

## PENGARUH BADAI TROPIS HAIYAN TERHADAP POLA HUJAN DI INDONESIA

Lusi Fitriani Sani, Marzuki

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas, Padang

Kampus Unand Limau Manis, Pauh, Padang 25163

e-mail: lusi\_fitri\_ansani@yahoo.com

### ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis dampak tidak langsung badai tropis Haiyan (4 – 11 November) terhadap pola curah hujan di Indonesia dengan menggunakan data temperatur, kelembaban relatif (RH), dan pergerakan udara vertikal ( $\omega$ ) dari *National Centers for Environmental Prediction and the National Center for Atmospheric Research (NCEP-NCAR) Reanalysis*, data curah hujan dari satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*, dan radiasi gelombang panjang (*Outgoing Longwave Radiation, OLR*) dari *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa badai tropis Haiyan mempengaruhi sebagian wilayah Indonesia, terutama Papua. Kondisi meteorologis dan awan memperlihatkan bahwa hujan di daerah Papua selama periode 4 – 11 November dipengaruhi oleh badai tropis Haiyan dimana puncak total curah hujan teramati selama badai dan menunjukkan penurunan sebelum dan sesudahnya. Untuk kawasan Indonesia bagian barat seperti Jawa dan Sumatera, pengaruh badai terhadap total curah hujannya tidak teramati dengan jelas. Oleh karena itu peningkatan curah hujan selama periode 4 – 11 November untuk kawasan ini bukan disebabkan oleh badai tropis Haiyan tetapi kemungkinan disebabkan oleh faktor lain seperti monsun, *Madden – Julian Oscillation* dan fenomena lokal. Kata kunci : Haiyan, TRMM, BMKG, hujan.

### ABSTRACT

*In this work the indirect impact of tropical storm Haiyan (November 4 to 11) on the Indonesian rainfall pattern was investigated by using the temperature, relative humidity, and vertical velocity data of National Centers for Environmental Prediction and the National Center for Atmospheric Research (NCEP-NCAR) Reanalysis, rainfall data from Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite, and outgoing longwave radiation (OLR) from National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). It was found that tropical storm Haiyan partially influenced the Indonesian rainfall pattern particularly around Papua in which the peak of rainfall was observed during the mature stage of the storm. For the western region of Indonesia such as Java and Sumatra, the influence of the storm on the total rainfall was not observed clearly. Therefore, an increase in rainfall during November 4 - 11 for such regions was not caused by the tropical storm but may be caused by other factors such as the monsoon, the Madden-Julian Oscillation and local phenomenon. Keywords : Haiyan, TRMM, BMKG, Indonesia rainfall.*

### I. PENDAHULUAN

Badai tropis merupakan fenomena alam yang terjadi pada bagian atmosfer bumi yang terbentuk di atas permukaan laut yang hangat pada kawasan tropis. Secara efektif badai tropis terbentuk pada daerah yang terletak pada lintang lebih dari  $10^\circ$  pada bagian utara dan selatan. Hal ini dipicu oleh gaya coriolis yang pengaruhnya semakin kecil dengan penurunan lintang (Putra dan Khomarudin, 2004).

Badai tropis dapat memberikan dampak negatif yang lebih besar terhadap daerah yang dilewatinya dibandingkan dengan fenomena alam lainnya (Pennington, 2010). Dampak badai tropis berkisar pada radius antara  $2^\circ$  dan  $4^\circ$  dari pusatnya, bahkan pola pembentukan badai dapat mencapai radius di atas  $12^\circ$ . Dampak badai tropis dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu dampak langsung dan dampak tidak langsung. Dampak langsung dialami oleh daerah yang dilewati badai dan dampak tidak langsung dirasakan oleh daerah yang tidak dilewatinya. Indonesia bukan merupakan daerah tempat pembentukan badai tropis, tetapi posisi geografisnya berbatasan langsung dengan daerah pembentukan dan lintasan dari badai tropis. Hal ini menyebabkan Indonesia menerima dampak tidak langsung dari badai tropis, seperti badai *Charlotte* yang terbentuk di teluk Carpentaria Australia pada tanggal 9 hingga 12 Januari 2009

yang menimbulkan dampak terhadap Indonesia berupa curah hujan kategori sedang – lebat sekitar 35 mm sampai 83 mm selama 4 sampai 5 jam (Widiani, 2012).

Dari penjelasan di atas terlihat bahwa secara teoritis wilayah Indonesia bebas dari badai tropis, tapi mengalami dampak tidak langsung berupa curah hujan yang tinggi. Walaupun sudah ada penelitian sebelumnya tentang dampak badai tropis terhadap Indonesia, dampak ini bergantung kepada jenis badai dan faktor lain seperti topografi, jarak dari badai, dan kondisi atmosfer global. Hal inilah yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian ini dengan membahas badai tropis yang lain, yaitu badai tropis *Haiyan*. Badai ini terbentuk di sekitar Samudera Pasifik bagian timur pulau Papua, dan mengalami puncak pada tanggal 8 November 2013 dengan kecepatan angin mencapai 314 km/jam dan diameter badai mencapai 550 km (Zakir, 2013). Badai Haiyan menimbulkan dampak langsung bagi Filipina berupa banjir di pantai - pantai Filipina akibat naiknya air laut (*storm surge*) sekitar 5 sampai 6 m., kematian sekitar 10 ribu jiwa (Schiermeier, 2013), kehilangan tempat tinggal untuk 17 juta jiwa penduduk, kerugian infrastruktur dan pertanian yang ditaksir sekitar 802 juta Dollar Amerika (Mori, dkk., 2014). Pada penelitian ini dilakukan pengamatan pengaruh badai tropis Haiyan terhadap Indonesia dengan mengolah data curah hujan dari satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). Untuk menunjang analisis juga digunakan data *National Centers for Environmental Prediction and the National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR) dan data *Outgoing Longwave Radiation* (OLR).

## II. METODE

### 2.1 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data curah hujan satelit TRMM 3B42 yang diunduh dari website *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dalam format HDF untuk data 3 jam, format ASCII untuk data harian dari tanggal 1 – 15 November 2013 dan data tahun 1998 – 2013 bulan November. Data NCEP/NCAR *Reanalysis* yaitu data temperatur, kelembaban relatif (RH), pergerakan udara vertikal ( $\omega$ ) dan data OLR diunduh dari website *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) dalam format NetCDF sesuai dengan tanggal data curah hujan dari TRMM.

