

**ANALISIS DINAMIKA ATMOSFER KEJADIAN HUJAN  
EKSTRIM (STUDI KASUS BANJIR DI TANGERANG  
SELATAN 7 NOVEMBER 2021)**  
*ANALYSIS OF THE ATMOSPHERIC DYNAMICS OF  
EXTREME RAINFALL EVENT (CASE STUDY OF FLOOD IN  
TANGERANG SELATAN ON 7<sup>th</sup> NOVEMBER 2021)*

**Dyah Ajeng Sekar Pertiwi<sup>1\*</sup> dan Jaka Anugrah Ivanda Paski<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Stasiun Klimatologi Klas II Tangerang Selatan

<sup>2</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG

\*Email: [ajenk.dyah@gmail.com](mailto:ajenk.dyah@gmail.com)

**ABSTRAK**

*Pada tanggal 7 November 2021, telah terjadi cuaca ekstrem berupa hujan sangat lebat yang mengguyur wilayah Kota Tangerang Selatan pada Minggu sore mengakibatkan sungai Angke meluap dan membanjiri wilayah di 3 kecamatan. Curah hujan yang terukur 117 mm/hari di Stasiun Klimatologi Tangerang Selatan termasuk kategori sangat lebat BMKG (>100 mm/hari). Analisis dilakukan untuk melihat kondisi dinamika atmosfer saat kejadian dan faktor cuaca pendukung terjadinya kondisi hujan ekstrem penyebab banjir di Kota Tangerang Selatan. Pantauan citra radar Tangerang BMKG menunjukkan adanya cluster awan hujan di wilayah Jabodetabek yang sangat masif dan bergerak ke timur. Hasil analisis fenomena cuaca skala global menunjukkan adanya pengaruh ENSO, MJO dan gelombang tropis terutama Gelombang Kelvin pada kondisi cuaca di Indonesia saat kejadian. Selain itu, kondisi SST dan anomalinnya yang cukup hangat serta adanya pertemuan angin di wilayah Selat Sunda dan Laut Jawa yang mendukung potensi pertumbuhan awan yang menghasilkan hujan lebat. Analisis lokal menggunakan Radiosonde di Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta menunjukkan atmosfer yang cukup labil yang mendukung terbentuknya awan-awan konvektif di wilayah Jabodetabek.*

Kata kunci: Hujan ekstrem, banjir, Tangerang Selatan

**ABSTRACT**

*On November 7, 2021, there was extreme weather in the form of torrential rainfall that flushed the South Tangerang City area on Sunday afternoon causing the Angke river to overflow and flood areas in 3 sub-districts. Rainfall measured at 117 mm/day at the South Tangerang Climatology Station is included in the BMKG very heavy category (>100 mm/day). The analysis was carried out to see the dynamics of the atmosphere at the time of the incident and the weather factors supporting the occurrence of extreme rain conditions that caused flooding in South Tangerang City. Monitoring of the Tangerang BMKG radar image shows the presence of a rain cloud cluster in the Greater Jakarta area which is very massive and moving east. The results of the analysis of global-scale weather phenomena show the influence of ENSO, MJO and tropical waves, especially the Kelvin Wave, on weather conditions in Indonesia at the time of the incident. In addition, the SST condition and its anomaly are quite warm as well as the confluence of winds in the Sunda Strait and Java Sea which supports the potential for cloud growth that produces heavy rain. Local analysis using radiosonde at the Soekarno-Hatta Meteorological Station shows a fairly unstable atmosphere that supports the formation of convective clouds in the Greater Jakarta area.*

Keywords: Extreme rain, flood, South Tangerang

## 1. Pendahuluan

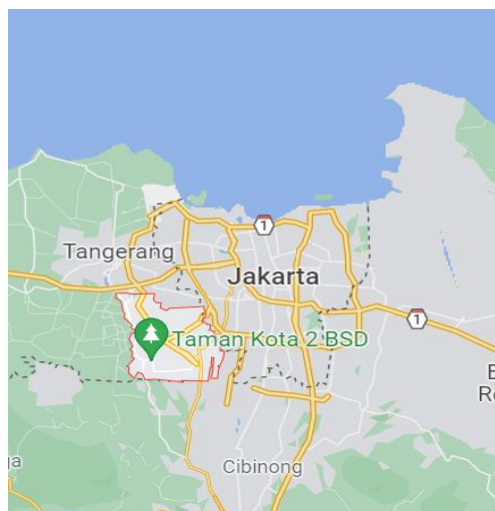
Pada tanggal 7 November 2021 telah terjadi banjir di beberapa kecamatan di wilayah Kota Tangerang Selatan dimulai pada pukul 14.00 WIB hingga malam hari. Kecamatan yang terendam banjir antara lain adalah Pondok Aren, Ciputat dan Ciputat Timur, dimana ketinggian air bervariasi dari 20 cm hingga lebih dari 1 meter [1]. Menurut laporan warga menyebutkan bahwa penyebab banjir adalah hujan dengan intensitas tinggi selama lebih dari satu jam sejak pukul 14.00 WIB dan ditambah luapan Kali Angke yang berhulu di wilayah Bogor hujan dengan intensitas ekstrim (>100 mm/hari) [2].

