

## KARAKTERISTIK BADAI TROPIS DAN DAMPAKNYA TERHADAP ANOMALI HUJAN DI INDONESIA

(Tropical Cyclone Characteristic and Its Impact on Rainfall Anomaly in Indonesia)

N. Dyahwathi<sup>1</sup>, S. Effendy<sup>1</sup>, dan E.S. Adiningsih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Geomet-FMIPA IPB

<sup>2</sup>LAPAN Jakarta

### ABSTRAK

Meskipun siklon tropis tidak pernah terjadi di Indonesia namun dampaknya sering berpengaruh terhadap Indonesia. Hasil berbagai penelitian menunjukkan bahwa siklon tropis menyebabkan hujan intensitas yang tinggi dalam waktu singkat pada suatu wilayah, dan juga menyebabkan kekeringan di daerah lain. Siklon tropis sering diikuti terjadinya puting beliung dengan daya rusak bersifat lokal hingga regional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik fisik siklon tropis di Samudera Hindia bagian selatan pada periode puncak terjadinya siklon yakni, Januari-Maret 2004. Analisis dilakukan terhadap dua siklon yang terjadi pada periode pengamatan yaitu siklon Fay (siklon kuat) dan siklon Ken (siklon lemah). Dampak siklon Fay terhadap peningkatan kecepatan angin menjadi  $32 \text{ ms}^{-1}$  dan peningkatan hujan yang signifikan padak 47% stasiun hujan di Jawa. Sedangkan siklon Ken hanya menyebabkan kecepatan angin meningkat sebesar  $8 \text{ ms}^{-1}$  dan peningkatan hujan pada 8% stasiun hujan di pulau Jawa.

Kata Kunci: Siklon tropis, Anomali, Hujan, Fay, Ken

### ABSTRACT

Tropical cyclone never reached Indonesia area but its impact able to cause disaster to this country. Some research indicated effect of tropical cyclone due to high intensity the rain in short duration in some location but drought in another. Tropical cyclone often followed by small scale tornado called 'puting beliung' that cause local or regional damage. This research purpose to analyze physical characteristics of tropical cyclone at period January-March 2004 in south Hindia Sea. The Fay is a strong tropical cyclone has increase rainfall until  $32 \text{ ms}^{-1}$  and rainfaal on 47% Java station rainfall. On the other hand, The Ken is a weak tropical cyclone only cause higher wind speed and rainfall are  $8 \text{ ms}^{-1}$  and 18% Java station rainfall, respectively.

Key words: Tropical cyclone, anomaly, rainfall, Fay, Ken

### PENDAHULUAN

Secara meteorologis, siklon tropis adalah sebuah tekanan rendah yang terbentuk secara umum di daerah tropis yang memiliki lintang rendah antara  $10^\circ$  dan  $20^\circ$  LU/LS dari ekuator. Siklon tropis merupakan bagian penting dari sistem sirkulasi atmosfer yang berperan dalam perpindahan panas dari daerah katulistiwa menuju daerah lintang lebih tinggi.

---

Penyerahan naskah: 14 Agustus 2007

Diterima untuk diterbitkan : 12 November 2007

Siklon tropis dikenal sebagai *Hurricane* di Samudera Atlantik dan Samudera Pasifik, sebagai *Thyphoon* di Samudera Pasifik barat, sebagai *Baguio* di Filipina, sebagai *Chubasco* di Meksiko, sebagai *Taino* di Haiti dan *Willy-willy* di Australia. Siklon tropis tidak pernah melanda Indonesia karena posisi geografis menyebabkan syarat terbentuknya badai tidak tersedia di Indonesia. Walaupun terbebas dari jejak siklon tropis, kondisi cuaca di beberapa daerah di Indonesia dipengaruhi siklon. Dampak siklon tropis dapat menjangkau hingga ribuan kilometer dari pusat badai dan menyebabkan terjadinya hujan lebat dan disertai angin kencang yang dapat mengakibatkan banjir, tanah longsor, tumbangnya pepohonan dan membahayakan kegiatan penerbangan dan pelayaran. Sehingga kajian dampak badai tropis terhadap cuaca ekstrim di Indonesia, khususnya terhadap perubahan cuaca hujan menjadi penting untuk dikaji.

Penelitian bertujuan untuk mengkaji karakteristik badai tropis (suhu, tekanan udara dan kecepatan angin di pusat siklon) dan dampak badai tropis terhadap cuaca ekstrim (anomali curah hujan) di Indonesia.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di bidang iklim Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh PSDAL Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Jakarta pada bulan Mei – September 2005.

### Data yang digunakan

1. Data satelit GMS harian bulan Januari dan Maret 2004.
2. Data satelit TRMM di Samudera Hindia tahun 2000 – 2004  
[http://www.eorc.nasda.go.jp/cgi\\_bin/trmm/search\\_t.cgi](http://www.eorc.nasda.go.jp/cgi_bin/trmm/search_t.cgi)
3. Data curah hujan harian selama 10 tahun (1995-2004) 17 stasiun pengamatan di Jawa, Bali dan Nusa Tenggara yaitu Serang, Darmaga, Bandung, Citeko, Jatiwangi, Tanjung Priok, Halim, Cengkareng, Perak, Cilacap, Bojongsari, Banyuwangi, Tretes, Ampenan, Sumbawa, Bima, dan Lasiana.
4. Data tekanan permukaan, kecepatan dan arah angin harian bulan Januari dan Maret 2004.
5. Data iklim harian (curah hujan, tekanan permukaan, arah dan kecepatan angin) bulan Januari dan Maret 2004 di wilayah Australia.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer dengan *software* : *Surfer 8*, *Arc View GIS 3.3*, *Er Mapper 6.4*, *Flash Macromedia*, *Adobe Photoshop*.

