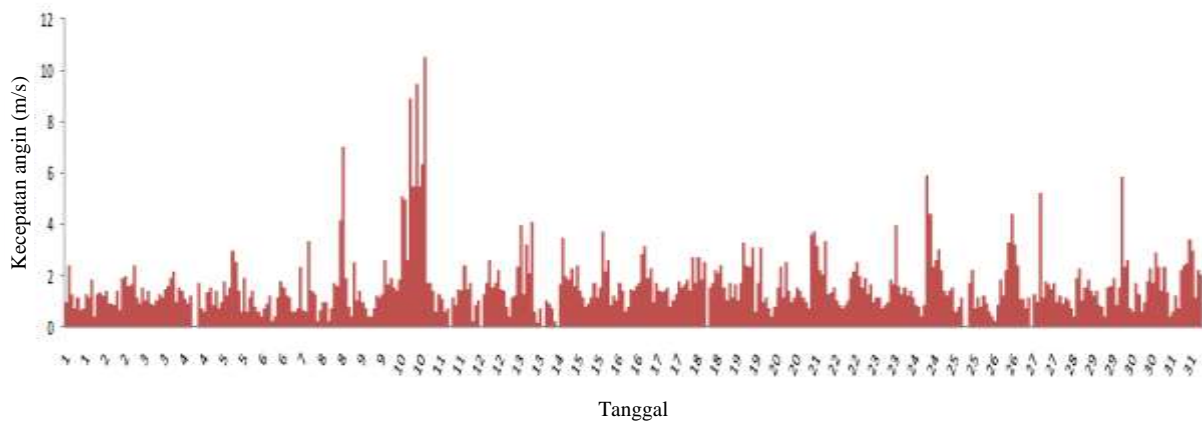
Arah dan Kecepatan Angin di Waduk Cirata.

Grafik kecepatan angin yang bertuip di Waduk Cirata selama bulan Januari 2013 dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa kecepatan angin terbesar yang teramati terjadi pada tanggal 10 Januari 2013 yaitu sebesar 10,56 m/s yang berasal dari arah Barat. Sementara itu, menurut informasi penduduk, pada bulan Januari 2013, angin terbesarnya terjadi pada tanggal 16 Januari 2013 (yaitu satu hari sebelum KMI terjadi) dan berasal dari arah Selatan.

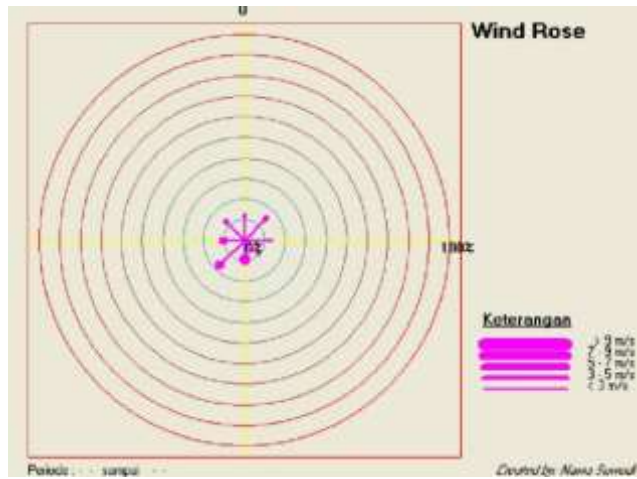
Gambaran arah angin yang terjadi di Waduk Cirata pada bulan Januari 2013 dapat dilihat pada Gambar 6, Berdasarkan Gambar 6 diperoleh informasi bahwa arah angin dominan pada bulan Januari 2013 berasal dari arah Barat Daya dengan kecepatan antara 0,16 m/s sampai 10,56 m/s.

Dalam rangka pengamatan detail terhadap pengaruh angin pada KMI tanggal 17 sampai 19 Januari 2013 maka dibangunlah *windrose* untuk tanggal 16-18 Januari 2013 sebagaimana yang dapat dilihat pada Gambar 7 dan *windrose* harian untuk tanggal 16, 17 dan 18 Januari 2013 sebagaimana yang dapat dilihat pada Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10. Berdasarkan Gambar 7 sampai Gambar 10 diketahui bahwa arah angin dominan yang terjadi di Waduk Cirata pada tanggal 16 Januari sampai 18 Januari 2013 berasal dari arah Timur sampai Timur Laut.