Banjir yang selama ini terjadi Indonesia, mayoritas didahului oleh adanya curah hujan yang tinggi (hujan lebat) dan lama di lokasi dan wilayah sekitar kejadian [3]. Curah hujan yang tinggi membutuhkan kondisi atmosfer yang mendukung seperti atmosfer yang tidak stabil sehingga mendorong terjadinya pertumbuhan awan-awan konvektif [4,5]. Faktor - faktor yang dapat mempengaruhi kondisi atmosfer memiliki skala global hingga lokal [5] Selain itu, banjir juga dipengaruhi oleh kondisi wilayah terutama di permukaan seperti ukuran daerah aliran sungai (DAS), topografi DAS dan jenis penggunaan atau tutupan lahan [6].

Kota Tangerang Selatan merupakan salah satu wilayah penyangga ibu kota negara sehingga mendapat perhatian jika terjadi suatu bencana seperti banjir. Penulisan ini bertujuan untuk mengetahui dan mengkaji kondisi dinamika atmosfer saat kejadian hujan ekstrim di wilayah Kota Tangerang Selatan yang menyebabkan banjir sejak sore hingga dini hari pada tanggal 7 November 2021.

## 2. Metode Penelitian

Pada analisis banjir dalam penelitian ini, terdapat 7 lokasi dalam 3 kecamatan di Kota Tangerang Selatan (Gambar 1). Data-data yang digunakan dalam kajian ini berupa data primer dan sekunder. Data observasi curah hujan didapat dari Stasiun Klimatologi Tangerang Selatan. Selain itu, data penginderaan jauh berupa citra radar serta data Radiosonde dihimpun dari Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta. Untuk melihat analisis cuaca global berupa data MJO, gelombang tropis diperoleh dari [ncics.org](http://ncics.org). Sebagai tambahan, data analisis regional berupa data SST dan anomali pengolahan model JMA serta data angin gradien yang didapatkan dari Pusat Meteorologi Publik BMKG.



Gambar 1. Wilayah bergaris merah merupakan wilayah domain penelitian Kota Tangerang Selatan yang merupakan lokasi kejadian banjir. (sumber : [maps.google.com](http://maps.google.com))

Metode yang digunakan dalam penelitian ini telah dilakukan untuk beberapa studi kasus cuaca ekstrim di Indonesia [5,7,8]. Analisis yang berfokus pada kondisi fisis dan dinamis atmosfer saat kejadian hujan ekstrim dimulai dengan menganalisis intensitas curah hujan penyebab banjir dari pos hujan di sekitar lokasi

kejadian. Pengamatan penginderaan jauh berupa citra radar BMKG digunakan untuk menggambarkan kondisi dinamika atmosfer saat terjadi fenomena cuaca ekstrim dengan menganalisa cakupan awan, dan perubahan suhu puncak awan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Analisis Curah Hujan

Berdasarkan hasil pengamatan curah hujan di 4 pos pengamatan hujan wilayah Kota Tangerang Selatan pada hari kejadian banjir. Dimana, pos pengamatan hujan tersebut meliputi UPTD Bendung Ciputat, Staklim Tangerang Selatan, UPTD Serpong dan BPP Cisauk. Telah terukur curah hujan dengan intensitas bervariasi di wilayah Kota Tangerang Selatan (Tabel. 1).

Hujan yang terjadi di lokasi UPTD Serpong dan BPP Cisauk teramati hanya berintensitas ringan yaitu 4 mm/hari. Namun hal ini berbanding terbalik dengan curah hujan di UPTD Bendung Ciputat yang terukur 91

mm/hari dan termasuk ke dalam kategori hujan lebat dan curah hujan yang paling tinggi teramati di Staklim Tangerang Selatan yang mencapai 117 mm/hari yang merupakan kategori sangat lebat.

Hujan intensitas tinggi di UPTD Bendung Ciputat dan Staklim Tangerang Selatan telah sesuai dengan lokasi kejadian banjir di kecamatan Pondok Aren, Ciputat dan Ciputat Timur. UPTD Bendung Ciputat mewakili wilayah kecamatan Ciputat dan Ciputat Timur, sedangkan Staklim Tangerang Selatan masuk ke dalam wilayah kecamatan Pondok Aren. Intensitas curah hujan yang sangat ekstrim di Staklim Tangerang Selatan tercatat hanya terjadi dalam waktu 3 jam dimana dengan akumulasi curah hujan sejak pukul 13.00 - 16.00 WIB mencapai 115 mm. Hal ini memperkuat dugaan bahwa banjir yang terjadi juga dikarenakan luapan sungai Angke yang melalui Kota Tangerang Selatan yang diakibatkan oleh curah hujan sangat tinggi dalam waktu singkat.