Tahap awal adalah proses awal pengolahan citra satelit (*pre-processing*), yang meliputi import data, memanggil dan menampilkan citra, merubah data citra bentuk .ers., dan rektifikasi data. Sedangkan data yang diolah adalah data penutupan awan dan suhu permukaan laut

### Metode Analisis

#### Waktu kejadian siklon

Waktu kejadian siklon tropis dapat dipantau dengan bantuan satelit GMS yang merekam gambar permukaan bumi setiap hari. Dari gambar satelit itu juga dapat diketahui durasi terjadinya siklon tropis (Tjasyono 1999). Kejadian siklon yang diamati adalah siklon Ken yang terjadi tanggal 1 – 6 Januari 2004 dan siklon Fay yang terjadi tanggal 16 – 27 Maret 2004.

### Pusat dan diameter siklon

Pusat siklon merupakan daerah yang bebas dari awan dan angin kencang. Dari pengamatan visual citra satelit GMS dapat diketahui letak mata siklon pada saat siklon mencapai fase dewasa. Diameter siklon dihitung dari pusat siklon sampai batas luar putaran siklon. Diameter siklon dapat mencapai 100 – 500 km, tergantung pada intensitasnya.

### Intensitas siklon

Kejadian siklon selama masa hidup siklon dan intensitasnya diamati dengan satelit TRMM. Informasi yang didapatkan dari TRMM yaitu track siklon, letak siklon, durasi serta intensitasnya. Intensitas siklon dipengaruhi oleh energi kondensasi dari perairan sehingga semakin hangat suhu permukaan laut memungkinkan semakin tingginya intensitas siklon. Gambar satelit TRMM selama kejadian siklon Ken dan siklon Fay dapat dilihat pada Lampiran 3.

### Arah gerakan siklon

Pergerakan siklon tropis (*track*) dapat dipantau dari citra satelit. Penentuan track siklon dilakukan dengan mencari titik pusat siklon, dengan cara pengamatan secara visual dari citra satelit dan mencari nilai *digital number* yang bernilai 1 dengan menggunakan Er Mapper 6.4. Nilai digital number 1 menandakan daerah tersebut bebas dari awan. Dalam satu hari terdapat delapan citra satelit GMS yang kemudian dicari pusat siklon masing-masing selama kejadian siklon berlangsung.

Pergerakan siklon juga dapat diamati secara visual dengan membuat animasi menggunakan Flash Macromedia dari citra satelit tiap jam pengamatan selama kejadian siklon. Dari animasi tersebut dapat diketahui arah pergerakan siklon dari awal pembentukan siklon sampai kematian siklon pada waktu mendekati daratan atau karena kurangnya energi pembentuk siklon.

### Dampak Siklon Tropis terhadap Curah Hujan

Kejadian siklon mempengaruhi curah hujan. Daerah di sekitar pusat siklon akan mengalami peningkatan curah hujan sedangkan daerah di bawah pusat siklon (mata siklon) relatif cerah. Curah hujan dapat terjadi pada daerah berjarak 50 km dari pusat siklon dan bisa terjadi sampai dengan jarak 300 – 400 km.

Curah hujan selama terjadinya siklon tropis dibandingkan dengan rata-rata curah hujan selama 10 tahun pada tanggal dan bulan yang sama. Dari hasil anomali curah hujan dan kejadian hujan pada saat siklon tropis kemudian diamati juga radius daerah yang nilai curah hujannya terpengaruh oleh kejadian siklon tropis dari pusat siklon. Anomali curah hujan merupakan rata-rata curah hujan saat kejadian siklon selama tahun 1994 - 2004

$$\sum_1^n CH = (CH_1 + CH_2 + CH_3 + \dots + CH_n) \quad \Delta CH = \Delta CH_1 + \Delta CH_2 + \Delta CH_3 + \dots + CH_n$$

Keterangan :

$\sum_1^n CH$  : jumlah curah hujan pada saat kejadian siklon hari ke-1 sampai hari ke-n

$CH_1$  : curah hujan pada saat kejadian siklon hari ke-1

$\Delta CH$  : anomali curah hujan

$\Delta CH_1$  : anomali curah hujan pada saat kejadian siklon hari ke-1

Menentukan batas peningkatan dan penurunan curah hujan serta keadaan normal antara kejadian siklon dengan rata-rata curah hujan tahun 1995 sampai 2004 dilakukan menggunakan uji-t dengan rumus :

$$\bar{X} - t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Dengan  $\bar{X}$  adalah nilai tengah, s adalah simpangan baki dan n adalah banyaknya data. Dari perhitungan uji-t didapatkan kisaran curah hujan normal. Untuk kejadian siklon Ken, curah hujan normal berada diantara 62 - 66 mm, sedangkan untuk siklon Fay curah hujan normal berkisar 100 – 115 mm.