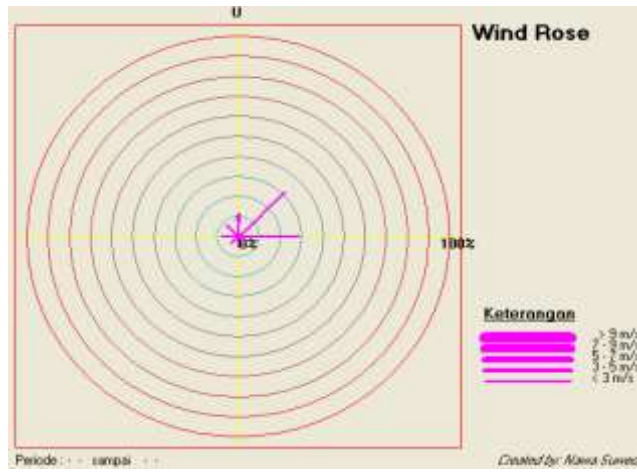
Walau tidak terekam dalam data pengamatan, berdasarkan informasi penduduk dan adanya fakta lapangan yang berupa terjadinya kerusakan pada beberapa KJA yang ada di Waduk Cirata, pada tanggal 16 Januari 2016 telah terjadi angin besar yang berasal dari arah Selatan.



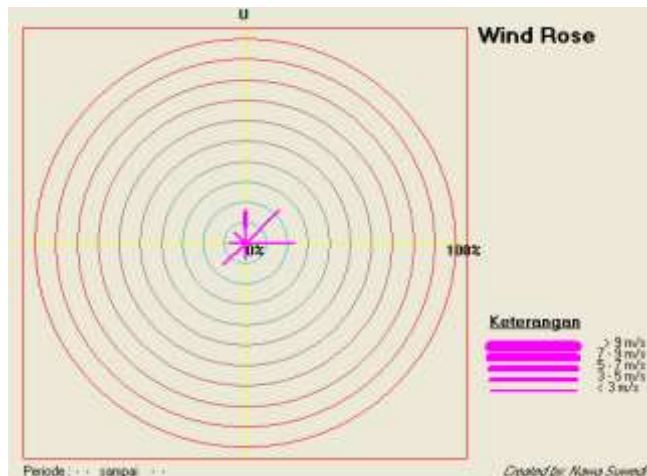
Gambar 5. Grafik kecepatan angin yang bertuip di Waduk Cirata pada bulan Januari 2013.



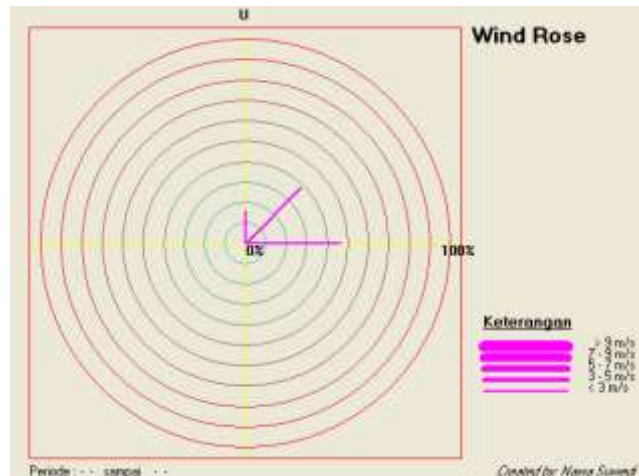
Gambar 6. Windrose arah angin di Waduk Cirata pada bulan Januari 2013



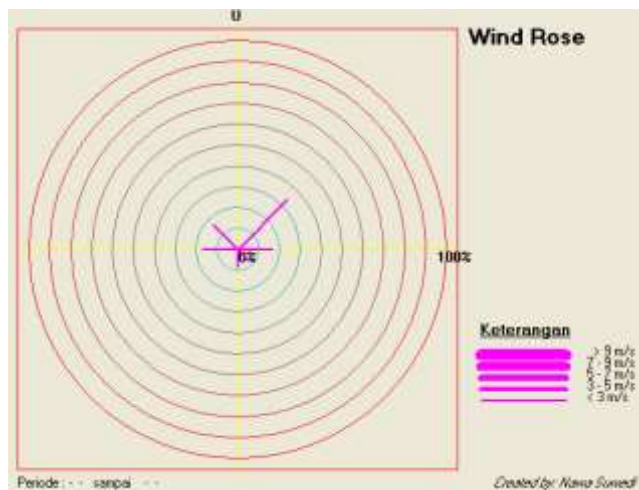
Gambar 7 Windrose Waduk Cirata tanggal 16–18 Januari 2013.



Gambar 8 Windrose Waduk Cirata tanggal 16 Januari 2013.



Gambar 9 *Windrose* Waduk Cirata tanggal 17 Januari 2013.