Tabel 1. Curah hujan harian pada tanggal 7 November 2021 dari pos pantauan hujan BMKG

Stasiun	Curah Hujan (mm/hari)	Keterangan
UPTD Bendung Ciputat	91	Hujan lebat
Staklim Tangerang Selatan	117	Hujan sangat lebat
UPTD Serpong	4	Ringan
BPP Cisauk	4	Ringan

#### 3.2. Citra Penginderaan Jauh

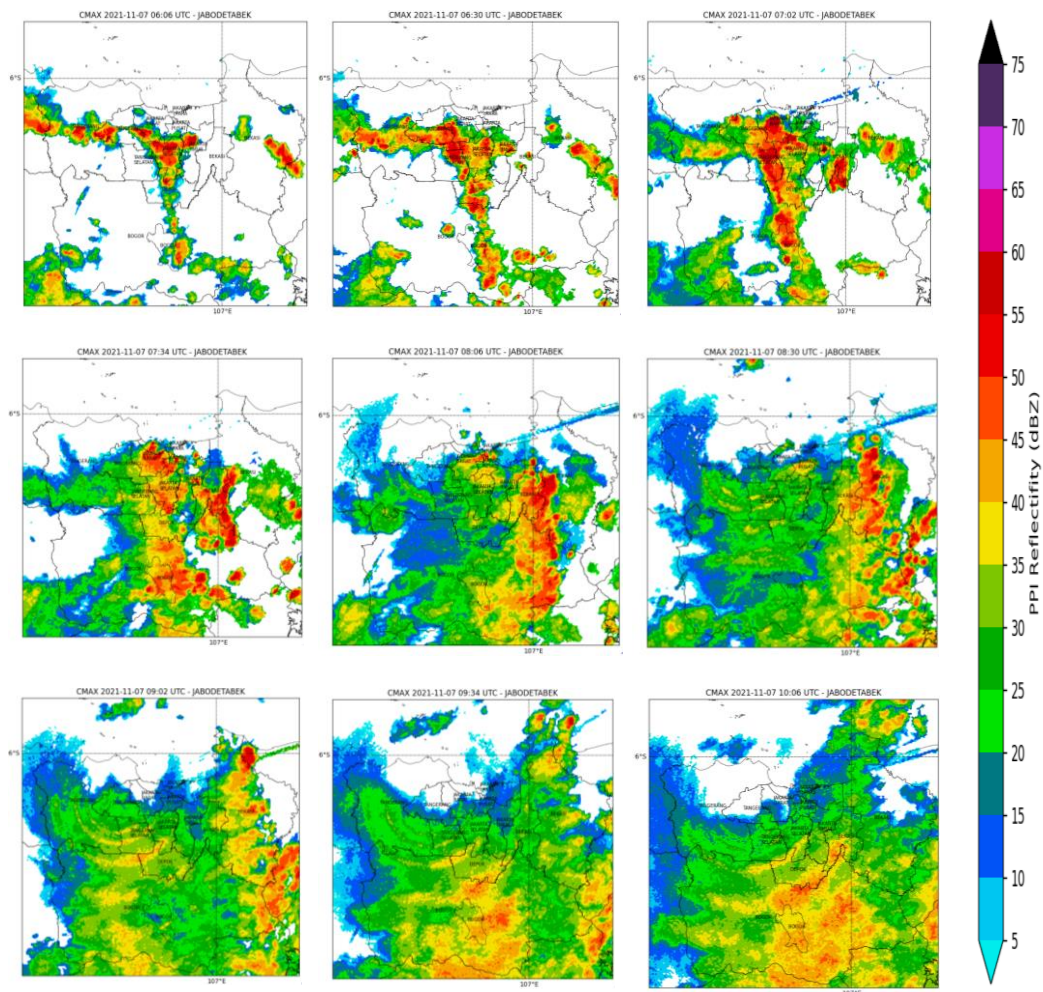
Pada kejadian banjir yang melanda Kota Tangerang Selatan tanggal 7 November 2021 yang terjadi pada beberapa lokasi. Analisis citra radar berpusat terhadap analisis pertumbuhan dan pergerakan awan Cumulonimbus (Cb) yang menjadi penyebab kejadian hujan ekstrim.

Awan Cb yang tumbuh sangat besar menjadi salah satu indikasi adanya pembentukan sistem konvektif kuat yang memungkinkan curah hujan tinggi hingga ekstrim. Intensitas reflektivitas radar cuaca dapat menggambarkan ukuran dan kandungan partikel air hingga es, semakin besar nilai reflektivitas maka semakin besar dan padat ukuran

partikel yang ada di dalam awan konvektif Cumulonimbus (awan Cb).[9]

Hasil pantauan radar cuaca Jakarta menunjukkan pada pukul 13.00 WIB hingga 17.00 WIB (06.00 UTC – 10.00 UTC) terdapat pertumbuhan awan konvektif di wilayah kota dan kabupaten di Jabodetabek. Nilai reflektivitas maksimum terpantau sebesar 55 - 60 dBZ di wilayah Tangerang Selatan pada pukul 13.30 WIB hingga 14.30 WIB (06.30 UTC – 07.30 UTC), kumpulan awan yang cukup luas telah menutupi lokasi kejadian banjir dengan reflektivitas semakin berkurang setelahnya (Gambar 3).

