



UNIVERSITAS INDONESIA

**KAJIAN EL NINO MODOKI TERHADAP KEJADIAN
SIKLON TROPIS
DI SAMUDERA PASIFIK BARAT LAUT
(120°–160°BT, EKUATOR – 20°LU)**

TESIS

**IDA PRAMUWARDANI
0906651145**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM PASCA SARJANA
DEPOK
JANUARI, 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**KAJIAN EL NINO MODOKI TERHADAP KEJADIAN
SIKLON TROPIS
DI SAMUDERA PASIFIK BARAT LAUT
(120°–160°BT, EKUATOR – 20°LU)**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister sains
kelautan**

**IDA PRAMUWARDANI
0906651145**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI MAGISTER KELAUTAN**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Ida Pramuwardani

NPM : 0906651145

Tanda tangan : 

Tanggal : 24 Januari 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Ida Pramawardani
NPM : 0906651145
Program Studi : Magister Ilmu Kelautan
Judul Skripsi : Kajian El Nino Modoki terhadap
kejadian Siklon Tropis di Samudera
pasifik barat Laut (120° - 160° BT,
Ekuator - 20° LU)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Edvin Aldrian (.....)
Pembimbing : Dr. Yunus Daud (.....)
Penguji : Dr. rer. nat. Abdul Haris (.....)
Penguji : Prof. F. Sri Hardiyanti P (.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 27 Januari 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Magister Sains Jurusan Ilmu Kelautan pada Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Edvin Aldrian dan Dr. Yunus Daud, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (2) orang tua, adik, suami dan anak, serta keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (3) rekan – rekan Sub bidang Informasi Meteorologi Publik , BMKG yang telah banyak membantu dalam penulisan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 24 Januari 2012



Ida Pramuwardani

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ida Pramuwardani
NPM : 0906651145
Program Studi : Magister Ilmu Kelautan
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Tesis

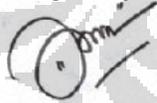
demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty – Free Right) atas karya ilmiah yang berjudul:

Kajian El Nino Modoki terhadap kejadian Siklon Tropis di Samudera pasifik barat Laut (120° – 160° BT, Ekuator – 20° LU)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal: 24 Januari 2012
Yang menyatakan



(Ida Pramuwardani)

ABSTRAK

Nama : Ida Pramuwardani
Program Studi : Magister Ilmu Kelautan
Judul : Kajian El Nino Modoki terhadap kejadian Siklon Tropis di Samudera pasifik barat Laut (120° – 160° BT, Ekuator – 20° LU)

EL Nino Modoki (EM) merupakan kondisi yang hampir mirip dengan EL Nino namun dengan posisi kolam panas yang berbeda, dimana konsentrasi panas berada pada wilayah Samudera Pasifik Ekuator bagian Tengah. El Nino memberikan pengaruh terhadap berkurangnya aktifitas dan intensitas siklon tropis/ *tropical storm* (TS) di wilayah Samudera Pasifik Barat Laut. Kondisi ini terjadi karena suhu muka laut cukup dingin di wilayah ini, sementara suhu muka laut yang hangat berada di wilayah Samudera Pasifik bagian Timur. Sebagaimana diketahui bahwa salah satu faktor pendukung pertumbuhan TS adalah suhu muka laut $\geq 26^{\circ}\text{C}$ hingga kedalaman 60 meter. Penelitian ini mencoba mengungkapkan mengenai pengaruh EM terhadap aktifitas dan intensitas TS di wilayah Pasifik Barat Laut, dan juga dampak yang diakibatkan terhadap curah hujan di wilayah Indonesia. Dari hasil penelitian terungkap bahwa EM memberikan pengaruh terhadap aktifitas TS di wilayah Pasifik Barat Laut. Dari analisa statistik, dinamika atmosfer dan dinamika laut diketahui bahwa terhadap hubungan meskipun kecil antara EM dengan kejadian TS. Jika dibandingkan dengan kondisi El Nino, EM memberikan pengaruh yang lebih signifikan terhadap kondisi TS di wilayah Pasifik Barat Laut, begitu juga terhadap sebaran hujan di wilayah Indonesia khususnya Indonesia Tengah dan Timur bagian Utara.

Kata kunci: El Nino, El Nino Modoki, Siklon Tropis, analisis

ABSTRACT

Name : Ida Pramuwardani
Study Program : Magister of Oceanography
Title : The Study of El Nino Modoki on the Characteristic of Tropical Cyclone around Northwest Pacific Ocean (120° – 160° E, Ekuator – 20° N)

EL Nino Modoki (EM) is a condition that is almost similar to the El Nino, but with different area of the warm pools, where the concentration of heat is around the Central Equatorial Pacific Ocean. El Nino gives effect to the reduction in activity and intensity of tropical cyclones / tropical storm (TS) in the Northwest Pacific Ocean region. This condition occurs because of the sea surface temperature is quite cold in this region, while the warm sea surface temperatures in the Eastern Pacific Ocean region. As we know that one of the factors supporting the growth of TS was sea surface temperature $\geq 26^{\circ} \text{C}$ to a depth of 60 meters. This study tried to reveal the influence of EM on the activity and intensity of the TS in the Northwest Pacific, and also the impact, particularly of rainfall in the region of Indonesia. The result of this study revealed that EM influences TS's activity in the Northwest Pacific Ocean region. By the statistical analysis, the atmosphere dynamics and the ocean dynamics are known that there are relationship between EM and incidence of TS, although with small relationship. When compared to El Nino conditions, EM provides a more significant influence on the condition of the TS in the Northwest Pacific, as well as upon the distribution of precipitation in the region, especially at north part of East and Middle Indonesia archipelago.

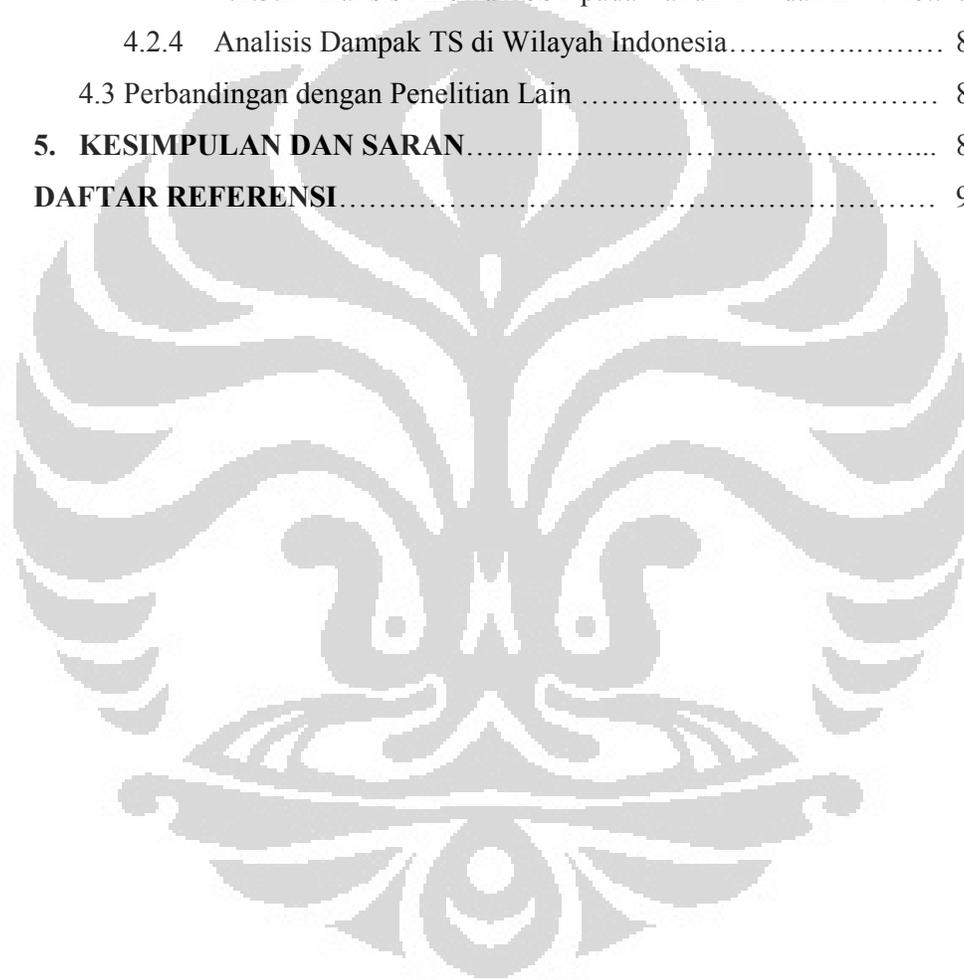
Key word: El Nino, El Nino Modoki, tropical cyclone/tropical storm, analysis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN SAMPUL..... | i |
| HALAMAN JUDUL..... | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS..... | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iv |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGANA KADEMIS..... | vi |
| ABSTRAK..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xvi |
| 1. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitan..... | 3 |
| 1.5 Batasan Penelitian..... | 4 |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 El Nino dan El Nino Modoki | |
| 2.1.1 El Nino..... | 5 |
| 2.1.2 EL Nino Modoki..... | 6 |
| 2.2 Siklon Tropis | |
| 2.2.1 Definisi Siklon Tropis..... | 7 |
| 2.2.2 Pembentukan Siklon Tropis..... | 8 |

| | | |
|-----------------------------|--|----|
| 2.2.3 | Siklus Hidup Siklon Tropis..... | 10 |
| 2.2.4 | Kondisi Dinamika Atmosfer pada Siklon Tropis..... | 12 |
| 2.2.5 | Kondisi Dinamika Laut pada Siklon Tropis..... | 14 |
| 2.3 | Teori Kaitan antara El Nino Modoki dan El Nino terhadap Siklon Tropis..... | 15 |
| 3. METODE PENELITIAN | | |
| 3.1 | Kerangka Teoritis | |
| 3.1.1 | Alur Pikir..... | 18 |
| 3.1.2 | Pendekatan Studi..... | 21 |
| 3.1.3 | Variabel Penelitian..... | 21 |
| 3.2 | Data dan Perangkat | |
| 3.2.1 | Data..... | 23 |
| 3.2.2 | Perangkat..... | 24 |
| 3.2.3 | Lingkup Penelitian..... | 25 |
| 3.3 | Pengolahan Data..... | 26 |
| 4. PEMBAHASAN | | |
| 4.1 | Tahap Utama | |
| 4.1.1 | Pemilihan Tahun EM dan El Nino..... | 31 |
| 4.1.2 | Pemilihan Data TS..... | 32 |
| 4.2 | Tahap Analisis | |
| 4.2.1 | Analisis Statistik..... | 36 |
| 4.2.1.1 | Analisis Korelasi dan Uji t..... | 36 |
| 4.2.1.2 | Pola Karakteristik TS Tahunan pada tahun EM..... | 39 |
| 4.2.1.3 | Pola Karakteristik TS Bulanan pada tahun EM dan El Nino..... | 41 |
| 4.2.2 | Analisis Dinamika Atmosfer | |
| 4.2.2.1 | Analisis Nilai Vorticitas..... | 48 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.2.2 Analisis Panjang Trough..... | 54 |
| 4.2.2.3 Analisis Nilai Divergensi..... | 55 |
| 4.2.2.4 Analisis Nilai Shear Vertikal..... | 62 |
| 4.2.3 Analisis Dinamika Laut..... | 70 |
| 4.2.3.1 Analisis SST pada tahun EM dan El Nino..... | 70 |
| 4.2.3.2 Analisis Anomali SST pada Tahun EM dan El Nino.. | 74 |
| 4.2.4 Analisis Dampak TS di Wilayah Indonesia..... | 82 |
| 4.3 Perbandingan dengan Penelitian Lain | 85 |
| 5. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 88 |
| DAFTAR REFERENSI..... | 91 |



DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 3.1 | Pedoman interpretasi terhadap koefisien korelasi | 28 |
| Tabel 4.1 | Pemilihan bulan sampel TS pada tahun EM..... | 32 |
| Tabel 4.2 | Pemilihan bulan sampel TS pada tahun NINO3, NINO1+2, NINO4 dan NINO3.4 | 33 |
| Tabel 4.3 | Nilai koefisien korelasi..... | 37 |
| Tabel 4.4 | Nilai tingkat koefisien korelasi..... | 37 |
| Tabel 4.5 | Nilai Uji t..... | 38 |
| Tabel 4.6 | Tabel Uji t..... | 38 |
| Tabel 4.7 | Nilai taraf signifikansi Uji t..... | 39 |
| Tabel 4.8 | Analisis pola/tren EMI versus TS (MAX, MEAN dan FREK)..... | 47 |
| Tabel 4.9 | Analisis pola/tren NINO3, NINO1+2, Nino4 dan NINO3.4 versus TS (MAX, MEAN dan FREK)..... | 47 |
| Tabel 4.10 | Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino..... | 78 |
| Tabel 4.11 | Analisis dampak TS terhadap curah hujan tinggi pada tahun EM | 84 |
| Tabel 4.12 | Analisis dampak TS terhadap curah hujan tinggi pada tahun El Nino | 85 |
| Tabel 4.13 | Perbandingan dengan Penelitian Lain..... | 86 |

DAFTAR GAMBAR

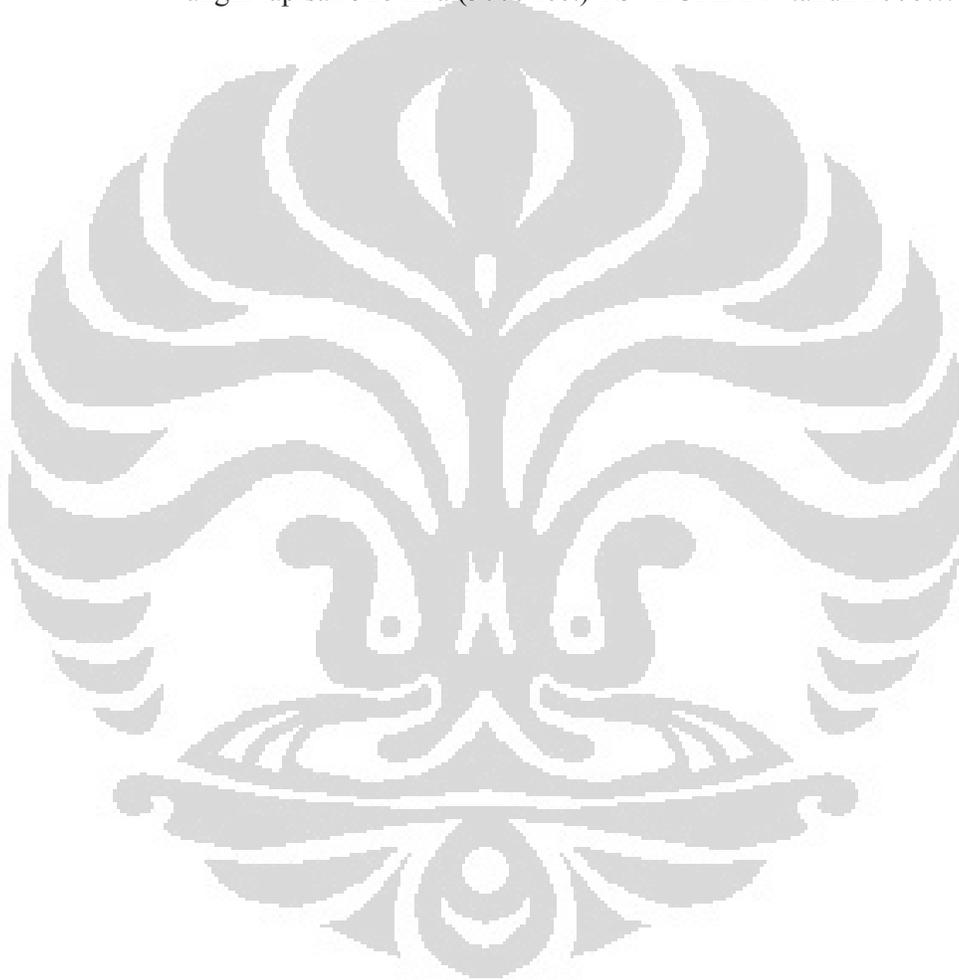
| | | |
|------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Pembagian region NINO4, NINO3.4, NINO3, NINO1+4..... | 6 |
| Gambar 2.2 | SST pada saat kondisi EM (kiri) dan El Nino (kanan)..... | 7 |
| Gambar 2.3 | 7 (tujuh) basin terjadinya TS di seluruh dunia..... | 9 |
| Gambar 2.4 | Citra satelit IR yang menunjukkan fase hidup TS..... | 11 |
| Gambar 2.5 | Tabel pembagian kategori TS dari klasifikasi Saffir – Simpson... | 12 |
| Gambar 2.6 | Monsoon trough ditunjukkan dengan garis putus – putus, dan subtropical ridge ditunjukkan dengan garis zigzag. Arah massa udara ditunjukkan dengan panah..... | 13 |
| Gambar 2.7 | Pergerakan rata – rata TS (dengan arah panah) pada musim TS di masing – masing region (Neumann 1993). TS yang dimaksud adalah TS dengan kecepatan angin > 33 kts (17ms^{-1} atau 63kmjam^{-1})..... | 14 |
| Gambar 2.8 | Anomali OLR (Outgoing Longwave Radiation) pada JJA (Juni Juli Agustus) dan peta lintasan Typhoon pada: Tahun EM (1994, 2002&2004) (atas), dan tahun EL Nino (1982, 1987&1997) (bawah)..... | 16 |
| Gambar 3.1 | Alur Pikir Penelitian..... | 20 |
| Gambar 3.2 | Wilayah domain penelitian..... | 26 |
| Gambar 4.1 | Grafik Frekuensi Indeks El Nino Modoki (EMI) tahun 1986 – 2010 dengan garis merah dan M menunjukkan tahun EM...31 | |
| Gambar 4.2 | Grafik Durasi (atas), Intensitas Maksimum (tengah) dan Intensitas Rata – rata (bawah) TS tahun 1986 – 2010 (tahun 2010 tidak komplit) dengan garis merah Dan M Menunjukkan tahun EM..... | 40 |
| Gambar 4.3 | Grafik nilai MEAN TS dan EMI tahun EMI (1986, 1990, 1991, 1992, 1994, 2002 dan 2004)..... | 42 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.4 Grafik nilai MEAN TS dan NINO3.4 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)..... | 44 |
| Gambar 4.5 Grafik nilai MAX TS dan NINO3.4 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)..... | 44 |
| Gambar 4.6 Grafik nilai FREK TS dan NINO3.4 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)..... | 45 |
| Gambar 4.7 Vorticitas / Curl angin lapisan 850 hPa TS ‘BEN ‘..... | 49 |
| Gambar 4.8 Vorticitas / Curl angin lapisan 850 hPa TS ‘PAMELA ‘ periode 1 – 7 Desember..... | 52 |
| Gambar 4.9 Divergensi angin lapisan 200 hPa TS ‘BEN ‘ periode 19 – 25 September 1986..... | 57 |
| Gambar 4.10 Divergensi angin lapisan 200 hPa TS ‘PAMELA ‘ periode 1 – 7 Desember 1982..... | 60 |
| Gambar 4.11 Shear angin lapisan 850 – 200 hPa TS ‘BEN ‘ periode 19 – 25 September 1986..... | 63 |
| Gambar 4.12 Shear angin lapisan 850 – 200 hPa TS ‘PAMELA ‘ periode 1 – 7 Desember 1982..... | 66 |
| Gambar 4.12 Analisis perbandingan Vorticitas/Curl, Trough dan Divergensi TS pada tahun EM dan El Nino. Lingkaran merah dan kuning menunjukkan nilai yang menjadi pembeda tahun EM dan El Nino..... | 69 |
| Gambar 4.13 Peta Suhu Muka laut Bulan September 1986..... | 71 |
| Gambar 4.14 Peta Suhu Muka laut Bulan Desember 1982..... | 73 |
| Gambar 4.15 Peta Anomali Suhu Muka laut Bulan September 1986..... | 75 |
| Gambar 4.16 Peta Anomali Suhu Muka Laut Bulan Desember 1982..... | 77 |
| Gambar 4.17 Grafik Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino... | 79 |
| Gambar 4.18 Peta Composite Suhu Muka Laut (atas) dan Anomali Suhu Muka Laut (bawah) Tahun EM..... | 80 |

Gambar 4.19 Peta Composite Suhu Muka Laut (atas) dan
Anomali Suhu Muka Laut (bawah) Tahun El Nino..... 81

Gambar 4.20 Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan
angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS “CHABA” tahun 2004.... 83

Gambar 4.21 Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan
angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS “DURIAN” tahun 2006... 84



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I. Grafik karakteristik TS tahunan

- Gambar 1. Grafik Durasi (atas), Intensitas Maksimum (tengah) dan Intensitas Rata – rata (bawah) TS tahun 1986 – 2010 (tahun 2010 tidak komplit) dengan garis merah Dan M Menunjukkan tahun EM..... 93

Lampiran II. Karakteristik TS bulanan

- Gambar 2. Grafik nilai MEAN TS dan EMI tahun EMI (1986, 1990, 1991, 1992, 1994, 2002 dan 2004)..... 95
- Gambar 3. Grafik nilai MAX TS dan EMI tahun EMI (1986, 1990, 1991, 1992, 1994, 2002 dan 2004)..... 96
- Gambar 4. Grafik nilai FREK TS dan EMI tahun EMI (1986, 1990, 1991, 1992, 1994, 2002 dan 2004) 97
- Gambar 5. Grafik nilai MEAN TS dan NINO34 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997) 98
- Gambar 6. Grafik nilai MAX TS dan NINO34 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997) 99
- Gambar 7. Grafik nilai FREK TS dan NINO34 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997) 100
- Gambar 8. Grafik nilai MEAN TS dan NINO4 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997) 101
- Gambar 9. Grafik nilai MAX TS dan NINO4 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997) 102
- Gambar 10. Grafik nilai FREK TS dan NINO4 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997) 103
- Gambar 11. Grafik nilai MEAN TS dan NINO3 tahun EL NINO

| | | |
|--|--|-----|
| | (1982, 1983, 1987 dan 1997) | 104 |
| Gambar 12. | Grafik nilai MAX TS dan NINO3 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997) | 105 |
| Gambar 13. | Grafik nilai FREK TS dan NINO3 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997) | 106 |
| Gambar 14. | Grafik nilai MEAN TS dan NINO1.2 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997) | 107 |
| Gambar 15. | Grafik nilai MAX TS dan NINO1.2 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997) | 108 |
| Gambar 16. | Grafik nilai FREK TS dan NINO1.2 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997) | 109 |
| Lampiran III. Analisis vorticitas dan panjang trough tahun EM | | |
| | dan El Nino | |
| Gambar 17. | Vorticitas / Curl angin lapisan 850 hPa TS ‘BEN’ periode 19 – 25 September 1986..... | 110 |
| Gambar 18. | Vorticitas / Curl angin lapisan 850 hPa TS ‘RUSS’ periode 16 – 22 Desember 1990..... | 112 |
| Gambar 19. | Vorticitas / Curl angin lapisan 850 hPa TS ‘RUTH’ periode 21 – 28 Oktober 1991..... | 114 |
| Gambar 20. | Vorticitas / Curl angin lapisan 850 hPa TS ‘ELI’ periode 10 – 11 Juli 1992..... | 116 |
| Gambar 21. | Vorticitas / Curl angin lapisan 850 hPa TS ‘DOUG’ periode 3 – 6 Agustus 1994..... | 117 |
| Gambar 22. | Vorticitas / Curl angin lapisan 850 hPa TS ‘PHANFONE’ periode 12 - 14 Agustus 2002..... | 118 |
| Gambar 23. | Vorticitas / Curl angin lapisan 850 hPa TS ‘CHABA’ periode 20 - 24 Agustus 2004..... | 119 |

| | | |
|--|--|-----|
| Gambar 24. | Vorticitas / Curl angin lapisan 850 hPa TS ‘PAMELA’ periode 1 – 7 Desember 1982..... | 121 |
| Gambar 25. | Vorticitas / Curl angin lapisan 850 hPa TS ‘WAYNE’ periode 23 – 24 Juli 1983..... | 123 |
| Gambar 26. | Vorticitas / Curl angin lapisan 850 hPa TS ‘LYNN’ periode 16 – 24 Oktober 1987..... | 126 |
| Gambar 27. | Vorticitas / Curl angin lapisan 850 hPa TS ‘KEITH’ periode 1-5 November 1997..... | 128 |
| Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino | | |
| Gambar 28. | Divergensi angin lapisan 200 hPa TS ‘BEN’ periode 19 – 25 September 1986..... | 129 |
| Gambar 29. | Divergensi angin lapisan 200 hPa TS ‘RUSS’ periode 16 – 22 Desember 1990..... | 131 |
| Gambar 30. | Divergensi angin lapisan 200 hPa TS ‘RUTH’ periode 21 – 28 Oktober 1991..... | 133 |
| Gambar 31. | Divergensi angin lapisan 200 hPa TS ‘ELI’ periode 10 – 11 Juli 1992..... | 135 |
| Gambar 32. | Divergensi angin lapisan 200 hPa TS ‘DOUG’ periode 3 – 6 Agustus 1994..... | 136 |
| Gambar 33. | Divergensi angin lapisan 200 hPa TS ‘PHANFONE’ periode 12 - 14 Agustus 2002..... | 137 |
| Gambar 34. | Divergensi angin lapisan 200 hPa TS ‘CHABA’ periode 20 - 24 Agustus 2004..... | 138 |
| Gambar 35. | Divergensi angin lapisan 200 hPa TS ‘PAMELA’ | |

| | | |
|--|--|-----|
| | periode 1 – 7 Desember 1982..... | 140 |
| Gambar 36. | Divergensi angin lapisan 200 hPa TS ‘WAYNE’ periode 23 – 24 Juli 1983..... | 142 |
| Gambar 37. | Divergensi angin lapisan 200 hPa TS ‘LYNN’ periode 16 – 24 Oktober 1987..... | 143 |
| Gambar 38. | Divergensi angin lapisan 200 hPa TS ‘KEITH’ periode 1-5 November 1997..... | 146 |
| Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino | | |
| Gambar 39. | Shear angin lapisan 850 – 200 hPa TS ‘BEN’ periode 19 – 25 September 1986..... | 148 |
| Gambar 40. | Shear angin lapisan 850 – 200 hPa TS ‘RUSS’ periode 16 – 22 Desember 1990..... | 150 |
| Gambar 41. | Shear angin lapisan 850 – 200 hPa TS ‘RUTH’ periode 16 – 22 Desember 1990..... | 152 |
| Gambar 42. | Shear angin lapisan 850 – 200 hPa TS ‘ELI’ periode 10 – 11 Juli 1992..... | 154 |
| Gambar 43. | Shear angin lapisan 850 – 200 hPa TS ‘DOUG’ periode 3 – 6 Agustus 1994..... | 155 |
| Gambar 44. | Shear angin lapisan 850 – 200 hPa TS ‘PHANFONE’ periode 12 - 14 Agustus 2002..... | 156 |
| Gambar 45. | Shear angin lapisan 850 – 200 hPa TS ‘CHABA’ periode 20 – 24 Agustus 2004..... | 157 |
| Gambar 46. | Shear angin lapisan 850 – 200 hPa TS ‘PAMELA’ periode 1 – 8 Desember 1982..... | 159 |
| Gambar 47. | Shear angin lapisan 850 – 200 hPa TS ‘WAYNE’ periode 23 – 24 Juli 1983..... | 161 |
| Gambar 48. | Shear angin lapisan 850 – 200 hPa TS ‘LYNN’ | |

| | | |
|------------|--|-----|
| | periode 16 – 24 Oktober 1987..... | 162 |
| Gambar 49. | Shear angin lapisan 850 – 200 hPa TS ‘KEITH’ periode 1-5 November 1997..... | 165 |

Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino

| | | |
|------------|---|-----|
| Gambar 50. | Peta Suhu Muka laut Bulan September 1986..... | 167 |
| Gambar 51. | Peta Suhu Muka laut Bulan Desember 1990..... | 167 |
| Gambar 52. | Peta Suhu Muka laut Bulan Oktober 1991..... | 167 |
| Gambar 53. | Peta Suhu Muka laut Bulan Juli 1992..... | 168 |
| Gambar 54. | Peta Suhu Muka laut Bulan Agustus 1994..... | 168 |
| Gambar 55. | Peta Suhu Muka laut Bulan Agustus 2002..... | 168 |
| Gambar 56. | Peta Suhu Muka laut Bulan Agustus 2004..... | 169 |
| Gambar 57. | Peta Suhu Muka laut Bulan Desember 1982..... | 169 |
| Gambar 58. | Peta Suhu Muka laut Bulan Juli 1983..... | 169 |
| Gambar 59. | Peta Suhu Muka laut Bulan Oktober 1987..... | 170 |
| Gambar 60. | Peta Suhu Muka laut Bulan November 1997..... | 170 |
| Gambar 61. | Peta Anomali Suhu Muka laut Bulan September 1986..... | 171 |
| Gambar 62. | Peta Anomali Suhu Muka laut Bulan Desember 1990..... | 172 |
| Gambar 63. | Peta Anomali Suhu Muka laut Bulan Oktober 1991..... | 173 |
| Gambar 64. | Peta Anomali Suhu Muka laut Bulan Juli 1992..... | 174 |
| Gambar 65. | Peta Anomali Suhu Muka Laut Bulan Agustus 1994..... | 175 |
| Gambar 66. | Peta Anomali Suhu Muka Laut Bulan Agustus 2002..... | 176 |
| Gambar 67. | Peta Anomali Suhu Muka Laut Bulan Agustus 2004..... | 177 |
| Gambar 68. | Peta Anomali Suhu Muka Laut Bulan Desember 1982..... | 178 |
| Gambar 69. | Peta Anomali Suhu Muka Laut Bulan Juli 1983..... | 179 |
| Gambar 70. | Peta Anomali Suhu Muka Laut Bulan Oktober 1987..... | 180 |
| Gambar 71. | Peta Anomali Suhu Muka Laut Bulan November 1997..... | 181 |

LampiranVII. Analisis dampak tahun EM dan El Nino

| | | |
|------------|--|-----|
| Gambar 72. | Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS “PHANFONE” tahun 2002 ... | 182 |
| Gambar 73. | Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS “RUSA” tahun 2002..... | 183 |
| Gambar 74. | Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS “SINLAKU” tahun 2002..... | 183 |
| Gambar 75. | Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS “CHABA” dan “AERE “ tahun 2004..... | 184 |
| Gambar 76. | Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS “SONGDA” tahun 2004..... | 185 |
| Gambar 77. | Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS “UTOR” tahun 2006..... | 186 |
| Gambar 78. | Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS “DURIAN” tahun 2006..... | 187 |

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir mulai dilakukan pegkajian terhadap salah satu fenomena meteorologi yang mirip dengan El Nino, namun memiliki kawasan dengan kondisi Suhu Muka Laut/ *Sea Surface Temperature* (SST) yang berbeda, dan kawasan dengan dampak iklim yang berbeda pula. Fenomena ini kemudian dikenal dengan istilah El Nino Modoki (EM), istilah lain yang digunakan untuk mendefinisikan EM antara lain "*Central – Pacific El Nino, warm pool El Nino* serta *date line El Nino*". "Modoki" sendiri berasal dari bahasa Jepang klasik yang berarti "sama namun berbeda". Yamagata, menerangkan bahwa Osilasi Selatan El Nino/ *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) Modoki lebih sering terjadi dalam beberapa dekade terakhir, kondisi ini dikarenakan melemahnya gradient zonal *thermocline* di wilayah ekuator yang merupakan dampak dari kecenderungan melemahnya angin timuran.

Salah satu syarat pertumbuhan siklon tropis adalah wilayah perairan luas dengan gaya *coriolis* cukup > 0 . Umumnya terjadi pada lintang (Φ) $> 3^\circ$, dimana wilayah sepanjang equator memiliki gaya *coriolis* ~ 0 . Bibit siklon tropis yang muncul di perairan dekat ekuator tersebut kemudian berkembang menjadi daerah pusat tekanan rendah yang kemudian bergerak menjauhi daerah tropis, seiring dengan penambahan kecepatan angin di dekat daerah pusat tekanan rendah hingga akhirnya mencapai tahap siklon tropis. Indonesia merupakan wilayah yang meskipun secara teori tidak dilewati oleh siklon tropis, namun menerima dampak tidak langsung baik berupa hujan lebat dari sistem konvergensi dari siklon tropis, maupun angin kencang dan gelombang tinggi di daerah dekat sistem siklon tropis tersebut.

Diseluruh dunia terdapat 7 (tujuh) perairan yang merupakan daerah pertumbuhan siklon tropis (*basin*). Daerah pertumbuhan siklon tropis yang memberikan dampak tidak langsung terhadap wilayah Indonesia adalah siklon tropis yang berada di Samudera Pasifik Barat Laut dan Samudera Hindia bagian Tenggara. *Ashok*, menyatakan bahwa sekitar 42% dari total kejadian siklon tropis tiap tahunnya ada di Samudera Pasifik Barat Laut ($120^{\circ} - 180^{\circ}\text{BT}$, Ekuator – 30°LU). Ia telah melakukan penelitian mengenai kaitan EM dengan kejadian siklon tropis di wilayah Samudera Pasifik Barat Laut, dimana disimpulkan bahwa terdapat penambahan jumlah sirkulasi siklonik atmosfer lapisan bawah/ *low level cyclonic circulation* di wilayah Samudera Pasifik Barat Laut, terutama si sekitar wilayah Laut Cina Selatan.

Bill Gray mendefinisikan 6 (enam) parameter untuk penentuan probabilitas tinggi dalam pembentukan siklon tropis. Beberapa parameter tersebut adalah:

- Vorticitas relatif/ *relative vorticity* (ζ_R) pada atmosfer lapisan rendah
- Shear vertikal dengan arah berlawanan pada atmosfer lapisan bawah dengan lapisan atas
- Energy termal samudera; T (suhu) $> 26^{\circ}\text{C}$ hingga kedalaman 60 m

Oleh karenanya dirasa perlu mengadakan kajian yang lebih detail mengenai hubungan antara EM dengan kejadian Siklon Tropis/ *Tropical Cyclone* (TS) di Pasifik bagian Barat serta dampak yang diakibatkan di wilayah Indonesia, terutama Indonesia bagian Timur. Berdasarkan pada beberapa referensi diatas, dalam penelitian ini dilakukan kajian terhadap karakteristik TS pada tahun EM yang untuk kemudian dibandingkan dengan Karakteristik TS pada tahun El Nino. Wilayah penelitian dikhususkan di perairan yang mendekati wilayah Indonesia, untuk kemudian diketahui dampaknya di wilayah Indonesia.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, dimana El Nino memberikan pengaruh terhadap kejadian siklon tropis di wilayah Samudera Pasifik Barat Laut, maka muncul beberapa persoalan yang dirasa penting untuk dilakukan penelitian, sehingga dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

- a. Adakah pengaruh tahun EM terhadap kejadian TS di wilayah Samudera Pasifik Barat Laut, dan bagaimana jika dibandingkan dengan tahun El Nino.
- b. Jika ada, faktor apa saja yang mendukung adanya pengaruh EM terhadap kejadian TS di Samudera Pasifik Barat Laut.
- c. Bagaimana dampak yang diakibatkan baik secara langsung maupun tidak langsung dari TS tahun EM terhadap kondisi di Indonesia (dalam hal ini curah hujan tinggi).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi pengaruh kejadian EM terhadap kejadian TS dari analisa statistik, dinamika atmosfer dan dinamika laut, serta membuat perbandingan dengan kondisi El Nino di Samudera Pasifik Barat Laut.
- b. Mengidentifikasi faktor yang mendukung pengaruh kejadian EM terhadap kejadian TS dan membuat perbandingan dengan kondisi El Nino di Samudera Pasifik Barat Laut.
- c. Dampak yang diakibatkan oleh TS pada tahun EM di wilayah Indonesia, khususnya Indonesia bagian Timur.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Kedepannya diharapkan dapat membantu BMKG dalam melakukan pembuatan prakiraan cuaca, terutama prakiraan hujan
- b. Penelitian ini diharapkan dapat memberi pengetahuan baru terutama mengenai karakteristik dan dampak TS pada saat kondisi EM

1.5 Batasan Penelitian

- a. Wilayah penelitian adalah wilayah Samudera Pasifik Barat Laut (20° – 160° E, Ekuator – 20° N).
- b. Penelitian dilakukan dengan data pada tahun 1982 hingga 2004 (berdasarkan teori tahun EM yang sudah ada).
- c. Tahun EM merupakan tahun dengan nilai indeks El Nino Modoki/ *El Nino Modoki Index* (EMI) tinggi. Tahun El Nino merupakan tahun dengan nilai indeks SST tinggi di Samudera Pasifik Barat Laut bagian Tengan dan Timur wilayah/ *region* NINO34, NINO4, NINO3 dan NINO1+2, dimana dalam uraian selanjutnya, penyebutan indeks tahun El Nino disingkat dengan NINO.
- d. Siklon tropis/ *Tropical Storm* (TS) yang dimaksud adalah sistem angin berputar dengan kecepatan angin ≥ 34 knots di sekitar sstem tekanan rendah, yang melintasi wilayah penelitian.
- e. Penelitian dilakukan terhadap karakteristik siklon tropis, karakteristik yang dimaksud meliputi:
 1. Frekuensi (FREK), intensitas maksimum (MAX) dan intensitas rata – rata (MEAN) kejadian TS pada tahun EMI
 2. Kondisi dinamika atmosfer dengan mengamati sistem angin vertikal pada sistem TS, dan dan sistem angin horizontal di wilayah sekitar sistem TS
 3. Kondisi dinamika perairan, dengan mengamati suhu muka laut di wilayah sekitar sistem TS.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 EL Nino dan El Nino Modoki

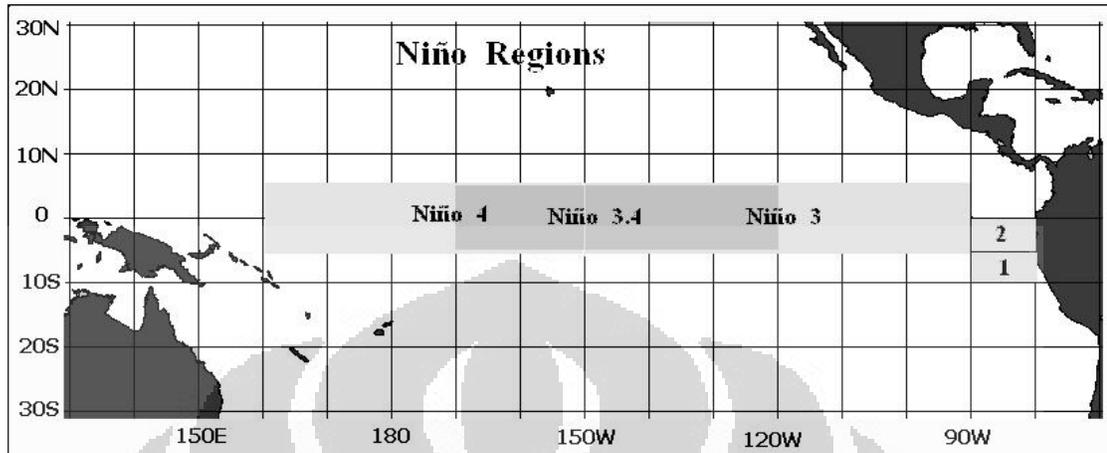
2.1.1 El Nino

(Bjerknes, 1969) menyebutkan istilah El Nino berasal dari bahasa Spanyol “Bayi Kristus”, dimana terjadi aliran massa udara yang lemah menuju ke Selatan di sepanjang pantai Ekuador dan Peru pada saat Natal. El Nino ditandai dengan meningkatnya suhu muka laut di atas rata – ratanya di sekitar Pasifik Tengah dan Timur yang disertai dengan perubahan pola cuaca di wilayah Pasifik dan sekitarnya. (Zakir, 2010) mendeskripsikan perubahan yang terjadi pada kondisi atmosfer dan sirkulasi lautan selama kejadian El Nino diantaranya:

- Suhu laut yang lebih hangat dari biasanya di sepanjang Samudera pasifik Ekuator bagian Tengah dan Timur
- Peningkatan aktifitas konveksi di Samudera pasifik Ekuator Tengah. Pusat Konveksi berpindah dari wilayah Indonesia – Australia ke Timur di Samudera Pasifik Ekuator Tengah
- Melemahnya angin pasat
- Nilai Indeks Osilasi Selatan/ *Southern Oscillation Index* (SOI) negatif.

Selain dengan menggunakan nilai Indeks Osilasi Selatan/ *Southern Oscillation Index* (SOI), El Nino juga dapat diketahui dengan mengamati data rata – rata suhu di sekitar wilayah Samudera Pasifik dekat Ekuator, yang mana telah dibagi ke dalam beberapa *region*, antara lain:

- NINO 1+2 (0 – 10°LS, 80 – 90°BB)
- NINO 3 (5°LS – 5°LU, 150 – 90°B)
- NINO 3.4 (5°LS – 5°LU, 170 – 120°BB)
- NINO 4 (5°LS – 5°LU, 160°BT – 150°BB)



Gambar.2.1 Pembagian region NINO4, NINO3.4, NINO3, NINO1+4
 Sumber: <http://ggweather.com/enso/glossary.htm>

2.1.2 El Nino Modoki

(Ashok, 2007) menjelaskan bahwa kemunculan istilah “El Nino Modoki” pada awalnya diamati dan dikoreksi oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) sebagai “El Nino di *dateline*”, dimana wilayah kolom hangatnya tidak mencapai region NINO3. Sehingga ia kemudian menyimpulkan bahwa pada tahun 2004 merupakan tahun EM dimana kolom hangat dimulai dari region sebelah Barat NINO4 dan tidak mencapai region NINO3.4.

Pada penelitian yang sama didapatkan rumusan indeks EM yang disebut sebagai *El Nino Modoki Index* (EMI), dengan rumusan sebagai berikut:

$$EMI = [SSTA]_A - 0.5 * [SSTA]_B - 0.5 * [SSTA]_C$$

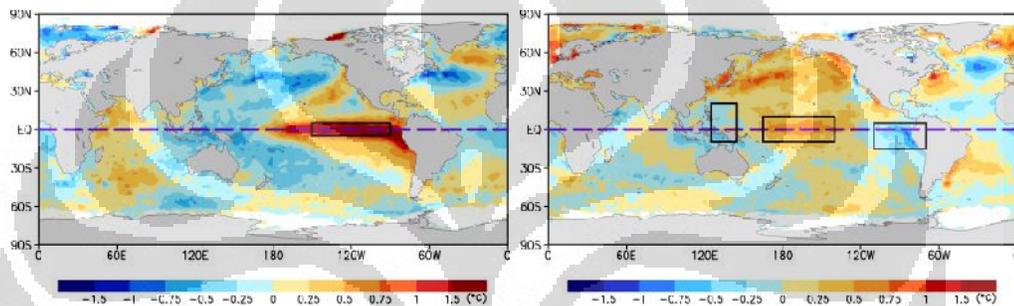
Keterangan:

Daerah yang berada dalam tanda kurung menunjukkan wilayah dengan nilai anomali suhu muka laut/ *Sea Surface Temperature Anomaly* (SSTA) pada region:

A = 165°BT-140°BB, 10°LS-10°LU

B = 110°BB-70°BB, 15°LS-5°LU

C = 125°BT-145°BT, 10°LS-20°LU



Gambar.2.2 Anomali SST tahun El Nino (kiri) dan EM (kanan)

Sumber: Jamstec, Jepang

Berdasarkan *time series*-nya, didapat tahun – tahun dengan nilai EMI tertinggi yang kemudian dikategorikan sebagai tahun EM, antara lain; tahun 1986, 1990, 1991, 1992, 1994, 2002 dan 2004. Sedangkan NASA/NOAA menyebutkan bahwa tahun 1991-92, 1994-95, 2002-03, 2004-05 dan 2009-10 merupakan tahun El Nino Modoki.

2.2 Siklon Tropis

2.2.1 Definisi Siklon Tropis

Siklon Tropis/ *Tropical Storm* (TS) merupakan sistem angin berputar pada skala sinoptik disekitar wilayah pusat tekanan rendah secara siklonik (di Belahan Bumi Selatan/BBS searah jarum jam, di Belahan Bumi Utara/BBU berlawanan jarum

jam). Salah satu syarat sistem tersebut dapat dikategorikan menjadi TS adalah apabila terdapat sabuk angin dengan kecepatan rata – rata selama 10 menit sebesar ≥ 34 knots di dekat pusat sistem angin berputar tersebut (umumnya lebih dari separuh luasan wilayah sistem angin berputar tersebut).

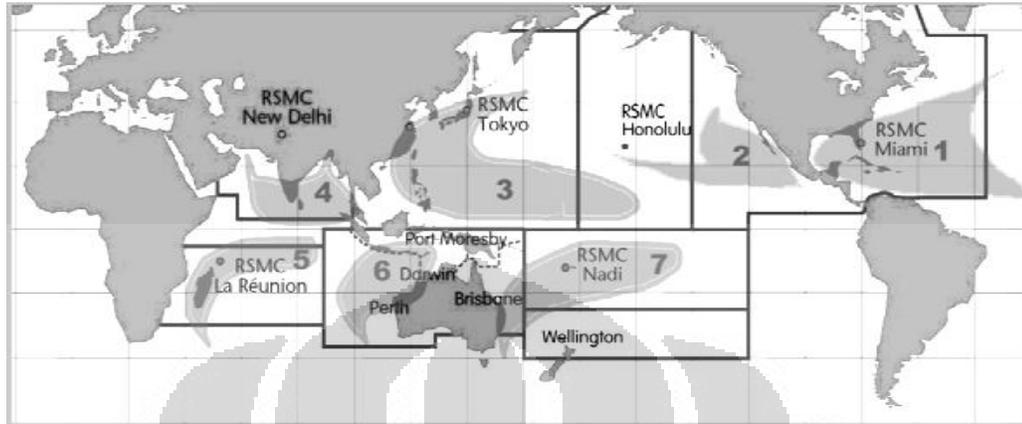
Penamaan TS berbeda – beda tergantung kategori dan tergantung wilayah kejadiannya (*Mc Bride, 1995*), antara lain:

- *Tropical Cyclone* (TC), merupakan TS yang terjadi di wilayah BBS dimana kecepatan maksimum angin di sekitar pusat tekanan rendah adalah ≥ 34 knots.
- *Hurricane*, merupakan TS yang terjadi di wilayah Samudera Atlantik dan Samudera Pasifik Timur Laut, dimana kecepatan maksimum angin di sekitar pusat tekanan rendah adalah ≥ 63 knots.
- *Typhoon*, adalah penamaan TS untuk wilayah kejadian di Samudera Pasifik Barat Laut, dimana kecepatan maksimum angin di di sekitar pusat tekanan rendah adalah ≥ 63 knots.

2.2.2 Pembentukan Siklon Tropis

(Frank, 1987) mendefinisikan 7 (tujuh) wilayah pembentukan TS/ *basin*, diantaranya:

- Atlantik Utara
- Pasifik Timur dan Pasifik Utara bagian Tengah
- Pasifik Barat Laut
- Samudera Hindia bagian Utara
- Samudera Hindia bagian Barat Daya
- Samudera Hindia bagian Tenggara/ Australia *basin*, dan
- Pasifik Barat Daya Australia *basin*



Gambar.2.3 7 (tujuh) *basin* terjadinya TS di seluruh dunia
 Sumber: <http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/F1.html>

(Gray, 1968) menyebutkan bahwa terdapat 6 (enam) parameter yang berperan penting dalam pembentukan TS, enam parameter tadi kemudian dibagi menjadi parameter dinamis dan parameter *thermal*.

- Parameter Dinamis:
 - Gaya *Corioli* (f) yang cukup, umumnya f yang cukup untuk pembentukan TS adalah pada wilayah dengan lintang (Φ) $> 3^\circ$
 - Vortisitas relatif (ζ_R) atmosfer lapisan bawah
 - Nilai *shear* angin vertikal ($1/S_z$) yang lemah
- Parameter Termis:
 - Energi *thermal* samudera; $T > 26^\circ\text{C}$ hingga kedalaman 60 m (E)
 - Adanya perbedaan suhu potensial antara lapisan permukaan dengan lapisan 500 hPa ($\Delta\theta_E$)
 - Kelembaban relatif yang cukup tinggi pada atmosfer lapisan menengah

(Palmen,1956) menjelaskan bahwa terdapat 3 (tiga) aspek penting dalam pembentukan TS, antara lain:

- Terjadi pada wilayah lautan atau samudera yang cukup luas dengan suhu permukaan laut tinggi (lebih dari 26 atau 27°C), dimana massa udara yang lebih hangat dari lingkungannya naik secara adiabatik dari permukaan dengan suhu muka laut yang sama kemudian terkondensasi hingga mencapai ketinggian lebih dari 12 km.
- Nilai parameter *coriolis* lebih dari suatu nilai minimum tertentu, yang berada di wilayah selain pada sabuk lintang 5 hingga 8° baik di Belahan Bumi Utara/ BBU maupun di Belahan Bumi Selatan/ BBS.
- Memiliki nilai *shear* angin vertikal yang lemah.

(Riehl, 1954) menambahkan beberapa parameter berikut:

- Daerah gangguan pada lapisan atmosfer bawah yang telah cukup lama bertahan wilayah dengan kondisi cuaca buruk dan tekanan udara yang relatif rendah)
- Terdapat *outflow* massa udara pada lapisan troposfer atas yang berada di atas daerah gangguan tersebut

2.2.3 Siklus Hidup Siklon Tropis

(Mc Donald, 1942) merumuskan beberapa tahap hidup siklus tropis, sebagai berikut:

- Tahap pembentukan/ *genesis*, tahap ini merupakan tahap awal pembentukan, dimana massa udara labil terjadi di atmosfer. Tahap ini berakhir ketika badai membentuk sirkulasi tertutup dan mencapai intensitas *hurricane* (angin maksimum rata – rata dekat pusat TS > 64 knots).

penelitian di wilayah Samudera Atlantik yang kemudian diadopsi pula pada TS yang terjadi di Samudera Pasifik dan beberapa wilayah lainnya. Kategori TS yang dimaksud digambarkan pada tabel berikut:

| Saffir-Simpson Hurricane Scale | | |
|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Category | Wind speed mph (km/h) | Storm surge ft (m) |
| 5 | ≥156 (=250) | >18 (>5.5) |
| 4 | 131-155 (210-249) | 13-18 (4.0-5.5) |
| 3 | 111-130 (178-209) | 9-12 (2.7-3.7) |
| 2 | 96-110 (154-177) | 6-8 (1.8-2.4) |
| 1 | 74-95 (119-153) | 4-5 (1.2-1.5) |
| Additional classifications | | |
| Tropical storm | 39-73 (63-117) | 0-3 (0-0.9) |
| Tropical depression | 0-38 (0-62) | 0 (0) |

Gambar.2.5 Tabel pembagian kategori TS dari klasifikasi Saffir – Simpson
Sumber: http://en.wikipedia.org/wiki/Saffir-Simpson_Hurricane_Scale

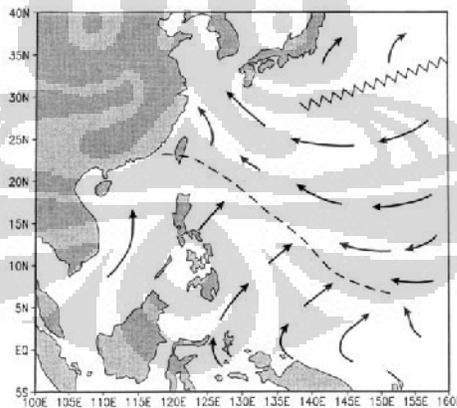
(Harr, 2009) menambahkan bahwa umumnya pergerakan TS menuju ke arah lintang menengah/ *midlatitude* disertai dengan berkurangnya intensitas TS itu sendiri.

2.2.4 Kondisi Dinamika Atmosfer pada Siklon Tropis

(Gray, 1979) mengatakan bahwa terdapat dua faktor dinamis yang berperan penting dalam pembentukan TS, antara lain; vortisitas relatif atmosfer lapisan 850 hPa, serta *shear* angin vertikal yang didapat dari perbedaan angin lapisan 200 dan 850 hPa. Kedua parameter dinamis tadi kemudian menjadi faktor dalam penguatan aktifitas TS di wilayah Samudera Pasifik Barat Laut selama tahun EM (Pradhan, 2011).

Selain itu menurut *Miller, 1967*, sistem Hurricane (TS dengan intensitas paling tinggi) yang sudah matang menunjukkan sirkulasi siklonik yang sangat *intense* pada lapisan bawah dan melemah seiring dengan bertambahnya ketinggian, hingga akhirnya berlawanan arah pada lapisan teratas sebagai sirkulasi antisiklonik. (*Shepperd, 2007*) menambahkan bahwa sebagaimana massa udara yang berputar ke atas pada area pusat TS, kemudian menyebar kearah luar seiring dengan bertambahnya ketinggian (*divergensi*). Masih di bawah pengaruh gaya coriolis, sistem ini kemudian kehilangan vortisitas sikloniknya dan kemudian menjadi vortisitas antisiklonik pada lapisan atas. Kondisi *divergensi* pada lapisan atas juga didukung oleh *Evans, 1996* yang menuliskan pergerakan udara secara *divergen* pada atmosfer lapisan atas sebagai salah satu syarat kondisi lingkungan untuk pembentukan TS.

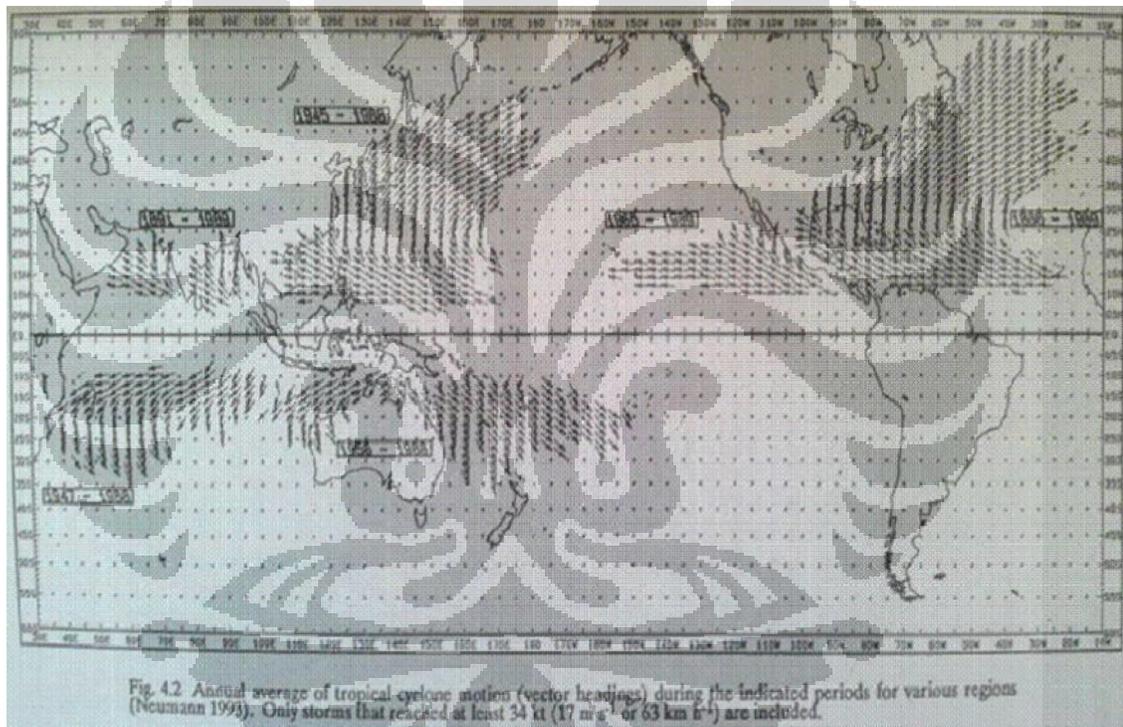
(*Lander, 1996*) menyimpulkan bahwa sirkulasi angin di atmosfer lapisan bawah pada skala yang luas di wilayah Samudera Pasifik Barat Laut, dapat ditunjukkan dengan keberadaan angin Barat Daya-an pada lapisan bawah, *monsoon trough, subtropical ridge*.



Gambar. 2.6 Monsoon trough ditunjukkan dengan garis putus – putus, dan subtropical ridge ditunjukkan dengan garis zigzag. Arah massa udara ditunjukkan dengan panah
Sumber: *Lander, 1995*

2.2.5 Kondisi Dinamika Laut pada Siklon Tropis

Pada penjelasan sebelumnya, (Gray, 1968) dan (Palmen, 1956) sama – sama mendukung teori yang menyatakan bahwa syarat pembentukan TS adalah pada wilayah perairan dengan SST > 26°C. Pradhan, 2011, mengungkapkan bahwa anomali SST yang hangat di wilayah Pasifik Ekuator bagian Tengah dan Pasifik Ekuator bagian Barat kemudian juga menyebabkan bertambahnya kondisi basah untuk pergerakan Typhoon ke arah Utara.



Gambar.2.7 Pergerakan rata – rata TS (dengan arah panah) pada musim TS di masing – masing region (Neumann 1993). TS yang dimaksud adalah TS dengan kecepatan angin > 33 kts (17ms⁻¹ atau 63kmjam⁻¹)

Sumber: Elsberry, 1995

Gambar.2.7 memperlihatkan bahwa TS yang terjadi di Samudera Pasifik Barat Laut bergerak dari Timur menuju ke Barat hingga Barat Laut dan Berbelok ke arah Timur Laut di Perairan sebelah Timur Taiwan. Hal ini menunjukkan rata – rata

TS memulai tahap pertumbuhan/ *genesis* di Samudera Pasifik Tengah bagian Barat, pada batas 170°BT.

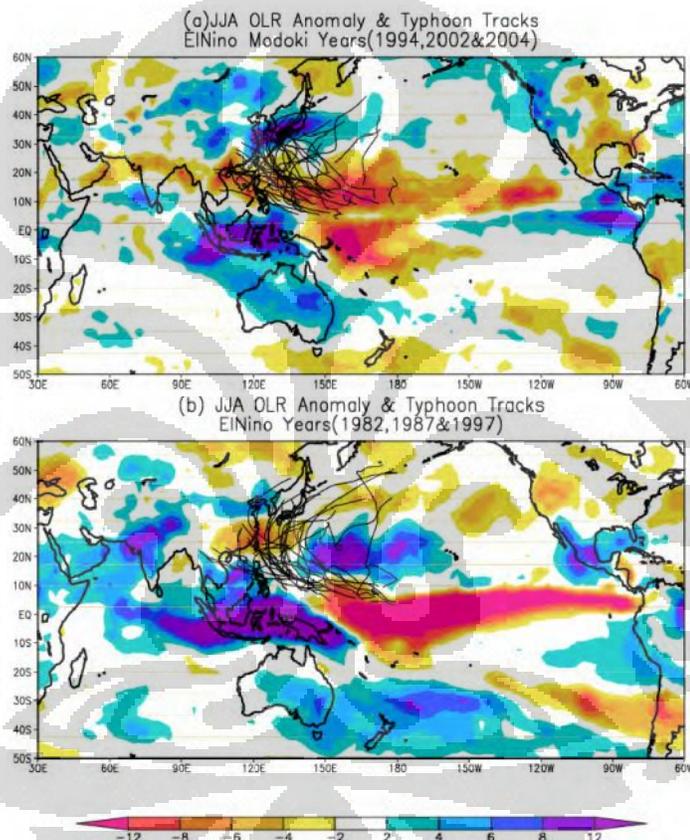
Dalam penelitian yang dilakukan oleh Webster pada tahun 2005, menyimpulkan bahwa kejadian meningkatnya SST secara global di wilayah tropis sebesar 0.5°C (data tahun 1970 – 2004), tidak dibarengi dengan tren meningkatnya jumlah TS dan *hurricane*, kecuali pada *basin* Atlantik Utara, dimana terjadi peningkatan secara signifikan baik jumlah kejadian dan intensitas TS dan *hurricane*. Sehingga dihasilkan nilai korelasi yang rendah antara jumlah TS dengan peningkatan SST di basin yang mengalami peningkatan SST.

2.3 Teori Kaitan Antara El Nino Modoki dan El Nino terhadap Siklon Tropis

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang membahas mengenai kaitan antara EM dengan kejadian TS di beberapa wilayah perairan, antara lain di Samudera Atlantik, Laut Karibia dan Samudera Pasifik Barat Laut. Pada tahun 2007, Karumuri Ashok menyebutkan bahwa dibandingkan dengan El Nino, siklus EM dapat memicu lebih banyak badai di pesisir dan daratan di teluk Meksiko dan Karibia Barat dibandingkan biasanya, begitu juga badai tropis di Karibia dan Atlantik. Selain itu EM juga mengakibatkan beberapa wilayah menjadi kering bukannya basah, sebagai contoh adalah wilayah Amerika Barat. Ia juga menyatakan bahwa: Kejadian EM rupanya memberi pengaruh terhadap penguatan aktifitas TS *phaselocked* musiman di wilayah ini (Pasifik Barat Laut), dan memberikan dampak pada penambahan curah hujan yang tidak biasa yang terbentuk hingga menuju wilayah Pasifik Tropis bagian Tengah.

(Pradhan, 2011) menyebutkan bahwa proses konveksi bertambah di benua maritim bagian Barat dan Tengah ketika tahun EM. Terlihat pula adanya sirkulasi

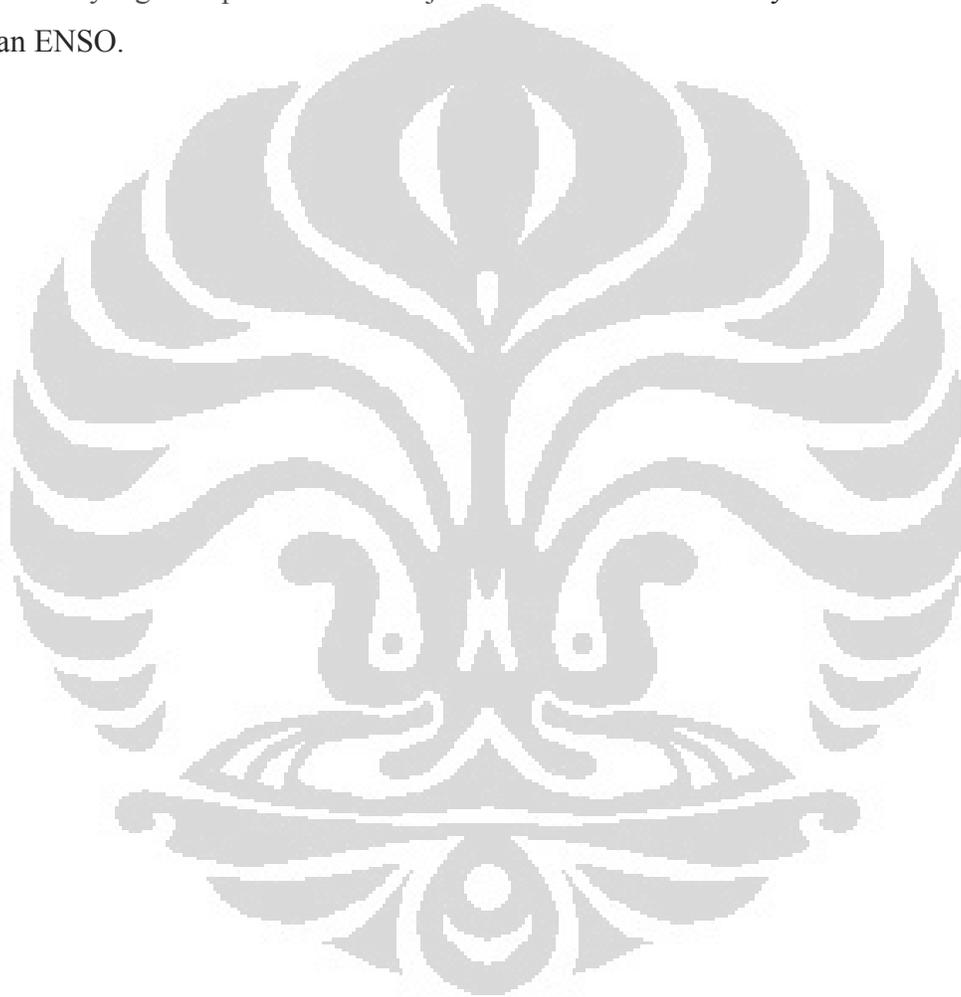
siklonik yang teratur pada skala luas dan tidak biasa yang menuju ke arah Utara, di sepanjang laut Cina Selatan, Taiwan dan Filipina, yang diikuti dengan sirkulasi antisiklonik di arah Utara di sekitar Jepang. Ia menambahkan pula, sirkulasi siklonik lebih mengarah ke Samudera Pasifik bagian Tengah pada tahun El Nino, dimana mencapai intensitas maksimum di wilayah ekuator pada sabuk 10°LU hingga 10°LS.



Gambar.2.8 Anomali OLR (Outgoing Longwave Radiation) pada JJA (Juni Juli Agustus) dan peta lintasan Typhoon pada: Tahun EM (1994, 2002&2004) (atas), dan tahun EL Nino (1982, 1987&1997) (bawah)
Sumber: Ashok, 2007

Dari Gambar.2.8 menunjukkan bahwa frekuensi Typhoon (TS dengan intensitas tidak kurang dari 64 knot atau 118 km/jam) pada tahun EM lebih tinggi dibandingkan pada tahun El Nino.

Sementara hasil penelitian (Chan, 1985) menyimpulkan bahwa nilai SOI negative yang melebar (misalnya; pada saat fase ENSO hangat) cenderung untuk diikuti dengan pengurangan secara keseluruhan jumlah TS di sepanjang Pasifik Barat Laut pada tahun tersebut. Namun demikian, (Lander, 1994) hanya menemukan korelasi yang cukup rendah antara jumlah TS tahunan di wilayah basin Pasifik Utara dan ENSO.



3. METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Teoritis

3.1.1 Alur Pikir

Penelitian ini diawali dengan pengambilan data, kemudian dilakukan 3 (tiga) tahap analisis, yaitu analisis statistik, analisis dinamika atmosfer dan analisis dinamika laut, yang digambarkan dengan Gambar.3.1, dengan penjelasan sebagai berikut:

a. Analisis statistik:

Dari masing – masing kejadian TS yang diperoleh dari data reanalisis TS, dipilih nilai intensitas maksimum (MAX), intensitas rata – rata (MEAN) dan durasi kejadian (FREK). Dilakukan perhitungan korelasi dan Uji t untuk memperoleh tingkat hubungan dan signifikansi, serta dibuat grafik MAX, MEAN dan FREK bulanan dan tahunan dan diamati pola/tren terhadap indeks EMI dan NINO untuk mengetahui kesamaan pola.

b. Analisis dinamika atmosfer:

Dari data reanalisis angin 850 dan 200 hPa, dibuat peta curl, divergensi dan shear pada masing – masing sampel TS yang telah dipilih. Dan dari peta tersebut kemudian dianalisis kondisi dinamika atmosfernya, yaitu nilai vortisitas, panjang trough, nilai divergensi, serta nilai shear.

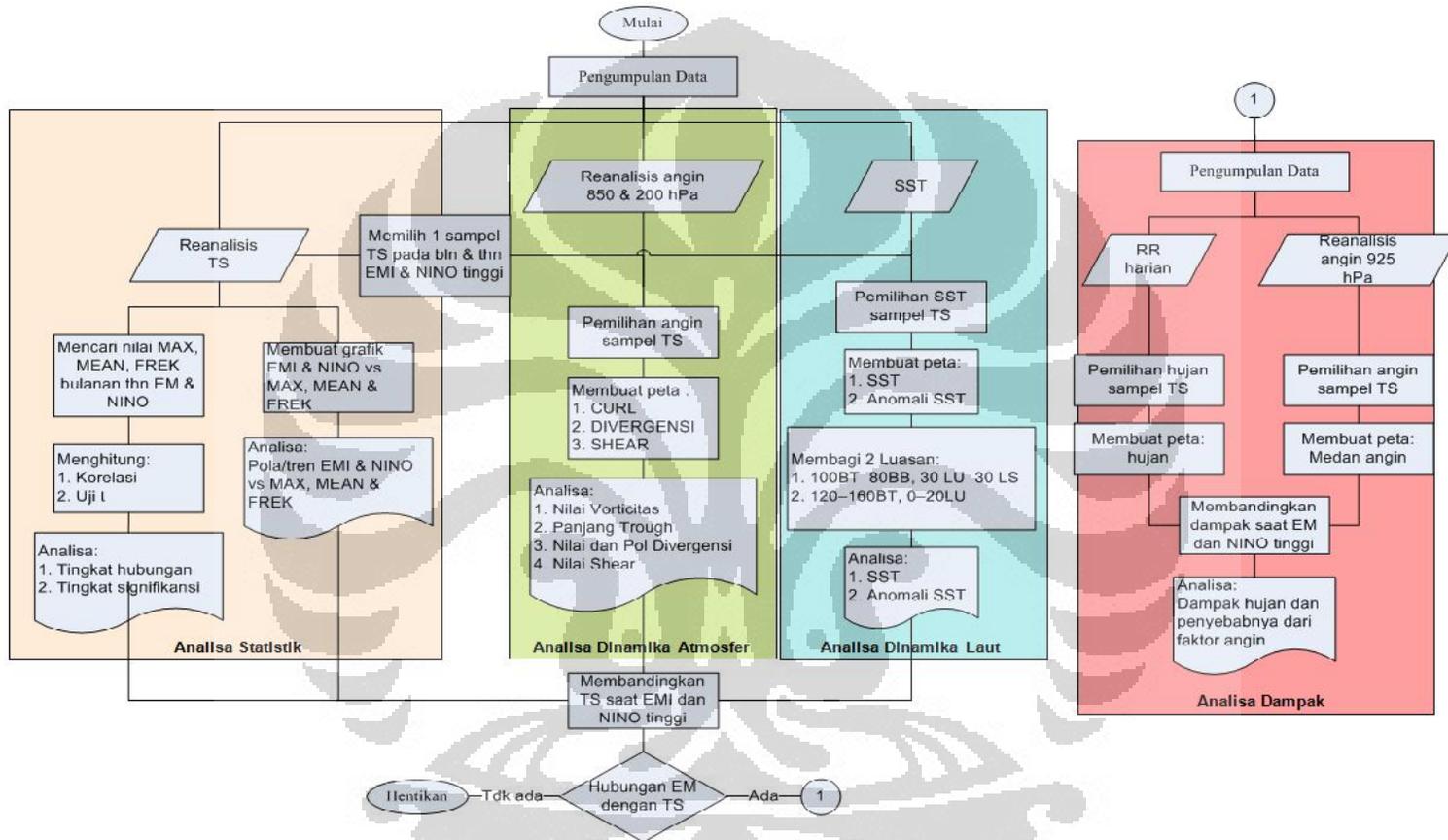
c. Analisis dinamika laut:

Dibuat peta SST dan anomali SST untuk masing – masing sampel TS dengan menggunakan data reanalisis SST. Peta dibagi dalam 2 (dua) luasan, yaitu luasan I dan luasan II. Luasan I mencakup seluruh wilayah Samudera Pasifik, sedangkan luasan II mencakup wilayah penelitian. Luasan I digunakan untuk mengidentifikasi saat pertumbuhan TS dan luasan II untuk mengidentifikasi TS saat matang dan menjelang punah.

Masing – masing analisis dilakukan perbandingan pada saat tahun EM dan tahun El Nino untuk mengetahui perbedaannya. Jika diperoleh hasil bahwa terdapat perbedaan karakteristik TS antara tahun EM dan EL Nino, dan didapati pengaruh kondisi EM terhadap pertumbuhan TS, maka dilakukan analisis selanjutnya, yaitu analisis dampak di wilayah Indonesia.

d. Analisis dampak:

Dibuat peta curah hujan dan peta medan angin lapisan 925 hPa dari data RR harian dan data reanalisis angin 925 hPa. Kemudian diidentifikasi dampak dengan membandingkan curah hujan tinggi (>50 mm/hari) dengan tarikan angin, untuk mengetahui apakah hujan tinggi tersebut memang benar merupakan dampak dari kejadian TS, dari sistem konvergensi, ataupun shear vertikal.



Gambar.3.1 Alur Pikir Penelitian

Keterangan Gambar.3.1:

- TS : Siklon Tropis
- EM : Elnino Modoki
- EMI : Elnino Modoki Index/ Indeks EM
- NINO : Indeks La Nina (NINO3, NINO3.4, NINO4, NINO1+2)
- FREK : Durasi hari kejadian TS
- MAX : Intensitas maksimum TS
- MEAN : Intensitas rata – rata TS
- SST : *Sea Surface Temperature*/ Suhu muka laut
- RR : Curah hujan

3.1.2 Pendekatan Studi

Pendekatan dalam melakukan penelitian ini adalah dengan melakukan pendekatan deskriptif. Dimana peneliti berusaha menggambarkan dan menginterpretasi objek, yaitu pengaruh EM terhadap karakteristik TS, dan juga dilakukan pengembangan teori yang ada yang telah memiliki validitas universal. Pendekatan lain yang dilakukan adalah pendekatan komparitas, dengan membandingkan karakteristik TS pada saat tahun EM dengan pada saat tahun El Nino.

3.1.3 Variabel Penelitian

1. Variabel EM dan El Nino

EMI (*El Nino Modoki Index*) digunakan untuk menunjukkan tingkat kekuatan kondisi EM. Sedangkan untuk menunjukkan kekuatan tahun El Nino digunakan data indeks NINO3, NINO3.4, NINO1+2 dan NINO4, yang mana kemudian dalam penelitian ini penamaan indeks tersebut disederhanakan menjadi NINO.

2. Variabel TS

Variabel TS dibagi ke dalam 3 (tiga) analisis, sebagai berikut:

a. Variable analisis statistik

- MAX : menunjukkan durasi kejadian TS
- MEAN : menunjukkan intensitas rata – rata kejadian TS
- FREK : menunjukkan intensitas maksimum kejadian TS

Dalam analisis statistik, nilai MAX, MEAN dan FREK dibagi menjadi dua klasifikasi, yaitu klasifikasi tahunan dan klasifikasi bulanan. Klasifikasi tahunan dilakukan dengan mengambil nilai intensitas maksimum dan rata – rata tertinggi, serta durasi TS tertinggi dalam kurun waktu 1 tahun selama tahun 1982 – 2004 (berdasarkan teori tahun EM yang telah ada). Klasifikasi tahunan ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik TS tiap tahunnya.

Sedangkan klasifikasi bulanan dilakukan dengan menghitung nilai intensitas maksimum dan rata – rata tertinggi, serta durasi TS tertinggi tiap bulannya pada tahun EM dan tahun El Nino.

b. Variabel analisis dinamika atmosfer

- Vorticitas/*curl* : menunjukkan kekuatan naik massa udara
- Panjang *trough* : menunjukkan luasan sistem TS
- Divergensi : menunjukkan kekuatan TS hingga lapisan atas
- *Shear* vertikal : menunjukkan pertumbuhan TS secara vertikal

Vorticitas/*curl*, panjang *trough*, divergensi dan *shear* vertikal dihitung tiap kejadian TS pada masing – masing sampel TS di tahun EM dan El Nino.

c. Variabel analisis dinamika laut

- SST : menunjukkan suhu muka laut
- ANOM : menunjukkan anomali suhu muka laut (perbedaan suhu muka laut dengan kondisi klimatologisnya)

SST dan ANOM diamati pada tiap bulan kejadian sampel TS di tahun EM dan El Nino.

3. Variabel dampak TS

Variabel dampak TS yang digunakan adalah akumulasi curah hujan harian, yang kemudian diidentifikasi dengan medan angin lapisan 925hPa/ 3000 feet.

3.2 Data dan Perangkat

3.2.1 Data

1. Data TS

Data TS di Samudera Pasifik Barat Laut diperoleh dari *Regional Specialized Meteorological Center (RSMC) Tokyo*, yang diakses melalui RSMC *best track* data dari website www.jma.go.jp. Data TS yang diambil adalah data tahun 1982 – 2010.

2. Data EM

Data EM yang digunakan adalah data analisis EMI bulanan dari tahun 1982 – 2010, yang diperoleh dari website *Japan Agency for Marine – Earth Science and Technology Tokyo*, www.jamstec.go.jp

3. Data El Nino

Data yang digunakan adalah data dari tahun 1982 – 2010 untuk indeks bulanan NINO (NINO3, NINO3.4, NINO1+2 dan NINO4) diperoleh dari *Climate Prediction Center (CPC), National Centers for Environmental Prediction (NCEP), National Oceanic and Atmosphere Administration (NOAA) Amerika*. Diakses gratis melalui situs www.cpc.ncep.noaa.gov

4. Data unsur dinamika atmosfer

Data unsur dinamika atmosfer yang digunakan adalah data angin tiap lapisan signifikan (terutama lapisan 925, 850 dan 200 hPa), dari data *reanalysis* angin dari tahun 1982, 1983, 1986, 1987, 1990, 1991, 1992, 1994, 1997, 2002 dan 2004. Ditambahkan data tahun 2006 untuk lapisan 925 hPa sebagai pembandingan dampak pada saat tahun

El Nino. Data diperoleh dari *Earth System Research Laboratory* (ESRL), *National Oceanic and Atmosphere Administration* (NOAA) Amerika. Sedangkan dataset yang digunakan adalah data NCEP/NCAR *reanalysis multilevel*. data diperoleh dengan mengakses gratis di situs www.esrl.noaa.gov.

5. Data unsur dinamika laut

Data unsur dinamika laut yang digunakan adalah data SST dan anomali SST, yaitu NOAA *Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (SST) V3b*, yang diperoleh dari *Earth System Research Laboratory* (ESRL), *National Oceanic and Atmosphere Administration* (NOAA) Amerika. Diakses gratis dari situs www.esrl.noaa.gov, untuk data tahun 1982, 1983, 1986, 1987, 1990, 1991, 1992, 1994, 1997, 2002 dan 2004.

6. Data curah hujan

Data curah hujan yang digunakan untuk mengetahui dampak TS adalah data akumulasi hujan harian dari *Tropical Rainfall Measuring System* (TRMM) yang validitasnya telah teruji oleh banyak penelitian – penelitian sebelumnya. Tipe data yang digunakan adalah tipe 3B42, data TRMM bulanan yang demerger dengan estimasi – estimasi yang berasal dari sumber lainnya, dengan lebar grid 0.25 x 0.25 derajat. Data yang digunakan adalah data tahun 2002 dan 2004, yang merupakan tahun EM, sebagai tambahan pembandingan dengan tahun EL Nino digunakan data tahun 2006.

3.2.2 Perangkat

Perangkat yang dimaksud adalah perangkat lunak, dimana dalam penelitian ini digunakan beberapa macam perangkat lunak untuk masing – masing analisis, diantaranya:

1. Analisis statistik:

Digunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2007 dan MATLAB versi 7.0 dalam melakukan manipulasi data dan *interface* untuk menampilkan hasil olahan data berupa grafik

2. Analisis dinamika atmosfer:

Digunakan perangkat lunak GRADS versi 2.0 untuk menampilkan analisis unsur – unsur dinamis yang menjadi faktor pendukung terbentuknya TS

3. Analisis dinamika laut:

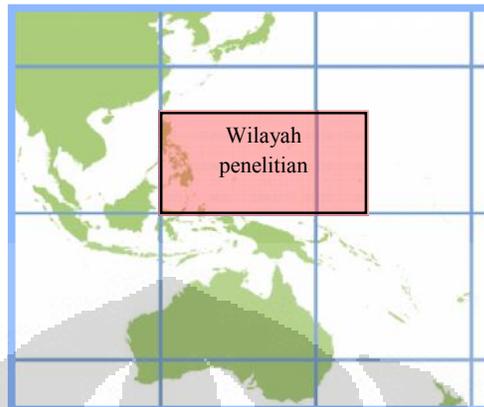
Digunakan perangkat lunak GRADS versi 2.0 untuk menampilkan analisis unsur – unsur laut yang menjadi faktor pendukung terbentuknya TS

4. Analisis dampak TS:

Digunakan perangkat lunak GRADS versi 2.0 untuk menampilkan daerah curah hujan tinggi, yang menjadi dampak dari kejadian TS yang dipengaruhi EM.

3.2.3 Lingkup Penelitian

Wilayah penelitian adalah di sekitar Samudera Pasifik Barat Laut, pada koordinat 120°–160°BT, ekuator – 20°LU. Alasan dipilihnya koordinat tersebut adalah karena wilayah tersebut merupakan wilayah Samudera Pasifik Barat Laut yang paling dekat dengan Indonesia dan seringkali TS terjadi di wilayah tersebut, yang kemudian memberikan dampak terhadap kondisi cuaca ekstrim di Indonesia, khususnya terhadap kondisi curah hujan tinggi.



Gambar.3.2 Wilayah domain penelitian

3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dalam beberapa tahap, tahap utama dan tahap analisis.

1. Tahap utama

a. Pemilihan tahun EM dan El Nino

Tahun EM dan El Nino dipilih berdasarkan tahun dengan nilai EMI dan NINO3, NINO3.4, NINO1+2 dan NINO4 tertinggi selama tahun 1982 hingga 2009. Selain itu juga dipilih berdasar pada teori dari penelitian – penelitian sebelumnya.

b. Pemilihan data TS

TS yang dipilih memiliki persyaratan berikut:

- Memiliki kecepatan angin di dekat pusat sistem minimal 34 knots
- Berada pada lintasan 120 – 160°BT dan 0 – 20°LU

2. Tahap analisis

Dalam tahap ini dilakukan pengolahan data TS berdasarkan masing – masing analisis, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Analisis statistik

- Teori tahun EM diuji dengan mengplot *time series* nilai EMI bulanan dari tahun 1986, dan dibandingkan tingkat kekuatannya untuk menguji teori tahun EM yang telah ada.
- Data TS dipilih sesuai dengan tahun EM dan tahun El Nino
- Dilakukan perhitungan korelasi dan uji t, untuk mencari tingkat hubungan dan signifikansi

Rumus yang digunakan dalam perhitungan koefisien korelasi adalah:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 y^2}} \quad (3.1)$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{r\sqrt{1-r^2}} \quad (3.2)$$

Keterangan:

n= jumlah data

r = nilai koefisien korelasi

x = nilai variabel bebas

y = nilai variabel terikat

t = nilai uji t

Untuk mengetahui tingkat hubungan antara variabel – variabel dalam analisis statistik, maka dilakukan pengecekan tingkat hubungan dengan berdasar pada Tabel 3.1:

Tabel 3.1 Pedoman interpretasi terhadap koefisien korelasi (Sugiyono, 2000)

| Interval Koefisien | Tingkat Hubungan |
|--------------------|------------------|
| 0.00 – 0.199 | Sangat rendah |
| 0.20 – 0.399 | Rendah |
| 0.40 – 0.599 | Sedang |
| 0.60 – 0.799 | Kuat |
| 0.80 – 1.000 | Sangat kuat |

Sedangkan untuk mengetahui tingkat signifikansi antar variabel, dilakukan perbandingan antara Uji t yang telah dihitung dengan tabel Uji t (Lampiran I).

- Dilakukan pengeplotan masing – masing karakteristik TS (nilai MAX, MEAN dan FREK) dengan EMI, yang dibandingkan dengan karakteristik TS dengan El Nino. Kemudian dicari kesamaan pola/ tren-nya.

b. Analisis dinamika atmosfer

Analisis dinamika atmosfer dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- Melakukan pengeplotan data angin lapisan 850 – 200hPa pada masing – masing sampel terpilih, dan dilakukan perhitungan hingga ditampilkan unsur cuaca berikut:
 - o *Curl*/vorticitas lapisan 850hPa
 - o Divergensi lapisan 200hPa
 - o *Shear* vertikal lapisan 850 – 200hPa
- Menganalisis hasil pengeplotan unsur – unsur di atas hingga didapat beberapa analisis dinamika atmosfer sebagai berikut:
 - o Nilai vorticitas/*curl*

- Panjang *trough*
- Nilai divergensi
- *Shear* vertikal

Rumus vorticitas/*curl* dan divergensi adalah:

$$\text{Vorticitas}/\text{curl} \text{ (s}^{-1}\text{)} : \quad \zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \quad (3.3)$$

$$\text{Divergensi (s}^{-1}\text{)} : \quad \text{div}_H \bar{v} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \quad (3.4)$$

Panjang *trough* dalam ° (derajat), sedangkan *shear* vertikal dalam knots. Membandingkan hasil analisis dinamika atmosfer pada TS tahun EM dengan tahun El Nino.

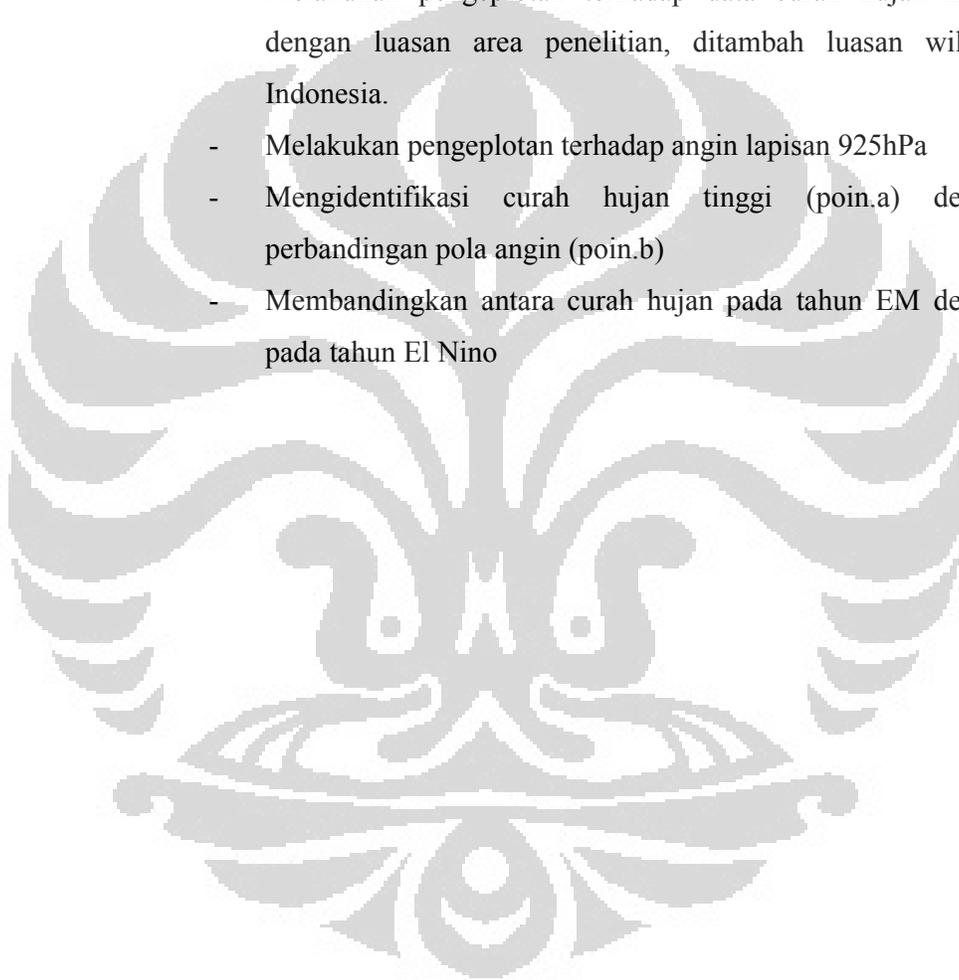
c. Analisis dinamika laut

- Melakukan pengeplotan data rata – rata bulanan SST dan anomali SST pada bulan – bulan sampel TS terpilih
- Pengeplotan dilakukan pada dengan membagi area ke dalam 2 (luasan), antara lain:
 - Luasan I: area 100°BT – 80°BB, 30°LU – 30°LS, namun pada wilayah ini penelitian hanya berkonsentrasi di bagian Timur saja (Pasifik Ekuator bagian Tengah)
 - Luasan II: area penelitian, 120 – 160°BT, 0 – 20°LU
- Menganalisis peta SST dan anomali SST pada luasan I dan luasan II
- Membandingkan hasil analisis dinamika laut pada TS tahun EM dengan tahun El Nino.

d. Analisis Dampak

Analisis dampak TS dilakukan terhadap akumulasi curah hujan pada saat kejadian TS di sekitar wilayah Indonesia, kemudian membandingkan antara dampak TS pada tahun EM dengan tahun El Nino, dengan tahapan sebagai berikut:

- Melakukan pengeplotan terhadap data curah hujan harian dengan luasan area penelitian, ditambah luasan wilayah Indonesia.
- Melakukan pengeplotan terhadap angin lapisan 925hPa
- Mengidentifikasi curah hujan tinggi (poin.a) dengan perbandingan pola angin (poin.b)
- Membandingkan antara curah hujan pada tahun EM dengan pada tahun El Nino

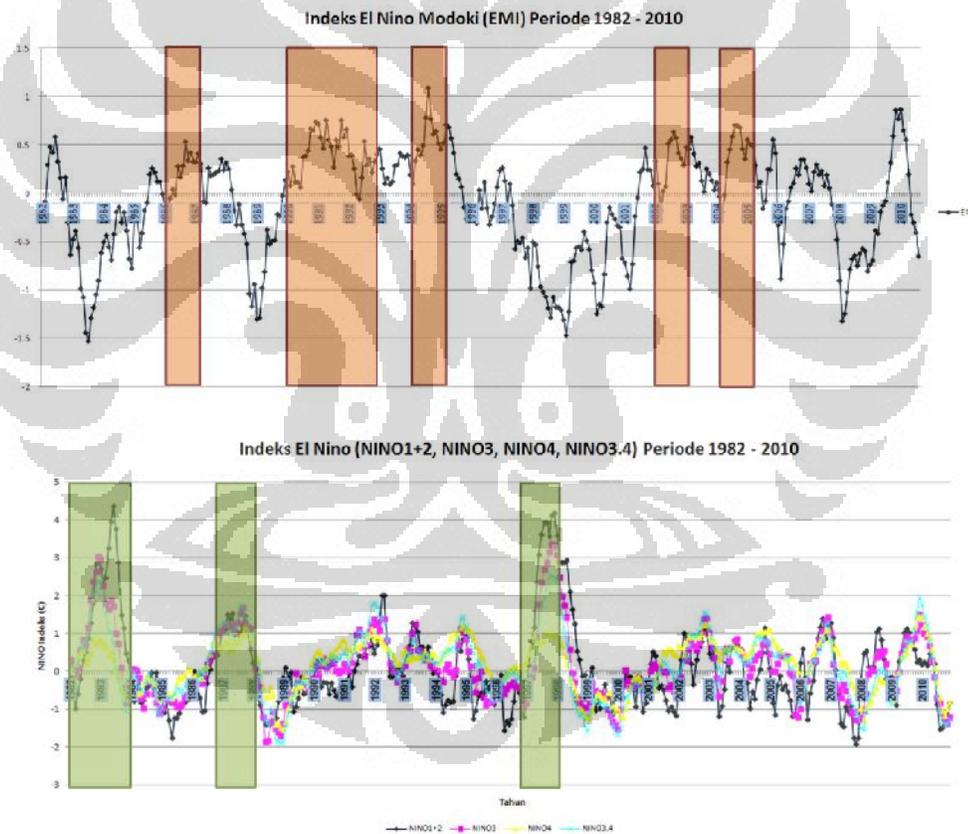


4. PEMBAHASAN

4.1 Tahap Utama

4.1.1 Pemilihan Tahun EM dan El Nino

Dalam pemilihan tahun EM dan El Nino, selain mendasarkan pada teori dari penelitian – penelitian sebelumnya, dilakukan juga pengujian dengan mengplot indeks EMI dan NINO dari tahun 1982 hingga 2010 ke dalam grafik dan kemudian dipilih tahun – tahun dengan nilai EMI dan NINO yang tinggi.



Gambar 4.1 Grafik Indeks El Nino Modoki (EMI) tahun 1982 – 2010 dengan daerah arsir merah menunjukkan tahun EM (atas), Indeks NINO tahun 1982 – 2010 dengan daerah arsir hijau menunjukkan tahun El Nino(bawah)

Dari grafik di atas diperoleh kesamaan dengan penelitian terdahulu, bahwa tahun EM adalah tahun 1986, 1990, 1991, 1992, 1994 dan 2004 (Ashok, -). Tahun 2010 sebenarnya merupakan tahun dengan EMI tinggi, namun dikarenakan belum ada data *best track/ reanalysis* TS tahun 2010, maka analisis TS pada tahun EM 2010 tidak dibahas dalam penelitian ini. Sementara itu tahun El Nino dipilih tahun 1982, 1983, 1987 dan 1997 (Ashok, -). Tahun 1992 menunjukkan indeks NINO yang cukup signifikan tinggi, namun tidak dipilih dikarenakan untuk mempermudah perbandingan tahun EM dan El Nino berdasarkan pada pemilihan tahun EM dan El Nino dari penelitian – penelitian terdahulu.

4.1.2 Pemilihan data TS

Dalam melakukan analisis dinamika atmosfer TS pada tahun EM dan kemudian dibandingkan dengan tahun El Nino, dilakukan terlebih dahulu pemilihan sampel TS sebanyak 1 (satu) kejadian TS pada masing – masing tahun EM dan El Nino. Dalam pemilihan sampel TS tersebut, dipilih terlebih dahulu bulan – bulan dengan nilai EMI tertinggi pada tahun – tahun EM, dengan memperhatikan Tabel 4.7:

Tabel 4.1 Pemilihan bulan sampel TS pada tahun EM

| TAHUN | BULAN | EMI | RATE | TAHUN | BULAN | EMI | RATE |
|-------|-------|--------------|----------|-------|-------|--------------|----------|
| 1986 | 1 | -0.161 | 12 | 1992 | 1 | 0.387 | 4 |
| | 2 | -0.137 | 11 | | 2 | 0.396 | 3 |
| | 3 | -0.051 | 10 | | 3 | 0.253 | 8 |
| | 4 | 0.040 | 8 | | 4 | -0.013 | 11 |
| | 5 | -0.016 | 9 | | 5 | -0.058 | 12 |
| | 6 | 0.276 | 6 | | 6 | 0.162 | 10 |
| | 7 | 0.164 | 7 | | 7 | 0.537 | 1 |
| | 8 | 0.281 | 5 | | 8 | 0.288 | 7 |
| | 9 | 0.532 | 1 | | 9 | 0.359 | 5 |
| | 10 | 0.340 | 3 | | 10 | 0.213 | 9 |
| | 11 | 0.420 | 2 | | 11 | 0.327 | 6 |
| | 12 | 0.326 | 4 | | 12 | 0.403 | 2 |

| | | | | | | | | |
|------|----|-----------|--------------|------|----------|--------------|----------|---|
| 1990 | 1 | 0.222 | 8 | 1994 | 1 | 0.189 | 11 | |
| | 2 | 0.079 | 11 | | 2 | 0.098 | 12 | |
| | 3 | 0.273 | 7 | | 3 | 0.336 | 10 | |
| | 4 | 0.114 | 9 | | 4 | 0.450 | 8 | |
| | 5 | 0.113 | 10 | | 5 | 0.391 | 9 | |
| | 6 | 0.059 | 12 | | 6 | 0.494 | 7 | |
| | 7 | 0.373 | 6 | | 7 | 0.782 | 2 | |
| | 8 | 0.384 | 5 | | 8 | 1.086 | 1 | |
| | 9 | 0.442 | 4 | | 9 | 0.769 | 3 | |
| | 10 | 0.666 | 2 | | 10 | 0.610 | 5 | |
| | 11 | 0.648 | 3 | | 11 | 0.642 | 4 | |
| | | 12 | 0.738 | | 1 | 12 | 0.514 | 6 |
| 1991 | 1 | 0.716 | 3 | 2002 | 1 | 0.332 | 7 | |
| | 2 | 0.574 | 6 | | 2 | 0.101 | 9 | |
| | 3 | 0.464 | 11 | | 3 | -0.179 | 12 | |
| | 4 | 0.754 | 1 | | 4 | 0.019 | 11 | |
| | 5 | 0.556 | 7 | | 5 | 0.070 | 10 | |
| | 6 | 0.482 | 9 | | 6 | 0.514 | 4 | |
| | 7 | 0.268 | 12 | | 7 | 0.553 | 3 | |
| | 8 | 0.552 | 8 | | 8 | 0.632 | 1 | |
| | 9 | 0.478 | 10 | | 9 | 0.572 | 2 | |
| | | 10 | 0.753 | | 2 | 10 | 0.416 | 5 |
| | | 11 | 0.577 | | 5 | 11 | 0.363 | 6 |
| | | 12 | 0.660 | | 4 | 12 | 0.286 | 8 |

Sedangkan dalam melakukan pemilihan TS pada tahun El Nino, dipilih terlebih dahulu bulan – bulan dengan nilai NINO3.4, NINO3, NINO4 dan NINO1.2 tertinggi, dengan memperhatikan Tabel 4.8 berikut:

Tabel 4.2 Pemilihan bulan sampel TS pada tahun El Nino

| TAHUN | BULAN | NINO3.4 | NINO4 | NINO3 | NINO1.2 | ΣNINO | RATE |
|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|------|
| 1982 | 1 | 0.14 | 0.03 | 0.3 | -0.18 | 0.29 | 9 |
| | 2 | -0.02 | -0.04 | 0.17 | -0.49 | -0.38 | 11 |
| | 3 | 0.13 | 0.19 | -0.07 | -0.98 | -0.73 | 12 |
| | 4 | 0.24 | 0.39 | 0.10 | -0.61 | 0.12 | 10 |
| | 5 | 0.65 | 0.52 | 0.56 | -0.21 | 1.52 | 8 |
| | 6 | 0.79 | 0.53 | 0.84 | 0.29 | 2.45 | 6 |
| | 7 | 0.54 | 0.22 | 0.68 | 0.52 | 1.96 | 7 |
| | 8 | 0.89 | 0.32 | 1.15 | 0.88 | 3.24 | 5 |
| | 9 | 1.50 | 0.47 | 1.88 | 1.27 | 5.12 | 4 |
| | 10 | 2.04 | 0.86 | 2.37 | 1.81 | 7.08 | 3 |
| | 11 | 2.11 | 0.73 | 2.63 | 2.83 | 8.3 | 2 |

| | | | | | | | |
|------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| 1982 | <u>12</u> | <u>2.37</u> | <u>0.79</u> | <u>3.02</u> | <u>2.98</u> | <u>9.16</u> | <u>1</u> |
| | 1 | 2.37 | 0.81 | 2.95 | 2.71 | 8.84 | 1 |
| | 2 | 2.01 | 0.73 | 2.26 | 2.32 | 7.32 | 3 |
| | 3 | 1.53 | 0.64 | 1.78 | 2.48 | 6.43 | 5 |
| | 4 | 1.07 | 0.42 | 1.63 | 3.25 | 6.37 | 6 |
| | 5 | 1.05 | 0.51 | 1.87 | 3.95 | 7.38 | 2 |
| 1983 | 6 | 0.74 | 0.31 | 1.72 | 4.36 | 7.13 | 4 |
| | <u>7</u> | <u>0.07</u> | <u>0.03</u> | <u>1.01</u> | <u>3.75</u> | <u>4.86</u> | <u>7</u> |
| | 8 | -0.24 | -0.14 | 0.72 | 2.87 | 3.21 | 8 |
| | 9 | -0.52 | -0.46 | 0.09 | 1.49 | 0.6 | 9 |
| | 10 | -0.89 | -0.59 | -0.46 | 1.15 | -0.79 | 10 |
| | 11 | -1.06 | -0.73 | -0.86 | 0.47 | -2.18 | 12 |
| | 12 | -0.75 | -0.59 | -0.63 | 0.29 | -1.68 | 11 |
| | 1 | 1.27 | 0.65 | 1.09 | 1.07 | 4.08 | 10 |
| | 2 | 1.29 | 0.74 | 1.23 | 1.1 | 4.36 | 7 |
| | 3 | 1.26 | 0.77 | 1.26 | 1.51 | 4.8 | 4 |
| | 4 | 1.02 | 0.58 | 1.2 | 1.38 | 4.18 | 9 |
| | 5 | 0.93 | 0.55 | 1.19 | 1.53 | 4.20 | 8 |
| 1987 | 6 | 1.14 | 0.77 | 1.04 | 0.97 | 3.92 | 11 |
| | 7 | 1.42 | 0.76 | 1.30 | 1.03 | 4.51 | 6 |
| | 8 | 1.73 | 0.91 | 1.53 | 0.91 | 5.08 | 3 |
| | 9 | 1.71 | 0.96 | 1.68 | 1.23 | 5.58 | 1 |
| | <u>10</u> | <u>1.43</u> | <u>1.17</u> | <u>1.25</u> | <u>1.47</u> | <u>5.32</u> | <u>2</u> |
| | 11 | 1.34 | 1.08 | 1.16 | 1.10 | 4.68 | 5 |
| | 12 | 1.03 | 0.9 | 1.12 | 0.60 | 3.65 | 12 |
| | 1 | -0.47 | 0.26 | -0.85 | -0.83 | -1.89 | 12 |
| | 2 | -0.28 | 0.45 | -0.60 | 0.16 | -0.27 | 11 |
| | 3 | -0.10 | 0.56 | -0.16 | 0.80 | 1.10 | 10 |
| | 4 | 0.31 | 0.94 | 0.07 | 1.17 | 2.49 | 9 |
| | 5 | 0.85 | 0.82 | 0.92 | 2.35 | 4.94 | 8 |
| 1997 | 6 | 1.33 | 0.70 | 1.76 | 3.08 | 6.87 | 7 |
| | 7 | 1.76 | 0.80 | 2.34 | 3.61 | 8.51 | 6 |
| | 8 | 1.94 | 0.82 | 2.69 | 3.94 | 9.39 | 5 |
| | 9 | 2.19 | 1.03 | 2.88 | 3.92 | 10.02 | 4 |
| | 10 | 2.50 | 1.00 | 3.15 | 3.57 | 10.22 | 3 |
| | <u>11</u> | <u>2.52</u> | <u>1.00</u> | <u>3.35</u> | <u>4.11</u> | <u>10.98</u> | <u>1</u> |
| | 12 | 2.48 | 0.93 | 3.32 | 4.18 | 10.91 | 2 |

Keterangan tabel:

RATE menunjukkan tingkat besarnya indeks EMI dan NINO pada suatu bulan dalam 1 (satu) tahun. Nilai yang ditebalkan dan digaris bawah merupakan bulan dengan RATE tertinggi untuk mendapatkan sampel TS. Misal: RATE = 2 pada tahun El Nino 1987 menunjukkan bahwa bulan 10 (Oktober) merupakan bulan dengan tingkat indeks NINO tertinggi ke-2 pada tahun 1987. Pada tahun ini tidak dipilih bulan dengan indeks NINO terbesar, RATE=1 (bulan September) dikarenakan tidak terdapat kejadian TS pada bulan tersebut.

Dari proses pemilihan bulan sampel TS pada tahun EM dan tahun El Nino (Tabel 4.1 dan 4.2), perlu diperhatikan bahwa pada tahun El Nino 1983 dan 1987 dipilih bulan dengan kemudian dilakukan pemilihan kembali untuk satu kejadian TS yang memiliki intensitas dan durasi yang cukup tinggi pada bulan – bulan terpilih. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

a. TS tahun EM

- 1986 : TS “BEN”
- 1990: TS “RUSS”
- 1991: TS “RUTH”
- 1992 : TS “ELI”
- 2002 : TS “DOUG”
- 2004 : TS “CHABA”

b. TS tahun El Nino

- 1982 : TS “PAMELA”
- 1983 : TS “WAYNE”
- 1987 : TS “LYNN”
- 1997 : TS “KEITH”

Dari keterangan Tabel 4.1 dan 4.2 (pemilihan satu sampel TS pada tahun EM dan El Nino), dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Penentuan TS pada Tabel 4.7 (tahun EM) dilakukan dengan memilih TS pada bulan dengan nilai EMI tertinggi (RATE = 1), kecuali pada tahun 1991 (dipilih TS pada bulan Oktober dengan RATE = 2). Dikarenakan TS dengan RATE = 1 (pada bulan April) tidak memiliki pertumbuhan TS yang signifikan
2. Tabel 4.8 menunjukkan bahwa pada tahun El Nino, pemilihan TS pada bulan dengan nilai NINO3.4, NINO4, NINO3 dan NINO12 tertinggi (RATE = 1) hanya untuk tahun 1982 dan 1997. Pada tahun 1983 TS dipilih bulan Juli (RATE = 7) dan tahun 1987 dipilih bulan Oktober (RATE = 2) dikarenakan tidak ada TS pada bulan – bulan dengan RATE = 1 di tahun tersebut.

4.2 Tahap Analisis

4.2.1 Analisis Statistik

Analisis statistik ditujukan untuk mencari hubungan dan tingkat signifikansi antara EM dengan TS, yang mana dilakukan dengan mencari nilai koefisien korelasi dan Uji t, serta diplot variabel – variabel EM, El Nino dengan TS hingga diperoleh perbandingannya.