Gambar 10 *Windrose* Waduk Cirata tanggal 18 Januari 2013.

Analisis KMI di Waduk Cirata pada bulan Januari 2013

Pada tanggal 17, 18 dan 19 Januari 2013 KMI telah terjadi di Waduk Cirata dan Waduk Jatiluhur. Kerugian ekonomi yang diakibatkan oleh adanya KMI di Waduk Cirata mencapai 240 ton ikan mati. Beberapa fakta dan data cuaca hasil pengamatan yang ada di Waduk Cirata yang dapat diungkap dari kejadian KMI pada tanggal 17,18 dan 19 Januari 2013 antara lain adalah: Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa pada saat dan sebelum KMI terjadi (dari tanggal 9 Januari 2013 sampai tanggal 19 Januari 2013) Waduk Cirata selalu dalam kondisi tertutup awan. Dari tanggal 11 sampai 19 Januari, Waduk Cirata selalu terjadi hujan walau tidak sehari penuh. Diantara hari-hari hujan tersebut, sehari

sebelum kejadian dan pada saat kejadian (antara tanggal 16, 17 dan 18 Januari) jumlah jam hujan yang relatif tinggi yaitu antara 5 sampai 8 jam sehari (dari 13 jam pengamatan). Kondisi ini mendukung dugaan Prihadi (2005) yang menyatakan bahwa KMI yang terjadi di Waduk Cirata pada tanggal 13 Desember 2004 dan 17 Januari 2005 didahului oleh adanya hujan selama 3 hari berturut-turut dan pada ke esokan harinya diikuti oleh kondisi mendung yang disertai angin; Kondisi ini juga mendukung dugaan Lukman (2006) yang menyatakan bahwa KMI yang terjadi di Waduk Jatiluhur pada tanggal 29 Januari 2006 lebih didasarkan pada terdapatnya gangguan proses fotosintesis fitoplankton sebagai akibat dari adanya awan yang menutupi waduk yang berlangsung selama

dua hari berturut-turut; dan mendukung dugaan dari sebagian besar masyarakat lokal yang ada di sekitar Waduk Cirata yang menyatakan bahwa KMI akan terjadi apabila beberapa hari sebelum KMI terjadi, kondisi di sekitar waduk cuacanya dalam situasi tertutup awan yang disertai dengan terjadinya hujan dan angin.

Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2, diketahui bahwa intensitas cahaya matahari harian rata-rata antara tanggal 14 Januari sampai 18 Januari 2013 ada dalam posisi lebih rendah bila dibandingkan dengan intensitas cahaya harian rata-rata di hari lainnya; pada tanggal 17 Januari 2013 intensitas cahaya matahari di Waduk Cirata ada dalam kondisi yang paling rendah, baik secara umum maupun rata-rata hariannya. Intensitas cahaya terendah berikutnya ada pada tanggal 18 Januari 2013. Intensitas cahaya matahari harian rata-rata terlihat adanya kecenderungan yang terus menurun dari tanggal 10 Januari sampai terendahnya pada tanggal 17 Januari 2013. Dengan terhambatnya penetrasi oksigen ke air dan terhambatnya penetrasi cahaya matahari ke dalam air maka produksi oksigen terlarut di perairan tersebut menjadi berkurang. Berkurangnya produksi oksigen dan/atau naiknya kebutuhan oksigen maka konsentrasi oksigen terlarut di dalam air menjadi defisit. Defisitnya oksigen di suatu perairan, menurut Koswara (1999) dapat memicu terjadinya KMI.

Berdasarkan Gambar 4, diketahui bahwa KMI terjadi pada saat temperatur permukaan harian rata-rata di Waduk Cirata menunjukkan adanya tren penurunan. Tren penurunan temperatur tersebut terjadi mulai dari tanggal 10 Januari sampai terendahnya pada tanggal 17 Januari 2013 dan KMI terjadi mulai dari tanggal 17 sampai 19 Januari.

Berdasarkan Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10, diperoleh informasi bahwa arah angin harian dominannya berasal dari Timur dan Timur Laut. Menurut Radjawane & Hadi (2006), arah angin dari Timur dan Timur Laut dapat mengakibatkan *upwelling* di daerah pesisir sebelah Utara dan Barat Laut Waduk Cirata. Prediksi tersebut sebagian besar sesuai dengan hasil survei

lapangan yang menyatakan bahwa KMI terjadi di sebagian besar daerah yang ada di pesisir Utara dan Barat Laut seperti sebagian Patokbesi (Cianjur), sebagian daerah Cimanggu, Cadas dan Tanah Beureum Sona (Purwakarta). Untuk sebagian daerah Gado Bangkong, sampai Cipicung, dan sebagian daerah Cibogo sampai Citatah (Bandung Barat) lebih disebabkan oleh adanya angin besar dari arah Selatan yang terjadi pada tanggal 16 Januari 2013.