### Kecepatan dan Arah Angin

Angin merupakan gerakan udara yang sejajar dengan permukaan bumi. Pada saat kejadian siklon kecepatan angin meningkat sampai mencapai lebih dari 135 knots pada tingkat *hurricane*. Pada daerah di bawah mata siklon kecepatan angin relatif lebih rendah bahkan tenang (*calm*). Arah dan kecepatan angin diperoleh dari data BOM (Beaureau of Meteorology) Australia.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kejadian siklon tropis yang diamati adalah siklon tropis yang terjadi di Samudera Hindia bagian selatan dengan batas letak astronomis  $100^\circ - 130^\circ$  BT dan  $10^\circ - 30^\circ$  LS lihat Gambar 1. Kejadian siklon yang diamati merupakan kejadian siklon yang terjadi pada tahun 2004, yaitu siklon Ken yang terjadi pada tanggal 1 – 6 Januari 2004 dan siklon Fay yang terjadi pada tanggal 16 – 27 Maret 2004.

Samudera Hindia merupakan kumpulan/ badan air terbesar ketiga di dunia, meliputi sekitar 20% dari permukaan air bumi. Sebelah utara Samudera Hindia dibatasi oleh benua Asia sebelah selatan, sebelah barat berbatasan dengan Jazirah Arab dan Afrika, sebelah timur berbatasan dengan Semenanjung Malaka, Indonesia dan Australia, dan di sebelah selatan berbatasan dengan Kutub Selatan. Total area Samudera Hindia seluas 68.556 juta km<sup>2</sup> dengan panjang pantai 66.526 km. Titik terendah sedalam -7.258 m di Palung Jawa dan titik tertinggi permukaan laut 0 m.

Di belahan bumi selatan, siklon tropis sering terjadi pada bulan Januari sampai Maret, dimana pada bulan ini matahari terletak di atas Samudera Hindia sehingga suhu perairan yang hangat meningkatkan aktivitas siklon. Rata-rata kejadian siklon tahun 2000 – 2004 di Samudera Hindia bagian selatan terjadi lebih dari 10 kali. Pada tahun 2002 dan 2003 kejadian siklon tropis lebih banyak daripada tahun yang lain, sedangkan pada tahun 2001 siklon tropis yang terjadi paling sedikit.

Rata-rata siklon tropis yang terjadi di Samudera Hindia bagian selatan sering terjadi pada bulan Januari sampai Maret. Siklon tropis paling sering terjadi pada bulan Maret yaitu terjadi sebanyak tujuh kali. Sedangkan pada bulan Juni sampai September tidak terjadi siklon tropis karena

pada bulan ini matahari terletak di belahan bumi selatan sehingga siklon tropis tidak terjadi karena tidak adanya energi pembentuk siklon dari suhu perairan yang hangat.

Intensitas siklon dipengaruhi oleh tersedianya energi konveksi uap air dari perairan yang suhunya hangat. Siklon yang diamati pada penelitian ini yaitu siklon Ken yang terjadi pada tanggal 1 – 6 Januari 2004 memiliki intensitas yang tergolong rendah, yaitu sebesar 17 m/detik. Kejadian siklon yang kedua yaitu siklon Fay yang terjadi pada tanggal 16 – 27 Maret 2004 memiliki intensitas yang tinggi, yaitu sebesar 60 m/detik dan termasuk dalam kategori 4.

### **Siklon Ken**

Siklon yang terjadi di Samudera Hindia bagian selatan pada tanggal 1 sampai 6 Januari 2004 diberi nama siklon Ken. Intensitas siklon Ken sebesar 17 m/detik dan termasuk dalam tipe *tropical storm*. Fase dewasa siklon Ken pada tanggal 2 Januari 2004 terjadi pada lintang 21,9 – 11,5 °LS dan 114,3 – 128,8 °BT.

Dari gambar satelit TRMM terlihat bahwa siklon Ken mempengaruhi curah hujan di sekitar Darwin. Sedangkan untuk wilayah Indonesia, daerah yang terkena dampak siklon Ken yaitu Nusa Tenggara Timur. Siklon Ken memiliki diameter terpanjang kurang lebih 58 km.

### **Arah dan Kecepatan Angin**

Pada tanggal 1 Januari 2004, yaitu pada kejadian hari ke-1 arah angin di sekitar pusat siklon berasal dari arah barat. Kecepatan angin di sekitar pusat siklon sebesar 10 m/detik. Sistem angin di belahan bumi selatan terdiri dari angin pasat tenggara, angin baratan dan angin timuran kutub. Angin pasat tenggara terjadi pada daerah lintang 0 - 30° sedangkan angin baratan terjadi pada daerah lintang 30 - 60°. Dari kontur yang dihasilkan dapat diketahui bahwa di Samudera Hindia bagian selatan dipengaruhi oleh angin pasat tenggara.

