SIKLON TROPIS DI SELATAN DAN BARAT DAYA INDONESIA DARI PEMANTAUAN SATELIT TRMM DAN KEMUNGKINAN KAITANNYA DENGAN GELOMBANG TINGGI DAN PUTING BELIUNG

Arief Suryantoro
Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, LAPAN
e_mail : ariefs_40215@yahoo.com

ABSTRACT

The tropical cyclones occured over Indian Ocean in southern and southwestern part of Indonesia Maritime Continent (IMC) about 46 and 26 times during February and March 2008 period, respectively. These results based on the TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) satellite observation, during February and March 2008 periods. The tropical cyclones that occur over southern and southwestern of IMC in February 2008 are 12 modes and it's appeared as much as 46 times. The 12th modes of the tropical cyclones are 90 S, 92 S, 93 S, 94 S, 98 S, 99 S, 17 S, 18 S, Gula, Hondo, Ivan and Nicholas. For the March 2008 period over the same region occured 8 modes of tropical cyclones which appear as much as 26 times. The 8th of the tropical cyclones are Ophelia, Jokwe, Kamba, Lola, Pancho, 94S, 97S, and 99S. Simultaneously, newspaper and television informed that during February and March 2008 period appeared a high seawave above 3 metres over parts of Sunda Strait, south of Kalimantan Sea, Makassar Strait, Bali Strait, Lombok Strait, Flores Sea, south of Sulawesi Sea, Sawu Sea, and Timor Sea. In the same period, strong wind (referred to also as "puting beliung wind") also happened over most of Java, Bali, Lombok, Sumba, Sumbawa, and Flores land. Connection between tropical cyclone occurrences over southern and southwestern of IMC during February and March 2008 and high seawave and strong wind, have not seen established quantitavely, but qualitavely they shows significantly correlation, especially for the tropical cyclones Hondo, Ivan and 17 S (in February 2008 period) and Pancho (in March 2008 period).

ABSTRAK

Siklon tropis pada periode Februari dan Maret 2008 muncul sebanyak 46, dan 26 kali di Samudera India sebelah selatan dan barat daya Benua Maritim Indonesia. Hal ini didasarkan dari hasil pemantauan satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) yang menunjukkan bahwa, selama periode Februari 2008 telah muncul 12 jenis siklon tropis yaitu siklon tropis 17S, 18S, 90S, 92S, 93S, 94S, 98S, 99S, Gula, Hondo, Ivan dan Nicholas, yang secara acak muncul sebanyak 46 kali dalam periode tersebut. Sedang pada periode Maret 2008 telah muncul 8 jenis siklon tropis yaitu siklon tropis Ophelia, Jokwe, Kamba, Lola, Pancho, 94S, 97S dan 99S. Pada rentang waktu yang bersamaan, dari TV ataupun media cetak diinformasikan juga bahwa selama periode Februari, dan Maret 2008 tersebut juga telah terjadi gelombang tinggi (3 sampai 4 m, atau bahkan lebih) di sejumlah perairan bagian selatan Indonesia, seperti Selat Sunda, perairan selatan Kalimantan, Selat Makassar bagian selatan, Selat Bali, Selat Lombok, Laut Flores, perairan selatan Sulawesi, Laut Sawu, Laut Timor. Pada periode yang sama pula (Februari, dan Maret 2008) di sebagian Jawa, Bali, Lombok, Sumba, Sumbawa, dan Flores Bali, Lombok, Sumba, Sumbawa, dan Flores juga terjadi angin kencang (oleh masyarakat setempat sering disebut sebagai puting beliung). Pada penelitian tahap ini keterkaitan antara munculnya siklon tropis di Samudera India sebelah selatan dan

barat daya Benua Maritim Indonesia dengan kejadian gelombang tinggi di perairan selatan Indonesia (dari lautan di sebelah selatan Jawa sampai Nusa Tenggara Timur) dan terjadinya angin kencang (puting beliung) memang belum dapat diungkapkan secara kuantitatif, namun secara kualitatif hal-hal tersebut menunjukkan keterkaitan yang cukup signifikan, terutama untuk siklon tropis Hondo, Ivan dan 17S di periode Februari 2008, dan hal yang analog untuk siklon tropis Pancho di periode Maret 2008.

Kata kunci :*Siklon tropis, Benua Maritim Indonesia, Satelit TRMM*

1 PENDAHULUAN

Benua Maritim Indonesia (BMI) dapat dikatakan bebas dari jejak siklon tropis (Tjasyono, 2004). Kebanyakan siklon tropis (65%) terbentuk di daerah antara 10° dan 20° dari ekuator, sedikit sekali (sekitar 13%) muncul di daerah 22° LU, dan siklon tropis tidak muncul di daerah 4° dari ekuator. Tidak munculnya siklon tropis di sekitar ekuator menunjukkan pentingnya rotasi bumi atau gaya Coriolis dalam pembentukan siklon tropis. Namun demikian, efek dari siklon tropis dapat mempengaruhi kondisi cuaca di berbagai tempat di Indonesia. Hal yang perlu mendapat perhatian serius adalah efek dari siklon tropis yang dapat menyebabkan kerusakan akibat adanya angin kencang, gelombang badai (*storm surge*), dan hujan lebat. Siklon tropis merupakan bencana alam yang paling dahsyat, kemudian disusul oleh gempa bumi, banjir dan sebagainya. Hal ini ditunjukkan dengan adanya kejadian siklon tropis sebanyak 80 sampai 100 setiap tahunnya, dan rata-rata kematian yang terjadi 20.000 jiwa, serta kerugian ekonomi sekitar 7 milyar dolar Amerika Serikat.

Subakti *dalam* Back (2008) mengungkapkan bahwa, pada 19 Februari 2008 terdapat bibit badai yang tumbuh di kawasan Sumatera bagian selatan berdekatan dengan barat daya Selat Sunda, dan ini akan mempengaruhi perairan di Jawa Barat. Jika tekanan udara rendah itu makin rendah, maka akan memunculkan badai tropis dan berakibat semakin memburuknya cuaca. Bibit badai bisa berkembang dan menjadi badai tropis. Jika terjadi, maka itu akan memperpanjang cuaca buruk. Penyebab munculnya cuaca buruk dipengaruhi angin muson baratan yang terus berhembus sampai kecepatan 5-50 km/jam. Padahal, untuk kawasan Jawa Barat, rata-rata kecepatan angin normal mencapai 20-25 km/jam. Angin terus berhembus karena angin baratan bersifat aktif. Aktifnya angin muson baratan yang terjadi di perairan, menyebabkan gesekan dengan permukaan air laut yang mempengaruhi terbentuknya gelombang secara terus-menerus. Di tempat lain, di pantai Kabupaten Cianjur dan Pelabuhan-Ratu Kabupaten Sukabumi, para nelayan belum berani melaut karena cuaca buruk dan gelombang tinggi (ANS/Tim Liputan 6 SCTV, 17-18 Februari 2008). Beberapa akibat dari cuaca buruk: banjir, angin kencang (puting beliung), gelombang tinggi di kawasan Jawa Barat dan Jawa Tengah disajikan dalam 1-1a sampai dengan Gambar 1-1d.

Di sisi lain, *International Red Cross*, 2003 dalam Adler (2008) menyebutkan bahwa dalam periode 1993-2002 lebih dari 90.000 orang mati akibat bencana banjir, dan lebih dari 60.000 orang mati akibat badai angin (*windstorms*). Namun terjadi hal yang menggembirakan, dengan adanya perbaikan/peningkatan akurasi prediksi posisi dan kejadian siklon tropis. Willoughby (2000) dalam Adler (2008) mengungkapkan bahwa kejadian kematian yang terkait dengan *Hurricane* di Amerika Serikat telah mengalami penurunan dari sekitar 70/tahun menjadi sekitar 25/tahun selama akhir pertengahan abad ke-20 meskipun populasi meningkat 314% di sepanjang Texas sampai pantai Virginia dengan adanya perbaikan/peningkatan akurasi prediksi posisi dan kejadian siklon tropis.

(a) (b)

(c) (d)

Gambar 1-1: Akibat dari cuaca buruk di Jawa Barat dan Jawa Tengah:gelombang tinggi di lautan selatan Pelabuhan Ratu, Sukabumi, Jawa Barat tanggal 17 Februari 2008 menyebabkan ribuan nelayan tak dapat melaut (Gambar 1-1c), dan banjir di Pantura Bagian Timur Jawa Tengah 18 Februari 2008 menyebabkan lalu lintas macet (Gambar 1-1d). (ANS/Tim Liputan 6 SCTV, 17-18 Februari 2008)

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah diketahuinya keterkaitan antara munculnya siklon tropis di Samudera India sebelah selatan dan barat daya Benua Maritim Indonesia dengan kejadian gelombang tinggi di perairan selatan Indonesia (dari lautan di sebelah selatan Jawa sampai Nusa Tenggara Timur) dan terjadinya angin kencang (puting beliung) periode Februari, dan Maret 2008. Adapun tujuan utama yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk meminimalisasi dampak buruk siklon tropis terhadap kehidupan manusia dengan mengoptimalkan pemanfaatan data siklon tropis yang teramati dari satelit TRMM dan dengan peningkatan akurasi prediksi posisi dan kejadian siklon tropis.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sekilas Karakteristik dan Mekanisme Siklon Tropis

Siklon tropis adalah badai sirkuler yang menimbulkan angin perusak sampai daerah sekitar 250 mil (155 km) dari pusatnya. Kecepatan angin paling kencang terdapat pada cincin yang bergaris tengah 20 mil sampai 30 mil (12,4 km sampai 18,6 km) dari pusat siklon, dengan kecepatan angin pada daerah ini dapat mencapai 150 mil/jam (93 km/jam). Hujan deras dan angin terpusat dalam pita (*band*) spiral yang berputar. Pada siklon tropis terdapat inti panas yang disebut *mata siklon*. Kecepatan angin pada mata siklon justru tenang sampai lemah. Pada umumnya, mata siklon merupakan daerah bebas awan, kecuali jika ada pemencaran awan kumulonimbus menjadi startokumulus dan fraktostratus yang pecah-pecah (Tjasyono, 2004).

Siklon tropis ini mula-mula muncul sebagai gangguan tropis, tetapi jika kecepatan anginnya meningkat menjadi sekitar 20 knot (sekitar 40 m/detik atau 144 km/jam) dan terdapat 1 isobar tertutup atau lebih maka gangguan tropis ini akan berubah menjadi depresi tropis. Jika kecepatan anginnya meningkat

menjadi antara 34 knot dan 64 knot (antara 68 m/detik dan 128 m/detik atau 244,8 km/jam dan 460,8 km/jam) dan terdapat beberapa isobar tertutup di sekitar mata depresi tropis maka akan terjadi badai tropis. Dan jika kecepatan anginnya meningkat melebihi 64 knot (sekitar 128 m/detik atau 460,8 km/jam) maka badai tropis ini akan berubah menjadi siklon tropis (Tjasyono, 2004).

Daerah pembentukan siklon tropis mencakup Atlantik Barat, Pasifik Timur, Pasifik Utara bagian Barat, Samudera India Utara dan Selatan, Australia dan Pasifik Selatan. Sekitar dua pertiga kejadian siklon tropis terjadi di Belahan Bumi Utara (BBU). Distribusi bulanan menunjukkan bahwa kebanyakan siklon tropis terjadi pada akhir musim panas dan awal musim gugur, meskipun demikian siklon tropis dapat terjadi pada bulan apa saja di Pasifik Utara bagian Barat. Waktu hidup siklon tropis mulai dari beberapa jam sampai dapat bertahan 2 minggu, dengan rata-rata 6 hari sejak badai tersebut mulai terbentuk sampai memasuki daratan atau membelok ke daerah sub tropis. Sebutan siklon tropis bergantung pada lokasi kejadiannya. Di Atlantik dan Pasifik Timur disebut *Hurricane*, di Pasifik Barat disebut Typhoon, di Filipina disebut *Baguio*, di Australia disebut *Willy-Willies*, dan di Samudera India disebut *Cyclones*. Lokasi dan penamaan siklon tropis disajikan dalam Gambar 2-2.

Syarat yang diperlukan, baik kondisi geografis maupun klimatologis dalam pembentukan siklon tropis adalah adanya suhu permukaan laut cukup panas (> 26°C). Udara pada lapisan bawah lembab. Udara ini menyebar naik dan lebih panas daripada atmosfer lingkungan sampai pada ketinggian 12 km. Parameter Coriolis harus lebih besar dari nilai minimum yang terdapat pada lintang sekitar 5° belahan bumi utara dan selatan. Jika gaya Coriolis lemah, maka siklon tropis tidak terbentuk. Gaya Coriolis (Fc) dirumuskan sebagai berikut (Tjasyono, 2004).

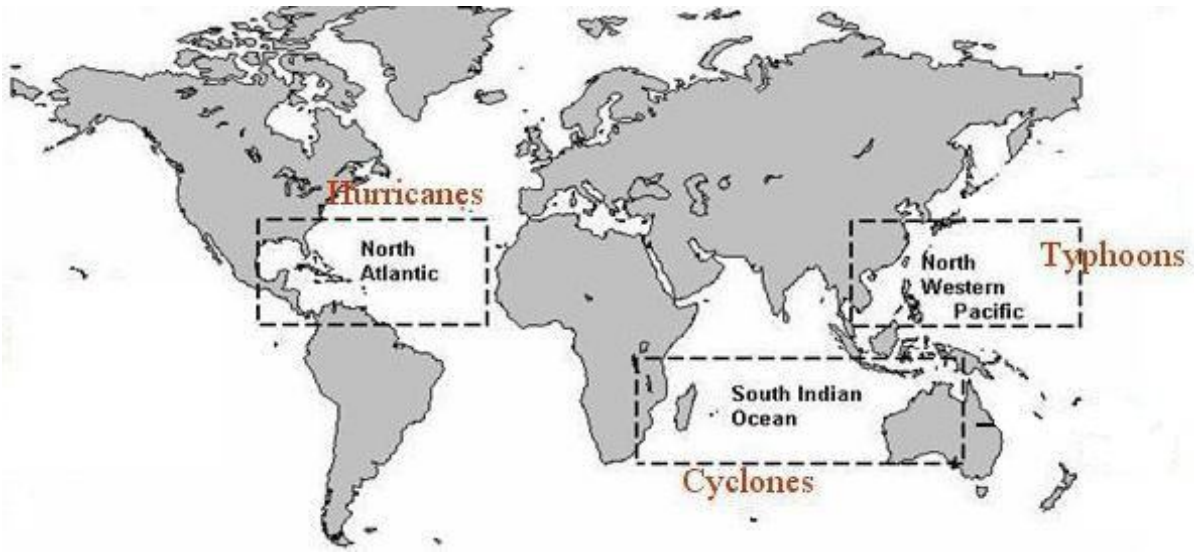
$$Fc = f.V; \text{ dengan } f = 2\Omega\sin\varphi \qquad (2\text{-}1)$$