### 2.2 Analisis Data

Pada penelitian ini diamati hubungan antara pola curah hujan di Indonesia dengan parameter meteorologi seperti temperatur, RH,  $\omega$ , dan awan konvektif. Selain itu, dampak badai tropis Haiyan terhadap curah hujan di Indonesia akan diamati dengan lebih rinci menggunakan data curah hujan harian per pulau, anomali curah hujan di Indonesia selama bulan November, dan pola variasi diurnal curah hujan. Kemungkinan faktor lain yang mempengaruhi curah hujan selama badai tropis Haiyan, seperti *Madden-Julian Oscillation* (MJO), *El-Nino-Southern Oscillation* (ENSO) dan Monsun, juga diteliti.

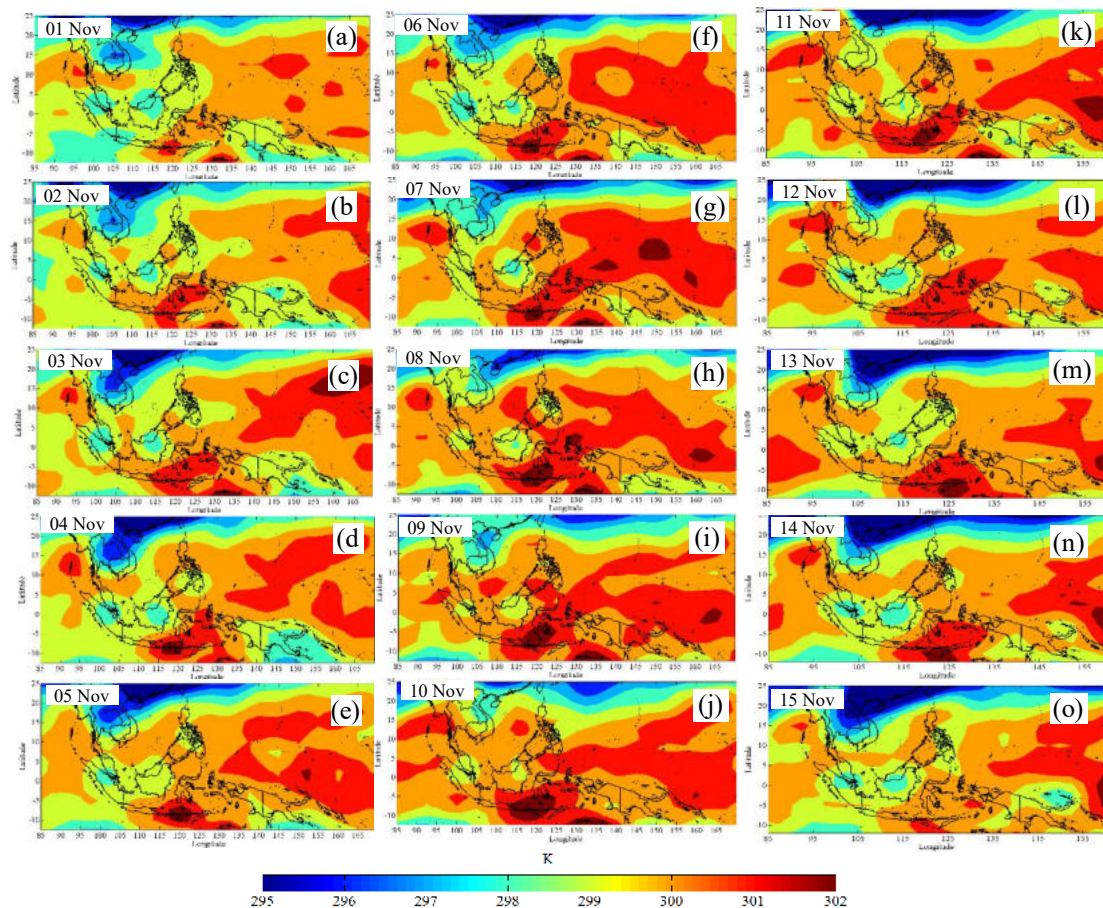
## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Kondisi Meteorologis Tanggal 1 sampai 15 November 2013

Gambar 1a sampai 1c memperlihatkan temperatur permukaan sebelum badai tropis Haiyan. Pada tanggal 1 sampai 3 November 2013 Samudera Pasifik mengalami peningkatan temperatur dari 300 sampai 301 K ( $27^\circ$  sampai  $28^\circ$  C) ke 300 sampai 302 K ( $27^\circ$  sampai  $29^\circ$  C). Salah satu syarat terbentuknya badai tropis adalah temperatur permukaan laut lebih dari  $26,5^\circ$  C (Aemisegger, 2009). Dengan demikian, temperatur Samudera Pasifik pada tanggal 1 sampai 3 November 2013 sudah memenuhi syarat untuk pembentukan badai tropis. Kondisi temperatur saja tidak cukup untuk mendukung terbentuknya badai tropis, diperlukan kelembaban yang cukup pada ketinggian sekitar 5 km. Gambar 2a sampai 2c memperlihatkan RH untuk tanggal 1 sampai 3 November 2013 pada ketinggian 500 mb ( $\approx$  5 km). Dari gambar terlihat dengan jelas bahwa kawasan Samudera Pasifik pada tanggal 1 sampai 3 November 2013 mempunyai RH yang tinggi pada ketinggian 5 km yaitu sekitar 70% sampai 85%. Nilai RH ini menunjukkan bahwa udara cukup lembab pada ketinggian 5 km yang sesuai untuk pertumbuhan badai tropis. RH yang tinggi juga teramati di atas Sumatera, Kalimantan, dan Papua yang disebabkan oleh

pengaruh penguasaan yang ada di atas kawasan ini (Sakurai, dkk. 2005 dan Peiming, dkk. 2003). Badai tropis merupakan gerakan udara memutar dengan pusat putaran udara bertekanan rendah. Dengan demikian, udara pada bakal badai akan bergerak naik. Pergerakan naiknya udara pada ketinggian 500 mb diberikan oleh Gambar 3. Dari Gambar 3a sampai 3c terlihat bahwa terjadi peningkatan pergerakan udara ke atas dari tanggal 1 sampai 3 November 2013 pada kawasan Samudera Pasifik, yang ditandai dengan dengan nilai omega sekitar -0.5 hingga -0.1. Tanda negatif pada omega menunjukkan pergerakan udara ke atas. Omega yang negatif juga teramati di atas Sumatera yang disebabkan oleh Bukit Barisan yang memblok awan yang bergerak ke timur dari Samudera Hindia (Nitta, dkk. 1992).

