

# IDENTIFIKASI DAN KARAKTERISTIK SERUAK DINGIN {*COLD SURGE*} TAHUN 1995-2003

\*>Edvin Aldrian, ">Gllang Satriya Adhi Utama  
>UPTHB, Badan Pengkaffan dan Penerapan Teknologi  
[edvin@webmail.bppr.go.id](mailto:edvin@webmail.bppr.go.id)  
"]Jurusan Sains Geoflsika dan Meteorologi, I T B, Bandung

## ABSTRACT

This study identifies the cold surge characteristics that influence the rainfall season in the northwestern part of Indonesia. This study found the cold surge episode to be active and to propagate to the equator right after 4 to 6 days of increasing cold surge indices in Hong Kong. The cold surge also interacts with the Borneo Vortex and the Easterly Wave as the main factor that hinder the cold surge propagation to the south. Besides, the cold surge propagation will block the Inter Tropical Convergence Zone movement to north at the end of the rainfall season and sometimes force the ITCZ to move back southward to the 10-15S, thus will incite more convective activities and large precipitations in south Indonesia especially over Java during the rainfall period in western part of Indonesia.

## ABSTRAK

Studi ini mengkaji karakteristik dari *cold surge* yang mempengaruhi iklim musim hujan di wilayah Indonesia bagian barat laut. Studi ini menemukan perambatan *cold surge* ke daerah selatan ekuator terjadi setelah 4-6 hari kenaikan indeks *cold surge* di Hongkong teridentifikasi. Selain itu *cold surge* juga berinteraksi dengan 'siklon di sekitar Kalimantan (Borneo Vortex) dan *Easterly Wave* yang merupakan faktor penghalang utama penjalaran *cold surge* ke selatan. Penjalaran *cold surge* hingga daerah selatan ekuator akan menahan posisi *Inter Tropical Convergence Zone* atau mendorongnya lebih ke selatan di sekitar 10-15° LS, sehingga dikhawatirkan bagian selatan Indonesia khususnya pulau Jawa akan mengalami konveksi dan presipitasi yang sangat besar dan memperpanjang periode musim penghujan di wilayah barat Indonesia.

Kata Kunci: *Seruak dingin, Siklon, ITCZ*

## 1 PENDAHULUAN

Kontinen maritim Indonesia terletak pada daerah iklim *monsun* yang dipengaruhi oleh variasi pola angin regional. Pada musim dingin Belahan Bumi Utara (BBU) di daerah Laut Cina Selatan, sering ditemui gejala berupa

hentakan aliran massa udara dingin dari Asia yang berasal dari dataran Siberia dan disebut juga dengan *cold surge* atau gelombang dingin atau seruak dingin.

Angin *cold surge* secara tipikal bersifat kering karena membawa masa udara dingin yang mencegah keluarnya penguapan. Secara sederhana, selama satu bulan dapat terjadi satu atau dua peristiwa *cold surge* yang berlangsung dari beberapa hari sampai dengan satu minggu atau lebih (Ramage 1971, Lun dan Zhang 1987, Zhang et al. 1996, Chang et al. 2004).

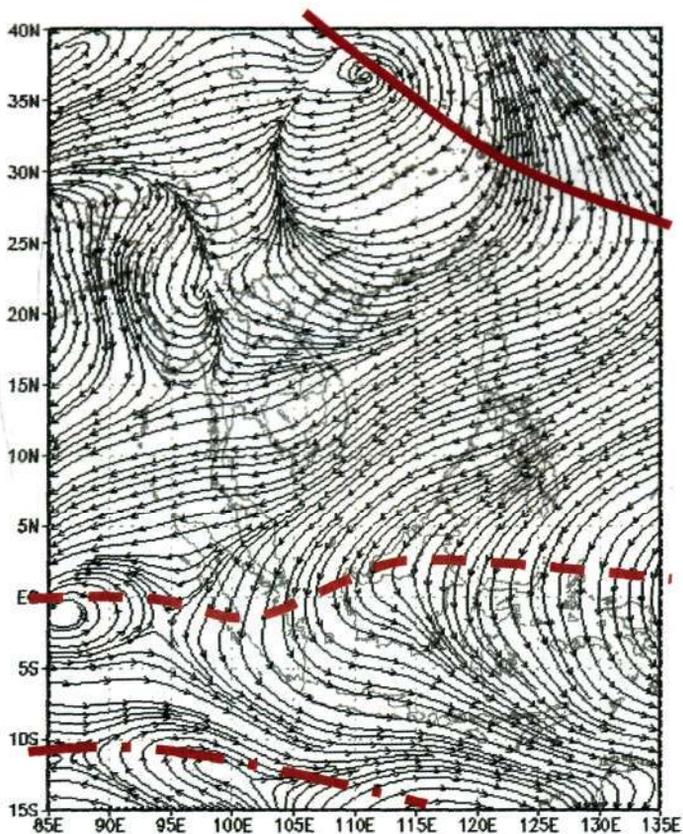
Kebanyakan studi *cold surge* sebelumnya hanya membahas fenomena ini di sekitar daerah Asia Timur hingga laut Cina Selatan dan mereka mendefinisikan *cold surge* berdasarkan beda tekanan permukaan di sekitar Danau Baikal, Siberia dan Danau Balkash. Sedangkan pembahasan pengaruh *cold surge* untuk iklim wilayah Indonesia masih minim dilakukan. Falahah pada tahun 1992 mencoba membahas masalah *cold surge* dengan bentuk studi pendahuluan yang meliputi daerah Laut Cina Selatan dan sekitarnya, tetapi pembahasan ini kurang memuaskan dikarenakan kurangnya kelengkapan data inti dan pendukung yang menjelaskan fenomena khusus ini, sehingga pembahasannya lebih merupakan kajian literatur. Dengan adanya berbagai keluaran data reanalisis dimungkinkan untuk melihat kejadian *cold surge* secara keseluruhan dan lebih detail, dari mulai awal terjadinya sampai pengaruh dan dampaknya pada kondisi sinoptik di daerah kontinen maritim Indonesia. Sebagai contohnya, Aldrian dan Susanto (2003) menyebut *cold surge* sebagai salah satu gangguan yang paling mempengaruhi bentuk siklus tahunan curah hujan di wilayah Indonesia bagian barat laut yang membentuk siklus *semi monsoon*L

Tujuan penulisan makalah ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengetahui karakteristik *cold surge* selama periode pengamatan tahun 1995 hingga 2003 yang meliputi: frekuensi, intensitas, hubungan lintasan perambatan *cold surge* dengan perubahan pola sinoptik yang terjadi, telaah sinoptik pada eksistensi faktor-faktor penghalang/pendukung serta pengaruhnya pada daerah kontinen maritim.

Hasilnya diharapkan selain dapat menjelaskan pola *cold surge* dan perambatannya di Laut Cina Selatan, juga dapat dijadikan sebagai suatu pertimbangan dalam menyusun metoda prakiraan serta sifat musim hujan di Indonesia, khususnya Indonesia bagian barat dan selatan.

Definisi yang digunakan oleh *Scientific Option Plan [The Implementation Operation Plan for the Regional Experiment* menyatakan bahwa *cold surge* didefinisikan terjadi bila terdapat penambahan kecepatan komponen angin uara rata-rata paling sedikit 5 knot dan kecepatan angin rata-rata tidak kurang dari 15 knot dalam 24 sampai 48 jam.

Menurut Falahah (1992) ditemukan 3 jenis *cold surge* yaitu: *Northerly Surge* (N), *Northeasterly Surge* (NE) dan *Easterly Surge* (E).



