

Review Potensi Siklon Tropis yang Menyebabkan Banjir Pantai

Ni Made Praptiwi Rahayu¹ dan Engki A Kisnarti²

^{1,2})Program Studi Oseanografi, Universitas Hang Tuah
korespondensi: tiwiprap209@gmail.com

Abstrak

Siklon tropis juga dapat dikatakan sebagai sistem badai besar yang terjadi setiap tahun. Perbedaan tekanan yang terjadi dari aktivitas sirkulasi *vorteks* (pusaran) menyebabkan siklon tropis terbentuk cenderung di perairan dekat dengan garis khatulistiwa. Siklon tropis merupakan salah satu pemicu terjadinya bencana hidrometeorologi. Dampak siklon tropis dapat dirasakan di wilayah Indonesia baik secara langsung seperti (banjir bandang) maupun secara tidak langsung (temperatur yang lebih rendah) pada saat jauh dari sumber siklon tropis. Untuk dapat mengetahui pergerakan siklon tropis Paddy dilakukan dengan menggunakan metode pengamatan citra satelit, yaitu satelit Himawari-8 yang kemudian diukur dan diolah dengan metode membandingkan beberapa model, untuk memprediksi siklon tropis. Model model tersebut membantu untuk memprediksi agar dapat meminimalisir dampak dari siklon tropis yang dapat menyebabkan banjir pantai. Data tersebut dapat diolah dengan model ordo satu dikarenakan lebih stabil. Oleh karena itu, penggunaan citra satelit dapat digunakan untuk melihat dan mengetahui serta menganalisis pergerakan siklon tropis. Tujuan dari review ini adalah memprediksi dan menganalisis siklon tropis di Indonesia (Pulau Jawa dan Papua) dan USA, dengan cara mengumpulkan data dan mengolahnya seperti metode yang dilakukan pada tiga jurnal tersebut. Serta cara mengurangi dampak dari siklon tropis.

Kata Kunci : siklon tropis, citra satelit himawari-8, model.

Abstract

Tropical cyclones can also be said to be large storm systems that occur every year. The pressure difference that occurs from vortex circulation activity causes tropical cyclones to form in waters close to the equator. Tropical cyclones are one of the triggers for hydrometeorological disasters. The impact of tropical cyclones can be felt in Indonesia, both directly (flash floods) and indirectly (lower temperatures) when far from the source of tropical cyclones. To be able to determine the movement of tropical cyclone Paddy, this was done using a satellite image observation method, namely the Himawari-8 satellite, which was then measured and processed using a method of comparing several models, to predict tropical cyclones. This model helps to predict in order to minimize the impact of tropical cyclones which can cause coastal flooding. This data can be processed with a first order model because it is more stable. Therefore, satellite imagery can be used to see, understand and analyze the movement of tropical cyclones. The aim of this review is to predict and analyze tropical cyclones in Indonesia (Java and Papua) and the USA, by collecting data and processing it according to the method used in the three journals. As well as how to reduce the impact of tropical cyclones.

Key words: tropical cyclone, himawari-8 satellite image, model

PENDAHULUAN

Siklon tropis merupakan perbedaan tekanan atmosfer yang terjadi dari aktivitas sirkulasi *vorteks* (pusaran) pada wilayah tersebut. Umumnya, siklon tropis terjadi di daerah

lintang menengah dan kemungkinan juga dapat terjadi di lintang rendah seperti di Indonesia (Ulhaq dkk., 2022). Siklon tropis juga dapat dikatakan sebagai sistem badai besar yang terjadi setiap tahun (Orton dkk., 2021). Hal ini ditandai dengan terbentuknya *vorteks* yang terpusat dan terarah, namun membahayakan, vorteks tersebut terbentuk di perairan dekat dengan garis khatulistiwa (Montgomery dkk., 2022).

Siklon tropis menghasilkan angin yang cukup kencang, dengan kecepatan angin yang konstan diikuti hujan dengan intensitas hujan lebat hingga sangat lebat. Siklon tropis dapat terjadi pada temperatur muka air laut ($\pm 25,6^{\circ}\text{C}$) di lintang subtropik diikuti pembentukan awan konvekti seperti awan *cumulonimbus*. Awan *cumulonimbus* tersebut menghasilkan hujan pada ketinggian ± 5 km diatas permukaan air laut. Tekanan udara pada ketinggian ± 5 km memicu pusaran angin sehingga menyebabkan angin kencang pada suatu wilayah. Siklon tropis dapat terjadi pada badai yang memiliki kecepatan angin 10-40 km/jam. Hal tersebut bisa terjadi, jika keadaan cuaca dan tekanan udara yang mendukung. Peningkatan curah hujan dan angin kencang akibat tekanan udara, menjadi pemicu kecepatan angin siklon tropis berkembang hingga ± 100 km/jam (Montgomery dkk., 2022).

Siklon tropis dapat memengaruhi kondisi cuaca pada wilayah tersebut. Pengaruh cuaca, seperti peningkatan curah hujan dan angin kencang disertai dengan gelombang tinggi. Selain itu, siklon tropis merupakan salah satu pemicu terjadinya bencana hidrometeorologi, seperti banjir bandang di wilayah tersebut (Perez dkk., 2022). Dampak siklon tropis dapat dirasakan di wilayah Indonesia baik secara langsung seperti banjir bandang maupun secara tidak langsung seperti temperatur yang lebih rendah pada saat jauh dari sumber siklon tropis. Dampak yang paling menghancurkan dari siklon tropis adalah banjir pantai (*storm surge*). Hal ini dapat menimbulkan kerusakan dan kerugian yang serius pada masyarakat pesisir. Kejadian siklon tropis Paddy merupakan salah satu dampak yang dirasakan langsung di Pulau Jawa akibat dari siklon tropis (Ulhaq dan Haryanto., 2022).

Siklon tropis Paddy terdeteksi dengan menggunakan citra pengamatan satelit, yaitu satelit Himawari-8. Pengamatan citra menggunakan data dari *European Center for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) berhasil mendeteksi *streamline* yang menyebabkan temperatur permukaan air laut mengalami perubahan yang cukup signifikan pada tanggal tersebut. Pengaruh siklon tropis Paddy mulai mengalami penurunan pada 24 November 2021, ditandai presipitasi yang awalnya signifikan menjadi cenderung menurun (Ulhaq dan Haryanto., 2022). Sementara itu, (Ayyad dkk., 2021) pernah menggunakan metode yang disebut *Stevens Flood Advisory System* (SFAS) untuk mengetahui pergerakan siklon tropis.

Metode tersebut berhasil mengetahui pergerakan siklon tropis di daerah Papua yang diberi nama siklon tropis Isaias. Michael dkk. (2022) menggunakan perbandingan beberapa model untuk memprediksi siklon tropis. Model model tersebut membantu untuk memprediksi agar dapat meminimalisir dampak dari siklon tropis yang dapat menyebabkan banjir pantai.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka secara garis besar tujuan review dalam jurnal tersebut adalah memprediksi dan menganalisis siklon tropis di Indonesia (Pulau Jawa dan Papua) dan USA, dengan cara mengumpulkan data dan mengolahnya seperti metode yang dilakukan pada tiga jurnal tersebut. Serta cara mengurangi dampak dari siklon tropis.

METODE PENELITIAN

Penelitian (Uihaq dkk., 2022) dilakukan di wilayah Pulau Jawa dengan koordinat 105°-115° BT dan 5°-18° LS dengan batas utara: Laut Jawa, sebelah selatan: Samudra Hindia, sebelah barat: Selat Sunda, dan sebelah timur: Selat Bali. Data dari penelitian ini berasal dari media massa atau instansi seperti Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) serta data ECMWF. Data dari BMKG berupa data citra satelit Himawari-8 kanal IR pada tanggal 22-24 November 2021 dengan proses analisis data menggunakan aplikasi SATAID GMSLPD. Hasil proses analisis data tersebut memperlihatkan kondisi awan serta perkembangan kondisi cuaca yang maksimum pada wilayah Pulau Jawa. Resolusi data ECMWF sebesar 0,25° x 0,25° digunakan untuk analisis deksriptif kualitatif dari total presipitasi, *streamline*, temperatur, dan tekanan permukaan di wilayah Pulau Jawa.

Sementara itu, penelitian Montgomery dkk. (2022) menggunakan metode dengan cara mengasumsikan *vorteks* berada dalam gradien angin yang sejajar, pada keseimbangan hidrostatis. Selain itu, (Montgomery dkk., 2022) menggunakan perbandingan model yang digunakan oleh Ooyama (1968-1969) dan model Emanuel (1995, 1997, dan 2012) menggunakan pola keseimbangan aksisimetris. Metode ini bisa dikatakan sebagai metode paling sederhana untuk mengidentifikasi siklon tropis.

Penelitian Ayyad dkk. (2021) menggunakan metode yang disebut *Stevens Flood Advisory System* (SFAS). SFAS adalah metode prediksi *ensemble* hidrologi pesisir operasional otomatis yang memperkirakan ketinggian air di seluruh garis pantai Atlantik Tengah dan Timur Laut Amerika Serikat. Simulasi hidrodinamik dilakukan dengan menggunakan *Stevens Institute Estuarine and Coastal Ocean Model* (SECOM) (Georges dan Blumberg., 2010; Orton dkk., 2012; Geogas dkk., 2016 dalam Ayyad dkk., 2021) yang

merupakan model hidrostatis permukaan air dengan koordinat vertikal mengikuti medan. Untuk menghitung semua data tersebut digunakan metode metrik kinerja. Metrik telah digunakan dalam literatur untuk menilai kinerja model numerik sehubungan dengan pengamatan yang tersedia. Di sini, *metric* diolah dengan model yang disebut *Peak Relative Error* (PRA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data citra satelit Himawari-8 kanal IR (22-24 November 2021) dari BMKG hasil penelitian Ulhaq dkk. (2022) dapat mengetahui pengaruh siklon tropis Paddy di wilayah Pulau Jawa setiap 12 jam. Pada tanggal 22 November 2021 waktu 00 *Universal Time Cordinated* (UTC) dan 12 UTC terpantau melalui citra satelit tentang pembentukan awan konvektif dengan temperatur puncak awan sekitar $\pm 66,3^{\circ}\text{C}$. Kondisi ini memicu pertumbuhan siklon tropis secara signifikan. Sementara itu, pada tanggal 23 November 2021 jam 00 UTC temperatur puncak awan masih sekitar $\pm 66,3^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada jam 12 UTC di wilayah pantai selatan Jawa Timur, Yogyakarta, dan Jawa Tengah bagian timur memiliki temperatur puncak $\pm 69,6^{\circ}\text{C}$. Kondisi ini berbeda pada 24 November 2021 jam 00 dan 12 UTC, awan konvektif sudah tidak terbentuk sehingga pergerakan siklon tropis mulai menjauhi Pulau Jawa.

Berdasarkan data ECMWF pada pengamatan 22-24 November 2021 jam 00 UTC dan 12 UTC terkait pengaruh siklon tropis Paddy pada wilayah Pulau Jawa. Mendapatkan 4 data yaitu: *streamline*, tekanan permukaan, temperatur permukaan, dan total presipitasi.

- Pengamatan *streamline* dilakukan agar dapat melihat pola angin, pergerakan massa udara, dan kecepatan angin yang dapat mempengaruhi pertumbuhan awan *cumulonimbus* sebagai penghasil hujan lebat dan angin kencang pada wilayah tersebut. Berdasarkan data ECMWF untuk pengamatan *streamline* pada 22 November 2021 jam 00 UTC dan 12 UTC angin di wilayah Pulau Jawa sudah mulai membentuk *vorteks* dan mengalami perkembangan dengan kecepatan 3-9 knots. Pada tanggal 23 November 2021 pada jam 00 UTC dan 12 UTC *vorteks* berkembang dengan kecepatan angin mencapai 3-15 knots. Sementara itu, pada 24 November 2021 pada jam yang sama terjadi penurunan kondisi angin sehingga *vortex* menjauhi wilayah Pulau Jawa dengan kecepatan angin $\pm 2-6$ knots.
- Pengamatan temperatur permukaan dengan data ECMWF dilakukan untuk mengetahui temperatur permukaan yang dapat mempengaruhi cuaca atmosfer di Pulau Jawa. Pada

tanggal 22 November 2021 jam 00 UTC dan 12 UTC terjadi kondisi perubahan temperatur permukaan pada ketinggian(K). Pada K-294 sampai K-300 memiliki temperatur 21°C-29°C dan pada 12 UTC kondisi temperatur tidak mengalami perubahan. Temperatur pada tanggal 23 November 2021 pada jam 00 UTC temperatur belum mengalami perubahan, namun pada jam 12 UTC dengan K-294 sampai K-300 temperatur berkisar 21°C-27°C. Sementara itu, pada 24 November 2021 jam 12 UTC nilai temperatur permukaan di K-294 sampai K-300 memiliki temperatur (21°C-27°C) dan condong menurun di hari selanjutnya. Hal tersebut menjadi bukti bahwa siklon tropis Paddy pada tanggal 24 November 2021 sudah melemah dan meninggalkan wilayah Pulau Jawa dan perairan selatan Jawa.