Temperatur, omega dan RH berhubungan dengan pembentukan awan. Dapat dilihat bahwa awan konvektif tinggi (*deep convective cloud*) terbentuk pada kawasan - kawasan dengan RH besar dan omega bernilai negatif (Gambar 4a, 4b, dan 4c). Awan - awan konvektif yang ditandai dengan nilai OLR yang kecil, merupakan penyumbang utama hujan di kawasan tropis (Williams, dkk., 1995). Dengan demikian, OLR dan curah hujan mempunyai hubungan yang sangat kuat dimana pada OLR yang kecil (*deep convective cloud*) terbentuk hujan dengan intensitas yang lebih tinggi dari daerah dengan OLR besar. Pada tanggal 1 sampai 3 November 2013 pembentukan awan konvektif dan hujan teramati di atas Samudera Pasifik, Sumatera, Kalimantan dan Papua.

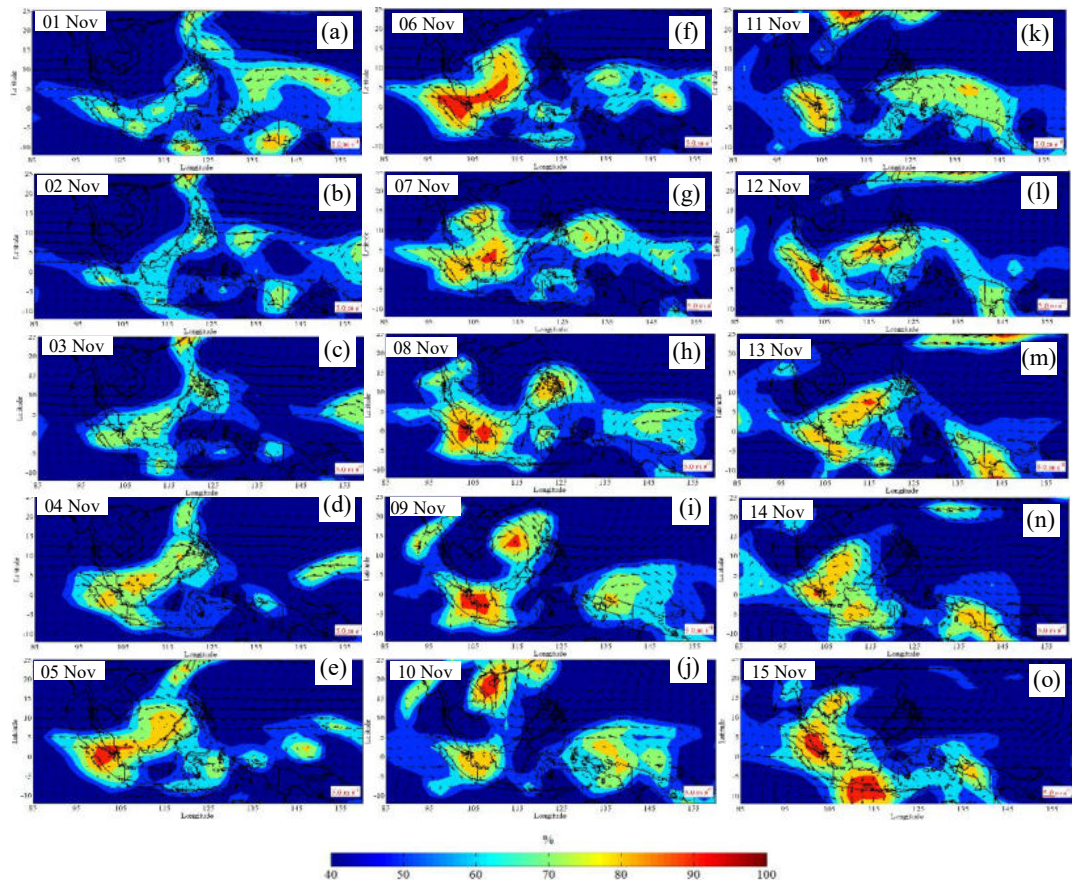


Gambar 1 Distribusi Temperatur selama 1 sampai 15 November 2013

Dengan kondisi lingkungan yang mendukung, badai Haiyan pertama kali terbentuk di permukaan laut Samudera Pasifik, sebelah timur Papua, pada tanggal 4 November 2013 dan puncak dari badai pada tanggal 8 November 2013 (Gambar 1d sampai 1h). Badai tropis yang terbentuk 4 November 2013 bergerak ke barat, dan selama pergerakannya, badai melalui lintasan yang hangat di sepanjang Samudera Pasifik sehingga badai tumbuh dan menguat dengan cepat. Selama badai, temperatur tinggi di kawasan Indonesia hanya teramati di sekitar



Nusa Tenggara, sebagian Sulawesi dan Papua. Pada tanggal 8 November 2013, badai Haiyan sudah sampai di Filipina dan merupakan puncak dari badai tropis ini.