Keterangan:

f :parameter Coriolis;
V :kecepatan angin;
φ :lintang tempat dan;
Ω :kecepatan sudut rotasi bumi yang besarnya 7,292 x 10^{-5} rad s^{-1}.

Syarat siklon tropis lainnya adalah adanya geser angin vertikal (*vertical wind shear*) lemah di dalam arus troposferik yang tebal. Geser troposferik yang representatif adalah geser angin yang diukur antara ketinggian 950 hPa dan 200 hPa. Ketinggian 950 hPa dianggap sebagai paras kondensasi rata-rata di daerah lautan tropis. Selanjutnya, terdapat rotasional nisbi pada lapisan bawah. Siklon tropis membutuhkan kontribusi secara terus menerus untuk memberi perbekalan energi. Perbekalan energi ini terletak dalam konvergensi arus udara. Kelembaban udara pada troposfer menengah cukup besar, dan terdapat aktivitas kumulus memompa uap air ke dalam lapisan yang lebih tinggi (Tjasyono, 2004).

Pertumbuhan badai tropis pada umumnya dibagi menjadi 3 tahap, yaitu tahap lahir, ditandai oleh susunan awan yang nisbi acak dan garis badai yang berkaitan dengan gerak gangguan angin timuran. Tahap dewasa, ditandai dengan adanya sirkulasi rotasi yang kuat dengan kondisi simetris dan pola awan teratur disertai mata siklon yang bertekanan rendah. Pada tahap dewasa ini, udara lembab panas bergerak spiral ke arah pusat siklon tropis pada lapisan bawah di luar dinding mata siklon. Gerak udara sirkuler di daerah sekitar 30 sampai 40 mil (18,6 sampai 24,8 km) dari mata siklon terus naik ke lapisan yang lebih tinggi. Gerak vertikal ini memberikan perbekalan energi siklon tropis dengan memakai energi panas laten yang dilepaskan pada waktu uap air dalam udara yang naik mengembun. Jika siklon tropis bergerak ke darat maka sumber bahan bakar atau uap air menjadi tertutup, siklon mendapat gaya gesekan yang lebih besar sehingga siklon melemah dan akhirnya mati. Tahap mati ditandai oleh sirkulasi yang makin melebar sehingga ukuran dan bentuknya menjadi tidak simetris (Tjasyono, 2004).

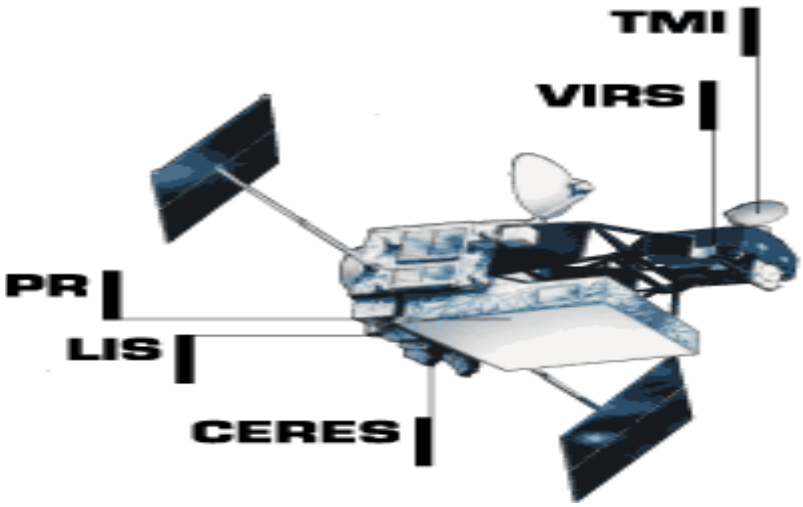


Gambar 2-1:Lokasi dan penamaan siklon tropis (Khajonrat, 2008)

2.2 Sekilas Karakteristik dan Misi Satelit TRMM

Sebagaimana diketahui, satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) yang diluncurkan pada 27 November 1997, membawa 5 sensor utama yaitu PR (*Precipitation Radar*), TMI (TRMM *Microwave Imager*), VIRS (*Visible Infrared Scanner*), LIS (*Lightning Imaging Sensor*) dan CERES (*Clouds and Earth's Radiant Energy System*). Satelit ini berorbit secara polar (*non-sun-synchronous*) dengan inklinasi 35° terhadap ekuator. Ketinggian orbit satelit adalah 350 km (pada saat awal peluncuran sampai 6 Agustus 2001), dan sejak 24 Agustus 2001 sampai sekarang, satelit TRMM ini berorbit pada ketinggian 450 km, dan dikenal dengan periode *TRMM Boost*. Dari ke 5 sensor satelit TRMM ini paling tidak dapat dihasilkan data curah hujan dan yang berkaitan dengannya (*rain rate, total and conditional rain rate, rain frequency, freezing height, storm, convective and stratiform rain, cloud liquid water, cloud ice, rain water* dan lain-lain baik dalam bentuk spasial horizontal maupun profil vertikal) yang hampir homogen (*nearly homogeneous*) baik untuk daerah di atas daratan maupun di atas lautan, dengan resolusi spasial (grid) dari 0,25°x0,25°; 0,5°x0,5°; 1,0°x1,0° dan 5,0°x5,0° dan resolusi temporal dari tiap 3 jam-an (*3-hourly*) sampai bulanan (*monthly*), dan tersedia dalam rentang pengamatan Januari 1998 sampai April 2008. Dengan demikian satelit ini merupakan wahana yang tepat digunakan untuk studi karakteristik dan mekanisme curah hujan tropis.