KESIMPULAN

Dengan mengacu pada hasil diskusi dan pembahasan di atas maka beberapa kesimpulan yang dapat diambil sebagai bahan pertimbangan pembuatan sistem peringatan dini KMI di Waduk Cirata, antara lain adalah KMI akan terjadi apabila:

1. Ada dalam kondisi fase hari hujan dan situasi sehari sebelum kejadian jumlah jam hujannya relatif tinggi.
2. Ada dalam kondisi fase tertutup awan, dimana tingkat tutupan awan untuk dua hari terakhir sebelum kejadian lebih dari 90%.
3. Intensitas cahaya matahari harian rata-rata ada dalam tren rendah bila dibandingkan dengan intensitas harian yang lain dan pada saat kejadian intensitas cahaya harian rata-ratanya ada dalam kondisi terendah.
4. Temperatur harian rata-ratanya ada dalam tren menurun dan pada saat kejadian temperatur harian rata-ratanya ada dalam kondisi terendah.
5. Lokasi terjadinya KMI dapat diperkirakan dari arah angin dominan sehari sebelum kejadian.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami sampaikan ucapan terimakasih kepada PTL-BPPT dan PSIL-UI atas semangat dan dorongannya sehingga kami dapat melaksanakan penelitian ini. Kepada Balitbang KKP, BPWC, Dinas Peternakan, Perikanan dan Kelautan Kabupaten Cianjur, Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Bandung Barat, Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Purwakarta atas

bantuan data dan waktu yang diberikan dalam setiap diskusinya serta pada teman-teman yang telah membantu saya dalam melakukan survei dan pengumpulan data dan juga kepada Kementerian RISTEK atas kesediaannya dalam membiayai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Benjamin, R., Chakrapani, B.K., Devaresh, K., Nagarathna, A.V., and Ramachandra, T.V., 1996, *Fish Mortality in Bengal Lake*, India, *Electronic Green Journal* Issue 6, December 1996, <http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/water/paper/fishmon.htm>, 10 September 2013.
- BPWC, 2010, Cascade Citarum di Waduk Cirata PT. Pembangkitan JawaBali badan pengelola Waduk Cirata, Roundtable Discussion Optimalisasi pemanfaatan dan pelestarian Waduk Kaskade Sungai Citarum, Bogor, Seameo Biotrop.
- Chapra, S.C, 1997, *Surface water-quality modeling*, New York, McGraw-Hill.
- Fakhrudin, M., 2010, Kajian hidro klimatologi sebagai dasar pengembangan sistem peringatan dini bencana kematian massal ikan di Danau Maninjau Sumbar, Laporan Akhir Program Insentif Peneliti dan Perekayasa LIPI 2010, Bogor, Pusat Penelitian Limnologi LIPI.
- KKP, 2013, Konferensi Pers Penyelenggaraan FPN 2013 dan IPF 2013, KKP Akan Menyenggarakan Festival Perikanan Nusantara dan Indonesia Pearl Festival Tahun 2013, Sumber Berita: <http://www.p2hp.kkp.go.id/berita-kkp-akan-menyenggarakan-festival-perikanan-nusantara-dan-indonesia-pearl-festival-tahun-2013.html>, 10 September 2013.
- Kordi, M., G., H., K., dan Tancung, A.B., 2007, *Pengelolaan kualitas air dalam budidaya perairan*, Jakarta, Rineka Cipta.
- Koswara, B. (1999). *Degradasi siklikal lingkungan perairan dan hubungannya dengan indikator penyebab kematian missal ikan pada keramba jarring terapung di Waduk Saguling. Disertasi*. Bandung: Pascasarjana Universitas Padjajaran.
- Lukman, 2006, Fenomena kematian massal ikan budidaya pada sistem keramba jaring apung, *Prosiding Seminar Nasional Limnologi*, Bogor, LIPI, 19 April 2010, <http://jurnal.dikti.go.id/jurnal/detil/id/24:58614/q/pengarang:LUKMAN%20/offset/15/limit/15>
- Prihadi, T.H., 2005, *Pengelolaan budidaya ikan secara lestari di waduk (Studi kasus diperairan Waduk Cirata, Jawa Barat)*, *Disertasi*, Bogor, Sekolah Pascasarjana IPB.
- Radjawane, I.M. & Hadi, S. (2006). *Diktat kuliah Arus laut*. Bandung: Program Studi Oseanografi, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung.