

EVALUASI EFEKTIVITAS SISTEM PERINGATAN DINI SIKLON TROPIS DI INDONESIA (Studi Kasus Siklon Tropis Seroja, 3-12 April 2021)

Kiki¹, Agus Salim Nur², Idhan Abubakar³
^{1,2,3}Pusat Meteorologi Publik BMKG

Informasi Artikel

Sejarah Artikel:

Accepted April 7, 2024

Kata Kunci :

Siklon tropis, Seroja, Survei

Keywords:

Tropical cyclone, Seroja, Survey

ABSTRAK

Siklon tropis adalah suatu sistem tekanan rendah atmosfer di daerah tropis yang terbentuk melalui proses konveksi di atas perairan hangat. Dampak siklon tropis mencakup hujan intensitas tinggi, angin kencang, gelombang tinggi, dan *storm surge*, yang mampu menyebabkan kerugian ekonomi, kerusakan lingkungan, bahkan korban jiwa. Kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat efektivitas sistem peringatan dini siklon tropis di Indonesia, dengan menggunakan siklon tropis Seroja sebagai studi kasus. Metode penelitian melibatkan survei lapangan di wilayah Nusa Tenggara Timur (NTT) dengan menggunakan kuesioner yang dirancang berdasarkan panduan dokumen TCP-24 dari World Meteorological Organization (WMO). Hasilnya diketahui bahwa sistem peringatan dini siklon tropis yang ada saat ini masih belum efektif. Diharapkan bahwa temuan dari kajian ini dapat memberikan informasi terkait tingkat pemahaman dan respon masyarakat, serta membantu penyempurnaan sistem peringatan dini siklon tropis di Indonesia..

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Penulis Koresponden

Kiki
Pusat Meteorologi Publik BMKG
Email: kiki@bmkg.go.id

1. PENDAHULUAN

Siklon tropis merupakan salah satu bentuk gangguan tropis yang mampu memicu kondisi cuaca signifikan di wilayah yang dilewati maupun wilayah yang berada dekat dengan lintasnya, seperti hujan dengan intensitas tinggi, angin kencang, gelombang tinggi, dan gelombang pasang. Gangguan tropis ini didefinisikan sebagai pusaran siklonal sistem cuaca di daerah pusat tekanan rendah yang berkembang di perairan hangat tropis [1]

Berdasarkan laporan Badan Meteorologi Dunia (World Meteorological Organization/WMO) di tahun 2021, sepanjang periode tahun 1970-2019, kejadian siklon tropis memiliki proporsi sebanyak 35% dari total kejadian cuaca dan iklim ekstrem di seluruh dunia, yang merupakan peringkat kedua tertinggi setelah banjir, diikuti oleh longsor, kekeringan, suhu ekstrem, serta kebakaran hutan dan lahan [2]. Masih dari laporan yang sama, WMO melaporkan bahwa dampak kerusakan akibat siklon tropis memegang peringkat tertinggi dari kelima kejadian ekstrem lainnya, baik untuk jumlah korban jiwa (39% - dari total 2.064.929 korban meninggal dunia), maupun kerugian ekonomi (54% - dari total 3.6 triliun US\$).

Meskipun secara teoritis, wilayah Indonesia dikatakan bukan area yang rentan akan siklon tropis akibat letak geografisnya yang dekat dengan ekuator, dimana dikatakan bahwa siklon tropis

tidak tumbuh di wilayah antara ekuator hingga 4° LU/LS [3], namun pada kenyataannya telah ada 11 siklon tropis yang lahir di wilayah Indonesia, sejak tahun 2008.

Syarat pertumbuhan gangguan tropis ini diantaranya wilayah perairan yang luas dengan suhu muka laut yang hangat, yaitu di atas 27°C , nilai faktor Coriolis yang lebih tinggi dari ambang minimum tertentu, nilai *shear* angin vertikal yang lemah, umumnya kurang dari 15 ms^{-1} [4]. Serta kondisi atmosfer yang labil untuk memudahkan pertumbuhan awan konvektif, serta kelembaban atmosfer yang tinggi di level menengah, untuk mendukung pertumbuhan awan konvektif.

Pengamatan siklon tropis umumnya bertitik fokus pada pemanfaatan citra inderaja, terutama satelit cuaca, dikarenakan lokasi pembentukannya yang ada di laut lepas sehingga sulit untuk tercakup oleh pengamatan in-situ. Sementara prakiraan siklon tropis untuk intensitas dan pergerakannya umumnya menggunakan model numerik maupun berbagai teknik *artificial intelligence* [5].

Peringatan dini siklon tropis pada dasarnya terdiri dari dua kategori: peringatan dini untuk wilayah daratan dan perairan pantai; dan peringatan dini untuk laut lepas, yang umum disebut sebagai *marine warning*. Setiap negara anggota badan regional biasanya bertanggung jawab untuk membuat peringatan dini di wilayah daratan dan perairan pantai mereka sendiri. Namun, untuk memberikan peringatan dini tentang siklon tropis di laut lepas, telah ditetapkan beberapa pusat peringatan siklon tropis (dikenal sebagai TCWC). Setiap TCWC memiliki wilayah khusus untuk bertanggung jawab. Di Indonesia, tugas dan fungsi pengamatan, prakiraan, hingga peringatan dini terkait siklon tropis berada di Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), melalui Tropical Cyclone Warning Center (TCWC) Jakarta yang resmi beroperasi pada Maret 2008.

Sistem peringatan dini (*Early Warning System* (EWS) siklon tropis dianggap efektif jika memenuhi 4 (empat) poin, yaitu (1) Pengetahuan risiko masyarakat, (2) Pemantauan, prediksi, dan layanan Meteorologi dan Hidrologi Nasional (NMHS) untuk pemantauan, dan prakiraan, (3) Otoritas perlindungan sipil dalam penyebarluasan dan komunikasi informasi peringatan dini, (4) Tanggapan dan tindakan publik terhadap peringatan dini [6].

Siklon tropis Cempaka, merupakan satu dari sebelas siklon tropis yang lahir di wilayah Indonesia pada Desember 2017. Siklon ini membawa dampak signifikan terutama di Pulau Jawa dan Bali berupa hujan deras berkepanjangan, yang mengakibatkan banjir dan longsor di sejumlah daerah. Wilayah seperti Pacitan, Lumajang, dan Banyuwangi di Jawa Timur mengalami dampak serius dengan ribuan rumah terendam banjir, jalan raya terputus, dan lahan pertanian rusak. Selain itu, Cempaka juga memicu korban jiwa, serta evakuasi penduduk, dan menyebabkan ribuan orang kehilangan tempat tinggal akibat longsor [7].

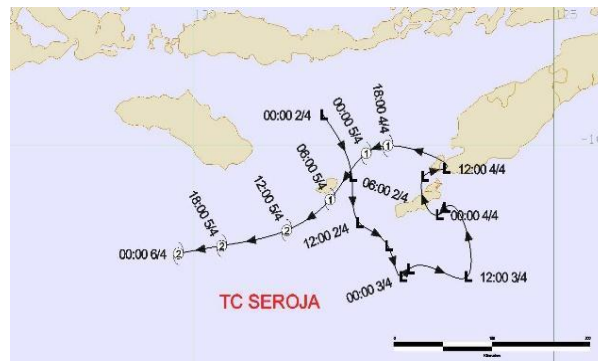
Siklon tropis lain yang lahir di Indonesia adalah Seroja, yang tumbuh pada tanggal 5 April 2021 pukul 02.00 WITA, dan merupakan siklon tropis pertama yang masuk ke wilayah daratan Indonesia sejak berdirinya TCWC Jakarta di tahun 2008. Siklon tropis ini dilaporkan tidak hanya menimbulkan dampak merusak di beberapa wilayah di Indonesia namun juga di Australia bagian barat [8]. Siklon tropis Seroja tumbuh di sekitar Laut Sawu dengan pergerakan di NTT bagian selatan. Pada saat proses pertumbuhannya, bibit Seroja melewati Pulau Rote dan Pulau Timor bagian selatan. Kecepatan angin maksimum Seroja pada saat masih berada di sekitar NTT mencapai 45-50 knot (90-100 km/jam). Dampak yang signifikan adalah hujan lebat-ekstrem mencapai 333 mm/hari dan kecepatan angin 52 knot (104 km/jam) di Kupang.



Gambar 1.1 Citra radar cuaca siklon tropis Seroja, 3 April 2021 pukul 23.25 UTC

Siklon tropis ini “istimewa” karena tumbuh dengan jarak yang relatif dekat dengan ekuator, dimana secara teori seharusnya kecilnya faktor Coriolis akan menghambat pertumbuhannya. Seroja bahkan lahir di Laut Sawu, yang merupakan wilayah perairan yang relatif sempit dan diapit oleh daratan di ketiga sisinya (P. Flores, P. Sumba, P. Timor, dll). Serta pergerakannya yang sempit ke arah utara dan mendekati wilayah NTT, berlawanan dengan teori yang selama ini dipahami bahwa TC umumnya akan bergerak menjauhi ekuator, dan di basin selatan Samudera Hindia umumnya akan bergerak ke arah Selatan-Barat daya.

Anomali arah gerak dan posisi Seroja, sejak masih dalam intensitas bibit TC, yang cenderung berada di sekitaran wilayah NTT dalam periode waktu cukup lama, menyebabkan dampak terhadap kondisi cuaca di wilayah NTT menjadi sangat signifikan. Tercatat selama periode Seroja aktif, sebanyak 182 korban meninggal, 47 orang hilang, 184 korban luka, 84.876 orang evakuasi, ± 46.000 rumah rusak, total kerugian ekonomi ± 3.7 Milyar Rupiah [9].



Gambar 1.2 Lintasan siklon tropis Seroja pada masa awal pertumbuhannya, 2-6 April 2021

Berdasarkan penelitian oleh [10] bibit siklon tropis Seroja tumbuh di lingkungan yang mendukung percepatan proses siklogenesisnya yakni berada di dalam wilayah dimana gelombang MJO, *equatorial Rossby waves*, dan *equatorial Kelvin waves* aktif. Dimana kondisi seperti ini berpotensi terjadi sekurang-kurangnya satu kali setiap tahunnya, sehingga hasil ini dapat digunakan sebagai *hint* untuk melihat potensi serta meningkatkan prediktabilitas siklon tropis di wilayah Benua Maritim Indonesia.

Melihat dari masifnya dampak yang ditimbulkan oleh siklon tropis yang lahir di wilayah Indonesia ini, maka kajian mengenai pengukuran tingkat efektivitas dari sistem peringatan dini siklon tropis yang saat ini ada di Indonesia menjadi penting dan menarik untuk dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur pemahaman masyarakat terhadap peringatan dini siklon tropis, mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi waktu respon, dan menganalisis tingkat kesiapan masyarakat dalam menghadapi dampak dari siklon tropis. Sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang efektivitas sistem peringatan dini siklon tropis yang ada di Indonesia, memberikan rekomendasi untuk penguatan sistem peringatan dini, serta berkontribusi pada upaya mitigasi risiko dan peningkatan kesiapsiagaan masyarakat terhadap siklon tropis di Indonesia.

2. METODE

Survey lapangan dilaksanakan pada 31 Juli hingga 4 Agustus 2022 terhadap 61 responden, dengan 34 responden dari Pulau Rote dan 27 responden dari Pulau Timor melalui wawancara langsung mengenai a. Pengetahuan responden terhadap siklon tropis; b. Waktu penerimaan peringatan dini siklon tropis; c. Pemahaman terhadap informasi peringatan dini; d. Dampak yang dialami; e. Sumber informasi; dan f. Media yang digunakan dalam mendapatkan informasi peringatan dini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian menunjukkan bahwa pemahaman masyarakat terhadap fenomena siklon tropis, sebanyak 48 responden atau 79 persen menyatakan belum memahami apakah itu siklon tropis dan sejauh apa dampak yang dapat ditimbulkannya. Sementara sebanyak 13 responden atau 21 persen menyatakan sudah cukup familiar dengan siklon tropis seperti pada tabel 3.1

Pemahaman masyarakat terhadap fenomena siklon tropis	
Sudah familiar	21 %
Belum familiar	79 %
Waktu penerimaan informasi peringatan dini siklon tropis	
Tidak Menerima	52 %
Menerima	48 %
Tingkat pemahaman masyarakat terhadap informasi peringatan dini	
Sangat mudah	0 %
Mudah	56 %
Sulit	44 %
Sangat sulit	0 %
Apakah informasi yang disampaikan sudah sesuai kebutuhan	
Sudah sesuai	33 %
Belum sesuai	67 %
Kualitas peringatan dini siklon tropis	
Buruk	57 %
Cukup baik	7 %
Baik	19 %
Sangat baik	17 %
Media penyebaran informasi pada kasus siklon tropis Seroja	
Turis	6 %
Tetangga	9 %
Media sosial	17 %
Tempat ibadah	26 %
Radio	4 %
Kepala desa	21 %
Grup Whatsapp	17 %
Sumber informasi	
BMKG	59 %
BPBD	6 %
Weather App	24 %
Lainnya	11 %
Dampak siklon tropis	
Hujan lebat	26 %
Banjir	24 %
Gelombang tinggi	13 %
Angin kencang	25 %
Longsor	4 %
Storm surge	8 %

Tabel 3.1 Hasil wawancara

Dari segi penerimaan informasi sebanyak 32 responden (48 persen) menyatakan belum menerima informasi peringatan dini siklon tropis baik sebelum maupun pada saat terjadinya siklon tropis Seroja, dan baru mengetahui siklon tropis Seroja setelah kejadian cuaca ekstrem berakhir.

Tingkat pemahaman masyarakat terhadap informasi peringatan dini, stakeholder dan kalangan nelayan lebih memahami peringatan dini siklon tropis, sementara masyarakat umum masih mengalami kesulitan dalam memahami. Sebagian besar masyarakat mengharapkan informasi peringatan dini yang sampaikan lebih simpel, mudah dipahami, dan diterima masyarakat paling tidak 1 minggu sebelumnya.

Sebagian besar masyarakat juga menganggap bahwa produk peringatan dini siklon tropis masih kurang dikarenakan tidak sampai ke sebagian masyarakat dan tidak adanya peringatan

husus bahwa siklon tropis mempunyai dampak yang lebih berbahaya dibandingkan dengan kejadian cuaca ekstrem pada umumnya. Masyarakat sangat menginginkan di dalam peringatan dini siklon tropis disertakan saran/Tindakan kesiapsiagaan yang harus diambil, termasuk kapan waktu evakuasi dan lokasi evakuasi

Kepala desa, pemuka agama, dan tempat ibadah mempunyai peran yang sangat vital dalam membantu proses penyebaran informasi kepada masyarakat. Hal tersebut lebih bisa diandalkan dibandingkan dengan media berbasis elektronik ketika terdapat gangguan listrik dan jaringan komunikasi.

Informasi peringatan dini siklon tropis/cuaca dari BMKG merupakan sumber informasi utama bagi masyarakat. Disamping itu masyarakat juga menggunakan referensi lainnya seperti aplikasi cuaca lainnya (windy.com) dengan pertimbangan memenuhi informasi cuaca lainnya, kemudahan dalam penggunaannya, dan tampilan yang lebih menarik.