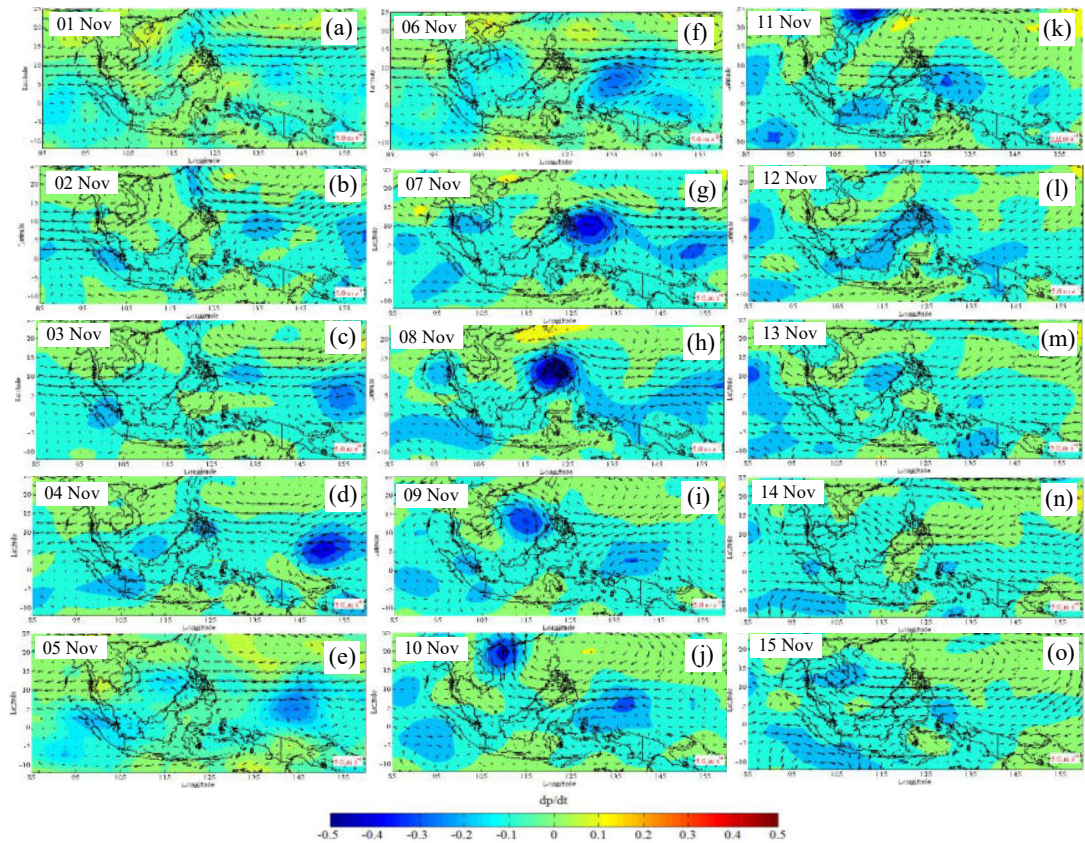


Gambar 2 Distribusi RH selama 1 sampai 15 November 2013.

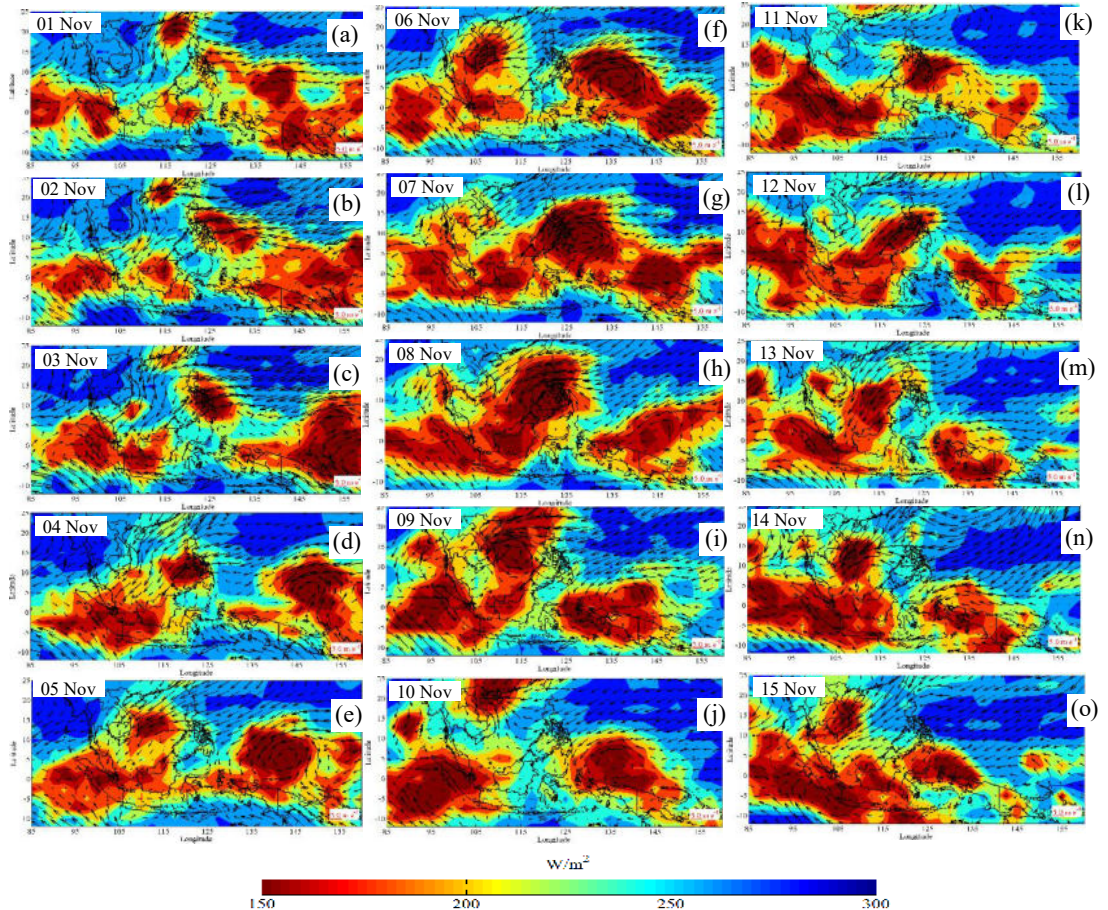
Pada tanggal 9 sampai 11 November 2013 badai Haiyan berada di atas laut Cina Selatan. Intensitas badai pada massa ini sudah mengalami penurunan yang disebabkan oleh daratan Filipina yang tidak kondusif untuk pertumbuhan badai. Selain melalui daratan, temperatur permukaan laut Cina Selatan juga relatif dingin (299 K atau 26° C) yang tidak mendukung untuk penguatan badai ini kembali. Badai tropis ditandai dengan gerakan udara yang memutar (Gambar 2i, 2j, dan 2k) dan naik (Gambar 3i, 3j, dan 3k). Gerakan udara yang memutar ini menyebabkan kelembaban atmosfer terpusat di sekitar badai, sehingga pola distribusi RH pada Gambar 2d sampai 2k sangat berbeda dengan Gambar 2a sampai 2c walaupun pola distribusi temperturnya hampir sama.