Pada tanggal 2 Januari 2004, yaitu pada kejadian siklon hari ke-2 arah angin di sekitar pusat siklon tidak mengalami perubahan. Kecepatan angin di sekitar pusat siklon mengalami penurunan menjadi 7 m/detik.

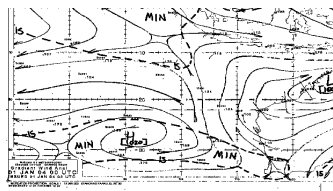
Pada tanggal 3 Januari 2004, yaitu pada saat kejadian siklon hari ke-3 arah angin di sekitar pusat siklon tidak mengalami perubahan arah dengan hari sebelumnya. Arah angin relatif tetap, walaupun terjadi perubahan arah angin di sekitar pusat siklon, tetapi perubahannya tidak signifikan. Mulai terbentuk pusaran arah angin di sekitar pusat siklon dengan kecepatan angin sebesar 10 m/detik.

Arah angin pada hari ke-4 masih membentuk pusaran di sekitar pusat siklon. Angin berasal dari arah barat daya kemudian berbelok searah dengan putaran jarum jam. Kecepatan angin tertinggi terdapat di Australia bagian utara sebesar 15 m/detik.

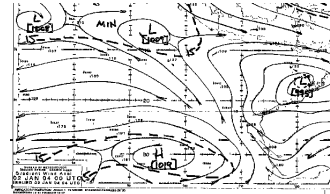
Pada akhir kejadian siklon, yaitu pada tanggal 5 dan 6 Januari 2004 arah tidak mengalami perubahan. Arah angin pada saat kejadian siklon dipengaruhi oleh arah gerakan siklon di belahan bumi selatan yang searah dengan arah putaran jarum jam.

Kecepatan angin tertinggi pada akhir siklus siklon tetap berada di Australia bagian utara, yaitu sebesar 10 m/detik. Arah angin pada akhir masa hidup siklon tidak mengalami perubahan secara

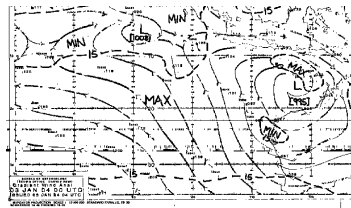
signifikan dengan hari sebelumnya. Kontur dan arah angin selama pertumbuhan siklon disajikan pada Gambar 1.



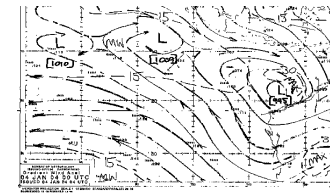
Tgl 1 Januari 2004



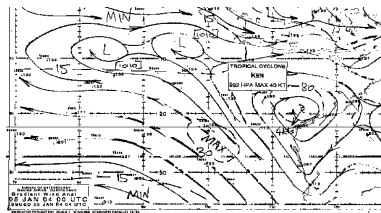
Tgl 2 Januari 2004



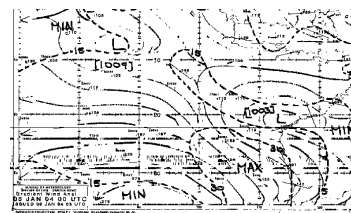
Tgl 3 Januari 2004



Tgl 4 Januari 2004



Tgl 5 Januari 2004



Tgl 6 Januari 2004

Gambar 1. Kontur arah dan kecepatan angin tanggal 1-6 Januari 2004 (<http://www.bom.gov.au>)

Di sekitar pusat siklon selama kejadian siklon Ken berlangsung, yaitu dari fase pembentukan tanggal 1 sampai 6 Januari 2004 pada saat fase kematian siklon, kecepatan angin mengalami peningkatan dari 7 m/detik sampai 15 m/detik pada fase dewasa siklon Ken. Intensitas maksimum terjadi pada kejadian siklon hari ke-4 yaitu pada tanggal 4 Januari 2004 sebesar 15 m/detik.

Kecepatan angin di sekitar pusat siklon pada saat kejadian siklon Ken dan setelah kejadian siklon tidak mengalami banyak perubahan. Hal ini dikarenakan intensitas siklon Ken yang terjadi rendah. Intensitas siklon Ken sebesar 17 m/detik dan termasuk dalam tipe *tropical storm*.

#### ***Durasi dan Arah Gerakan Siklon***

Durasi kejadian siklon bervariasi mulai dari beberapa jam sampai 14 hari dengan rata-rata 6 hari mulai fase pembentukan siklon sampai fase kematian siklon saat bergerak menuju daratan atau membelok ke daerah subtropis (Tjasyono 2004).