4.2.1.1 Analisis Korelasi dan Uji t

Untuk menentukan hubungan antara EMI dengan karakteristik TS dalam hal ini intensitas dan durasi hidupnya, maka dilakukan perhitungan korelasi dan Uji t untuk menentukan tingkat hubungan dan signifikansi. Selain itu, dihitung juga hubungan antara NINO3, NINO1+2, NINO4 dan NINO3.4 dengan karakteristik TS sebagai perbandingan. Tabel 4.3 menunjukkan nilai koefisien korelasi antara EMI dan NINO dengan karakteristik TS, yaitu MEAN, MAX dan FREK.

Tabel 4.3 Nilai koefisien korelasi

| | Koefisien Korelasi (r) | | |
|----------|------------------------|--------|--------|
| | MEAN | MAX | FREK |
| EMI | 0.262 | 0.224 | 0.081 |
| NINO 3 | -0.134 | -0.238 | -0.325 |
| NINO 1+2 | 0.033 | -0.063 | -0.134 |
| NINO 4 | 0.074 | 0.109 | -0.353 |
| NINO 3.4 | -0.130 | -0.353 | -0.353 |

Dengan merujuk pada tabel tingkat hubungan variabel berdasarkan interval koefisien (Tabel 3.1), didapat tingkat hubungan masing – masing variabel yang tersaji pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Nilai tingkat koefisien korelasi

| | Koefisien Korelasi (r) | | |
|----------|------------------------|-------------------|-------------------|
| | MEAN | MAX | FREK |
| EMI | Rendah (+) | Rendah (+) | Sangat rendah (+) |
| NINO 3 | Sangat rendah (-) | Rendah (-) | Rendah (-) |
| NINO 1+2 | Sangat rendah (+) | Sangat rendah (-) | Sangat rendah (-) |
| NINO 4 | Sangat rendah (+) | Sangat rendah (+) | Rendah (-) |
| NINO 3.4 | Sangat rendah (-) | Rendah (-) | Rendah (-) |

Dari hasil Tabel 4.4, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan/ korelasi positif (+) pada nilai EMI terhadap nilai MEAN dan MAX, sedangkan terlihat hubungan yang sangat rendah pada nilai EMI terhadap nilai FREK. Untuk nilai NINO3, NINO1+2, NINO4 dan NINO3.4 meskipun beberapa hubungannya dengan MEAN, MAX dan FREK menunjukkan hubungan yang rendah, namun sifat hubungannya berbanding terbalik/ negatif (-). Untuk mengetahui signifikansi antara EMI dan NINO terhadap variabel karakteristik TS, maka dilakukan perhitungan Uji t yang menghasilkan nilai – nilai pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Nilai Uji t

| Uji t | | | |
|----------|---------|---------|---------|
| | MEAN | MAX | FREK |
| EMI | 0.04569 | 0.23167 | 0.29704 |
| NINO 3 | 0.29704 | 0.17732 | 0.20902 |
| NINO 1+2 | 0.23430 | 0.14645 | 0.26273 |
| NINO 4 | 0.35755 | 0.20738 | 0.17856 |
| NINO 3.4 | 0.32701 | 0.19215 | 0.19224 |

Untuk mengetahui taraf signifikansi antara masing – masing variabel, maka dilakukan perbandingan antara nilai Uji t didapat dengan tabel Uji t (Tabel 4.6). Pengujian dilakukan untuk 53 data dan 2 variabel, sehingga $df=53 - 2=51$, dan taraf/ tingkat signifikansi pengujian (α) = 5% atau 0.05. Dilakukan pengujian 2 (dua) arah, dengan alasan belum diketahuinya dengan pasti hubungan antara 2 variabel, sehingga tabel Uji t didapat nilai sebesar = 1.67412 (ditunjukkan dengan wilayah perpotongan garis merah).

Tabel 4.6 Tabel Uji t

| Pr df | 0.25 | 0.10 | 0.05 | 0.025 | 0.01 | 0.005 | 0.001 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0.50 | 0.20 | 0.10 | 0.050 | 0.02 | 0.010 | 0.002 |
| 41 | 0.68052 | 1.30254 | 1.68288 | 2.01954 | 2.42080 | 2.70118 | 3.30127 |
| 42 | 0.68038 | 1.30204 | 1.68195 | 2.01808 | 2.41847 | 2.69807 | 3.29595 |
| 43 | 0.68024 | 1.30155 | 1.68107 | 2.01669 | 2.41625 | 2.69510 | 3.29089 |
| 44 | 0.68011 | 1.30109 | 1.68023 | 2.01537 | 2.41413 | 2.69228 | 3.28607 |
| 45 | 0.67998 | 1.30065 | 1.67943 | 2.01410 | 2.41212 | 2.68959 | 3.28148 |
| 46 | 0.67986 | 1.30023 | 1.67866 | 2.01290 | 2.41019 | 2.68701 | 3.27710 |
| 47 | 0.67975 | 1.29982 | 1.67793 | 2.01174 | 2.40835 | 2.68456 | 3.27291 |
| 48 | 0.67964 | 1.29944 | 1.67722 | 2.01063 | 2.40658 | 2.68220 | 3.26891 |
| 49 | 0.67953 | 1.29907 | 1.67655 | 2.00958 | 2.40489 | 2.67995 | 3.26508 |
| 50 | 0.67943 | 1.29871 | 1.67591 | 2.00856 | 2.40327 | 2.67779 | 3.26141 |
| 51 | 0.67933 | 1.29837 | 1.67528 | 2.00758 | 2.40172 | 2.67572 | 3.25789 |
| 52 | 0.67924 | 1.29805 | 1.67469 | 2.00665 | 2.40022 | 2.67373 | 3.25451 |
| 53 | 0.67915 | 1.29773 | 1.67412 | 2.00575 | 2.39879 | 2.67182 | 3.25127 |
| 54 | 0.67906 | 1.29743 | 1.67356 | 2.00488 | 2.39741 | 2.66998 | 3.24815 |
| 55 | 0.67898 | 1.29713 | 1.67303 | 2.00404 | 2.39608 | 2.66822 | 3.24515 |

Taraf signifikansi antara variabel diketahui dengan membandingkan hasil hitung Uji t dengan hasil tabel Uji t, tingkat hubungan signifikan jika hasil hitung Uji t lebih besar ($>$) dari nilai tabel Uji t, sebaliknya tidak signifikan jika hasil hitung Uji t lebih kecil ($<$) dari nilai tabel Uji t. Didapat hasil seperti pada Tabel 4.7 berikut:

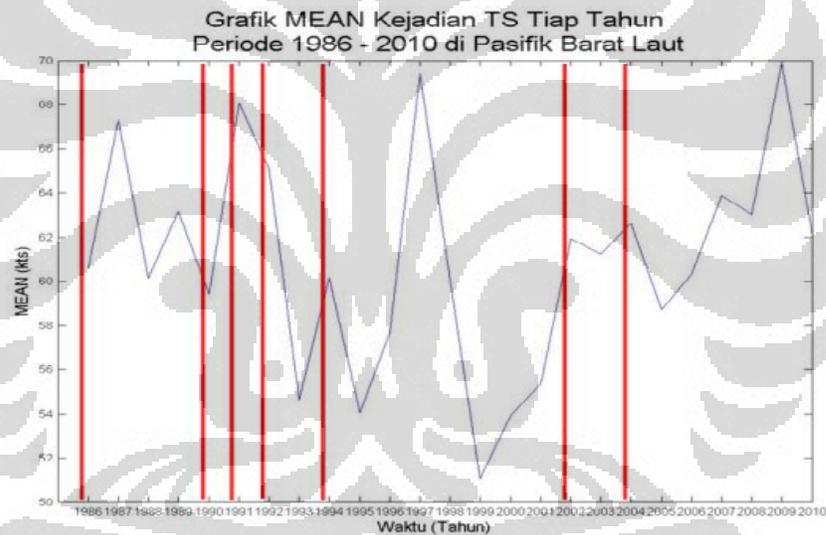
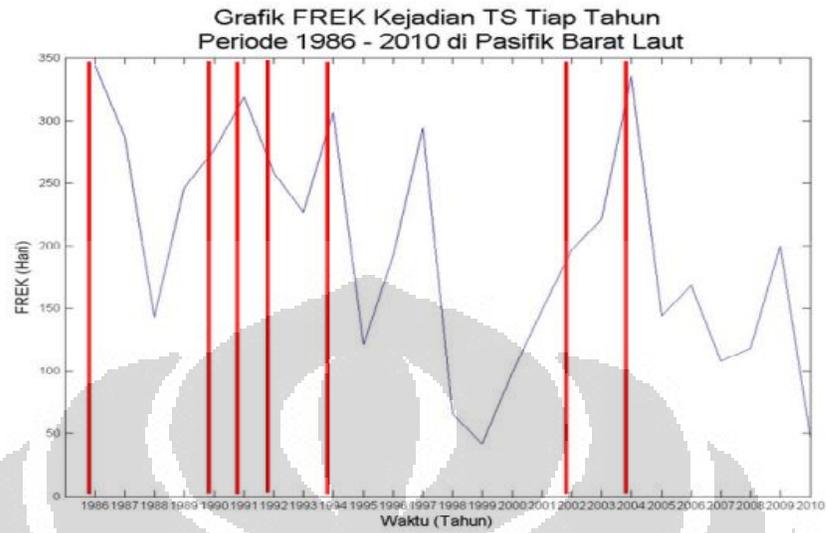
Tabel 4.7 Nilai taraf signifikansi Uji t

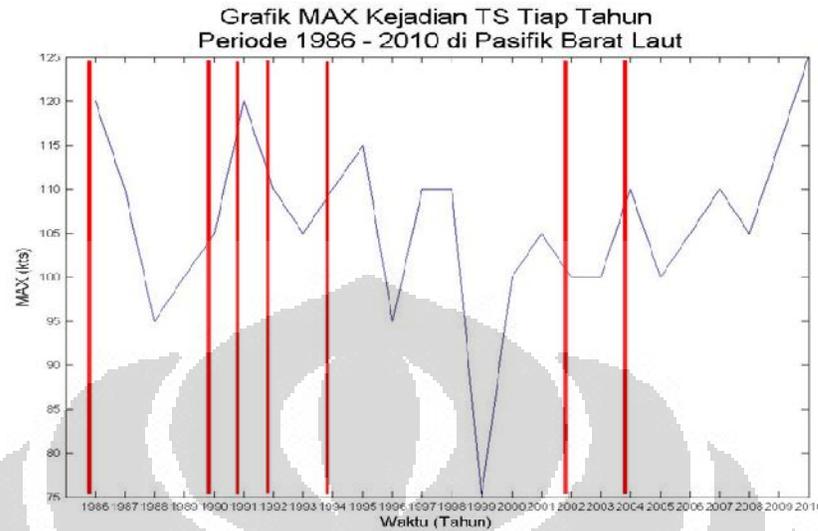
| | Uji t | | |
|----------|------------------|------------------|------------------|
| | MEAN | MAX | FREK |
| EMI | Tidak signifikan | Tidak signifikan | Tidak signifikan |
| NINO 3 | Tidak signifikan | Tidak signifikan | Tidak signifikan |
| NINO 1+2 | Tidak signifikan | Tidak signifikan | Tidak signifikan |
| NINO 4 | Tidak signifikan | Tidak signifikan | Tidak signifikan |
| NINO 3.4 | Tidak signifikan | Tidak signifikan | Tidak signifikan |

Dari perhitungan koefisien korelasi dengan Uji t disimpulkan bahwa antara EMI dengan MEAN, MAX dan FREK memiliki korelasi positif (+) yang tidak signifikan dengan tingkat hubungan rendah. Meskipun demikian hubungan EMI dengan MEAN, MAX dan FREK lebih baik dibandingkan NINO3, NINO1+2, NINO4 dan NINO3.4 dengan MEAN, MAX dan FREK.

4.2.1.2 Pola Karakteristik TS Tahunan pada tahun EM

Untuk mengetahui pola kecenderungan karakteristik TS pada tahun EM dan dibandingkan dengan tahun – tahun lainnya, maka dibuat grafik FREK, MAX dan MEAN pertahun.





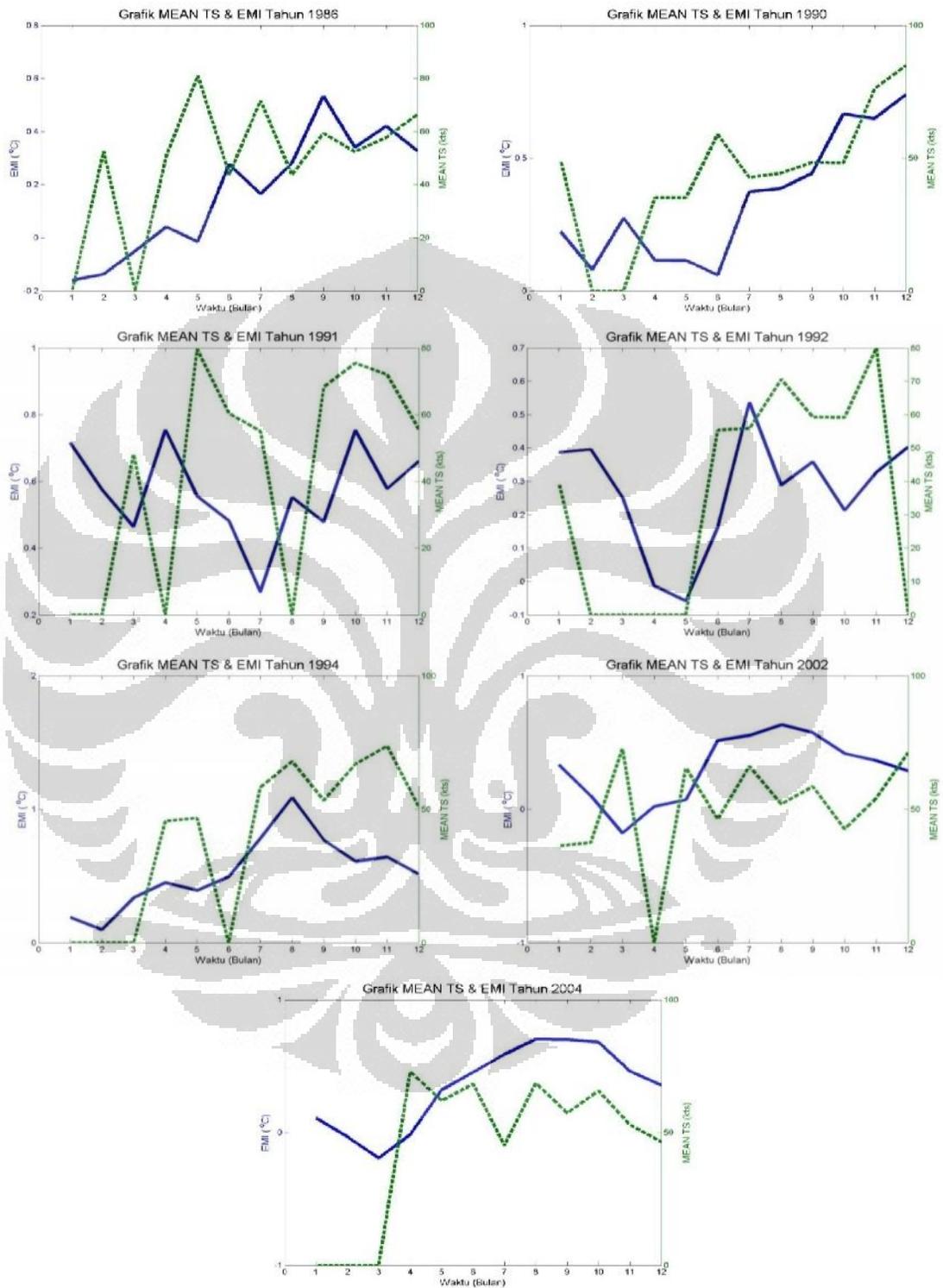
Gambar 4.2 Grafik Durasi (atas), Intensitas Maksimum (tengah) dan Intensitas Rata – rata (bawah) TS tahun 1986 – 2010 (tahun 2010 tidak komplit) dengan garis merah dan M menunjukkan tahun EM

Dari keseluruhan Gambar 4.2, ditunjukkan bahwa durasi TS pada tahun EM lebih tinggi dibandingkan pada tahun lainnya (kecuali tahun 2002). Namun intensitas maksimum dan rata – rata tidak menunjukkan hal yang sama, dimana intensitas maksimum tertinggi tahun EM terjadi pada tahun 1986 dan 1991, dan intensitas rata – rata tertinggi pada tahun EM terjadi pada tahun 1991 saja. Meski demikian, intensitas maksimum TS pada keseluruhan tahun EM berada di atas 100 knot. Hal ini menandakan bahwa intensitas TS pada tahun EM cukup tinggi.