Gambar 1-1: *Streamline* rata-rata bulan Januari 2000 pada ketinggian level 925 mb, menunjukkan *Subtropical Ridge* : garis tebal, *Monsoon Trough* : garis putus-putus akibat *Cross Equatorial Trough*, *ITCZ* : garis putus-titik dan *Buffer System* daerah antara *Monsoon Trough* dan *ITCZ*. (Sumber : Dari hasil pengolahan data NCEP)

Selanjutnya *cold surge* dikatakan mencapai Laut Cina Selatan apabila:

Bagian Utara (15°LU-20°LU) bila kecepatan angin meridional minimal 15 knot dan naik sebesar 5 knot selama 24 jam.

Bagian Tengah (10°LU-15°LU) bila kecepatan angin meridional minimal 15 knot dan naik sebesar 5 knot atau lebih besar selama 48 jam dari waktu terjadinya *cold surge* di Hongkong.

Bagian Selatan (5°LU-10°LU) bila kecepatan angin meridional minimal 15 knot dan naik sebesar 5 knot selama 72 jam sejak terjadinya *cold surge* di Hongkong.

## 2 DATA DAN MBTODE

### 2.1 Data

Lokasi penelitian dibatasi oleh daerah 10° LS-30° LU dan 95° BT- 130° BT, daerah penelitian ini meliputi daerah Cina Selatan, Asia Tenggara, Filipina, sebagian kecil Pasifik Barat dan daerah kontinen maritim Indonesia. Penelitian difokuskan pada daerah sekitar Laut Cina Selatan sampai daerah kontinen maritim Indonesia. Sedangkan periode pengamatan selama 8 tahun adalah dari tahun 1995 hingga 2003. Periode ini dipilih berdasarkan ketersediaan data.

Data yang digunakan adalah data reanalisis NCEP/NCAR dari tahun 1995-2003 (Kalnay et al., 1996), dengan resolusi 2.5 x 2.5 grid (277.5 x 277.5 km), yang berupa data harian dengan 4 kali pengukuran pada pukul 00.00, 06.00, 12.00 dan 18.00 UTC. Adapun jenis data yang digunakan adalah :

- Angin barat-timur (u-wnd): 17 level.
- Angin utara-selatan (v-wnd): 17 level.
- Suhu udara (air tmp): 17 level.
- Tekanan permukaan (sip): 1 level.
- Angin vertikal (omega): 12 level.
- Kelembaban udara (shum): 8 level.
- Per-awan (olr): 1 level

Selain mudah didapat, keuntungan dari data reanalisis ini adalah sifatnya yang stabil sehingga sering digunakan sebagai data analisis dan peramalan oleh para analisator meteorologis untuk menunjukkan seluruh data asimilasi sepanjang periode. Dengan demikian, maka masalah yang berbelit-belit pada perhitungan analisis prediksi cuaca sebelumnya dapat digantikan secara teknik, model dan data asimilasi.

### 2.2 Metodologi Pengerjaan

Pada metoda ini diamati 3 parameter sekaligus, yaitu tekanan, temperatur dan kecepatan angin. *Cold surge* dikatakan sampai di Hongkong apabila:

- Suhu di Hongkong turun 5°C atau lebih selama 24 jam.
- Angin meridional minimal 10 knot/5 ms<sup>\*1</sup>.
- Beda tekanan udara di 30°LU - 115°BT dan Hongkong sama dengan atau lebih besar dari 10 mb.

Metoda analisis *streamline* adalah metoda pokok dalam penelitian ini, dengan metoda *streamline* akan lebih mudah untuk mengetahui bentuk-bentuk, posisi *indraft*, *outdraft* maupun titik netral, sehingga akan mempermudah penentuan komponen-komponen linier.

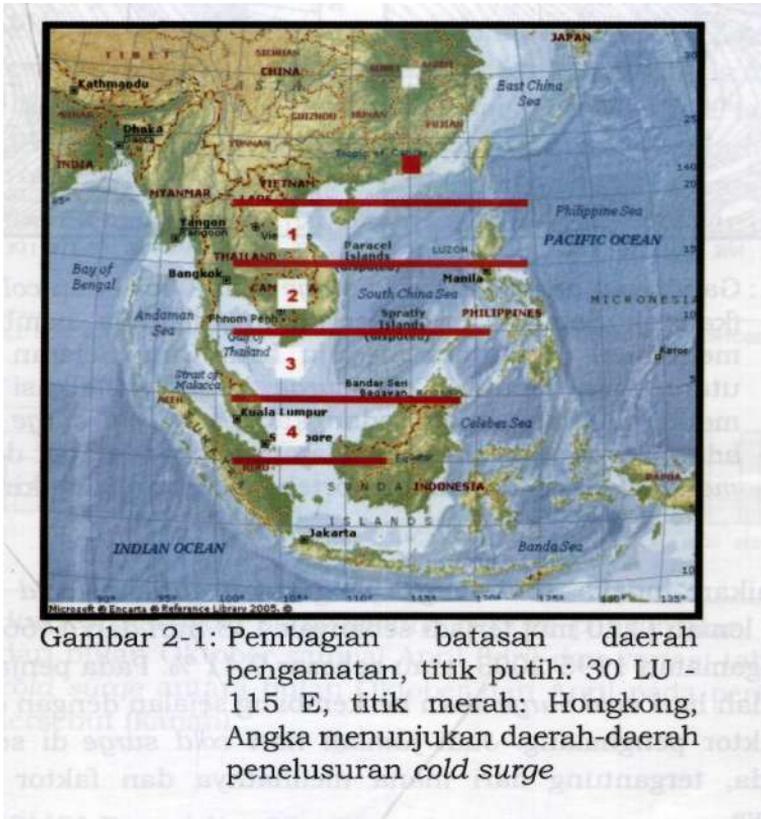
Komponen-komponen sinoptik yang termasuk linier meliputi:

- *Subtropical Ridge*
- *Monsoon Trough - JTCZ*
- *Buffer System*
- *Cross Equatorial Flow*
- Palung udara atas

Adapun urutan pengerjaan studi seruak dingin ini adalah sebagai berikut:

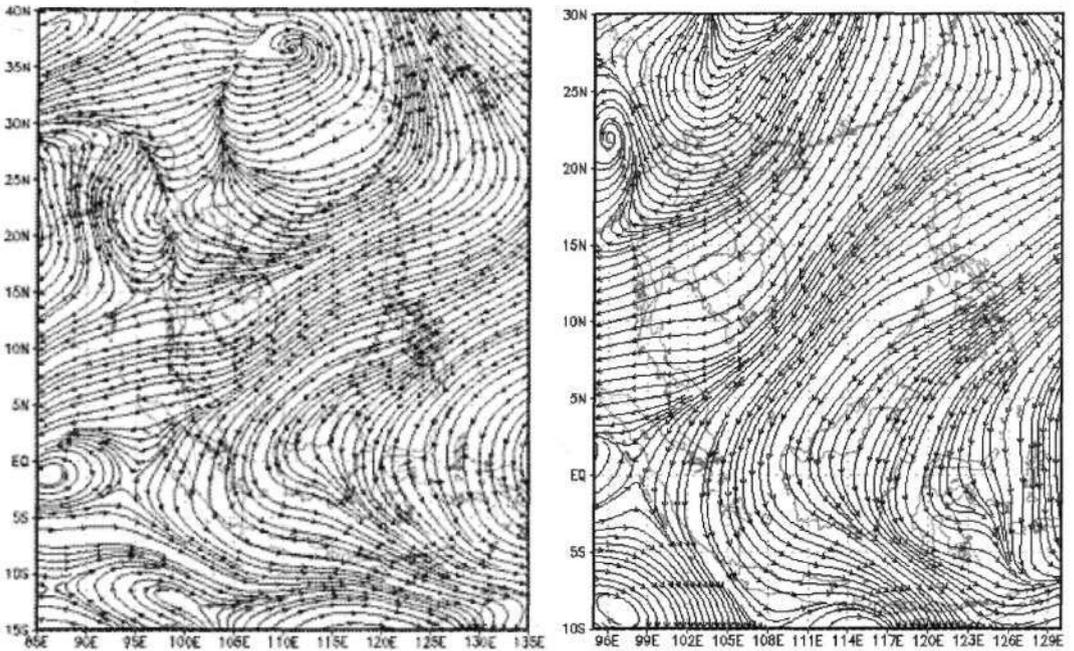
- Merata-ratakan hari *cold surge* yang semula 4 kali pengukuran pada jam 00.00, 06.00, 12.00 dan 18.00 UTC, menjadi 1 rata-rata harian.
- Memisahkan data per-tahun menjadi data per-dua tahun dalam bentuk data harian dengan *range* pengamatan dari 15 Oktober - 15 April, (misal: 15 Oktober - 31 Desember 1995 ditambahkan dengan 1 Januari - 15 April 1996, sehingga perioda pengamatan adalah 15 Oktober 1995 - 15 April 1996).
- Menentukan tekanan di sekitar Hongkong ( $22^{\circ}$  LU,  $115^{\circ}$  BT) dan daerah  $30^{\circ}$  LU,  $115^{\circ}$  BT, Selisih  $>1Q$  mb antara tekanan di Hongkong dan  $30^{\circ}$  LU akan menentukan besarnya indeks *cold surge*.
- Mengklasifikasikan jenis *cold surge* berdasarkan selisih indeks *cold surge* yang dibagi menjadi tiga kategori yaitu:
  - Indeks *cold surge* lemah: 10,0 - 12,9 mb.
  - Indeks *cold surge* sedang: 13,0 - 14,9 mb.
  - Indeks *cold surge* kuat:  $> 15,0$  mb .
- Menentukan daerah pengamatan penjalaran *cold surge* ke selatan, yaitu :
  - Utara: 15-20 LU, 110-115 BT
  - Tengah: 10-15 LU, 108-113 BT
  - Selatan: 5-10 LU, 105-110 BT
  - Equator: 0-7,5 LU, 105-110 BT
- Mengeluarkan nilai angin meridional (v-wnd) pada daerah batasan di utara, tengah, selatan dan ekuator.
- Menentukan daerah pengamatan penjalaran *JTCZ* di belahan bumi selatan dengan melihat komponen angin zonal (u-wnd) pada dua wilayah, yaitu:
  - Tengah: 5-10 LS, 115 BT
  - Selatan: 10-15 LS, 115 BT
 Asumsi yang dipakai adalah letak ITCZ merupakan pertemuan kedua angin pasat belahan bumi pada daerah yang memiliki komponen angin timuran diantara komponen baratan dari angin pasat.
- Membuat tabel indeks *cold surge* per-dua tahun pengamatan, misal: dari tanggal 15 Oktober 1999 - 15 April 2000.
- Menentukan *range* tanggal-tanggal pengamatan berdasarkan lamanya hari *cold surge* yang terjadi di daerah pengamatan yang telah ditentukan sebelumnya.

- Membuat grafik karakteristik perbulan, pertahun dan keseluruhan tahun pengamatan, sehingga dapat ditentukan bulan maksimum atau minimum dan tahun *cold surge* kuat atau lemah.
- Membuat peta *streamline* (u-wnd; v-wnd) pada level 925 mb.
- Membuat peta kontur berwarna pada tekanan (sip), temperatur (air), dan angin meridional (v-wnd) dan angin zonal (u-wnd).
- Dari peta-peta yang terkumpul, kemudian dianalisis seperti sampai sejauh mana penjalaran *cold surge* ke selatan, faktor-faktor apa saja yang mempengaruhinya dan pengaruh perambatan *cold surge* terhadap penahanan *ITCZ*di selatan.



### 3 HASIL DAN ANALISIS

Secara keseluruhan terlihat bahwa kejadian *cold surge* terdistribusi terutama pada bulan November sampai Februari, yaitu dari periode transisi terakhir pertama sampai selama musim dingin belahan bumi utara, dengan jumlah hari *cold surge* terbanyak pada bulan Desember sebesar 43 hari. Jumlah hari *cold surge* terkecil sebesar 2 hari terjadi pada bulan April, hal ini dapat terjadi karena pada bulan ini merupakan bulan transisi, dimana penguatan *Monsoon Northeasterly* telah melemah, sehingga beda tekanan antara Hongkong dan 30° LU tidak menunjukan selisih yang signifikan.



(kanan). Sebuah *surge* terjadi apabila ada hembusan angin meridional dari utara menuju Laut Cina Selatan dari bagian utara Asia Timur. *Cold surge* kuat terindikasi oleh angin meridional yang kuat, sedangkan pada *cold surge* lemah tidak ada angin frontal menuju selatan, tetapi terdapat defleksi angin *meridional* akibat tekanan vorteks di Timur Cina (kiri)

Kenaikan indeks *cold surge* yang dikategorikan *cold surge* kuat, sedang dan lemah ( $>10$  mb) terjadi sebanyak 138 hari dari 1466 hari selama periode pengamatan 1995-2003, atau sebesar 9,41 %. Pada penjarannya ke selatan jumlah hari *cold surge* akan berkembang sejalan dengan ditemui atau tidaknya faktor penghalang. Jadi jumlah hari *cold surge* di setiap daerah berbeda-beda, tergantung dari mana melihatnya dan faktor yang mempengaruhinya.

Kebanyakan kejadian *cold surge* berada pada indeks *cold surge* lemah, sebesar 114 hari *cold surge* dari 138 jumlah hari *cold surge* dari tahun 1995-2003, atau sebesar 82,6 % dari keseluruhan hari *cold surge* yang terdistribusi terutama pada Januari, Desember dan November dengan masing-masing jumlah hari *cold surge* 34, 33 dan 20.

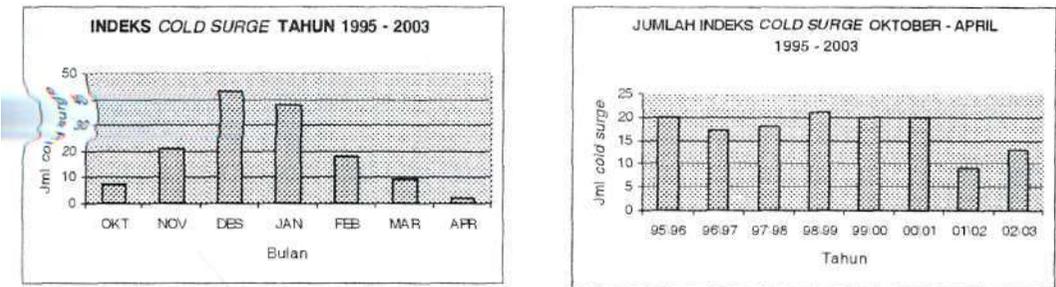
*Cold surge* lemah terjadi secara konsisten pada bulan Desember dan Januari. Hal tersebut dapat dilihat dari penyebaran jumlah hari *cold surge* yang selalu terjadi selama periode pengamatan 1995-2003.

*Cold surge* sedang sebanyak 19 hari atau sebesar 13,76 % dari jumlah keseluruhan *cold surge* yang terkonsentrasi pada bulan Desember sebanyak 8 hari *cold surge*.

*Cold surge* kuat terjadi sebanyak 5 kali selama periode pengamatan dari tahun 1995-2003 atau sebesar 3,62 % yang terdistribusi pada bulan Desember sebanyak 2 hari *cold surge* dan Oktober, November, Februari dengan kejadian hari *cold surge* kuat masing-masing 1 kali.

Jadi dapat disimpulkan bahwa *cold surge* maksimum terjadi pada awal musim dingin belahan bumi utara yaitu bulan Desember dengan jumlah hari *cold surge* lemah, sedang dan kuat yang besar. Pada pertengahan musim dingin yaitu bulan Januari jenis *cold surge* didominasi oleh *cold surge* lemah, hal ini dapat terjadi karena pada saat ini penguatan angin *Northeasterly* mencapai maksimum, sehingga jarang menimbulkan lonjakan tekanan yang besar antara kedua daerah syarat batas di Hongkong dan 30° LU, 115° BT, sedangkan *cold surge* minimum terjadi pada bulan April.

Karakteristik tahunan *cold surge* kuat dan lemah dapat dilihat pada Gambar 3-2, dimana secara keseluruhan dapat dilihat bahwa tahun 1995-1996, 1998-1999, 1999-2000 dan 2000-2001 merupakan tahun kuat *cold surge*. Tahun 1998-1999 adalah yang terkuat dengan nilai 21 hari *cold surge*. Tahun *cold surge* lemah terjadi pada tahun 2001-2002 dengan nilai 9 hari *cold surge*.



Gambar 3-2: Jumlah hari *cold surge* selama periode pengamatan 1995-2003 dari bulan Oktober sampai April (kiri) dan variasi tahunan dari *cold surge* antara bulan Oktober dan April pada periode tahun tersebut (kanan)

Pada PCMDI Report No. 38 (*Climatology of East Asian Winter Monsoon and Cold Surges*) dikatakan bahwa setahun setelah terjadinya El-Nino maka *cold surge* akan melemah, fenomena ini tidak terlihat dalam periode pengamatan 1995-2003 di daerah Asia Tenggara. El-Nino yang terjadi pada tahun 1997-1998 dan 2002-2003 tidak mengakibatkan berkurangnya indeks *cold surge*, tetapi arah penjalaran *cold surge* ke selatan beserta faktor-faktor sinoptik yang terjadi pada tahun ini mempunyai perbedaan dengan kondisi *streamline* pada tahun-tahun selain El-Nino. Pembahasan interaksi antara kedua fenomena ini memerlukan studi yang lebih mendalam lagi, karena bukan merupakan bahasan utama dalam studi ini. Penyimpangan pada tahun 1997-1998 akan diperjelas pada bahasan selanjutnya.

Tahun 2000-2001 memiliki jumlah *cold surge* lemah paling tinggi dibandingkan dengan tahun-tahun lainnya, yaitu sebesar 18 hari *cold surge*, yang diikuti oleh tahun 1998-1999 sebesar 17 hari *cold surge*. Tahun 1996-1997 dan 1997-1998 memiliki jumlah kejadian *cold surge* lemah yang sama yaitu 16 hari *cold surge*. Jumlah hari *cold surge* lemah minimum terjadi pada tahun 2001-2002 dan 2002-2003 dengan jumlah hari *cold surge* masing-masing sebesar 8 dan 9 kali.

*Cold surge* sedang maksimum terjadi pada tahun 1995-1996 dan 1999-2000 dengan jumlah 4 hari, sedangkan jumlah *cold surge* sedang minimum terjadi pada tahun 1996-1997, 1997-1998 dan 2001-2002 dengan nilai yang sama yaitu 1 hari *cold surge*'sedang.

*Cold surge* kuat pada dasarnya hanya terjadi sekali selama satu tahun, ini dapat dilihat dari sebaran jumlah *cold surge* kuat yang terjadi di sekitar daerah pengamatan.

Indeks *cold surge* yang besar baik berupa *cold surge* lemah, sedang dan kuat tidak menjamin adanya penjarangan atau perambatan *cold surge* ke selatan, tergantung dari kondisi sinoptik di sekitar Laut Cina Selatan yang berupa faktor penghalang atau penunjang, jika tidak ditemukan faktor penghalang maka *cold surge* dapat mencapai daerah kontinen maritim bahkan menembus ekuator sampai di sekitar utara Australia, jika ditemukan faktor penghalang maka *cold surge* akan berhenti di sekitar faktor penghalang tersebut.

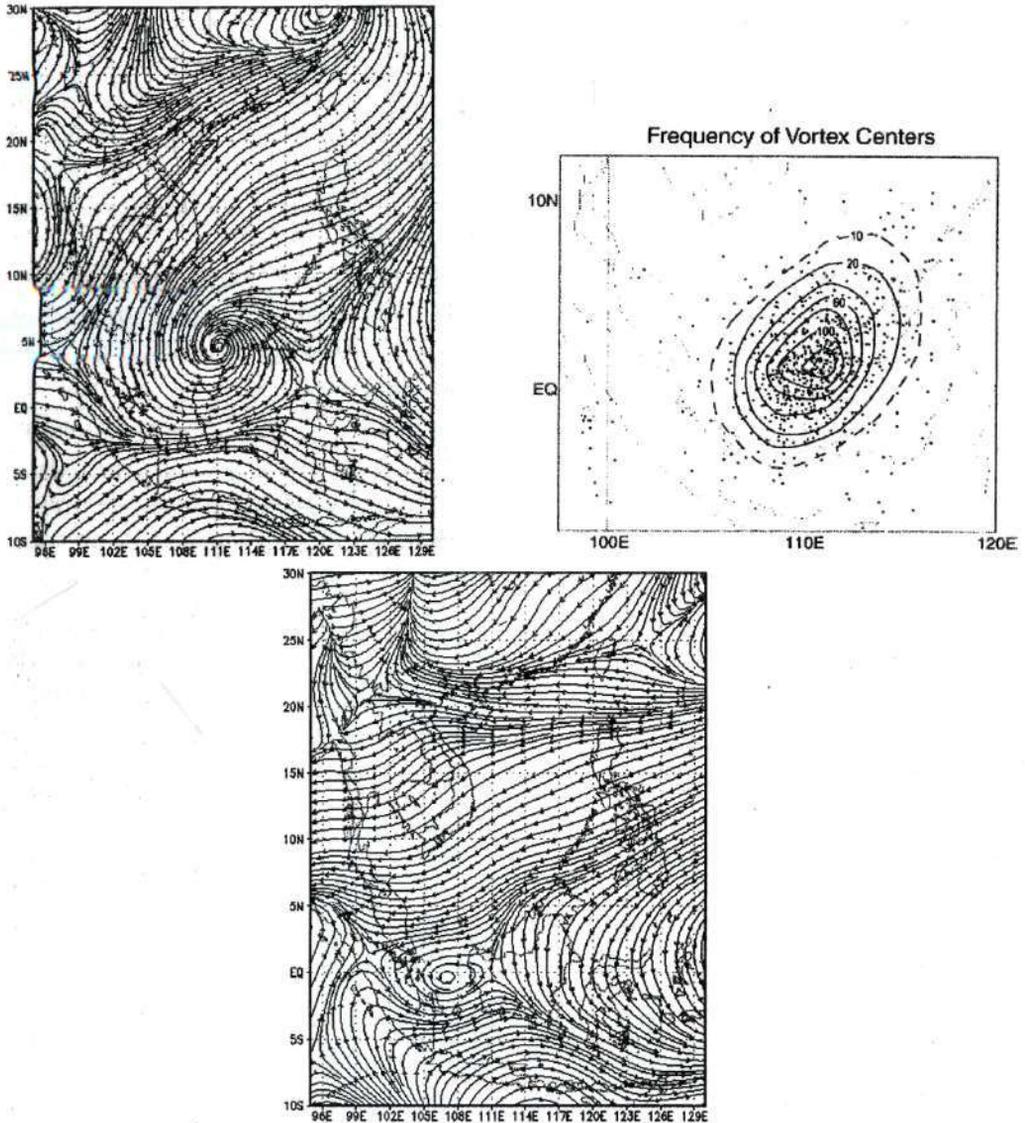
Faktor utama yang mendukung perambatan *cold surge* adalah adanya *ridge* yang disertai antisiklon pada level permukaan yang bergeser ke arah barat dari pantai Cina Timur di utara Taiwan (pada posisi 25° LU sampai 30° LU ) menuju Pasifik Barat.

Setelah menandai hari terjadinya *cold surge* berdasarkan indeks *cold surge* dari Riehl, maka selanjutnya dilakukan analisis peta *streamline* 925 mb, ditunjang dengan analisis peta vektor, tekanan, temperatur dan angin meridional.

Setelah dilakukan studi (tidak diperlihatkan) dari 12 level peta *streamline* yang ada, analisis peta *streamline* pada level 925 mb adalah *streamline* yang paling cocok untuk mendefinisikan *cold surge* beserta penjarangannya, hal ini dilakukan sebab pada level permukaan atau 1000 mb kondisi sinoptik permukaan banyak dipengaruhi oleh kondisi topografi atau kekasaran permukaan, sedangkan pada level 850 mb lebih dipengaruhi oleh angin geostrofik.

Dari hasil analisis pada perioda 1995 - 2003 terlihat bahwa sulit ditemui keadaan dimana hampir seluruh syarat terjadinya *cold surge* di Hongkong dipenuhi (selain syarat indeks *cold surge*), jarang ditemui data suhu turun sebesar 5°C selama periode pengamatan dan besarnya penurunan suhu yang menyertai terjadinya *cold surge* tidak sama. Kadang-kadang ditemui keadaan dimana suhu turun sehari sebelum dicapainya

kondisi beda tekanan 10 mb atau suhu turun sebesar 5° C tetapi indeks *cold surge*-nya termasuk kategori lemah. Besarnya penurunan temperatur yang mengikuti indeks *cold surge* yang besar dapat dikaitkan dengan kemungkinan lewatnya *front* dingin di Hongkong dari daratan Asia, makin besar indeks *cold surge*-nya berarti makin tinggi tekanan di 30° LU-115° BT sehingga kekuatan perambatan makin besar.



Gambar 3-3: Beberapa faktor yang menghambat perkembangan dan penguatan *cold surge* seperti Borneo Vortex (kiri). Populasi dari Borneo Vortex (kanan) diambil dari Chang (2005) dan gambaran angin easterly (bawah) yang membelokkan *cold surge* ke timur sehingga sumber dari *cold surge* bukan berasal dari Siberia lagi

konstan. Selama bulan Januari di daerah selatan Indonesia khususnya di Pulau Jawa akan mengalami hujan yang cukup besar terutama di bagian pesisir utara, curah hujan yang besar ini dapat terjadi karena daerah selatan Indonesia tepat berada di daerah *Buffer System*, yang didefinisikan sebagai daerah perawanan maksimum.

Pergerakan matahari ke arah utara menyebabkan menguatnya angin *Easterly* dari daerah Pasifik Barat, sehingga pada bulan ini dominasi massa udara di daerah Laut Cina Selatan adalah *Northeasterly* dan *Easterly*.

Penguatan kedua massa udara di Laut Cina Selatan selalu berubah-ubah, penguatan angin *Northeasterly* terjadi ketika ditemui adanya indeks *cold surge* yang membesar, sedangkan ketika indeks *cold surge* melemah maka dominasi massa udara *Northeasterly* akan digantikan oleh *Easterly*. Kadang-kadang penguatan *Northeasterly* dan *Easterly* terjadi secara bersamaan. Penguatan angin *Easterly* yang tidak diimbangi oleh *Northeasterly* akan mengakibatkan berbeloknya massa udara dari timur ke barat laut atau utara di sekitar Teluk Tonkin, seperti pada *trough* akhir musim dingin.

Pengaruh perambatan *cold surge* ke arah selatan sampai di daerah ekuator memakan waktu 4-6 hari kemudian setelah terdeteksi adanya kenaikan indeks *cold surge* di daerah Hongkong. Faktor penghalang perambatan *cold surge* ke selatan yang berupa siklon di sekitar Kalimantan (*Borneo Vortex*) pada bulan ini relatif jarang ditemui, bahkan siklon di daerah ini sering ditemui jika perambatan *cold surge* melewati daerah  $5^{\circ}$  LU atau 3 hari setelah terdeteksinya kenaikan indeks *cold surge* di Hongkong, pola siklon ini biasa disebut sebagai *Sel Eddys* dimana massa udara dari timuran tidak dapat bergerak keluar mengikuti arus aliran massa udara dominan (*Northeasterly*) yang terjadi di sekitar daerah Kalimantan sehingga membentuk pola pusaran searah jarumjam.

Jika intensitas *cold surge* yang lewat cukup lama dan besar, maka *Sel Eddys* ini cenderung bergerak ke arah timur laut, mengikuti daerah pesisir Kalimantan. Jenis pusaran seperti ini tidak dapat dikategorikan sebagai faktor penghalang, karena hal ini merupakan pengaruh dari perambatan *cold surge* ke selatan.

Vorteks di sekitar selatan Sumatera akan bergeser ke selatan jika ditemui *Cross Equatorial Flow*, posisi vorteks yang semula berada di ekuator akan bergeser ke selatan menjadi  $5^{\circ}$  LS, vorteks ini berperan sebagai titik batas pembelokan angin dari belahan bumi utara ke belahan bumi selatan, dari timuran menjadi baratan. Vorteks lainnya terjadi juga di sekitar Myanmar disertai dengan pola *confluensi* yang makin membesar dibandingkan dengan bulan Desember, polanya makin memanjang dari selatan ke utara dari sekitar Thailand sampai daratan Cina.

Posisi *Subtropical Ridge* pada bulan ini berada di sekitar  $25^{\circ}$ - $30^{\circ}$  LU, ditandai oleh rangkaian vorteks dan pola antisiklon yang berantai, pada bulan sebelumnya posisi *Subtropical Ridge* berada di atas  $30^{\circ}$  LU. Posisi

*Subtropical Ridge* yang berada pada ke-dua titik batas menimbulkan berkurangnya lonjakan beda tekanan antara 2 titik batas yaitu Hongkong dan  $30^{\circ}$  LU,  $115^{\circ}$  BT, sehingga pada bulan ini tidak ditemui jenis *cold surge* kuat. *Cold surge* sedang juga hanya terjadi pada 2 tahun saja yaitu pada tahun 1995-1996 dan 1999-2000. Adanya vorteks di sekitar Taiwan yang merupakan rangkaian *Subtropical Ridge* akan menyebabkan *Easterly* bergerak ke barat daya.

*Cold surge* lemah terjadi sepanjang tahun dari 1995-2003 pada bulan Januari dan Desember. Pada bulan Januari terjadi 38 hari *cold surge* yang terdiri dari 34 jenis lemah dan 4 jenis sedang, pada bulan ini tidak terjadi *cold surge* kuat. Jumlah hari *cold surge* lemah terbanyak terjadi pada tahun 1997-1998 dengan 7 kejadian, sedangkan *cold surge* sedang sebagian besar terjadi pada tahun 1999-2000 sebanyak 3 kejadian.