Pada tanggal 9 November 2013, ketika badai Haiyan sudah berada di laut Cina Selatan, terbentuk sebuah bakal badai tropis baru di Samudera Pasifik, yang ditandai dengan gerakan udara yang memutar (Gambar 2i) dan naik (Gambar 3i). Badai ini hanya bertahan tiga hari karena temperatur permukaan laut yang dilaluinya tidak mendukung untuk penguatan badai (Gambar 1i). Gambar 4d sampai 4k memperlihatkan distribusi awan konvektif dari tanggal 4 sampai 11 November 2013. Dari gambar terlihat dengan jelas di sekitar badai dan daerah yang dialuinya terbentuk awan - awan konvektif yang menyebabkan hujan dengan intensitas tinggi teramati di sekitar kawasan ini. Dari gambar juga terlihat bahwa awan di Papua merupakan bagian dari awan yang terbentuk di sekitar badai. Dengan demikian, dapat dianalisa bahwa hujan yang terbentuk di Papua dipengaruhi oleh badai Haiyan. Pada tanggal 7 sampai 8 November 2013, ketika badai berada di sekitar Filipina dan Laut Cina Selatan, awan konvektif yang berhubungan dengan badai teramati hingga Sulawesi dan Kalimantan yang mengindikasikan bahwa hujan yang terjadi pada periode ini di dua pulau tersebut kemungkinan disebabkan oleh pengaruh badai Haiyan.





Gambar 3 Distribusi Omega selama 1 sampai 15 November 2013.



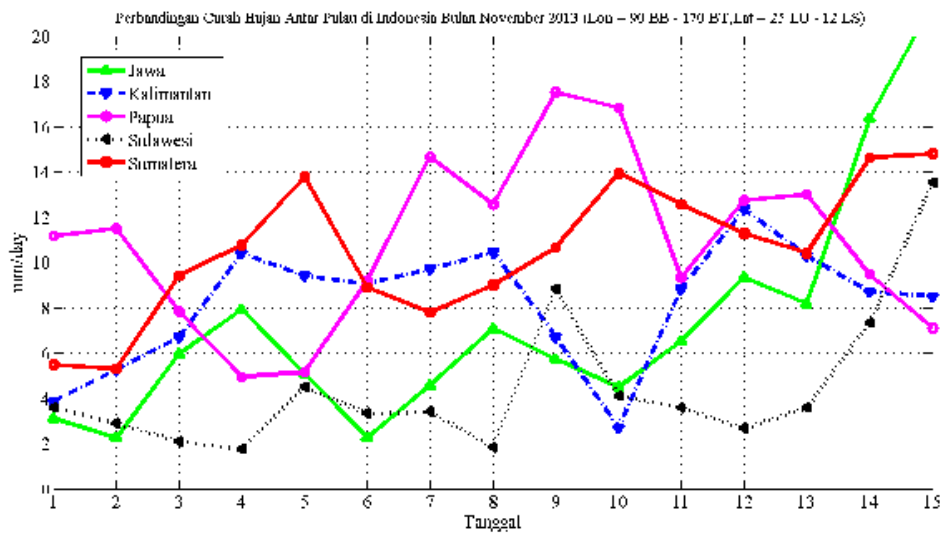
Gambar 4 Distribusi OLR selama 1 sampai 15 November 2013



Pada tanggal 12 sampai 15 November teramati temperatur mengalami penurunan yaitu sekitar 297 sampai 300 K (24° sampai 27° C), di sebagian besar daerah pengamatan. Pada kawasan Samudera Pasifik (timur Papua) teramati temperatur yang tinggi sekitar 302 K (29° C) yang merupakan ciri khas sirkulasi Walker untuk kondisi normal. Sirkulasi Walker merupakan sirkulasi yang menggambarkan pergerakan atmosfer dari Pasifik Timur ke Pasifik Barat (Wallace dan Hobbs, 2006).

Setelah badai, kawasan lembab (RH sekitar 70% sampai 90%) dan pergerakan udara naik ( $\omega$  sekitar -0.2 sd. -0.1) terlihat di atas Indonesia seperti di sekitar Sumatera, Kalimantan, dan Papua (Gambar 2l, 2m, 2n, dan 2o & Gambar 3l, 3m, 3n, dan 3o). Hal ini disebabkan oleh faktor lingkungan dimana secara keseluruhan Sumatera, Kalimantan, dan Papua memiliki daratan yang luas dan terdapat pegunungan yang tinggi sehingga memicu interaksi antara daratan dengan lautan sekitar yang membentuk hujan lokal melalui pergerakan angin darat dan angin laut (Mori dkk., 2004). Konsisten dengan temperatur, RH dan  $\omega$ , awan - awan konvektif dan hujan juga terlihat di atas Indonesia seperti sekitar Sumatera, Kalimantan, dan Papua (Gambar 4l, 4m, 4n, dan 4o).

3.2 Distribusi Curah Hujan Harian Perpulau di Indonesia



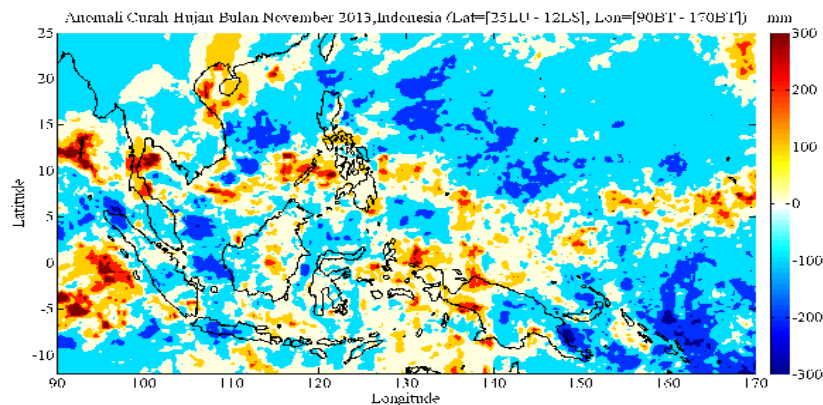
Gambar 5 Perbandingan curah hujan per pulau (1 sampai 15 November 2013)

Untuk melihat lebih dekat pengaruh badai tropis Haiyan terhadap total curah hujan di Indonesia, diakumulasikan curah hujan per pulau per hari selama tanggal 1 sampai 15 November 2013 (Gambar 5). Dapat lihat bahwa pulau - pulau di Indonesia yang jauh jaraknya dari badai (Jawa dan Sumatera), total curah hujannya tidak menunjukkan hubungan yang kuat dengan pergerakan badai. Pada pulau Jawa teramati peningkatan curah hujan mulai tanggal 12 November, tetapi hal ini tidak disebabkan oleh badai tropis Haiyan karena pada masa ini badai tropis sudah menghilang. Pada Sumatera, peningkatan curah hujan terjadi sebelum (5 November) dan sesudah (14 dan 15 November) badai tropis Haiyan terjadi. Hubungan yang cukup kuat antara badai tropis Haiyan dan curah hujan terlihat untuk pulau Papua dimana puncak total curah hujan teramati selama badai (5 sampai 11 November) dan menunjukkan penurunan sebelum dan sesudahnya. Pada tanggal 13 November terjadi banjir bandang di Wasior, Papua Barat (Victoria, 2013), tetapi banjir ini terjadi sesudah badai sehingga bukan merupakan dampak tidak langsung dari badai Haiyan. Curah hujan di Sulawesi dan Kalimantan juga dipengaruhi oleh badai tropis Haiyan walaupun tidak signifikan pengaruh terhadap Papua. Peningkatan curah hujan di Sulawesi teramati pada saat badai tropis Haiyan berada di laut Cina Selatan (9 November). Untuk Kalimantan, peningkatan curah hujan teramati pada tanggal 4 sampai 8 November. Dari hasil ini terlihat bahwa pulau - pulau di Indonesia yang dekat jaraknya dari badai (Papua, Sulawesi dan Kalimantan), total curah hujannya dipengaruhi oleh pergerakan badai.

3.3 Anomali Curah Hujan Bulan November dari Tahun 1998 sampai 2013

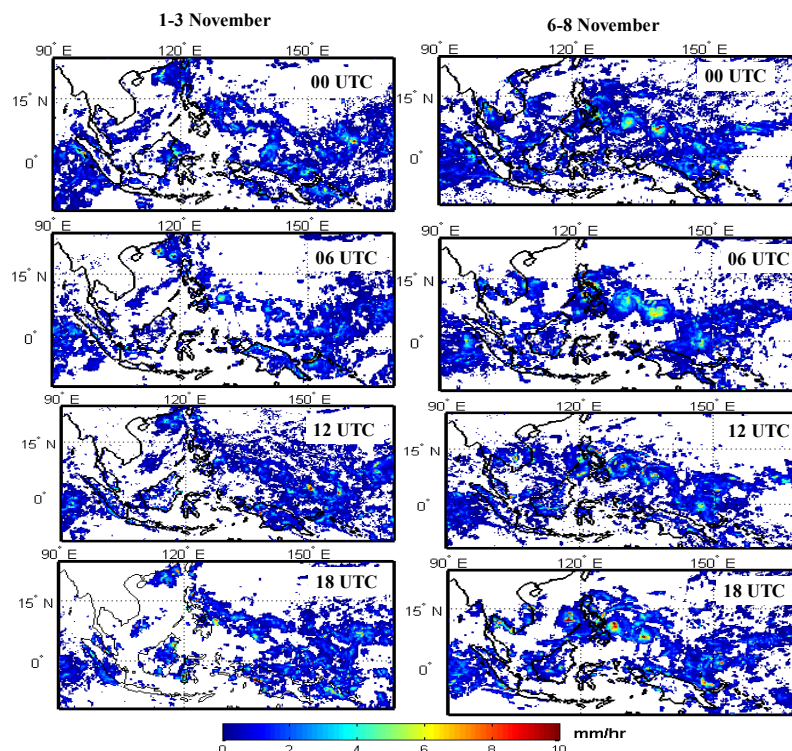
Pada bagian ini akan dibahas anomali curah hujan selama bulan November 2013. Anomali dihitung dengan merata - meratakan curah hujan bulanan pada bulan November 1998 hingga tahun 2013. Hal ini dilakukan untuk melihat seberapa besar pengaruh badai tropis Haiyan terhadap total curah hujan selama bulan November 2013 dibandingkan dengan nilai rata - rata curah hujan bulanan.

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa pada kawasan yang dilalui oleh badai anomalnya bernilai positif yang menandakan peningkatan curah hujan bulanan dibandingkan dengan curah hujan bulanan rata-rata. Anomali juga bernilai positif pada kawasan - kawasan yang dekat dengan badai seperti Papua. Hal ini mempertegas pembahasan sebelumnya bahwa curah hujan Papua dipengaruhi secara kuat oleh badai Haiyan sebagaimana juga terlihat pada Gambar 5. Kawasan Samudera Hindia juga mempunyai anomali yang positif, tetapi hal ini bukan karena adanya pengaruh dari badai.



Gambar 6 Anomali curah hujan bulan November 2013 dihitung menggunakan data dari 1998 sampai 2013.

3.4 Variasi Diurnal Curah Hujan



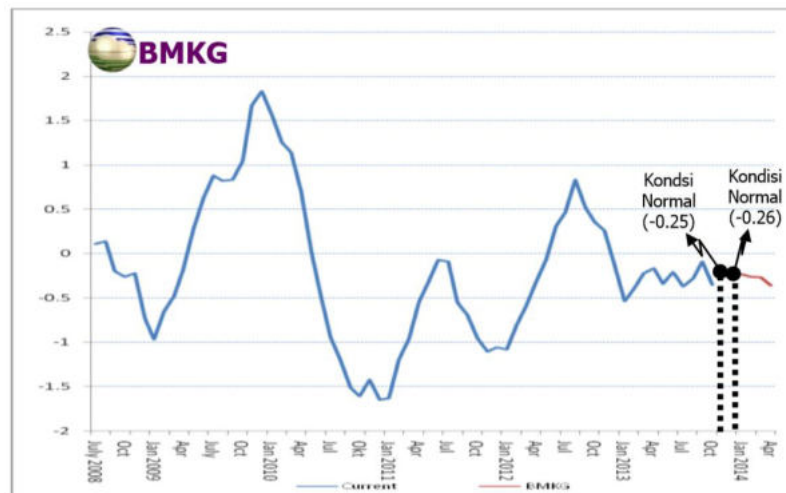
Gambar 7 Distribusi intensitas hujan rata – rata untuk tanggal 1 sampai 3 November 2013 (sebelah kiri) dan 6 sampai 8 November 2013 (sebelah kanan).