Berdasarkan bentuk, luas, dan periode kehidupannya, awan hujan ini termasuk fenomena *Meso-scale Convective System* (MCS). Fenomena MCS menghasilkan awan besar Cumulonimbus (ratusan hingga ribuan km) dengan rentang hidup lebih lama (lebih dari tiga jam) [10]. Pada saat hujan ekstrim ini, awan Cumulonimbus mencapai lebih dari 100 km dengan umur hingga lebih dari 4 jam di daerah sekitar Jabodetabek. MCS semakin meluas sejak pukul 14.30 WIB (07.30 UTC) hingga pukul 17.00 WIB (10.00 UTC) namun intensitasnya semakin berkurang dan bergeser ke selatan dan tenggara wilayah Jabodetabek.

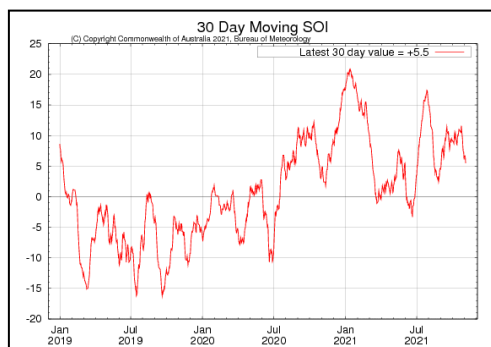


Gambar 2. Citra radar BMKG Jakarta untuk wilayah Jabodetabek (15.00 WIB 18.30 WIB)

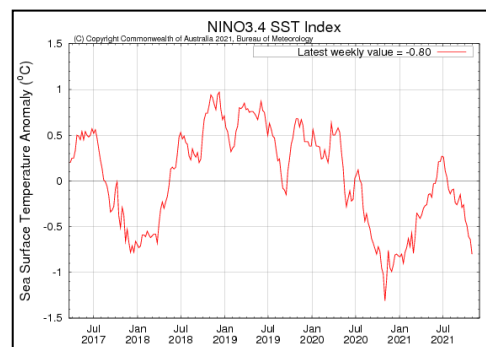
### 3.3. Analisis Atmosfer Global

Untuk memahami kemungkinan penyebab peristiwa ini, variabilitas atmosfer skala luas diselidiki, khususnya *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD). Menurut Yamagata et al. (2002), musim di Indonesia sangat dipengaruhi oleh fenomena global seperti IOD dan El Nino/La Nina. IOD merupakan fenomena yang mirip dengan ENSO di wilayah ekuator Samudera Hindia [11]. Selain itu, *Madden-Julian Oscillation* (MJO) dan gelombang tropis juga sangat mempengaruhi kondisi atmosfer skala global di Indonesia. Gelombang tropis seperti gelombang Kelvin dan Rossby berdampak pada peningkatan jumlah intensitas curah hujan di wilayah yang dilewati oleh gelombang-gelombang tropis ini.

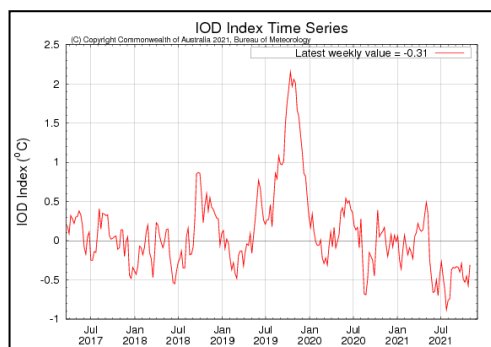
Gambar 3 (a) menjelaskan tentang SOI yang menggambarkan fenomena ENSO, selama tiga bulan terakhir nilai SOI berada pada kisaran +10 namun pada bulan November hanya berkisar +5.5. Berbeda hal ini dengan nilai indeks NINO 3.4 SST cenderung semakin berkurang yang menunjukkan bahwa adanya indikasi La Nina lemah di wilayah Indonesia (Gambar 3 (b)) [12]. Nilai Indian Ocean dipole pada Gambar 3(c) tidak banyak mempengaruhi kondisi hujan di Indonesia, hal ini terlihat dari nilai Indeks IOD hanya berkisar -0.31. Nilai IOD yang negatif menandakan adanya peningkatan curah hujan di wilayah barat Indonesia namun nilainya masih terlampaui kecil. Berdasarkan Gambar 3 (d), MJO berada pada fase 4 yang berarti memiliki pengaruh di wilayah Benua Maritim Indonesia (BMI).