Misi utama satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) adalah untuk mengukur curah hujan, baik itu distribusi horizontalnya maupun profil vertikalnya. Namun demikian, dalam perkembangan pelayanannya, wahana ini juga dapat dipergunakan untuk pemantauan pembentukan, pertumbuhan dan peluruhan siklon tropis, utamanya terhadap distribusi horizontal maupun profil vertikal intensitas curah hujan (*rain rate*) dalam sistem siklon tropis tersebut. Intensitas curah hujan (*rain rate*) di pusat lintasan daerah pengamatan (*swath*) sistem siklon tropis dipantau melalui sensor PR (*Precipitation Radar*) TRMM yang merupakan radar pemantau presipitasi pertama di antariksa, sedangkan *rain rate* di luar *swath* dipantau melalui sensor TMI (TRMM *Microwave Imager*). Intensitas curah hujan (*rain rate*) ini di *overlay* di atas citra (*image*) sensor VIS (*Visible Infrared Scanner*) TRMM. Ilustrasi artistik satelit TRMM berikut sensor-sensor utamanya disajikan dalam Gambar 2-3.



Gambar 2-3: Ilustrasi artistik satelit TRMM berikut sensor-sensor utamanya yaitu PR (*Precipitation Radar*), TMI (TRMM *Microwave Imager*), VIRS (*Visible Infrared Scanner*), LIS (*Lightning Imaging Sensor*) dan CERES (*Clouds and Earth's Radiant Energy System*) (http : / / trmm.gsfc.nasa.gov / overview_ dir...2 / 2 / 2008)

3 DATA DAN METODOLOGI

Data utama (primer) yang digunakan dalam studi ini adalah data dari sensor VIS (*Visible Infrared Scanner*) TRMM untuk menggambarkan siklon tropis dalam bentuk citra (*image*), PR (*Precipitation Radar*) TRMM untuk menggambarkan intensitas curah hujan (*rain rate*) di pusat lintasan daerah pengamatan (*swath*) sistem siklon tropis, TMI (TRMM *Microwave Imager*) untuk menggambarkan *rain rate* di luar *swath* sistem siklon tropis tersebut. Data citra siklon tropis dari satelit lain (misalnya MTSAT dan METEOSAT) juga dipergunakan dalam penelitian ini. Data penunjang (sekunder) yang digunakan dalam penelitian ini adalah data / informasi kejadian gelombang tinggi, angin kencang (puting beliung) dan banjir yang diperoleh dari berita / informasi TV maupun media cetak. Dalam periode Februari 2008 di Samudera India sebelah selatan dan barat daya Benua Maritim Indonesia (BMI) terjadi 12 jenis siklon tropis yang secara acak muncul sebanyak 46 kali dalam periode tersebut. Ke-12 siklon tropis tersebut adalah 90S, 92S, 93S, 94S, 98S, 99S, 17S, 18S, Gula, Hondo, Ivan dan Nicholas. Pada periode berikutnya, Maret 2008 di tempat yang sama terjadi 8 jenis siklon tropis yang secara acak muncul sebanyak 26 kali dalam periode tersebut. Ke-8 jenis siklon tropis tersebut adalah Ophelia, Jokwe, Kamba, Lola, Pancho, 94S, 97S dan 99S. (http: / / trmm.gsfc.nasa.gov / trmm_rain / Events / latest_big_auto_pr_slice.html...4 / 11 / 2008).

Dari TV ataupun media cetak diinformasikan juga bahwa selama periode Februari dan Maret 2008 tersebut juga telah terjadi gelombang tinggi (3 sampai 4 m, atau bahkan lebih) di sejumlah perairan bagian selatan Indonesia, seperti Selat Sunda, perairan selatan Kalimantan, Selat Makassar bagian selatan, Selat Bali, Selat Lombok, Laut Flores, perairan selatan Sulawesi, Laut Sawu, Laut Timor. Pada periode yang sama pula di sebagian Jawa, Bali, Lombok, Sumba, Sumbawa, dan Flores, juga terjadi angin kencang (oleh masyarakat setempat sering disebut sebagai puting beliung) (ANS / Tim Liputan 6 SCTV, 17-18 Februari 2008). Analisis keterkaitan siklon tropis dengan kejadian gelombang tinggi dan angin kencang (puting beliung) dilakukan secara kualitatif dengan memperhitungkan besar dan arah kecepatan angin, letak / posisi, waktu kejadian, pertumbuhan dan perkembangan siklon tropis tersebut dengan letak / posisi dan waktu kejadian gelombang tinggi dan angin kencang (puting beliung).

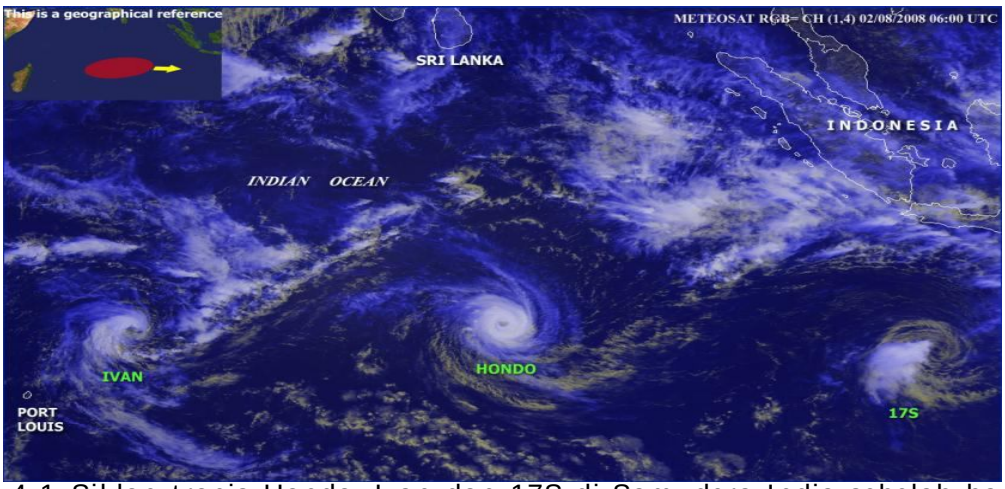
4 HASIL PEMANTAUAN SIKLON TROPIS PERIODE FEBRUARI DAN MARET 2008 DAN ANALISIS

Dari 12 jenis siklon tropis yang muncul secara acak sebanyak 46 kali selama periode Februari 2008 di Selatan dan Barat Daya Benua Maritim Indonesia (BMI), di bawah ini ditampilkan beberapa jenis siklon tropis yang diduga terkait erat dengan kejadian gelombang tinggi dan angin kencang (puting beliung), misalnya pada 8 Februari 2008 terjadi 3 (tiga) siklon tropis yaitu : 17S, Ivan, dan Hondo sebagaimana disajikan dalam Gambar 4-1.