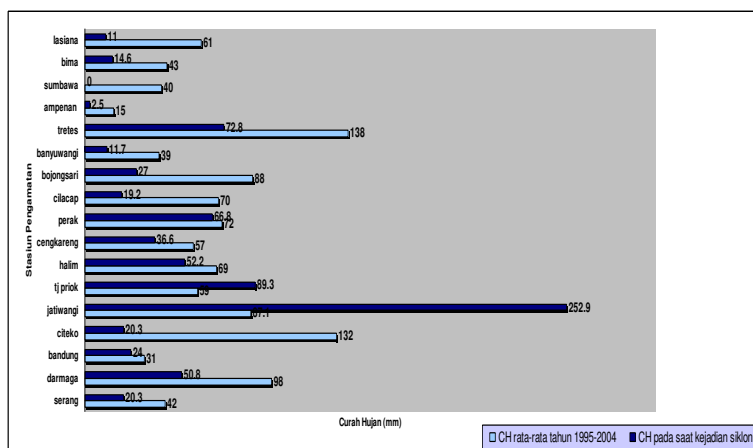
Siklon Ken yang termasuk dalam siklon dengan intensitas lemah sebesar 17 m/detik memiliki masa hidup 6 hari. Mulai fase pembentukan sampai fase dewasa diperlukan waktu empat hari kemudian mengalami fase kematian karena gerakannya menuju ke daratan setelah mengalami fase dewasa selama dua hari.

Gerakan siklon menuju daratan menyebabkan siklon mengalami fase kematian kemudian lenyap karena berkurangnya uap air dan bahang laten sebagai sumber energi pembentuk siklon. Pada fase akhir siklon tekanan udara meningkat secara signifikan dimana gradien tekanan juga mengalami peningkatan.

Arah putaran siklon searah dengan putaran jarum jam untuk kejadian siklon di Belahan bumi Selatan (BBS). Gerakan siklon Ken dari 21,9 – 8,6 LS dan 115,5 – 130,7 BT pada awal pembentukan pada tanggal 1 Januari 2004 menuju lintang 33,0 – 16,3 LS dan 108,3 – 128,8 BT pada fase kematian siklon tanggal 6 Januari 2004.

### **Curah Hujan**

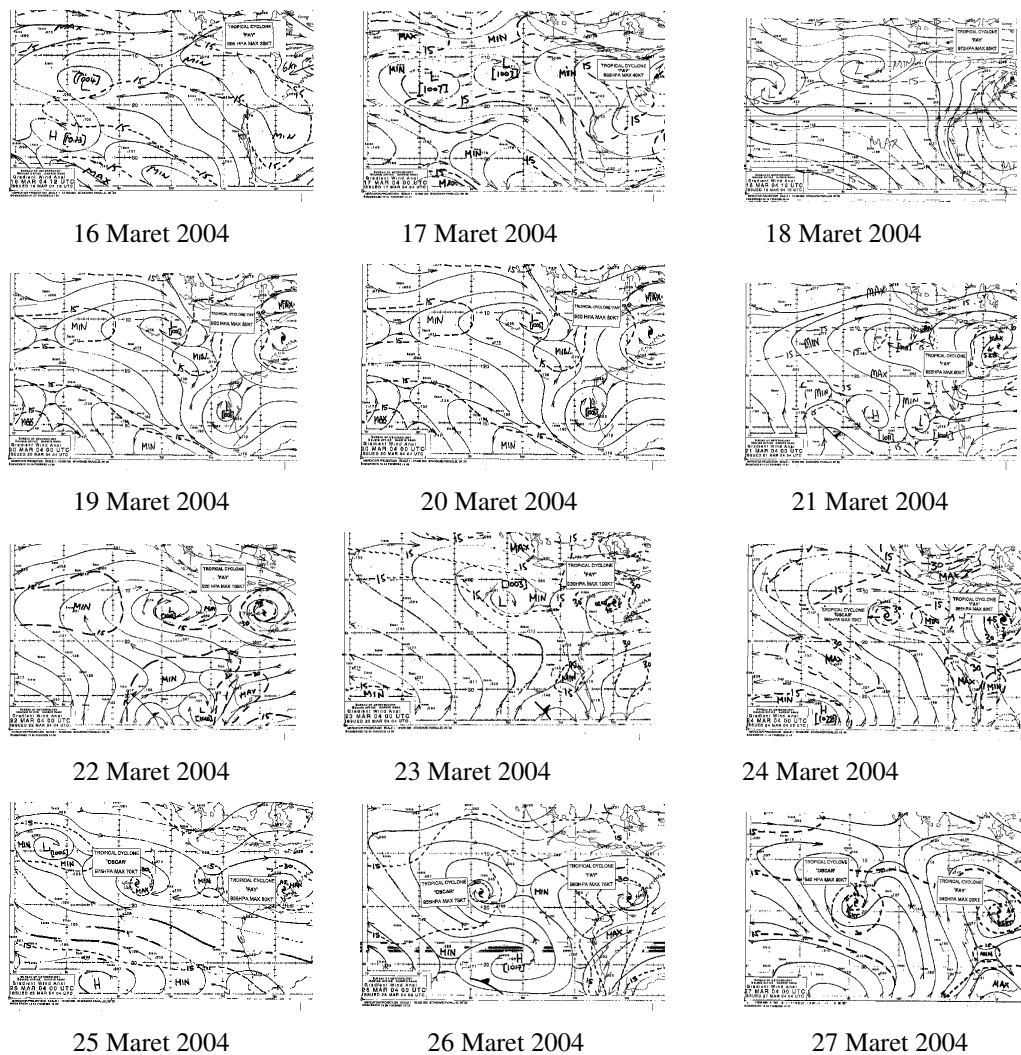
Grafik curah hujan pada saat kejadian siklon Ken dan rata-rata curah hujan pada tanggal 1 sampai 6 Januari tahun 1994 – 2004 dapat dilihat pada Gambar 3. Curah hujan pada saat kejadian siklon Ken lebih tinggi daripada rata-rata curah hujan di stasiun pengamatan Jatiwangi dan Tanjung Priok. Untuk stasiun pengamatan yang lain, curah hujan pada saat kejadian siklon Ken mengalami penurunan. Berdasarkan gambar penutupan awan dapat dilihat bahwa penutupan awan pada saat kejadian siklon Ken daerah di sekitar Jawa, Bali dan Nusa Tenggara tergolong rendah. Siklon Ken lebih berpengaruh terhadap penurunan curah hujan terhadap 15 stasiun pengamatan di Jawa, Bali dan Nusa Tenggara.