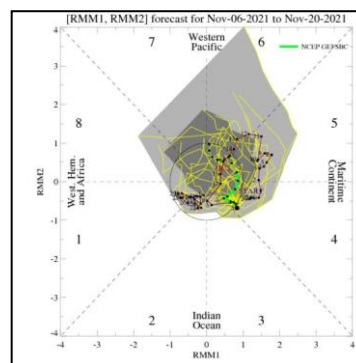
(a)



(b)

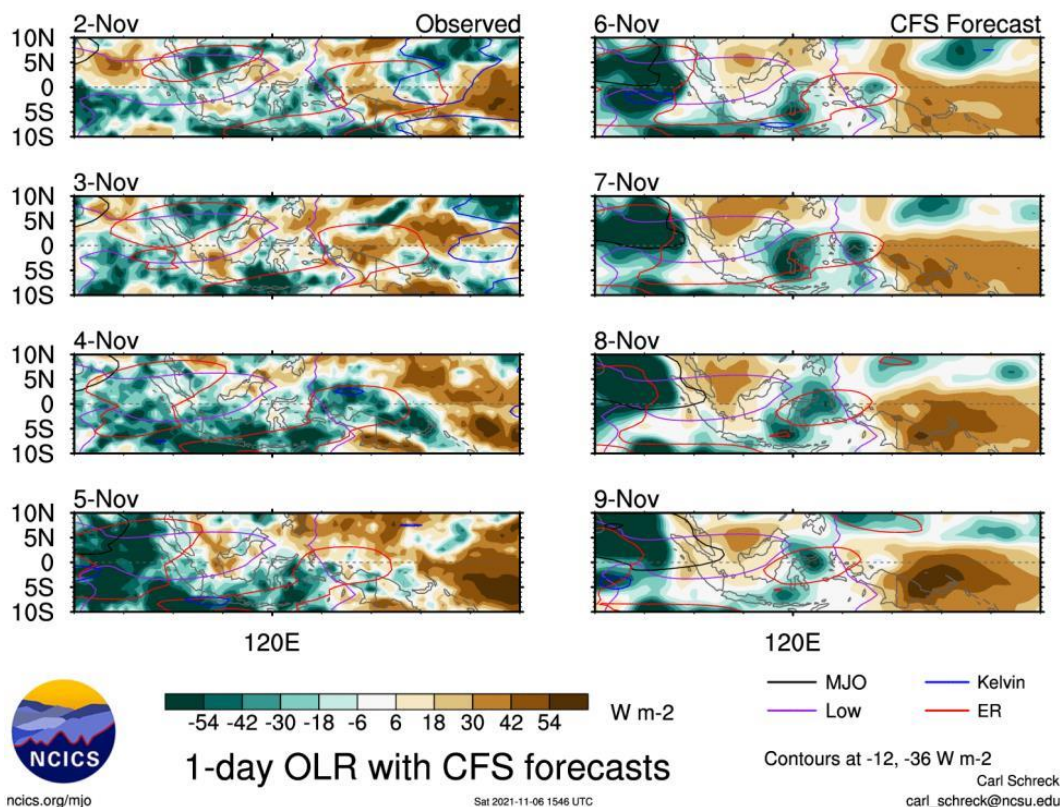


(c)

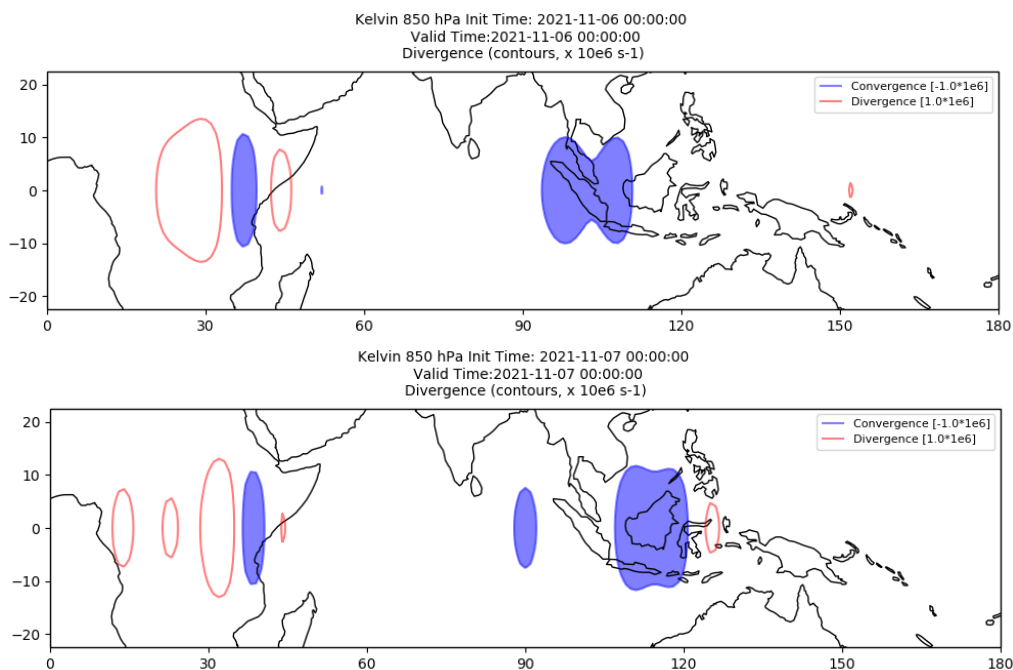


(d)

Gambar 3. Diagram indeks-indeks faktor cuaca global, SOI (a), NINO 3.4 SST Index (b), IOD Index (c), dan MJO (d).