- Pengamatan tekanan permukaan dilakukan karena tekanan permukaan merupakan salah satu pemicu hujan lebat dan angin kencang pada suatu wilayah. Pada tanggal 22-24 November 2021 jam 00 UTC dan 12 UTC terjadi kondisi tekanan permukaan yang sama di wilayah Pulau Jawa dengan nilai sekitar 89.000- 100.000 Pa.
- Presipitasi pada suatu daerah merupakan faktor yang menjadi pemicu siklon tropis berkembang. Pada tanggal 22 November 2021 pada jam 00 UTC dan 12 UTC tidak terjadi kondisi presipitasi yang berpengaruh, namun pada 12 UTC sudah mulai ada pengaruh di beberapa wilayah dengan nilai sekitar 0,002-0,004. Pada tanggal 23 November 2021 jam 00 UTC dan 12 UTC terjadi kondisi presipitasi yang sudah mulai berkembang dengan nilai sekitar 0,001-0,004. Pada tanggal 24 November 2021 jam 00 UTC dan 12 UTC kondisi presipitasi sudah tidak terjadi pertumbuhan dengan nilai 0,0006- 0,0015. Hal tersebut yang menyebabkan siklon tropis Paddy pada tanggal 24 November 2021 sudah mengalami penurunan dan meninggalkan wilayah Pulau Jawa.

Seperti yang dibahas sebelumnya, Montgomery dkk. (2022) menggunakan perbandingan beberapa model untuk memprediksi siklon tropis. Model model tersebut membantu untuk memprediksi agar dapat meminimalisir dampak dari siklon tropis yang dapat menyebabkan banjir pantai. Perbandingan model tersebut, yaitu antara model ordo nol (model Ooyama), dengan model ordo satu (model Emanuel) hal ini dilakukan untuk menemukan keseimbangan pergerakan siklon tropis. Berikut merupakan *table* perbandingan anatara model ordo nol dengan model ordo satu:

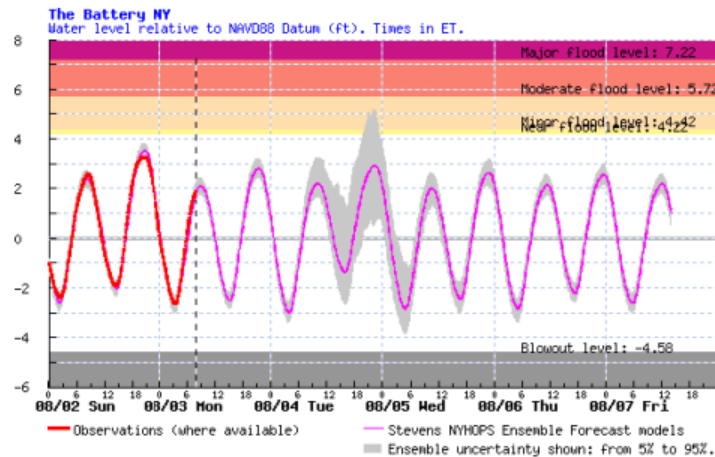
Tabel 1. Perbedaan model

No.	Jenis Model	Keseimbangan	Metode Model
1.	Model ordo nol (model Ooyama)	Konstan	Skema eksplisit
2.	Model ordo satu (model Emanuel)	Konstan dengan syarat <i>vorteks</i> tidak membawa temperatur tinggi	Skema eksplisit

Model orde nol, memiliki laju pemanasan yang dianggap konstan dengan waktu, model tersebut merupakan sirkulasi terbalik secara konvergen di lapisan udara troposfer bawah, namun pada lapisan udara troposfer atas mengalami divergensi. Model ini perlu memerhatikan ketidakstabilan konvektif dengan mempertahankan *fluks* yang berada pada permukaan. Struktur laju pemanasan dengan ordo nol diasumsikan memiliki nilai maksimum di lapisan troposfer bagian tengah. Hal ini memastikan bahwa awan konvektif di zona tengah menyebabkan *vorteks* yang berkembang sehingga menghasilkan momentum sudut absolut ke arah lapisan troposfer bawah dan lapisan troposfer atas.

Model orde pertama, laju pemanasan menggunakan metode secara eksplisit dengan cara pelepasan panas secara konvektif dan menaikkan laju pertama yang jenuh di lapisan batas atas. Model ini sangat bergantung pada sifat termodinamika udara. Oleh sebab itu, kemungkinan perhitungan bisa saja tidak mencapai lapisan troposfer bagian atas. Seperti yang diketahui, bahwa panas laten secara nyata mengurangi stabilitas udara yang naik. Untuk membuat model ini mengalami keseimbangan, ada dua kemungkinan yang bisa dilakukan yaitu: menunggu *vorteks* memiliki temperatur yang cukup lembab dan menaikkan laju orde.