Variasi diurnal disebabkan oleh perbedaan kapasitas panas antara daratan dengan lautan sekitar (Mori, dkk., 2004). Untuk mengamati pengaruh badai tropis Haiyan terhadap variasi diurnal, maka dirata-ratakan data curah hujan per tiga jam yang teramati oleh satelit TRMM. Gambar 7 memperlihatkan distribusi intensitas hujan rata-rata pada jam 00, 06, 12 dan 18 UTC (*Coordinated Universal Time*), untuk tanggal 1 sampai 3 November 2013 dan 6 sampai 8 November 2013.

Secara umum, pada kawasan Indonesia bagian barat pola variasi diurnal curah hujan sebelum, pada saat terjadi badai tropis Haiyan tidak berbeda dimana hujan mencapai maksimum mulai siang hari (06 UTC atau jam 13 WIB) hingga sore hari (12 UTC atau jam 19 UTC) di daratan. Kondisi sebaliknya, terjadi mulai tengah malam (18 UTC) hingga pagi hari (00 UTC) dimana hujan mencapai maksimum di lautan sekitar pulau-pulau besar seperti Sumatera, Kalimantan dan Papua. Pada lautan lepas seperti di Samudera Pasifik dan Samudera Hindia, pola diurnal tidak teramati karena evaporasi yang tinggi setiap saat sehingga curah hujan selalu tinggi. Pengaruh badai tropis Haiyan terlihat mempengaruhi pola diurnal di Papua seperti yang terlihat untuk jam 12 UTC. Untuk kondisi normal pada waktu tersebut, curah hujan di daratan Papua menunjukkan intensitas yang tinggi, tetapi selama badai intensitasnya lebih rendah.

### 3.5 Pengaruh Faktor Lain Terhadap Curah Hujan Selama Badai Tropis Haiyan

#### 3.5.1 ENSO (*El-Nino-Southern Oscillation*)



Gambar 8 Indeks ENSO dari Juli 2008 – Jan 2014  
 Sumber : BMKG, 2013

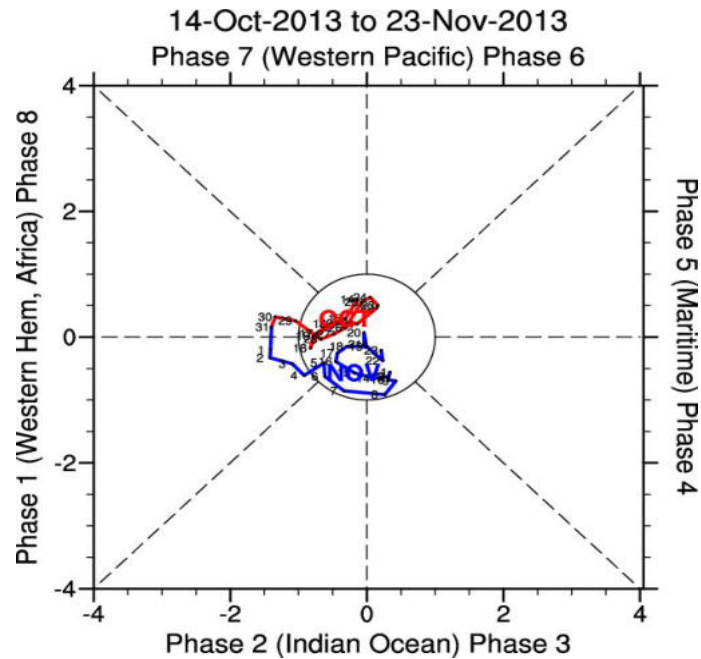
ENSO merupakan fenomena interaksi antara atmosfer dengan permukaan laut yang ditandai dengan naik atau turunnya suhu permukaan air laut dari kondisi normal (Rahman, 2011). Berdasarkan data BMKG (Gambar 8), status ENSO pada bulan November 2013 dikatakan normal dengan nilai indek sekitar -0.25. ENSO dikatakan aktif (kuat) jika indek bernilai lebih dari  $\pm 0.5$ . Jadi dapat disimpulkan bahwa peningkatan curah hujan selama November 2013 tidak disebabkan oleh ENSO.

#### 3.5.2 MJO (*Madden-Julian Oscillation*)

MJO merupakan salah satu osilasi yang dominan pada wilayah tropis dengan perulangan 40 - 60 hari yang ditandai dengan pergerakan awan berskala super dari Samudera Hindia ke arah timur (Madden dan Julian 1971).

Gambar 9 memperlihatkan indek MJO selama 14 Oktober sampai 23 November 2013. Indeks yang bernilai  $> \pm 1$  (dalam lingkaran) menandakan MJO kuat yang biasanya diikuti oleh curah hujan yang tinggi pada daerah yang dilaluinya. Dapat dilihat bahwa pada tanggal 1 sampai 4 November 2013 MJO berada di sekitar Afrika. Tanggal 5 hingga 23 November 2013, MJO berada di atas Indonesia, tetapi sangat lemah dimana nilai indeksinya sangat kecil.





Gambar 9 Diagram RMM (*Real-time Multivariate MJO*)  
 Sumber : <http://monitor.cicsnc.org/mjo/current/rmm/>

Dengan demikian, peningkatan curah hujan selama bulan November di kawasan Indonesia terutama di bagian timur seperti Papua tidak disebabkan oleh MJO. Tanggal 6 sampai 9 November 2013, MJO yang agak kuat (indeks sekitar 0.9) berada di Samudera Hindia. Dengan demikian, peningkatan curah hujan di Samudera Hindia (Gambar 6) selama periode ini bisa disebabkan oleh MJO.