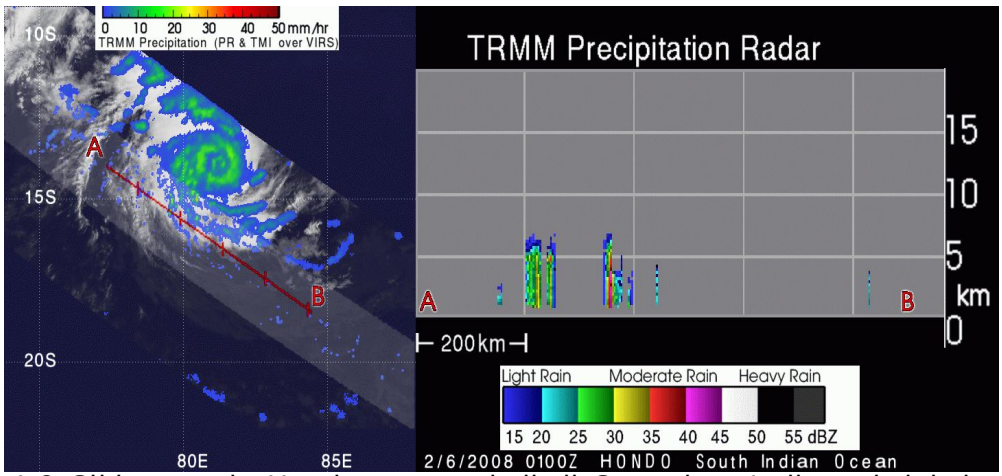
Gambar 4-1 memperlihatkan bahwa pada saat 8 Februari 2008 jam 06.00 UTC (sesuai dengan jam 13.00 WIB) tersebut siklon Hondo sudah dalam fase pelemahan, namun kecepatan angin pada saat maksimum yang pernah dimiliki badai ini tercatat sebesar 120 knots (sekitar 240 m/s atau 864 km/jam). Siklon tropis Hondo ini terbentuk pertama kali 5 Februari 2008 jam 10.08 UTC (sesuai dengan jam 17.08 WIB) dan berkedudukan di 13,60°LS; 80,90°BT. Dan pada perkembangannya, siklon ini bergerak ke barat daya, ke arah menjauhi wilayah Benua Maritim Indonesia (BMI). Pada tanggal 11 Februari 2008 jam 08.30 UTC (sesuai dengan jam 15.30 WIB) siklon Hondo ini sudah berada dalam fase mati/lemah dan berada di 19,70°LS; 86,60°BT. Karakteristik curah hujan dalam sistem siklon tropis Hondo yang teramati dari satelit TRMM sensor VIS, PR dan TMI disajikan dalam Gambar 4-2.

Gambar 4-2 menunjukkan bahwa intensitas curah hujan di pusat dan sekitar siklon Hondo ini cukup besar, intensitas curah hujannya termasuk dalam golongan sedang yaitu sekitar 15 mm/jam; selain itu profil curah hujan terjadi mulai di ketinggian sekitar 7 km dengan intensitas ringan, sampai ke permukaan dengan intensitas sedang (hujan moderat/*moderate rain*). Jarak titik/daerah yang memiliki reflektivitas tinggi pada kejadian siklon Hondo di atas cukup jauh, sekitar 900 km (jarak A dan B, pada legenda gambar kanan bawah). Pada perkembangannya, siklon ini bergerak ke barat daya, ke arah menjauhi wilayah Benua Maritim Indonesia (BMI).

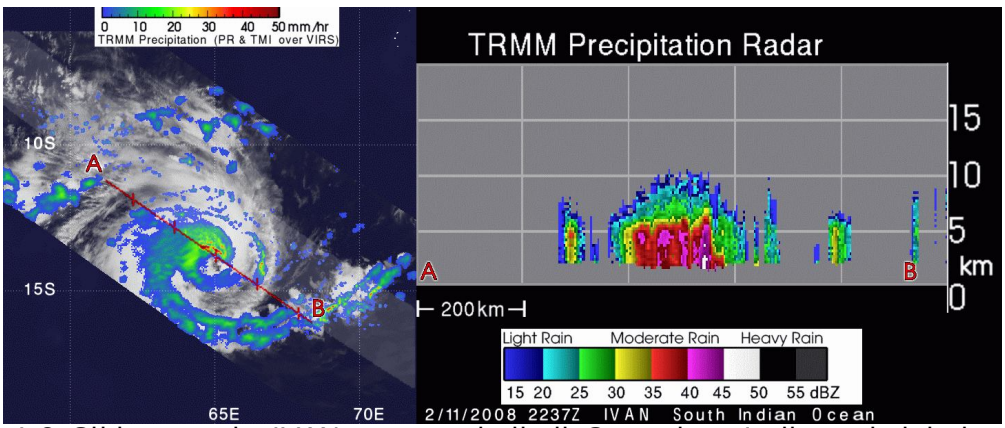
Di sisi lain, siklon tropis Ivan dan 17S, pada saat 8 Februari 2008 jam 06.00 UTC (sesuai dengan jam 13.00 WIB) tersebut sedang dalam fase tumbuh/berkembang. Kecepatan angin pada saat tersebut tercatat sebesar 55 knots (sekitar 110 m/s atau 396 km/jam) untuk badai Ivan, dan 40 knots (sekitar 80 m/s atau 288 km/jam) untuk badai 17S. Pada saat muncul, siklon tropis Ivan ini berada pada posisi 14,80°LS; 62,60°BT; sedang siklon tropis 17S berada pada posisi 15,40°LS; 109,40°BT. Siklon tropis Ivan memasuki fase mati pada tanggal 13 Februari 2008 jam 07.32 UTC (sesuai dengan jam 14.32 WIB) dan berada pada posisi 14,00°LS; 61,90°BT. Tetapi satu hal yang perlu dicatat dan diperhatikan, bahwa siklon tropis Ivan yang muncul di Samudera India sebelah selatan sampai barat daya Indonesia pada fase perkembangannya di tanggal 11 Februari 2008 jam 14.30 UTC (sesuai dengan jam 21.30 WIB) yang berposisi di 14,10°LS;64,80°BT ini menurut klasifikasinya tergolong siklon tropis T4.5/4.5 (http:www.ssd.noaa.gov/PS/TROP/positions.html). Klasifikasi T4.5/4.5 ini memiliki arti bahwa kecepatan angin rata-ratanya adalah 77 knots atau sekitar 89 mil/jam. Sedang siklon tropis 17S memasuki fase mati pada tanggal 10 Februari 2008 jam 20.27 UTC (sesuai dengan jam 03.27 WIB 11 Februari 2008) dan berada pada posisi 15,40°LS; 109,40°BT. Ada dugaan, gabungan aktivitas ke tiga badai tropis ini memicu terjadinya gelombang tinggi di selatan Jawa sampai selatan Kupang, NTT serta banjir rob di Jakarta Utara. Dugaan ini didasarkan pada pemberitaan koran (media cetak) ataupun televisi (media elektronik) yang digunakan sebagai data sekunder (pendukung) dalam penelitian ini. Dan secara kualitatif, keterkaitan munculnya siklon tropis (Hondo, Ivan dan 17S) dengan kejadian gelombang tinggi di selatan Jawa sampai selatan Kupang, NTT dan banjir rob di Jakarta Utara didasari pada keadaan pertumbuhan dan perkembangan (terutama) siklon tropis Ivan dan 17S yang bergerak ke arah timur sampai timur laut, menuju wilayah Benua Maritim Indonesia, sebagaimana ditunjukkan pada inset bagian kiri atas Gambar 4-1.