Bulan Februari merupakan bulan musim dingin BBU yang terakhir, pada saat ini matahari hampir mencapai daerah ekuator, *heat flow* di sekitar utara Australia mulai melemah ditandai dengan berkurangnya gradien tekanan utara-selatan yang mengakibatkan berkurangnya intensitas *Monsoon Northeasterly*, walaupun demikian pada bulan Februari intensitas angin *monsun* baratan tetap menunjukkan intensitas maksimum. *Monsoon Trough* (ITCZ) membujur antara  $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$  LS melintasi Samudera Hindia Selatan dan Australia Utara.

*Cross Equatorial Flow* (ITCZ) di ekuator bertambah kuat ditandai dengan adanya *Buffer System* yang lebih konstan dibandingkan dengan bulan sebelumnya. Melemahnya *Monsoon Northeasterly* di utara mengakibatkan dominasi angin di wilayah Laut Cina Selatan adalah *Easterly*.

Pola siklonik di sekitar Kalimantan belum terlihat dengan jelas kecuali pada tahun-tahun lemah *cold surge* seperti pada tahun 2001-2002 dan 2002-2003. Hal ini menandakan bahwa tidak terjadinya pemusatan tekanan minimum di sekitar daerah Kalimantan, daerah kontinen maritim pada umumnya sedikit mengalami kenaikan tekanan secara menyeluruh di semua tempat.

Vorteks terjadi di Sumatera Utara sekitar  $0^{\circ}$ - $5^{\circ}$  LU, vorteks ini membatasi pengaruh *monsun Easterly* sehingga di belokan ke selatan. Kenaikan posisi vorteks di daerah ini diakibatkan oleh berkembangnya angin *Westerly* di daerah selatan ekuator di sekitar Samudera Hindia.

*Trough* yang terjadi di Teluk Tonkin sekitar utara Laut Cina Selatan terlihat menguat meneruskan perubahannya ke pola akhir musim dingin mulai akhir Januari. And siklon yang merupakan rangkaian *Subtropical Ridge* bermigrasi dari pantai Cina dekat  $25^{\circ}$  LU ke selatan sampai di pantai Cina Selatan dan perubahan aliran dari *Souththerlies* ke *Southwesterlies* dan *Westerlies* pada level ini menjadi bertambah intensif di atas utara Laut Cina Selatan dan memiliki komponen selatan di atas Teluk Tonkin.

Pada bulan Februari sepanjang 1995-2003 terjadi 18 hari *cold surge* yang terdiri dari: 13 jenis lemah, 4 sedang dan 1 kuat. Dari 4 *cold surge* sedang, 2 kejadian terjadi pada tahun 1995-1996, sedangkan sisanya terjadi pada tahun 1998-1999 dan 2000-2001 dengan masing-masing 1 hari *cold surge*. *Cold surge* kuat terjadi pada tahun 1995-1996.

Jumlah hari *cold surge* bulan Februari mempunyai jumlah hari terkecil selama musim dingin belahan bumi utara, hal ini terjadi akibat: turunya posisi *Subtropical Ridge* ke selatan, menguatnya angin *Easterly* dan terjadinya pola *confluensi* utara selatan di sekitar Myanmar.

### 3.2 Analisis Sinoptik Tahunan Periods 1995-2003 Selama Periode DJF dan Hasa Transisi

#### 3.2.1 Tahun 1995-1996

Tahun ini digolongkan pada tahunan *cold surge* kuat. Jumlah hari *cold surge* yang terjadi adalah 20 kali, yang terdiri dari 15 jenis lemah, 4 jenis sedang dan 1 jenis kuat. Jumlah *cold surge* sedang pada tahun ini mencapai jumlah maksimum yang sama dengan tahun 1999-2000. *Cold surge* lemah terdistribusi dengan merata dari bulan November sampai Februari dan jumlahnya berkurang pada bulan Maret dan April, sedangkan pada bulan Oktober tidak terjadi *cold surge*. *Cold surge* sedang pada tahun ini terjadi secara berurutan pada bulan Desember, Januari dan Februari- *Cold surge* kuat dan 2 *cold surge* sedang pada tahun ini terjadi dalam waktu yang berurutan yaitu pada tanggal 17, 18 dan 19 Februari.

Jumlah maksimum indeks *cold surge* pada tahunan 1995-1996 terjadi pada bulan Februari, dengan jumlah 6 kejadian, ini menandakan bahwa pada bulan ini intensitas angin *Northeasterly* lebih kuat dibandingkan dengan tahun-tahun yang lainnya.

#### 3.2.2 Tahun 1996-1997

Tahun ini digolongkan pada tahun *cold surge* sedang. Jumlah hari *cold surge* yang terjadi adalah 17 kali, yang terdiri dari 16 jenis lemah dan 1 jenis sedang. Dari 16 hari *cold surge* lemah yang ada sebagian besar terjadi pada bulan November dengan jumlah 9 hari, jumlah ini merupakan jumlah maksimum *cold surge* lemah bulanan selama periode 1995-2003. Frekuensi hari *cold surge* yang cukup banyak ini menandakan penguatan angin *Northeasterly* paling dominan terjadi pada bulan November tahun 1996-1997.

Dihat dari distribusi kejadian *cold surge* pada tahun ini terlihat bahwa *cold surge* terjadi pada bulan November, Desember, Januari dan Februari. Ini menandakan bahwa angin *Northeasterly* cenderung dominan pada masa akhir transisi awal sampai dengan akhir musim dingin.

### 3.2.3 Tahun 1997 - 1998

Tahun ini digolongkan pada tahun *cold surge* sedang. Jumlah hari *cold surge* yang terjadi adalah 18 kali, yang terdiri dari 16 jenis lemah, 1 jenis sedang dan 1 jenis kuat. Dari 16 hari *cold surge* lemah, bulan Januari mempunyai jumlah terbanyak yaitu 7 hari *cold surge*, jumlah ini memberikan pengaruh yang sangat besar sehingga jumlah total kejadian *cold surge* lemah selama periode pengamatan 1995-2003 maksimum terjadi pada bulan Januari, daripada bulan Desember dengan selisih 1 kejadian.

Pada tahun ini terjadi El-Nino yang kuat di sekitar daerah Pasifik Barat, gangguan kejadian skala global ini tidak merubah jumlah kejadian (intensitas) *cold surge* di sekitar daerah Hongkong dan 30° LU, pola perubahan akibat dari adanya El-Nino ini terlihat dari perjalanan penjalaran *cold surge* ke selatan. Karakteristik *streamline* selama Oktober 1997 - April 1998 jauh berbeda dengan kondisi umum *streamline* pada tahun bukan El-Nino, seperti: letak, intensitas dan frekuensi siklon di Kalimantan [*Borneo Vortex*], dan dominasi massa udara *Northeasterly* yang lemah di Laut Cina Selatan selama musim dingin, sehingga *trough* di utara Laut Cina Selatan lebih cepat terbentuk seperti pola '*late winter*' pada awal musim dingin di dibandingkan dengan tahun-tahun lainnya.

### 3.2.4 Tahun 1998-1999

Tahun ini adalah tahun terkuat *cold surge*. Jumlah hari *cold surge* yang terjadi adalah 21 kali, yang terdiri dari 17 jenis lemah, 3 jenis sedang dan 1 jenis kuat. *Cold surge* lemah yang terjadi pada tahun ini terjadi secara berurutan dari bulan Desember sampai bulan Maret, kondisi ini berlawanan dengan tahun 1996-1997. Jadi dapat disimpulkan bahwa angin *Northeasterly* dominan pada bulan musim dingin belahan bumi utara dan awal transisi kedua, ini juga menandakan bahwa laju *heat flow* di belahan bumi selatan pada tahun ini lebih lambat dari tahun 1996-1997.