Gambar 3. Grafik perbandingan curah hujan rata-rata tahun 1994-2004 dengan curah hujan pada saat kejadian siklon

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa stasiun pengamatan yang mengalami peningkatan curah hujan yaitu Jatiwangi, Tanjung Priok dan Tretes atau sebesar 18 % dari jumlah stasiun pengamatan di Jawa, Bali dan Nusa Tenggara. Penurunan curah hujan terjadi di 13 stasiun pengamatan, yaitu Ampenan, Bandung, Banyuwangi, Bima, Bojongsari, Cengkareng, Cilacap, Citeko, Darmaga, Hali,

Lasiana, Serang dan Sumbawa atau sebesar 76 % dari jumlah stasiun pengamatan. Curah hujan di stasiun pengamatan Perak berada dalam nilai normal atau tidak terpengaruh dengan kejadian siklon Ken.



Gambar 3. Kontur arah dan kecepatan angin tanggal 16-27 Maret 2004 (<http://www.bom.gov.au>)

### Siklon Fay

Siklon Fay terjadi pada tanggal 16 sampai 27 Maret 2004. Intensitas siklon Fay sebesar 60 m/detik dan termasuk siklon tropis kategori 4 dengan diameter siklon 90 km. Awan pembawa



hujan pada saat kejadian siklon Fay lebih banyak. Hal ini dipengaruhi oleh intensitas siklon yang lebih tinggi. Awan pembawa hujan di wilayah Indonesia terdapat di daerah Bali dan Nusa Tenggara.

#### ***Arah dan Kecepatan Angin***

Kecepatan angin pada kejadian siklon Fay lebih tinggi dari pada kejadian siklon Ken karena intensitasnya yang lebih tinggi dan siklon Fay merupakan kejadian siklon yang tergolong tipe 4 sehingga kecepatan angin pada saat kejadian siklon mengalami peningkatan secara signifikan daripada pada saat kejadian siklon Ken.

Pada awal pembentukan siklon tanggal 16 Maret 2004 belum terjadi kecepatan angin tinggi di sekitar pusat siklon. Kecepatan angin tertinggi sebesar 17m/detik terjadi di Australia bagian utara dengan arah angin dari tenggara. Kejadian siklon hari ke-2 tanggal 17 Maret 2004 tidak banyak mengalami perubahan. Arah angin relatif tetap, tetapi kecepatan angin tertinggi terjadi di Australia bagian utara dengan kecepatan angin 20 m/detik.

Kecepatan angin pada saat terjadinya siklon mengalami peningkatan, terutama di sekitar pusat siklon. Pada tanggal 18 Maret 2004 arah angin berubah dari arah selatan dan kecepatan angin sebesar 32 m/detik sedangkan pada tanggal 19 Maret angin berasal dari arah tenggara dengan kecepatan angin maksimum sebesar 40 m/detik.

Pada tanggal 20 Maret 2004 atau hari ke-5 pembentukan siklon, arah angin berasal dari selatan dengan kecepatan sebesar 40 m/detik. Pembentukan siklon pada hari ke-5 semakin intensif daripada hari sebelumnya. Pada pembentukan siklon hari ke-6 tanggal 21 Maret 2004 kecepatan angin di sekitar pusat siklon semakin meningkat. Angin berasal dari tenggara dengan kecepatan sebesar 45 m/detik di sekitar pusat siklon. Arah putaran angin di pusat siklon searah dengan jarum jam sesuai dengan arah gerakan siklon di Belahan Bumi Selatan yang searah dengan jarum jam.

Kecepatan angin di pusat siklon pada hari ke-7 dan ke-8 tanggal 22 Maret dan 23 Maret 2004 semakin meningkat sebesar 52 m/detik sedangkan arah angin berasal dari utara. Intensitas siklon maksimal pada saat kejadian siklon Fay terjadi pada hari ke-7 dengan intensitas sebesar 52 m/detik.

Dari animasi citra satelit GMS dapat dilihat bahwa putaran siklon menjadi lebih simetris dan pada tanggal 22 Maret 2004 siklon Fay mengalami fase dewasa. Pada tanggal 23 Maret 2004 terjadi perubahan kecepatan angin secara signifikan. Kecepatan angin maksimum di pusat siklon meningkat sampai 50 m/detik dengan pusaran yang lebih kuat. Kecepatan angin maksimal terjadi pada fase dewasa siklon pada hari ke-8.

Kecepatan angin tertinggi mulai terbentuk di pusat siklon pada tanggal 23 Maret 2004. Kecepatan angin meningkat dari 20 m/detik menjadi 52 m/detik. Arah angin di sekitar pusat siklon relatif tetap dan tidak mengalami perubahan arah. Sebelum fase kematian siklon, kecepatan angin turun menjadi 40 m/detik dengan arah angin berasal dari tenggara. Arah angin di pusat siklon berputar ke kanan searah dengan arah putaran jarum jam. Intensitas siklon Ken pada pusat tekanan rendahnya sebesar 52 m/detik dan termasuk siklon kategori 4.

Kecepatan angin di pusat siklon semakin meningkat dengan semakin intensifnya pembentukan siklon sampai mencapai fase dewasa. Kecepatan angin meningkat dari 20 m/detik pada awal pembentukan siklon menjadi 52 m/detik pada fase dewasa siklon.

Di sekitar pusat siklon Fay tanggal 16 sampai 25 Maret 2004 kecepatan angin meningkat secara signifikan kemudian berkurang setelah fase dewasa siklon Fay. Setelah mengalami fase dewasa dengan kecepatan angin maksimum 52 m/detik, kecepatan angin terus turun sampai 25 m/detik pada akhir perkembangan siklon tanggal 27 Maret 2004. Dari animasi pergerakan siklon dapat dilihat bahwa pergerakan siklon menuju ke daratan sehingga intensitasnya melemah dan kemudian mengalami fase kematian. Setelah siklon Fay mengalami fase kematian, kecepatan angin di sekitar pusat siklon turun dari 40 m/detik menjadi 25 m/detik.

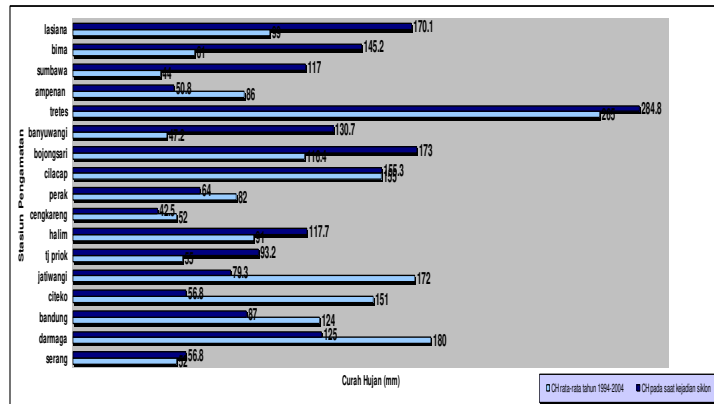
**Durasi dan Arah Gerakan Siklon**

Siklon Fay termasuk dalam siklon dengan intensitas kuat sebesar 52 m/detik memiliki masa hidup 12 hari. Mulai fase pembentukan sampai fase dewasa diperlukan waktu tujuh hari kemudian mengalami fase kematian karena gerakannya menuju ke daratan setelah mengalami fase dewasa selama dua hari. Siklon yang Fay yang intensitasnya kuat memiliki durasi yang lebih lama daripada siklon Ken dengan intensitas yang lemah. Gerakan siklon menuju daratan menyebabkan siklon mengalami fase kematian kemudian lenyap karena berkurangnya uap air dan bahang laten sebagai sumber energi pembentuk siklon. Pada fase akhir siklon tekanan udara meningkat secara signifikan dimana gradien tekanan juga mengalami peningkatan.

Arah putaran siklon searah dengan putaran jarum jam untuk kejadian siklon di Belahan bumi Selatan (BBS). Gerakan siklon Fay dari arah 17,8 – 6,9 LS dan 121,9 – 134 BT pada tanggal 16 Maret 2004 menuju ke lintang 25,4 – 12,7 LS dan 112,9 – 125,1 BT pada akhir siklon tanggal 26 Maret 2004.

**Curah Hujan**

Grafik curah hujan pada saat kejadian siklon Fay dan rata-rata curah hujan pada tanggal 16 sampai 27 Maret tahun 1994 – 2004 dapat dilihat pada Gambar 8. Curah hujan pada saat kejadian siklon Fay lebih tinggi daripada rata-rata curah hujan terjadi di stasiun pengamatan Serang, Tanjung Priok, Halim, Cilacap, Tretes, Bojongsari, Banyuwangi, Sumbawa, Bima, Lasiana. Di stasiun pengamatan yang lain, curah hujan pada saat kejadian siklon lebih rendah daripada rata-rata curah hujan selama 10 tahun.



Gambar 8. Grafik perbandingan curah hujan rata-rata tahun 1994-2004 dengan CH pada saat kejadian siklon

Siklon Fay mempengaruhi peningkatan curah hujan di 8 stasiun pengamatan dan mempengaruhi penurunan curah hujan di tujuh stasiun pengamatan yang lain, yaitu di Darmaga, Bandung, Citeko, Jatiwangi, Cengkareng, Perak, Ampenan. Daerah yang mengalami peningkatan curah hujan merupakan daerah yang dekat dengan pusat siklon Fay yang memiliki diameter 90 km. Dari arah gerakan siklon (*track*) dapat diketahui daerah yang terpengaruh curah hujannya karena adanya siklon Fay. Untuk daerah di Indonesia, yang terpengaruh adalah Bali dan Nusa Tenggara.