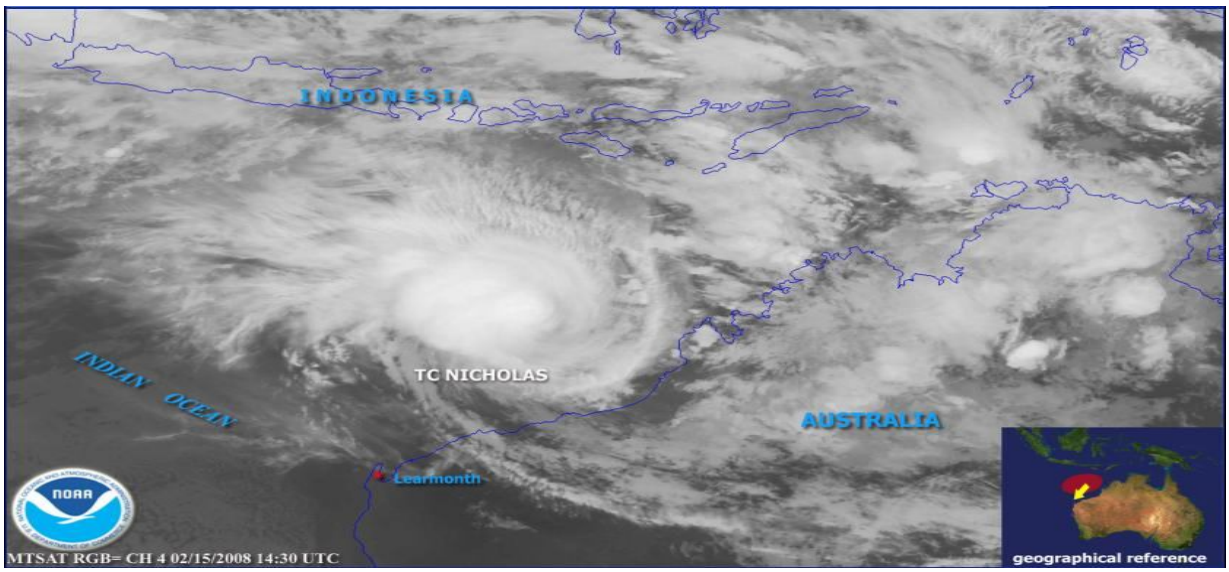
Gambar 4-1: Siklon tropis Hondo, Ivan dan 17S di Samudera India sebelah barat daya Benua Maritim Indonesia pada 8 Februari 2008 jam 06.00 UTC (sesuai dengan jam 13.00 WIB) (http : //www.osei.noaa.gov/Events/current/ TRChondoivan039_MT.jpg...2/8/2008)



Gambar 4-2: Siklon tropis Hondo yang terjadi di Samudera India, sebelah barat daya Benua Maritim Indonesia (BMI) dan estimasi curah hujan dari satelit TRMM (sensor PR dan TMI yang di-*overlay* dengan sensor VIRS) yang terjadi di sekitar pusat siklon-nya, pada 06 Februari 2008, jam 01.00UTC (08.00 WIB). (http : //trmm.gsfc.nasa.gov/trmm_rain/Events/latest_ big_ auto_pr_slice.gif...2/6/2008)



Gambar 4-3: Siklon tropis IVAN yang terjadi di Samudera India, sebelah barat daya Benua Maritim Indonesia (BMI) dan estimasi curah hujan dari satelit TRMM (sensor PR dan TMI yang di-*overlay* dengan sensor VIRS) yang terjadi di sekitar pusat siklon-nya, pada 11 Februari 2008, jam 22.37 UTC (sesuai dengan 12 Februari 2008 jam 05.37 WIB). (http : //trmm. gsfc. nasa.gov/trmm_rain/Events/latest_ big_auto_ pr_ slice. gif...2/11/2008)



Gambar 4-4: Siklon tropis Nicholas yang terjadi di Samudera India, sebelah Selatan Benua Maritim Indonesia (BMI), pada 15 Februari 2008 jam 14.30 UTC (21.30 WIB), berkedudukan di 16,4°LS; 118,8°BT. (http : //www.osei.noaa.gov/Events/current/RCnicholas046_GJ.jpg...2/15/2008)

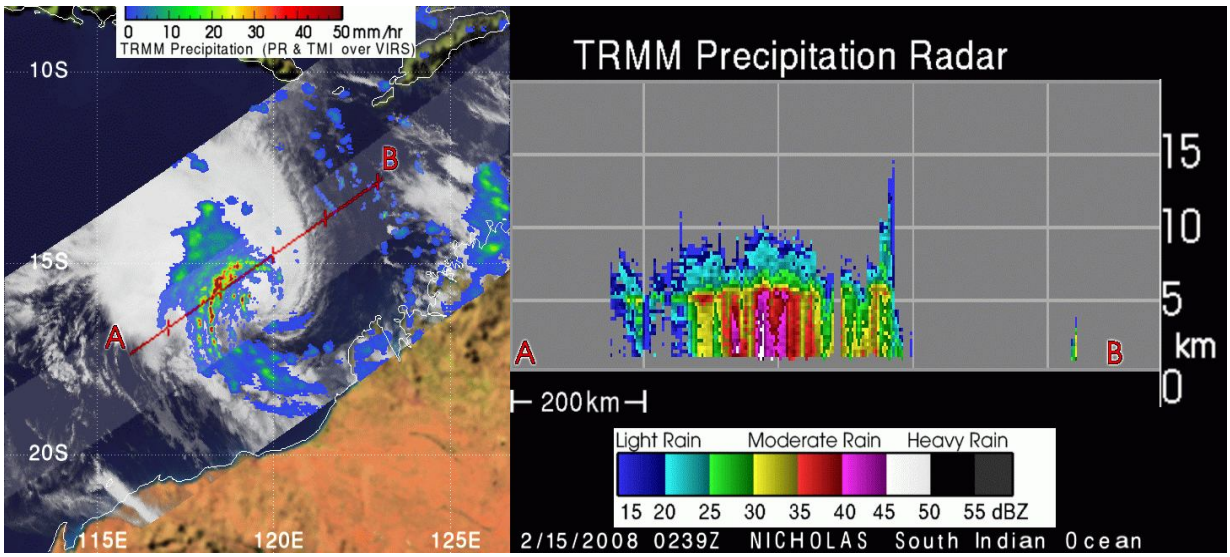
Karakteristik curah hujan dalam sistem siklon tropis Ivan yang teramati dari satelit TRMM sensor VIS, PR dan TMI tanggal 11 Februari 2008, jam 22.37UTC (sesuai dengan 12 Februari 2008 jam 05.37 WIB) disajikan dalam Gambar 4-3.

Dari Gambar 4-3 tampak bahwa intensitas curah hujan di pusat dan sekitar siklon Ivan ini cukup besar, intensitas sedang sekitar 15 mm/jam; selain itu profil curah hujan terjadi mulai di ketinggian sekitar 10 km dengan intensitas ringan, sampai ke permukaan dengan intensitas sedang (hujan sedang/ *moderat rain*). Jarak titik/daerah yang memiliki reflektivitas tinggi pada kejadian siklon Ivan di atas cukup jauh, sekitar 900 km (jarak A dan B, pada legenda gambar kanan bawah). Pada perkembangannya, siklon ini bergerak ke barat daya, ke arah menjauhi wilayah Benua Maritim Indonesia.