Pada bulan Oktober terjadi 1 *cold surge* kuat dan 1 *cold surge* sedang, kejadian ini menggambarkan bahwa pada bulan Oktober tahun 1998-1999, terjadi lonjakan tekanan di 30° LU secara mendadak, lonjakan mendadak ini disebabkan oleh lintasan antisislon di sekitar 30° LU.

### 3.2.5 Tahun 1999-2000

Tahun ini digolongkan pada tahun *cold surge* kuat. Jumlah hari *cold surge* yang terjadi adalah 20 kali, yang terdiri dari 15 *cold surge* lemah, 4 *cold surge* sedang dan 1 *cold surge* kuat, yang seluruhnya terjadi pada bulan Oktober sampai dengan Januari. *Heat flow* di belahan bumi selatan pada tahun ini lebih cepat terbentuk dibandingkan dengan tahun-tahun lainnya, sehingga gradien tekanan utara-selatan pada 2 bulan transisi awal dan 2 bulan musim dingin lebih cepat terjadi dengan intensitas yang besar. Gradien tekanan yang besar menandai adanya dominasi massa udara *Northeasterly*

yang cukup kuat. Dominasi massa udara *Northeasterly* pada tahun ini mencapai maksimum pada bulan Januari, karena pada bulan Januari terjadi 5 *cold surge* lemah dan 3 *cold surge* sedang.

### 3.2.6 Tahun 2000 - 2001

Tahun ini digolongkan pada tahun *cold surge* kuat. Jumlah hari *cold surge* yang terjadi adalah 20 kali, yang terdiri dari 18 jenis lemah dan 2 jenis sedang. *Cold surge* lemah pada tahun ini merata dari bulan Oktober 2000 sampai dengan April 2001, dengan konsentrasi maksimum di bulan musim dingin. Jadi dapat disimpulkan bahwa angin *Northeasterly Surge* pada tahun ini lebih konstan sepanjang *range* pengamatan dari bulan Oktober sampai April.

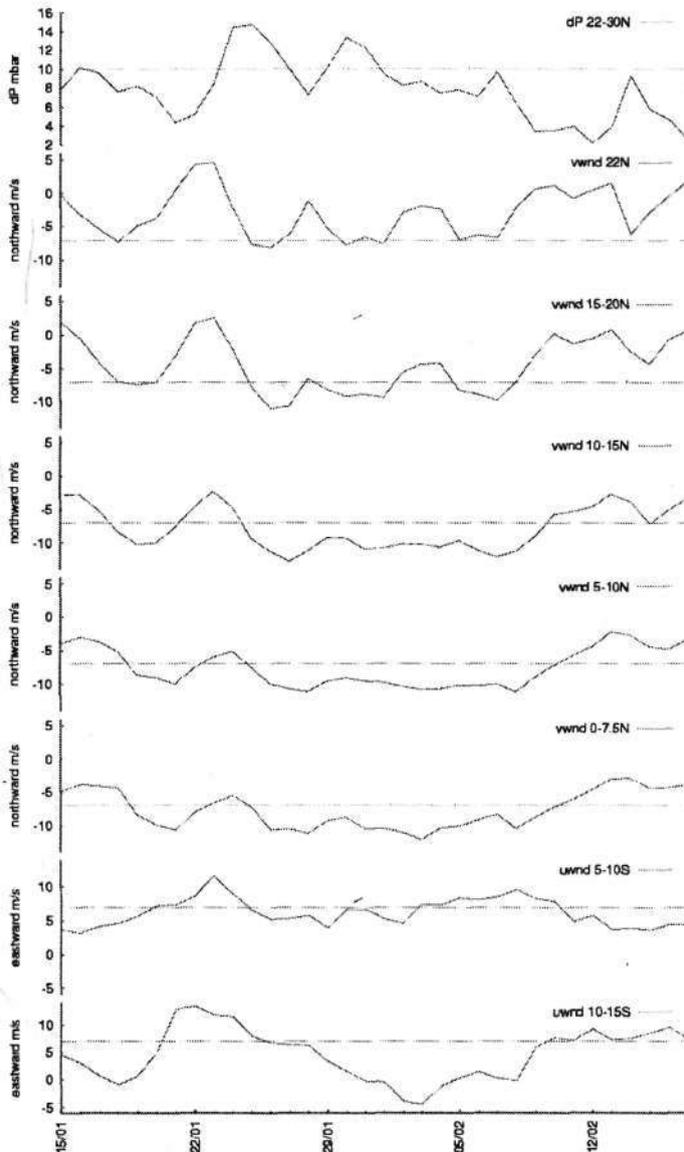
### 3.2.7 Tahun 2001 - 2002

Tahun ini merupakan tahun *cold surge* terlemah sepanjang periode pengamatan 1995-2003. Pada tahun ini terjadi 9 hari *cold surge*, yang terdiri dari 8 jenis lemah dan 1 jenis sedang. Penyebaran ketiga hari *cold surge* terjadi secara berurutan dari bulan November sampai Januari. Dominasi angin *Northeasterly* sangat lemah dibandingkan dengan tahun-tahun lainnya, sehingga berdampak pada pengurangan jumlah indeks *cold surge*. Laju *heat flow* pada tahun ini terjadi dalam rentang waktu yang sangat singkat yaitu dari akhir musim transisi pertama sampai pertengahan musim dingin. Penguatan angin *Northeasterly* pada tahun ini terjadi pada bulan Desember, kesimpulan ini terlihat dari jumlah hari *cold surge* pada bulan Desember yang mencapai 7 hari *cold surge* atau 77.77 % dari jumlah total hari *cold surge* sepanjang tahun pengamatan. \*

### 3.2.8 Tahun 2002 - 2003

Tahun ini digolongkan pada tahun *cold surge* sedang. Jumlah hari *cold surge* yang terjadi adalah 13 kali, yang terdiri dari 9 jenis lemah, 3 jenis sedang dan 1 jenis kuat. Pada awal masa transisi pertama tidak terjadi peristiwa *cold surge*, ini menunjukkan bahwa pemanasan di bagian bumi selatan berjalan lambat, Pola penyebaran hari *cold surge* tahun 2002-2003 hampir menyerupai kejadian tahun 1997-1998 dimana pada tahun tersebut terjadi fenomena El-Nino yang cukup kuat.

Bulan Desember dan Januari 2002-2003 mempunyai jumlah hari kejadian *cold surge* yang sama yaitu 5 kejadian, dimana pada bulan Desember hari *cold surge* didominasi oleh *cold surge* sedang dan kuat, sedangkan pada bulan Januari didominasi oleh *cold surge* lemah. Jadi dapat disimpulkan bahwa intensitas penguatan angin *Northeasterly* pada tahun ini terjadi pada bulan Desember 2002.



Gambar 3-5: Situasi beda tekanan lintang 22N dan 33N, angin meridional (vwnd) di beberapa daerah lintang (22N, 15-20N, 10-15N, 5-10N dan 0-7.5N) serta angin zonal (uwnd) pada lintang (5-1 OS dan 10-15S) antara tanggal 15 Januari 2000 hingga 17 Februari 2000. Garis horizontal adalah ambang batas definisi *cold surge* dengan *cold surge* di atas 10 mbar untuk tekanan, di bawah -7m/s untuk angin meridional dan 7m/s untuk angin zonal. Terlihat adanya pergerakan ke selatan akibat *cold surge* tanggal 16, 24-26 dan 29-31 Januari. *Cold surge* pertama dan ketiga menyebabkan pergeseran-ITCZ keselatan yang ditunjukkan oleh angin zonal (uwnd) di bawah 10S yang menguat. Pada *cold surge* kedua tidak terjadi meski kuat karena adanya vortex yang ditunjukkan dengan negatifnya angin zonal 10-15S.