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa stasiun pengamatan yang mengalami peningkatan curah hujan yaitu Banyuwangi, Bima, Bojongsari, Cilacap, Halim, Tretes, Lasianan dan Sumbawa atau sebesar 47 % dari jumlah stasiun pengamatan di Jawa, Bali dan Nusa Tenggara. Penurunan curah hujan terjadi di 9 stasiun pengamatan, yaitu Ampenan, Bandung, Cengkareng, Citeko, Darmaga, Jatiwangi, Perak, Serang dan Tanjung Priok atau sebesar 53 % dari jumlah stasiun pengamatan.

**Perbandingan Karakteristik Siklon**

Siklon tropis yang terjadi di Samudera Hindia bagian selatan memiliki karakteristik yang berbeda antar siklon dengan intensitas lemah dan siklon dengan intensitas kuat. Perbedaan karakteristik siklon dapat diketahui dari beberapa parameter yang membedakannya. Perbedaan karakteristik siklon Ken dengan intensitas lemah dan siklon Fay dengan intensitas kuat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Karakteristik Siklon Tropis di Samudera Hindia bagian Selatan tahun 2004

Parameter	Siklon Lemah	Siklon Kuat
Intensitas	17 m/detik	52 m/detik
Lokasi	Awal : 21,9 – 8,6 °LS dan 115,5 – 130,7 °BT Akhir : 33,0 – 16,3 °LS dan 108,3 – 128,8 °BT	Awal : 17,8 – 6,9 °LS dan 121,9 – 134,0 °BT Akhir : 25,4 – 12,7 °LS dan 112,9 – 125,1 °BT
Suhu Permukaan Laut	26 – 28 °C	> 28 °C
Gradien Tekanan	12 mb	84 mb
Kecepatan Angin	17 m/detik	52 m/detik
Arah Angin	Barat	Tenggara
Dampak terhadap curah hujan :		
- CH Meningkatkan	Tanjung Priok, Tretes dan Jatiwangi (18 %)	Halim, Cilacap, Tretes, Bojongsari, Banyuwangi, Sumbawa, Bima dan Lasiana (47 %)
- CH Menurun	Serang, Darmaga, Bandung, Citeko, Halim, Cengkareng, Cilacap, Bojongsari, Banyuwangi, Ampenan, Sumbawa, Bima dan Lasianan (76 %)	Darmaga, Bandung, Citeko, Cengkareng, Perak, Ampenan, Jatiwangi, Serang dan Tanjung Priok (53 %)
- CH Normal	Perak	-

### KESIMPULAN

Siklon Ken yang termasuk siklon dengan intensitas lemah dan durasi 6 hari, kecepatan angin di sekitar pusat siklon meningkat dari 7 m/detik menjadi 15 m/detik. Kecepatan angin pada saat terjadinya siklon Fay yang termasuk siklon dengan intensitas kuat dan durasi 12 hari mengalami peningkatan dari 20 m/det menjadi 52 m/det. Pada saat kejadian siklon Ken stasiun pengamatan yang mengalami peningkatan curah hujan sebanyak 18 % yaitu Tanjung Priok, Tretes dan Jatiwangi. Stasiun pengamatan yang mengalami penurunan curah hujan sebesar 76 % yaitu Serang, Darmaga, Bandung, Citeko, Halim, Cengkareng, Cilacap, Bojongsari, Banyuwangi, Ampenan, Sumbawa, Bima dan Lasiana sedangkan di stasiun pengamatan Perak curah hujannya normal. Pada saat siklon Fay stasiun pengamatan yang mengalami kenaikan curah hujan sebanyak 47 % yaitu stasiun pengamatan Halim, Cilacap, Tretes, Bojongsari, Banyuwangi, Sumbawa, Bima dan Lasiana sedangkan yang mengalami penurunan curah hujan sebanyak 53 % yaitu Darmaga, Bandung, Citeko, Cengkareng, Perak, Jatiwangi, Serang, Tanjung Priok dan Ampenan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Montgomery M.T, Farrel B.F. 1993. Tropical Cyclone Formation. *J. Atmos Sci* 50 : 285-309.
- Putra D, Khomarudin MR. 2004. Depresi dan Siklon Tropis Pengaruhi Cuaca Indonesia. *Berita Inderaja* 3:16-20.
- Reddy P.R.C, Salvekar P.S. 2003. Equatorial East Indian Ocean sea surface temperature : A new predictor for seasonal and annual rainfall. *Science* 85 : 1600-1604.
- Stott L, *et al.* 2002. Super ENSO and Global Climate Oscillations at Millennial Time Scale. *Science* 297: 222-227.
- Tjasyono B. 1999. The Impac of Tropical Storms on the Weather Over Indonesia. Conference Proceedings. Weather Modification Technical Service Unit. Agency for Assessment and Application of Technology : Jakarta.
- Tjasyono B. 2004. *Klimatologi*. Bandung : Penerbit ITB.
- Webster P.J, *et al.* 2005. Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment. *Science* 309 : 1844-1846.