Selanjutnya, pada tanggal 15 Februari 2008, di Samudera India di sebelah selatan dan barat daya Benua Maritim Indonesia juga muncul siklon tropis yang cukup berpengaruh terhadap kejadian munculnya gelombang tinggi di selatan Jawa sampai Bali dan angin kencang di beberapa daerah bagian selatan Jawa, yaitu siklon tropis Nicholas, sebagaimana disajikan dalam Gambar 4-4.

Dari Gambar 4-4 di atas dapat diungkapkan bahwa, meskipun pada perkembangannya, siklon ini bergerak ke barat-barat daya (*west-southwestward*), menjauhi wilayah Benua Maritim Indonesia (BMI) dengan kecepatan sekitar 6 knots (sekitar 12 m/s atau 43,2 km/jam). Namun demikian, ada dugaan efek dari siklon Nicholas yang mulai berkembang pada 15 Februari 2008 jam 02.39 UTC (sesuai dengan jam 09.39 WIB) ini ikut berpengaruh terhadap bencana tenggelamnya perahu nelayan di lautan dekat Pelabuhan Ratu, Sukabumi (Jawa Barat), Buleleng, Denpasar (Bali) dan Kupang NTT yang merenggut jiwa sebanyak 5 orang.

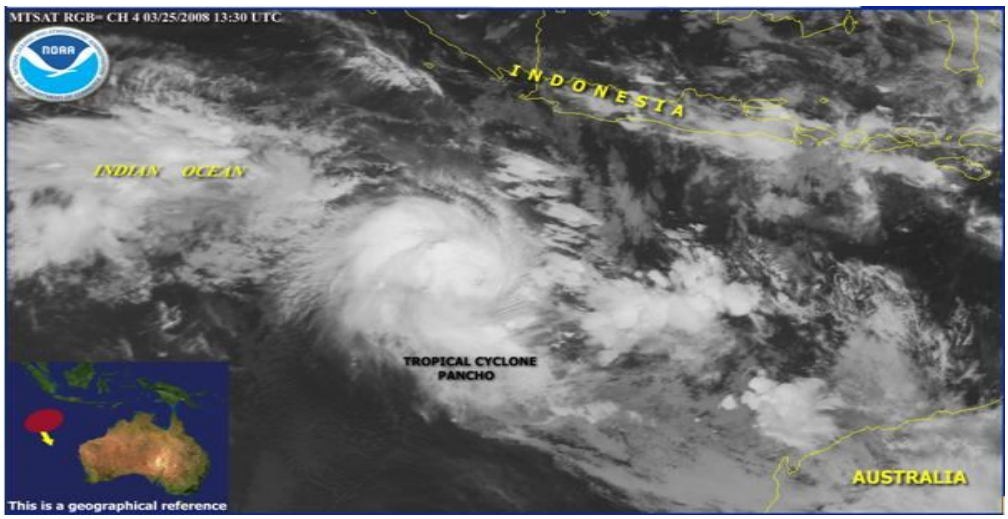
Karakteristik curah hujan dalam sistem siklon tropis Nicholas yang teramati dari satelit TRMM sensor VIS, PR dan TMI tanggal 15 Februari 2008, jam 02.39 UTC (sesuai dengan 15 Februari 2008 jam 09.39 WIB) disajikan dalam Gambar 4-5.



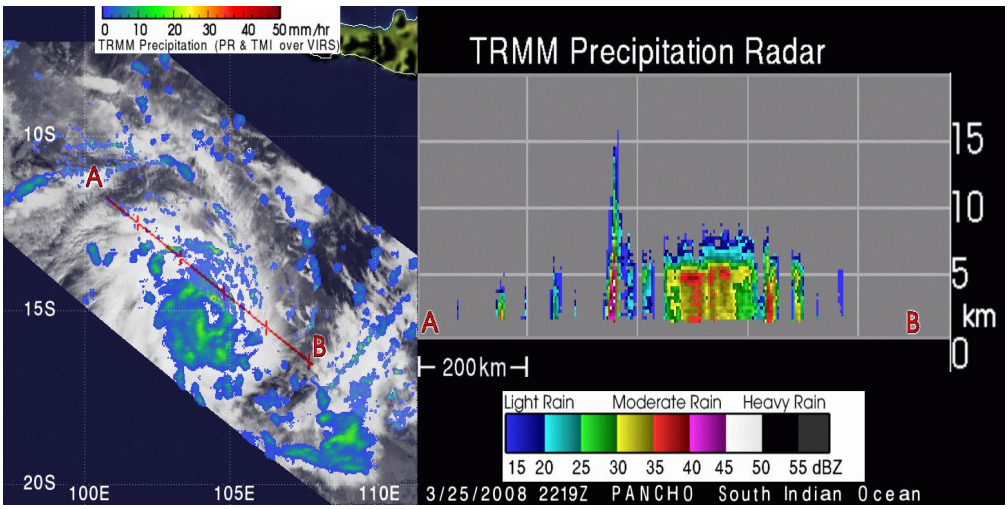
Gambar 4-5: Siklon tropis Nicholas yang terjadi di Samudera India, sebelah Selatan Benua Maritim Indonesia (BMI), pada 15 Februari 2008 jam 02.39 UTC (09.39 WIB); dengan penekanan pada *precipitation rate (sensor PR-TRMM)* dan rentang lintasan refektansi terbesar *(sensor TMI satelit TRMM)* pada pusat dan sekitar siklon-nya. (http : //trmm.gsfc.nasa.gov/trmm_rain/Events/latest_big_auto_pr_slice.gif...2/15/2008)

Dari Gambar 4-5 di atas terlihat bahwa intensitas curah hujan di pusat dan sekitar siklon Nicholas ini cukup besar, intensitas maksimum sekitar 40 mm/jam; selain itu profil curah hujan terjadi mulai di ketinggian sekitar 15 km dengan intensitas ringan, sampai ke permukaan dengan intensitas sedang (hujan moderat/*moderate rain*). Jarak titik/daerah yang memiliki reflektivitas tinggi pada kejadian siklon Nicholas di atas cukup jauh, sekitar 900 km (jarak A dan B, pada legenda gambar kanan bawah). Pada perkembangannya, siklon ini bergerak ke barat-barat daya (*west southwestward*), ke arah menjauhi wilayah Benua Maritim Indonesia (BMI) dengan kecepatan sekitar 6 knots (sekitar 12 m/s atau 43,2 km/jam).