Gambar 4. Observasi dan prediksi gelombang tropis dengan indikator OLR mulai tanggal 2 November 2021 sampai 9 November 2021.



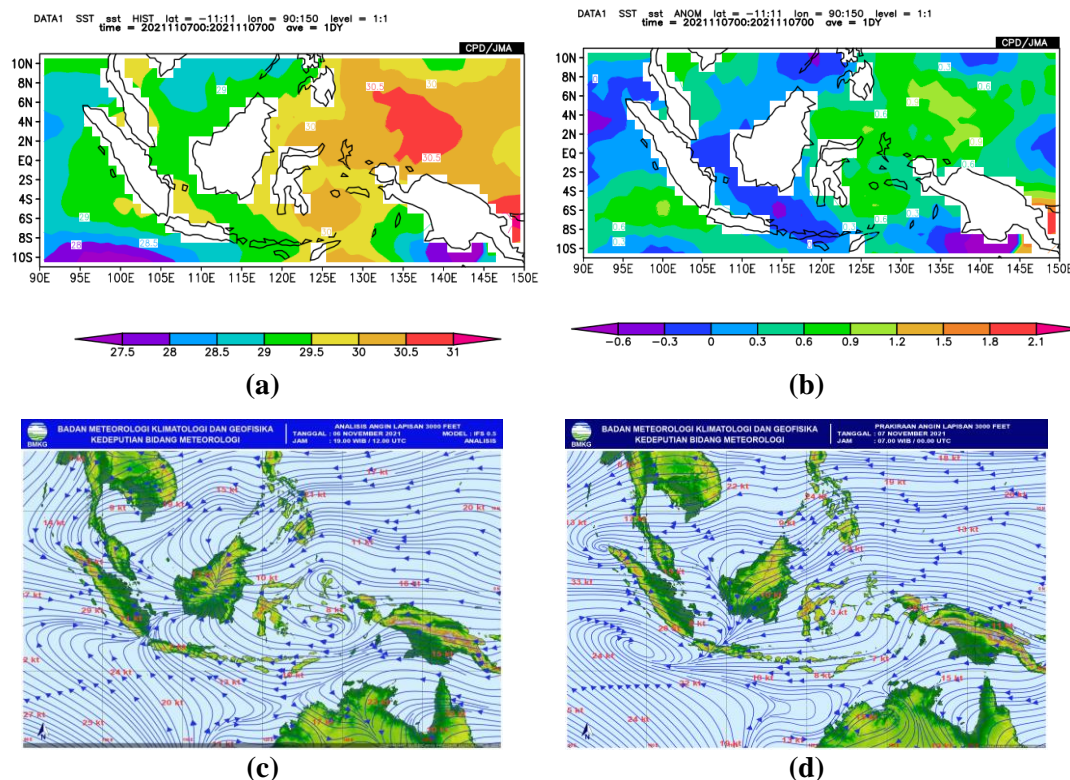
Gambar 5. Peta pergerakan gelombang Kelvin lapisan 850mb tanggal 6 November 2021 dan 7 November 2021.

Analisis gelombang tropis pada saat kejadian banjir ada fenomena  
 gambar 4 menunjukkan bahwa pada cuaca global seperti Madden-Julian

*Oscillation* (MJO) maupun gelombang Rossby di wilayah Indonesia khususnya di Pulau Sumatra dan Jawa. Aktifitas gelombang *Kelvin* juga terpantau berada di samudera hindia hingga Jawa bagian barat dan Kalimantan pada tanggal 6 November, sedangkan pada hari kejadian gelombang *Kelvin* telah bergerak ke timur yaitu di wilayah Jawa bagian tengah hingga Sulawesi bagian barat (Gambar 5). Analisis pergerakan gelombang *Kelvin* ini di dapatkan dari model dan metode perhitungan yang dikembangkan oleh Ferret et al (2019) [13]. MJO dan gelombang tropis ini menjadi salah satu pemicu pertumbuhan awan konvektif yang masif di wilayah Indonesia bagian barat, dimana telekoneksi dari beberapa gelombang dalam satu waktu sangat memungkinkan peningkatan intensitas hujan dari sistem konvektif kuat.

### 3.4. Analisis Atmosfer Regional

Suhu Muka Laut di utara dan selatan Jawa berkisar 29 - 30.5 °C dengan anomali SST berkisar 0.9 – 1.5°C. menunjukkan adanya potensi penguapan (penambahan massa uap air) di Laut Jawa utara Jawa bagian barat dan Samudra Hindia selatan Pulau Jawa (Gambar 6 (a) dan (b)). Dari analisis pola angin gradien (Gambar 6 (c) dan (d)) menunjukkan pola peralihan musim (transisi) dari monsun Australia ke monsun Asia. Kondisi angin gradien pukul 07.00 WIB (00 UTC) menunjukkan adanya pertemuan angin (konvergensi) di wilayah laut Jawa dan selat Sunda hingga Samudra Hindia selatan Jawa, serta adanya daerah *Shearline* di kawasan Jawa bagian barat. Pola seperti ini mendukung adanya penumpukan massa udara di wilayah kejadian banjir.