Penelitian Ayyad dkk. (2021) menggunakan metode yang disebut *Stevens Flood Advisory System* (SFAS) Ayyad dkk. (2022). Hasil SFAS menggunakan analisis kerja menunjukkan prediksi pergerakan *vorteks* pada permukaan air sesudah dan sebelum berlalunya badai Isaias. Metode tersebut dikombinasikan dengan menggunakan *Ensemble Time Series* (ETS). ETS sendiri menunjukkan deret waktu perkiraan dan disimulasikan pada perkiraan ketinggian muka air laut yang naik. Berikut merupakan gambar hasil dari perkiraan waktu yang disimulasikan dengan ketinggian muka air laut.



Gambar 1. Perkiraan *water level relative*

Gambar tersebut menunjukkan waktu perkiraan yang berbeda di empat stasiun. Rata-rata nilai ketinggian permukaan air 90% keberhasilan pada interval *super-ensemble* tersebut di empat stasiun. Seiring dengan waktu dan pergerakan *vorteks* di empat stasiun tersebut, perkiraan nilai rata-rata menjadi bervariasi antara 77-85% di empat stasiun. Hal ini, menunjukkan perkiraan mengalami ketidakpastian pengukuran. Sebaliknya, diperkirakan interval *sub-ansambel* sebesar 90% berdasarkan prakiraan ECMWF berubah menjadi 67-83%. Rata-rata *super-ensemble* menghasilkan sedikit lebih baik dari *sub-ansambel*. Meskipun satu *sub-ansambel* mungkin menghasilkan prediksi yang lebih baik, namun semua prediksi perlu didukung dengan menggunakan *super-ensemble*. Secara keseluruhan tercatat bahwa rata-rata *super-ansambel* dan *sub-ansambel* sedikit kurang tersebar, akan tetapi *error* yang lebih buruk akan terjadi jika hanya *sub-ansambel* ECMWF yang dipertimbangkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan informasi yang didapat di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan citra satelit dapat melihat dan mengetahui pergerakan siklon tropis. Data tersebut dapat diolah dengan model ordo satu dikarenakan lebih stabil. Penggunaan ECMF juga harus memerhatikan interval dari *sub-ansambel* dan *super-ensemble* untuk mengurangi *error* dalam hal perhitungan. Ketiga hal tersebut dapat membantu dalam mengetahui pergerakan siklon tropis yang atau mungkin terjadi di Indonesia.

REFERENSI

- Ayyad, M., Orton, P. M., El Safty, H., Chen, Z., & Hajj, M. R. (2022). Ensemble forecast for storm tide and resurgence from Tropical Cyclone Isaias. *Weather and Climate Extremes*, 38.
- Emanuel, K. A., J. D. Neelin, and C. S. Bretherton. (1994). On large-scale circulations of convecting atmospheres. *Quart. Journ. Roy. Meteor. Soc.*, 120, 1111–1143.
- Georgas, N., Blumberg, A.F. (2010). Establishing confidence in marine forecast systems: The design and skill assessment of the new york harbor observation and prediction system, version 3 (nyhops v3), in: *Estuarine and Coastal Modeling* (2009).
- Montgomery, M. T., & Smith, R. K. (2022). Minimal conceptual models for tropical cyclone intensification. *Tropical Cyclone Research and Review*, Vol.11, No. 2, 61–75.
- Orton, P., Chen, Z., El Safty, H., Ayyad, M., Datla, R., Miller, J., Hajj, M.R. (2021). Stevens Flood Advisory System 2020 Ensemble Forecast Assessment: NY/NJ Harbor Area. Technical Report. URL: https://hudson.dl.stevens-tech.edu/sfas/reports/SFAS_Forecast2020_publicreport.pdf.
- Ooyama, K. V. (1968) Numerical simulation of tropical cyclones with an axi-symmetric model. New York University Technical Report, Hal: 1–8.
- Ulhaq, N. D., & Haryanto, Y. D. (2022). Analisis kondisi cuaca saat terjadi Siklon Tropis Paddy di wilayah Pulau Jawa (studi kasus: 22-24 November 2021). *Jurnal Penelitian Sains*, Vol. 24, No.1.