### 3.5.3 Monsun

Indonesia termasuk ke dalam kawasan monsun Asia. Monsun ini bisa dibagi atas empat periode yaitu *pre-Southwest* (pre-SW), *Southwest* (SW), *pre-Northeast* (pre-NE) dan *Northeast* (NE) yang secara berturut-turut mengacu kepada bulan April hingga Mei, Juni hingga September, Oktober hingga November, dan Desember hingga Maret (Kozu dkk., 2006). Dengan demikian, badai Haiyan berada dalam periode pre-monsun NE dimana angin berhembus dari timur laut yang konsisten dengan pola angin di dalam penelitian ini terutama untuk bagian barat Indonesia. Angin yang berhembus dari utara melalui laut Cina Selatan, membawa uap air yang bisa mendorong terbentuknya hujan pada kawasan barat Indonesia (Gambar 4).

## IV. KESIMPULAN

Penelitian ini memperlihatkan bahwa badai tropis Haiyan mempengaruhi sebagian wilayah Indonesia, terutama pulau Papua. Curah hujan pada pulau Papua selama periode 4 sampai 11 November 2013 dipengaruhi oleh badai tropis Haiyan dimana puncak total curah hujan teramati selama badai dan menunjukkan penurunan sebelum dan sesudahnya. Badai tropis Haiyan berkontribusi dalam meningkatkan total curah hujan bulanan di pulau Papua dan daerah yang dilaluinya yang terlihat dari anomali curah hujan selama November 2013 yang bernilai positif pada daerah - daerah tersebut. Dampak badai tropis Haiyan juga cukup teramati di Sulawesi dan Kalimantan.

Untuk kawasan yang jauh dari badai seperti pulau Jawa dan Sumatera, pengaruh badai terhadap total curah hujannya tidak teramati dengan jelas. Awan konvektif di daerah ini tidak memperlihatkan hubungan dengan awan dari badai tropis Haiyan. Oleh karena itu peningkatan curah hujan selama periode 4 sampai 11 November 2013 untuk kawasan ini bukan disebabkan oleh badai tropis Haiyan tetapi kemungkinan disebabkan oleh faktor lain seperti monsun, Madden - Julian *Oscillation* dan fenomena lokal. Penelitian ini juga memperlihatkan bahwa badai tropis dapat mengganggu pola variasi diurnal hujan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aemisegger, F., 2009, Tropical Cyclone Forecast Verification : Three Approaches to The Assessment of The ECMWF Model, *Tesis*, Swiss University.
- Kozu, T., K. K., Reddy, S., Mori, M., Thurai, J.T., Ong, D.N., Rao. and T. Shimomai, 2006, Seasonal and Diurnal Variations of Raindrop Size Distribution in Asian Monsoon Region, *Journal Meteorology Society Japan*, 84A, CPEA Special Issue, hal 195 - 209.
- Madden, R. A. and P. R. Julian, 1971, Detection of a 40 - 50 day Oscillation in the Zonal Wind in the Tropical Pacific, *Journal Atmospheric Science*, Volume 28, hal 702 - 708.
- Mori, S., Hamada, J. I., Tauhid, Y.I., Yamanaka, M.D., Okamoto, N., Murata, F., Sakurai, N., Hashiguchi, H., Sribimiwati, T., 2004, Diurnal Land - Sea Rainfall Peak Migration over Sumatera Island, Indonesia Maritime Continent, Observed by TRMM Satellite and Intensive Rawinsonde Soundings, Volume 132, *Monthly Weather Review*, hal 2031 - 2039.
- Mori, N., Masaya, K., Sooyoul K., Hajime, M., Yoko, S., Tetsuya, T., Kazuhisa, S. and Tomohiro, Y., 2014, Local Amplification of Storm Surge by Siper Typhoon Haiyan in Leyte Gulf, *Geophysical Research Letters*, Volume 41, hal 5106 – 5113.
- Nitta, T. T., Mizuno, dan Takahashi, 1992, Multiscale Convective Systems During The Initial Phase of The 1986/87 El Nino, *Journal Meteorology Society of Japan*, No. 70, hal 447 – 466.
- Peiming, Wu., Jun-Ichi, H., Shuichi, M., Yudi, I. T., Manabu, D. Y., and Fujio, K., 2003, Diurnal Variation of Precipitable Water over a Mountainous Area of Sumatra Island, *Japan Application Meteorology*, No. 42, hal 1107 – 1115.
- Pennington, M. M., 2010, Simulation of Tropical Cyclone Like Vortices Over The Southwestern Indian Ocean, *Disertasi*, Universitas Pretoria.
- Putra, D dan Khomarudin, M.R., 2004, Depresi dan Siklon Tropis Pengaruhi Cuaca Indonesia, *Jurnal Berita Inderaja* 3, hal 16 – 20.
- Rahman, A, 2011, Pola Spasial Hubungan Curah Hujan dengan ENSO dan IOD di Indonesia – Observasi Menggunakan Data TRMM 3B43, *Jurnal Penginderaan Jauh Indoensia*, hal 93 – 108, Universitas Udayana, Bali.
- Sakurai, N., Fumie, M., Manabu, D. Y., Shuichi., M., Hiroyuki, H., Yudi, I. T., Budi, S., Diurnal Cycle of Cloud System Migration Over Sumatera Island, 2005, *Journal of the Meteorologi Society of Japan*, Vol. 83, No. 5, hal 835 – 850, Meteorology Society of Japan.
- Schiermeier, Q., 2013, Did Climate Change Cause Typhoon Haiyan?, *Nature*, Vol. 10, hal 14139.
- Wallace, J. M., Hobbs, P. V., 2006, *Atmospheric Science*, Edisi Kedua, Akademik Press, USA.
- Widiani, N., 2012, Identifikasi Kejadian Siklon Tropis di Perairan Sekitar Indonesia dari Observasi Satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) dan Kaitannya dengan Curah Hujan, *Skripsi*, IPB, Departemen Geofisika dan Meteorologi, Bogor.
- Williams, C. R., Kenneth, S. G, 1995, Classification of Precipitating Clouds in the Tropics Using 915-MHz Wind Profilers, *Journal Of Atmospheric and Oceanic Technology*, Vol. 12, hal 996 – 1012, Universitas Colorado.
- Victoria, W., 2013, *Banjir Bandang Wasior*, <http://nusantara.rmol.co.id/>, diakses Desember 2014.
- Zakir, A., 2013, *Super Typhoon Haiyan Menghantam Filipina*, <http://bkmg.go.id/>, diakses Januari 2014.