### 3.3 Cold Surge dan ITCZ

*Cold surge* mempengaruhi fluktuasi posisi *ITCZ* lebih ke selatan, maksimum pada bulan Desember. Pada dasarnya pengaruh *cold surge* terhadap *ITCZ* terjadi pada masa bulan transisi awal (Oktober dan November) dan bulan basah atau bulan musim dingin (Desember, Januari, Februari), hal ini dapat disimpulkan karena pada masa-masa ini penguatan angin *SoutheHy* belum terjadi, sehingga pergeseran posisi *ITCZ* ke selatan yang diakibatkan oleh perambatan *cold surge* dapat mencapai daerah  $10^{\circ}$  LS atau lebih (Gambar 3-5), biasanya pola perambatan ini disertai dengan *Buffer System* di sekitar ekuator dan adanya vorteks di selatan Sumatera sekitar  $5^{\circ}$  LS. Daerah perawanan maksimum terjadi pada daerah antara *ITCZ* dan *Moonsoon Trough*, per-awanan ini akan berakibat pada naiknya intensitas curah hujan di daerah antara kedua faktor sinoptik tersebut.

Perambatan *cold surge* sampai di BBS dapat terjadi, jika tidak ditemui faktor penghalang berupa : Siklon di tengah Laut Cina Selatan, *Borneo Vortex* di sekitar Kalimantan (intensitas maksimum siklon terjadi pada bulan November) dan angin *Easterly* dari Pasifik Barat.

Pengaruh penjaralan *cold surge* terlihat setelah 4-6 hari terjadinya kenaikan indeks *cold surge* di Hongkong, biasanya ditandai dengan bergesemnya posisi *ITCZ* secara mendadak ke arah selatan, yang semula di sekitar laut Jawa menjadi di sekitar Samudera Hindia.

Besarnya kecepatan angin ke timur dapat dideteksi dengan besar kecepatan angin zonal (u-wnd) di sekitar  $115^{\circ}$  BT,  $0^{\circ}$ - $10^{\circ}$  LS, dimana intensitas kecepatan angin mencapai maksimum. Pemilihan tempat ini didasarkan pada daerah lebih dari  $115^{\circ}$  BT pola curah hujan yang terjadi di daerah tersebut bukan dipengaruhi oleh monsunal. sehingga dikhawatirkan bagian selatan Indonesia khususnya pulau Jawa akan mengalami konveksi dan presipitasi yang sangat besar dan memperpanjang periode musim penghujan di wilayah barat Indonesia.

## 4 KESIMPULAN

Selama masa penjaralan *cold surge* banyak sekali komponen-komponen sinoptik yang terlibat dan saling mempengaruhi sehingga menentukan sejauh mana kemampuan penjaralan *cold surge* ke selatan. Frekuensi dan intensitas *cold surge* maksimum terjadi pada bulan Desember diikuti oleh bulan Januari dan November, dimana ketiga bulan tersebut merupakan bulan awal dan pertengahan musim dingin BBU dan bulan akhir masa transisi pertama, atau mencapai puncaknya pada saat matahari mencapai titik *winter soltice [Tropic of Capricorn]*. Sedangkan intensitas, frekuensi dan penjaralan *cold surge* minimum terjadi pada bulan April ketika matahari bergerak ke utara melewati ekuator.

Tahun 1998-1999 merupakan tahunan *cold surge* terkuat selama periode pengamatan 1995-2003, dikuti oleh tahun 1995-1996, 1999-2000 dan 2000-2001 yang juga dianggap tahun *cold surge* kuat dengan jumlah hari *cold surge* yang hampir sama, sedangkan tahun *cold surge* lemah terjadi pada tahun 2001-2002. *Easterly Wave*, *Borneo Vortex* dan Siklon di tengah Laut Cina Selatan merupakan faktor penghalang utama terjadinya penjalaran *cold surge* ke daerah ekuator. Intensitasnya akan berkurang pada bulan Desember.

Penjalaran *cold surge* ke daerah selatan ditandai dengan adanya *Cross Equatorial Flow* di sekitar Selat Karimata yang disertai dengan perubahan *Near Equatorial Trough* menjadi *Moonson Trough*, vorteks di sekitar Sumatera dan penurunan *ITCZ* beberapa hari setelah ditemuinya kenaikan indeks *cold surge* di Hongkong. Penahanan dan pergerakan *TTCZ* ke selatan sedikit banyak dipengaruhi oleh penjalaran *cold surge* yang sampai di belahan bumi selatan. Lamanya penahanan *TTCZ* di selatan tergantung dari frekuensi dan intensitas *cold surge* yang terjadi di Hongkong, jika kenaikan indeks *cold surge* terjadi secara berurutan dan tidak ditemuinya faktor penghalang dalam perambatannya ke selatan, maka *TTCZ* akan tertahan cukup lama di sekitar  $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$  LS.

## DAFTAR RUJUKAN

- Aldrian, E., RD., Susanto, 2003. *Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature*, International Journal of Climatology, 23, 1435-1452.
- Chang, C.-P., P. A. Harr, and H. J. Chen, 2005. *Synoptic disturbances over the equatorial South China Sea and western Maritime Continent during boreal winter*. Mon. Wea. Rev.,133, 489-503.
- Chang, CP., Patrick A. Harr, and Hway-Jen Chen, 2004. *Synoptic Disturbances over the Equatorial South China Sea and Western Maritime Continent during Boreal Winte*, Monterey, California, 4 - 24.
- Chang W and Z Li, 2004. *On the Relationship between Western Maritime Continent Monsoon Rainfall and ENSO during Northern Winter*, vol. 7, 665-672.
- Chen H and Yoon, 2002/2003. *Interannual Variation of the East Asian Cold Surge Activity*, Volume 17, 401 -412.
- Falahah, 1992. *Studi Seruak Dingin (Cold Surge) Selama Periode Muisim Dingin Belahan Bumi Utara Tahun 1987-1990*, Tugas Akhir, GM ITB, 6 - 48.
- FGGE-The Global Weather Experiment, 1980. *Winter MONEX Field Phase Report*, First GARP Global Experiment Operation Report Series, vol. 7, 6-35.
- Kalnay, E, M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. C. Mo, C. Ropelewski, J. Wang,

- A. Leetmaa, R.Reynolds, R. Jenne, D. Joseph, 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bull. Amer. Meteorol. Soc, 77, 437 - 471.
- Lun, K and M. Zhang, 1987. *A Numerical Study on Orographic Effect On The Cold Surge in Southern China*, Climate and Environment and Geophysical Fluid Dinamics, 123- 124.
- Prawiwardoyo S., 1996. *Meteorologi*, Penerbit ITB, Bandung, 76-88.
- Ramage, CS., 1971. *Monsoon Meteorology*, Academic Press, New York, London.
- Soenarmo, SH., 2001. *Meteorologi Tropis*. Dept. GM-ITB. Penerbit ITB.
- Stull, RB., 2000. *Meteorology for Scientist and Engineers*, Brooks/Cole, Thomson Learning, USA, 251 - 280.
- Thomson, PD., 1983. *Cuaca*, Pustaka Hmu Life, Tira Pustaka Jakarta, 56-79.
- Tjasjono, B., 2005. *Klimatologi Umum*. Penerbit ITB. 39 - 100.
- Whiteman, CD., 2000. *Mountain! Meteorology*, Oxford University Press, New York, 73 - 80.
- Wikipedia, Free Online Encyclopedia, <http://en.wikipedia.org>, 2005.
- Zhang, Y., KR. Sperber and JS. Boyle, 1996. *Climatology of East Asian Winter Monsoon and Cold Surges*, Result from the 1979-1995 NCEP/NCAR Reanalysis. PCMDI Report No. 38.