Dalam periode Maret 2008, di antara 8 jenis siklon tropis yang secara total muncul sebanyak 26 kali di Samudera India di sebelah selatan dan barat daya Benua Maritim Indonesia, yang dianggap cukup berpengaruh terhadap kejadian munculnya gelombang tinggi di selatan Jawa sampai Nusa Tenggara Timur dan angin kencang di beberapa daerah bagian selatan Jawa sampai Nusa Tenggara Timur, yaitu siklon tropis Pancho. Siklon tropis Pancho muncul di Samudera India di sebelah selatan dan barat daya Benua Maritim Indonesia tanggal 25 Maret 2008 jam 22.19 UTC (sesuai dengan 26 Maret 2008 jam 05.19 WIB) berposisi di 14,70°LS; 104,20°BT, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 4-6. Secara umum dari Gambar 4-6 tersebut terlihat bahwa posisi munculnya siklon tropis Pancho tersebut cukup dekat dengan wilayah Indonesia (sekitar 3,7° atau 370 km dari batas paling selatan wilayah Indonesia. Hal yang patut kita syukuri bersama adalah adanya pertumbuhan dan perkembangan dari siklon tropis Pancho ini yang bergerak ke arah selatan sampai tenggara, yang menjauhi wilayah Benua Maritim Indonesia (BMI). Arah pertumbuhan dan perkembangan dari siklon tropis Pancho ini dapat diperhatikan pada inset kiri bawah Gambar 4-6.



Gambar 4-6: Siklon tropis Pancho di Samudera India sebelah barat daya Benua Maritim Indonesia pada 25 Maret 2008 jam 12.00 UTC (sesuai dengan jam 19.00 WIB). (http : //www.osei.noaa.gov/Events/current/ TRCpancho085_ GJ. jpg...3/25/2008)



Gambar 4-7: Siklon tropis Pancho yang terjadi di Samudera India, sebelah Selatan Benua Maritim Indonesia (BMI), pada 25 Maret 2008 jam 12.00 UTC (19.00 WIB); dengan penekanan pada *precipitation rate (sensor PR-TRMM)* dan rentang lintasan refektansi terbesar *(sensor TMI satelit TRMM)* pada pusat dan sekitar siklon-nya. (http : //trmm.gsfc.nasa.gov/ trmm_rain/ Events/latest_big_auto_pr_slice.gif...3/25/2008)

Adapun karakteristik curah hujan dalam sistem siklon tropis Pancho yang teramati dari satelit TRMM sensor VIS, PR dan TMI tanggal 25 Maret 2008, jam 22.19 UTC (sesuai dengan 26 Maret 2008 jam 05.19 WIB) disajikan dalam Gambar 4-7.

Dari Gambar 4-7 di atas terlihat bahwa intensitas curah hujan di pusat dan sekitar siklon Pancho ini cukup besar, intensitas maksimum sekitar 20 mm/jam; selain itu profil curah hujan terjadi mulai di ketinggian sekitar 15 km dengan intensitas ringan, sampai ke permukaan dengan intensitas sedang (hujan moderat/*moderate rain*). Jarak titik/daerah yang memiliki reflektivitas tinggi pada kejadian siklon Nicholas di atas cukup jauh, sekitar 900 km (jarak A dan B, pada legenda gambar kanan bawah). Pada perkembangannya, siklon ini bergerak ke selatan-tenggara (*east southeastward*), ke arah menjauhi wilayah Benua Maritim Indonesia (BMI) dengan kecepatan sekitar 5 knots (sekitar 10 m/s atau 36,2 km/jam).

5 KESIMPULAN

Siklon tropis pada periode Februari dan Maret 2008 banyak muncul di Samudera India sebelah selatan dan barat daya Benua Maritim Indonesia. Secara kuantitatif, keterkaitan munculnya siklon tropis di Samudera India sebelah selatan dan barat daya Benua Maritim Indonesia dengan kejadian gelombang tinggi di perairan selatan Indonesia (dari lautan di sebelah selatan Jawa sampai Nusa Tenggara Timur), terjadinya angin kencang (puting beliung), dan juga banjir. Pada penelitian tahap ini memang belum dapat diungkapkan, namun secara kualitatif hal-hal tersebut menunjukkan keterkaitan yang cukup signifikan. Pada periode Februari 2008, siklon tropis Hondo, Ivan dan 17S merupakan siklon tropis yang cukup erat berkaitan dengan munculnya kejadian gelombang tinggi di perairan selatan Indonesia (dari lautan di sebelah selatan Jawa sampai Nusa Tenggara Timur), terjadinya angin kencang (puting beliung), dan juga banjir. Hal ini berdasarkan pada posisi geografis ke tiga siklon tropis tersebut, yang pada awal terbentuknya memang berada cukup dekat dengan wilayah BMI. Untuk hal yang analog, pada periode Maret 2008 maka siklon tropis Pancho merupakan siklon tropis yang cukup erat berkaitan dengan munculnya kejadian gelombang tinggi di perairan selatan Indonesia.

Ucapan Terimakasih

Diucapkan terima kasih kepada Drs. Bambang S. Tedjasukmana, Dipl.Ing, Dr. Thomas Djamaluddin, Drs. Taufik Maulana, MBA., dan Ir. Halimurrahman, M.T. atas saran-saran, diskusi, pemicuan (*triggering*) dan pemacuan (*acceleration*) yang konstruktif dalam pelaksanaan penelitian selama ini. Penelitian ini merupakan bagian dari hasil Program Riset Insentif Kedirgantaraan (RIK), di Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Tahun Anggaran 2008, dengan Peneliti Utama : Drs. Arief Suryantoro, M.Si.

DAFTAR RUJUKAN

Adler, R.F., 2008. Estimating the Benefit of TRMM Cyclone Data in Saving Lives, *American Meteorological Society, 15th Conference on Applied Climatology*, Savannah, GA, 20-24 June 2005 *dari* http : ams/confex.com/ams/pdfpapers/91358.pdf.

ANS/Tim Liputan 6 SCTV, *Banjir, Jalur Pantura Timur Masih Lumpuh,* Liputan6.com, 18/02/2008 13:01.

Back, 2008, *Angin di Jabar di Atas Normal,* Pikiran Rakyat-online, HU Pikiran Rakyat, Bandung, Rabu, 20 Februari 2008.

http : //trmm.gsfc.nasa.gov/trmm_ rain/Events/latest_big_auto_pr_slice.gif. ...2/6,11,15/2008.

http : //trmm.gsfc.nasa.gov/ trmm_ rain/Events/latest_big_auto_pr_slice.gif ...3/25/2008.

http : //trmm.gsfc.nasa.gov/ trmm_ rain/Events/latest_big_auto_pr_slice.html...4/11/2008.

http : //www.osei.noaa.gov/Events/current/TRChondoivan039_MT.jpg ...2/8/2008.

http : //www.osei.noaa.gov/ Events/current/TRCnicholas046_GJ.jpg...2/15/2008.

http : //www.ssd.noaa.gov/ PS/ TROP/positions.html...3/31/2008.

http : //www.ssd.noaa.gov/ PS/ TROP/CI-chart.html...3/31/2008.

Khajonrat, D.; and V. Chandrasekar, 2008. Comprehensive Study of 150 Tropical Storm Observed by TRMM-PR, *The 3rd International TRMM Science Conference, 4-8 February 2008,* Las Vegas, N.V. *dari* http://trmm.gsfc.nasa.gov/3rd_trmm_conf/program_v1b.html...3/31/2008.

Tjasyono, B. H. K., 2004. *Klimatologi*, Penerbit ITB.