Hujan lebat, angin kencang, dan banjir merupakan kejadian dominan di wilayah Rote Ndao dan Pulau Timor. Gelombang tinggi bervariasi, pantai dengan posisi di Teluk yang terhalang pulau cenderung lebih aman. Indikasi storm surge terjadi di Pantai Batutua dengan kondisi gelombang tinggi masuk ke daratan hingga 50 meter dari bibir pantai. Masyarakat belum memahami bahwa dampak siklon tropis dapat cukup signifikan dan kejadian siklon tropis Seroja menjadi pengalaman pertama selama hidup mengalami kondisi cuaca yang sangat buruk dalam beberapa hari dan memberikan dampak banjir, korban jiwa, kerusakan infrastruktur, dan putusnya jaringan komunikasi.

4. KESIMPULAN

Sistem peringatan dini siklon tropis yang saat ini ada di Indonesia masih belum efektif, dan perlu penguatan terutama di segi substansi, akurasi, kecepatan diseminasi, serta koordinasi dengan stakeholder dan pihak terkait di lapangan yang dapat membantu informasi peringatan dini bisa sampai dan dipahami masyarakat.

Beberapa tantangan yang perlu dijawab yaitu aplikasi cuaca BMKG yang lebih menarik, informasi peringatan dini siklon tropis yang lebih cepat, sederhana, jelas, mudah dipahami dan disertai informasi kesiapsiagaan, serta perlunya program sosialisasi informasi cuaca dan kesiapsiagaan bencana hingga level masyarakat.

REFERENSI

- [1] M. N. Habibie, S. Novianti, dan H. Harsa, "Pengaruh Siklon Tropis Cempaka Terhadap Curah Hujan Harian di Wilayah Jawa dan Madura," *Meteorologi dan Geofisika*, vol. 19, no. 01, hlm. 1–11, 2018.
- [2] WMO, "Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water-related Hazards (1970-2021)." [Daring]. Tersedia pada: <https://wmo.int/publication-series/atlas-of-mortality-and-economic-losses-from-weather-climate-and-water-related-hazards-1970-2021>
- [3] J. Kuttippurath, N. Sunanda, M. V. Marti, dan K. Chakraborty, "Tropical storms trigger phytoplankton blooms in the deserts of north Indian Ocean," *Climate and Atmospheric Science*, 2021.
- [4] C. S. Ramage, "Monsoon Meteorology," Academic Press, 1971. doi: <https://books.google.co.id/books?id=i5kRAQAIAAJ>.
- [5] R. Chen, W. Zhang, dan X. Wang, "Machine learning in tropical cyclone forecast modeling: A review," *Atmosphere (Basel)*, vol. 11, no. 7, hlm. 1–29, 2020, doi: 10.3390/atmos11070676.
- [6] P. Gwimbi, "A Review of Tropical Cyclone Idai Forecasting, Warning Message Dissemination and Public Response Aspects of Early Warning Systems in Southern Africa," dalam *Sustainable Development Goals Series*, Springer International Publishing, 2021. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-74262-1_3.
- [7] E. Suryowati, "Dampak Siklon Tropis Cempaka, 41 Orang Meninggal dan Hilang." [Daring]. Tersedia pada: https://nasional.kompas.com/read/2017/12/05/16413501/dampak-siklon-tropis-cempaka-41-orang-meninggal-dan-hilang#google_vignette
- [8] E. E. S. Makmur *dkk.*, "Strengthening the Early Detection and Tracking of Tropical Cyclones near Indonesian Waters," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 925, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/925/1/012010.

-
- [9] BNPB, “[Update] - Dampak Terkini Siklon Tropis Seroja Akibatkan 8.424 Warga NTT Mengungsi.” [Daring]. Tersedia pada: <https://bnpb.go.id/berita/-update-dampak-terkini-siklon-tropis-seroja-akibatkan-8-424-warga-ntt-mengungsi>
- [10] B. Latos *dkk.*, “The role of tropical waves in the genesis of Tropical Cyclone Seroja in the Maritime Continent,” *Nat Commun*, vol. 14, no. 1, hlm. 1–12, 2023, doi: 10.1038/s41467-023-36498-w.