Gambar 6. (a) Peta analisis suhu permukaan laut tanggal 7 November 2021, (b) Peta analisis anomali suhu permukaan laut tanggal 7 November 2021, (c) Peta analisis angin gradien 3000 Ft tanggal 6 November 2021 pukul 12.00 UTC, dan (d) Peta prognosis angin gradien 3000 Ft tanggal 7 November 2021 pukul 00.00 UTC

Kondisi uap air yang tinggi di wilayah Indonesia serta konvergensi yang terjadi di wilayah Jawa bagian barat, selat sunda hingga Lampung sangat mendukung pertumbuhan awan-awan Cumulonimbus (Cb) yang berpotensi menimbulkan hujan lebat. Kombinasi dari keadaan tekanan rendah di daerah Jawa Barat dan terdapat anomali uap air positif di sekitar Jawa bagian selatan menjadi salah satu faktor analisis regional cuaca yang mendukung terjadinya cuaca ekstrim.

### 3.5. Analisis Atmosfer Skala Lokal

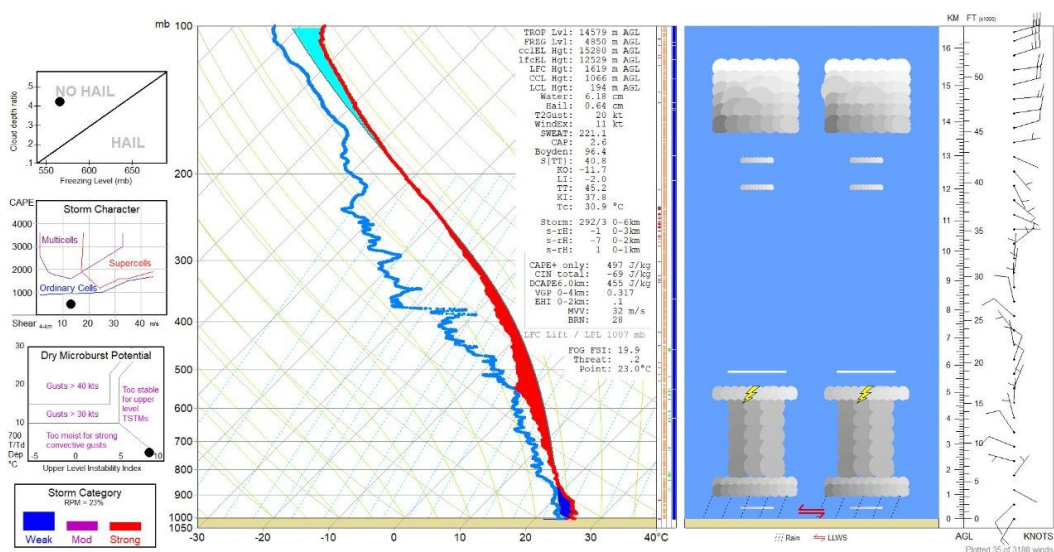
Dalam analisis cuaca skala lokal digunakan pengamatan udara atas (*Upper Air Observation*). Dalam kajian ini digunakan analisis data Radiosonde sebagai data observasi udara atas. Berdasarkan data pengamatan radiosonde yang dilakukan oleh Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta pada tanggal 7 November 2021 jam 07.00 WIB (00.00 UTC) diperoleh data seperti pada Gambar 7.

Dari hasil pengolahan data radiosonde, terlihat adanya potensi pertumbuhan awan konvektif dan

awan tinggi di wilayah Jabodetabek berdasarkan gambar. Selain itu, dari pengamatan udara atas juga terlihat *vertical wind shear* di lapisan menengah sehingga ada potensi pertumbuhan awan-awan konvektif.

Untuk mendapatkan kondisi stabilitas atmosfer dilakukan pengolahan tambahan dengan melihat indeks-indeks stabilitas atmosfer. BMKG terutama Pusat Meteorologi Penerbangan telah memberikan arahan untuk indeks-indeks yang dapat dijadikan acuan untuk mengetahui kondisi stabilitas atmosfer, diantaranya KI, LI, SI, TT, CAPE dan *Precipitable Water*.

Dilihat dari nilai indeks stabilitas (Tabel 2), pada tanggal 7 November 2021, wilayah Jabodetabek menunjukkan kondisi atmosfer labil dengan potensi konvektivitas lemah hingga sedang dengan kandungan uap air yang cukup besar. Sehingga dapat diperkirakan ada potensi pertumbuhan awan konvektif secara massif terbentuk pada pagi hingga siang hari dan mengindikasikan adanya potensi terjadinya hujan lebat disertai dengan *thunderstorm* pada siang hari hingga malam hari.



Gambar 7. Tampilan data Radiosonde tanggal 7 November 2021 jam 07.00 WIB menggunakan aplikasi RAOBS.

Tabel 2. Indeks-indeks stabilitas atmosfer pada tanggal 7 November 2021 dari pengamatan *Radiosonde*

Indeks	Nilai	Analisis
KI	37.8	Potensi konvektivitas sedang
LI	- 2.0	Potensi konvektivitas lemah
SI	-1.6	Potensi konvektivitas lemah
TT	45.2	Potensi konvektivitas lemah
CAPE	497 Kg/J	Potensi konvektivitas lemah hingga sedang
<i>Precipitable Water</i>	6.18	Potensi konvektivitas sedang hingga kuat

#### 4. Kesimpulan

Data hujan dari BMKG menunjukkan adanya hujan dengan intensitas lebat di wilayah Kecamatan Ciputat dan Ciputat Timur, serta hujan ekstrim di wilayah Kecamatan Pondok Aren pada tanggal 7 November 2021. Citra radar menunjukkan adanya pertumbuhan awan konvektif secara masif di wilayah Jabodetabek. Hasil analisis dinamika atmosfer global menunjukkan bahwa pada saat kejadian banjir menunjukkan adanya potensi La Nina lemah, MJO, gelombang Rossby dan gelombang Kelvin yang memberikan pengaruh terhadap kondisi cuaca di wilayah Indonesia. Kondisi SST yang cukup hangat dengan anomali positif serta adanya pertemuan dan belokan angin yang mendukung potensi pertumbuhan awan yang menghasilkan hujan lebat di wilayah Jawa bagian barat. stabilitas (Tabel 2), Kondisi atmosfer juga teramati labil dengan potensi konvektivitas lemah hingga sedang dengan kandungan uap air yang cukup besar dari data *Radiosonde*.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Meteorologi Publik

BMKG yang telah menyediakan data-data dalam kajian ini, serta individu atau pihak-pihak yang memberikan bantuan.

#### Daftar Pustaka

- [1] Republika. (2021). Hujan Deras, Tujuh Titik di Tangsel Dilanda Banjir. (<https://www.republika.co.id/berita/r287ec330/hujan-deras-tujuh-titik-dtangsel-dilanda-banjir>)
- [2] Liputan6. (2021). 7 Titik Banjir di Tangerang Selatan Sudah Surut. (<https://www.liputan6.com/news/read/4705094/7-titik-banjir-di-tangerang-selatan-sudah-surut>)
- [3] Tjasyono, B., Juaeni, I., dan Harijono, S.W.B. (2007). Proses meteorologis bencana banjir di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 8(2):64-78.
- [4] Ratnam, M.V., Santhi, Y.D., Rajeevan, M., and Rao, S.V.B. (2013). Diurnal variability of stability indices observed using radiosonde observations over a tropical station: comparison with microwave radiometer measurements. *Atmospheric Research*. 124:2133.

- [5] Paski, J.A.I. (2014). Analisis Kejadian Cuaca Ekstrim Tanggal 20 April 2014 di Kota Bengkulu Memanfaatkan Citra Radar dan Satelit. *Buletin Balwil II BMKG*, 4(9).
- [6] Rohmawati, F.Y., Turyanti, A. and Prasasti, I., 2015. Kondisi Atmosfer pada Kejadian Banjir Desember 2007 sampai Januari 2008 di Kabupaten Bojonegoro. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 16(2).
- [7] Dayantolis, W., Hariadi. (2006). Analisa kondisi atmosfer pada saat hujan ekstrim dan terjadinya banjir bulan Februari 2006 di Manado. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 7(2):30-41.
- [8] Hanifah, A., Enderwin. (2011). Analisis intensitas curah hujan wilayah Bandung pada awal 2010. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*.12(2):145149.
- [9] Paski, J.A.I., Permana, D.S., Sepriando, A. and Pertiwi, D.A.S., 2017. Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Hujan Es Memanfaatkan Citra Radar dan Satelit Himawari-8 (Studi Kasus: Tanggal 3 Mei 2017 di Kota Bandung). *Prosiding Seminar Penginderaan Jauh ke -4*.
- [10] Paski, J.A., Alfahmi, F., Permana, D.S. and Makmur, E.E., 2020. Reconstruction of Extreme Rainfall Event on September 19-20, 2017, Using a Weather Radar in Bengkulu of Sumatra Island. *The Scientific World Journal*.
- [12] Hidayat, A. M., Efendi, U., Agustina, L., & Winarso, P. A. (2018). Korelasi Indeks Nino 3.4 dan Southern Oscillation Index (SOI) dengan Variasi Curah Hujan di Semarang. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 19(2), 75-81.
- [13] Ferrett, S., S.Woolnough, K. Hodges, C. Holloway, J. Methven and G-Y Yang, 2019: Linking Extreme Precipitation in Southeast Asia to Equatorial Waves , *QJRMS*.