4.2.1.3 Pola Karakteristik TS Bulanan pada tahun EM dan El Nino

Untuk mengetahui pola karakteristik TS tahun EM, dilakukan pengeplotan karakteristik TS versus EMI tiap bulannya pada tahun EM. Kemudian dibandingkan dengan pola karakteristik TS tahun El Nino versus NINO3, NINO1+2, NINO4 dan NINO3.4

Grafik perbandingan pola/tren nilai EMI versus nilai MEAN, MAX dan FREK, dengan mengambil contoh nilai MEAN adalah sebagai berikut:



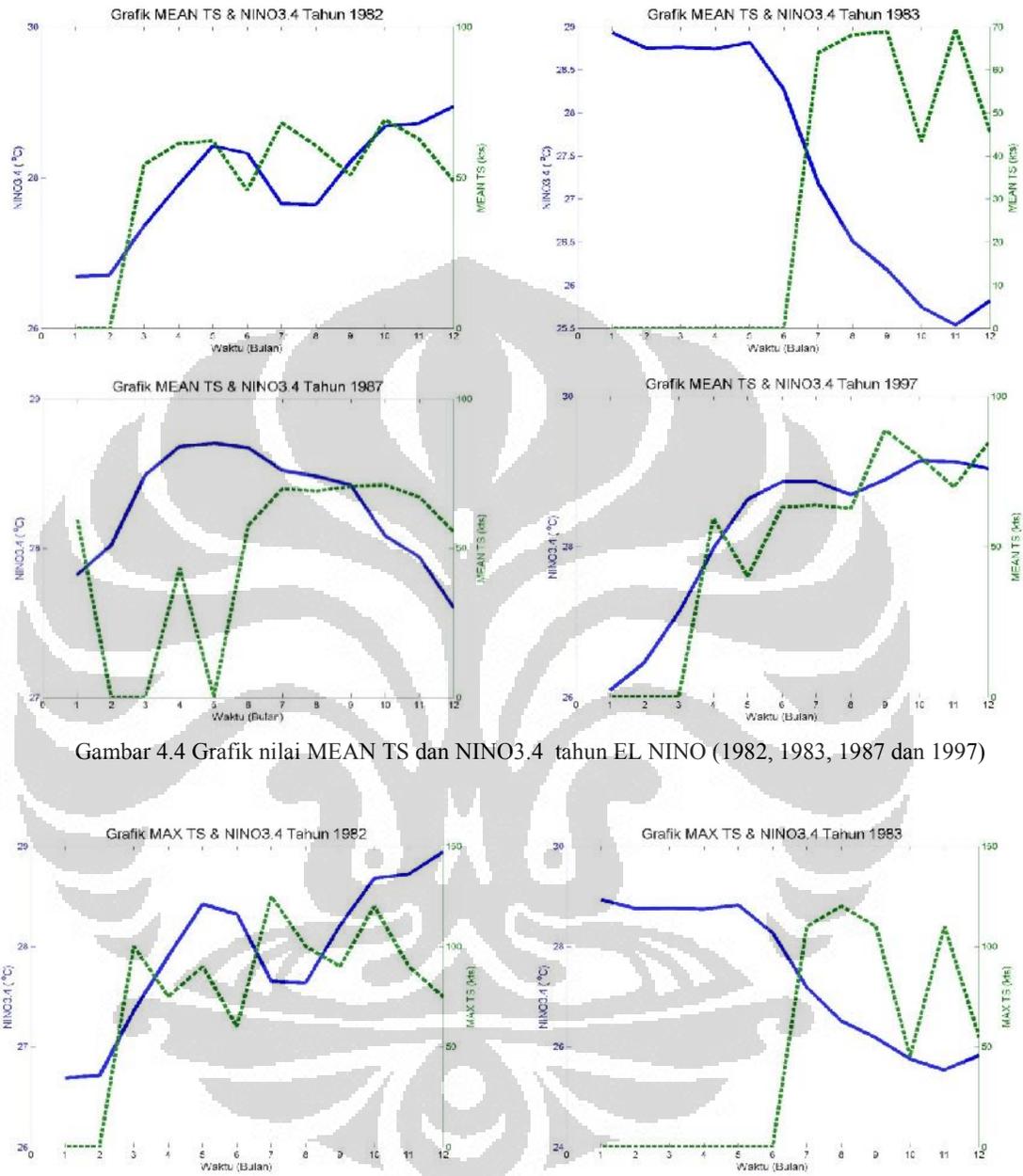
Gambar 4.3 Grafik nilai MEAN TS dan EMI tahun EMI (1986, 1990, 1991, 1992, 1994, 2002 dan 2004)

Dari analisis grafik pada Gambar 4.3, dapat dijelaskan, bahwa pola/tren nilai EMI versus nilai MEAN pada tahun 1986 dan 1990 memiliki kesamaan pola, namun pada tahun 1991 pola yang berbeda terjadi terutama pada bulan April – Mei, dimana pada saat indeks EMI tinggi pada bulan April tidak dibarengi dengan nilai MEAN yang tinggi pula, begitupula sebaliknya pada bulan Mei. Pola yang tidak jelas antara EMI dengan MEAN terjadi pada tahun 1992, 1994, 2002 dan 2004.

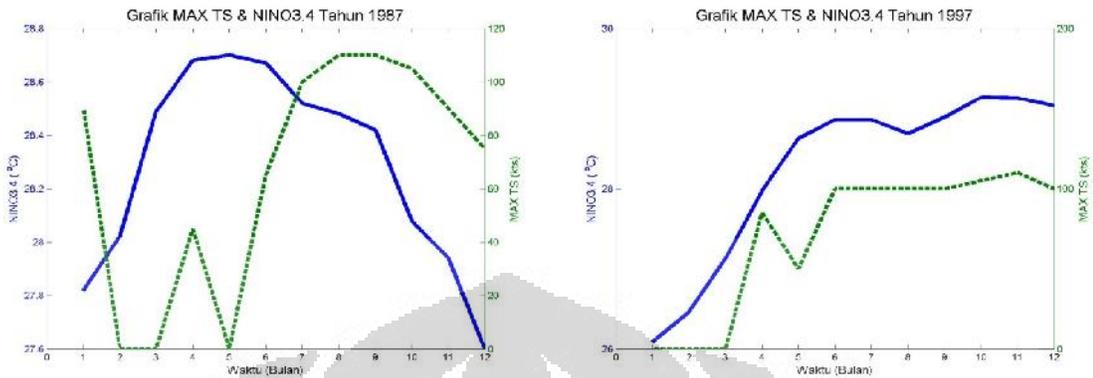
Sedangkan analisis perbandingan nilai EMI versus MAX dan FREK adalah sebagai berikut:

- Pola/tren nilai EMI versus nilai MAX yang sama terjadi pada tahun 1986, 1990 dan 1992. Pada tahun 1991 dan 2002 pola tidak sama, dimana indeks EMI yang tinggi pada tahun 1991 justru menunjukkan nilai MAX yang rendah. Begitu pula tahun 2002 bulan Mei, dimana indeks EMI yang rendah dibarengi dengan nilai MAX yang tinggi. Pola yang tidak jelas terjadi pada tahun 1994 dan 2004.
- Pola/tren nilai EMI dengan FREK menunjukkan pola yang sama pada tahun 1986 dan 1991. Sementara itu tidak terdapat pola yang tidak sama, dan pola yang tidak jelas terjadi pada tahun 1990, 1992, 1994, 2002 dan 2004.

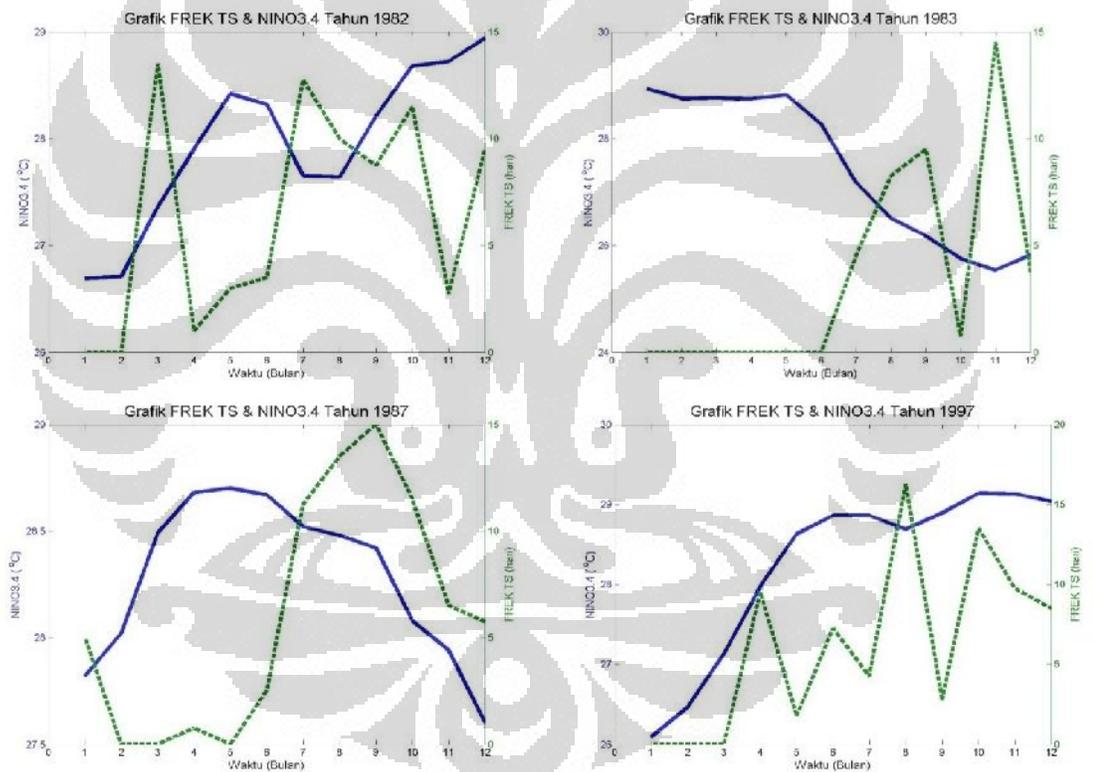
Grafik perbandingan pola/tren NINO3.4, NINO3, NINO1+2 dan NINO4 versus nilai MAX, MEAN dan FREK, dengan mengambil contoh perbandingan nilai NINO3.4 versus MEAN adalah sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik nilai MEAN TS dan NINO3.4 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)



Gambar 4.5 Grafik nilai MAX TS dan NINO3.4 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)



Gambar 4.6 Grafik nilai FREK TS dan NINO3.4 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)

Dengan memperhatikan Gambar 4.4 hingga 4.6 dapat diambil kesimpulan bahwa pola NINO3.4 dengan MEAN, MAX dan FREK didominasi dengan pola yang tidak sama. Dimana pada tahun 1983 tren yang berlawanan fase jelas ditunjukkan untuk indeks NINO3.4 dengan nilai MEAN, MAX dan FREK. Pola yang sama terjadi pada perbandingan indeks NINO3.4 dengan nilai MAX tahun 1982 dan 1997, serta dengan nilai MEAN tahun 1997. Pola yang tidak jelas terjadi pada tahun 1982 antara indeks NINO3.4 dengan nilai MEAN dan tahun 1997 dengan nilai FREK.

Untuk perbandingan pola/tren nilai NINO3, NINO1+2 dan NINO4 versus nilai MAX, MEAN dan FREK, sebagai berikut:

- Terdapat kesamaan pola pada tahun 1982 dan 1997 untuk indeks NINO4 dengan nilai MAX dan MEAN. Pola yang tidak jelas terjadi pada tahun 1987 antara indeks NINO4 dengan nilai MAX dan MEAN dan tahun 1997 dengan nilai FREK. Pola yang tidak sama diamati pada tahun 1982 untuk nilai FREK dan tahun 1983 untuk nilai MAX, MEAN dan FREK. Tahun 1983 ditunjukkan dengan pola dengan fase berlawanan yang jelas antara indeks NINO4 dengan nilai MAX, MEAN dan FREK.
- Dominasi dengan pola yang tidak sama terjadi pada indeks NINO3 dengan nilai MAX, MEAN dan FREK, dan tahun 1983 memiliki pola yang berlawanan fase pada keseluruhan nilai. Pola yang tidak jelas terlihat pada tahun 1982 untuk grafik NINO3 dengan nilai MAX dan tahun 1997 pada nilai FREK. Pola yang sama terjadi pada tahun 1992 untuk perbandingan indeks NINO3 dengan nilai MEAN dan tahun 1997 pada nilai MAX.
- Dominasi dengan pola yang tidak sama juga terjadi pada indeks NINO12 dengan nilai MAX, MEAN dan FREK pada tahun 1982, 1983 dan 1987. Pola yang berlawanan fase kembali ditunjukkan untuk keseluruhan nilai pada tahun 1983. Pola yang sama hanya terjadi pada tahun 1997 untuk

indeks NINO12 dengan nilai MAX, sedangkan pola yang tidak jelas terlihat pada tahun 1997 untuk nilai MEAN dan FREK.

Untuk mempermudah dalam mengamati karakteristik TS bulanan antara EMI dan NINO dengan MEAN, MAX dan FREK, maka dibuat Tabel 4.8 dan Tabel 4.9, berikut ini:

Tabel 4.8 Analisis pola/tren EMI versus TS (MAX, MEAN dan FREK)

| Perbandingan | | 1986 | 1990 | 1991 | 1992 | 1994 | 2002 | 2004 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| EMI | MEAN | V | V | X | XV | XV | XV | XV |
| | MAX | V | V | X | V | XV | X | XV |
| | FREK | V | XV | V | XV | XV | XV | XV |

Tabel 4.9 Analisis pola/tren NINO3, NINO1+2, Nino4 dan NINO3.4 versus TS (MAX, MEAN dan FREK)

| Perbandingan | | 1982 | 1983 | 1987 | 1997 |
|--------------|------|------|------|------|------|
| NINO3.4 | MAX | V | X | X | V |
| | MEAN | XV | X | X | V |
| | FREK | X | X | X | XV |
| NINO4 | MAX | V | X | XV | V |
| | MEAN | V | X | XV | V |
| | FREK | X | X | V | XV |
| NINO3 | MAX | XV | X | X | V |
| | MEAN | V | X | X | XV |
| | FREK | X | X | X | XV |
| NINO12 | MAX | X | X | X | V |
| | MEAN | X | X | X | XV |
| | FREK | X | X | X | XV |

Keterangan:

- V** = menunjukkan pola yang sama
- X** = menunjukkan pola yang tidak sama
- XV** = menunjukkan pola yang tidak jelas

Dengan mengamati perbandingan pola EMI dan NINO dengan karakteristik TS pada Tabel 4.8 dan 4.9, dapat disimpulkan bahwa karakteristik

TS (MAX, MEAN dan FREK) memiliki kesamaan pola/tren yang lebih banyak dengan EMI dibandingkan dengan NINO3.4, NINO4, NINO3 dan NINO12.

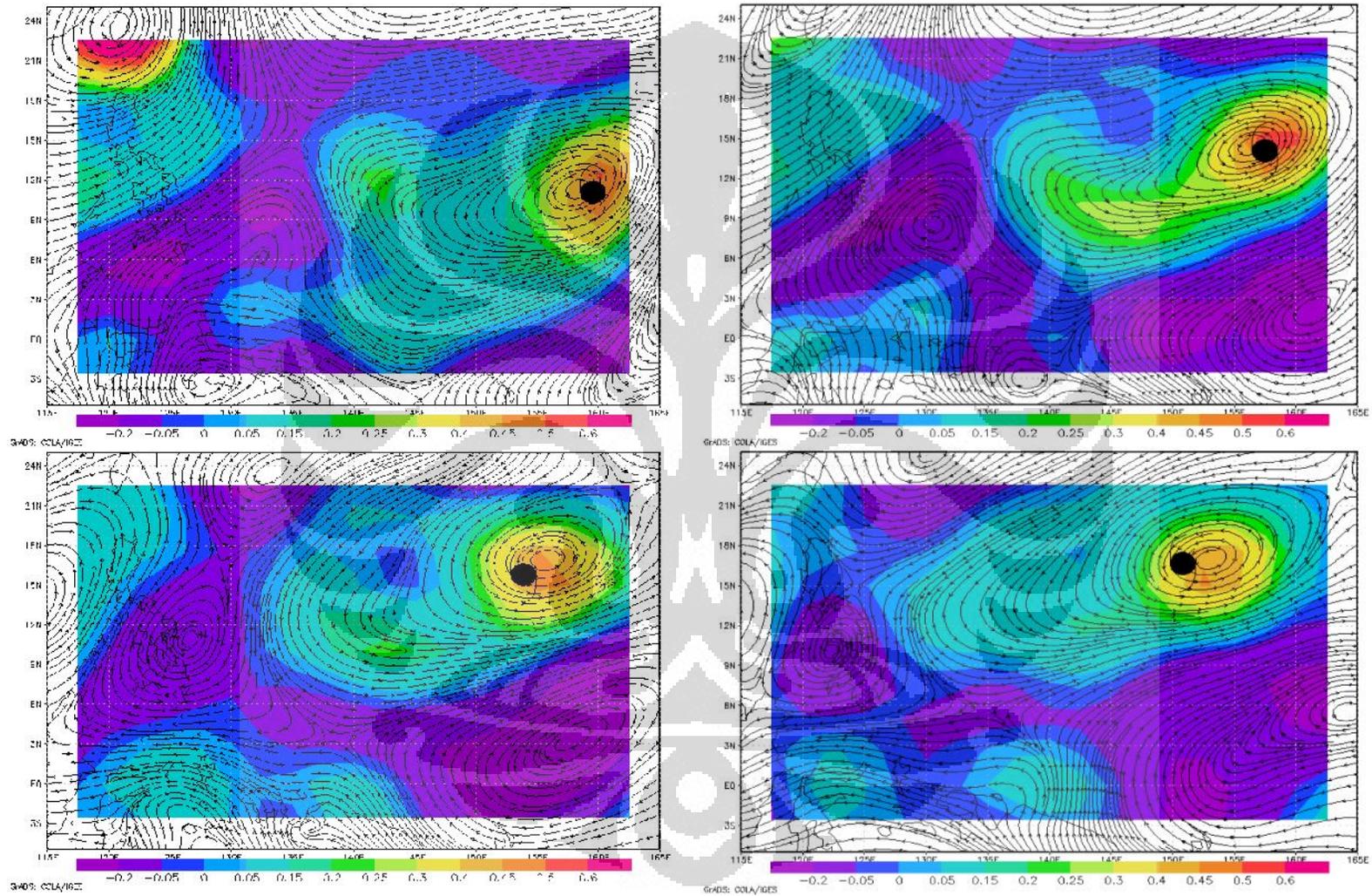
4.2.2 Analisis Dinamika Atmosfer

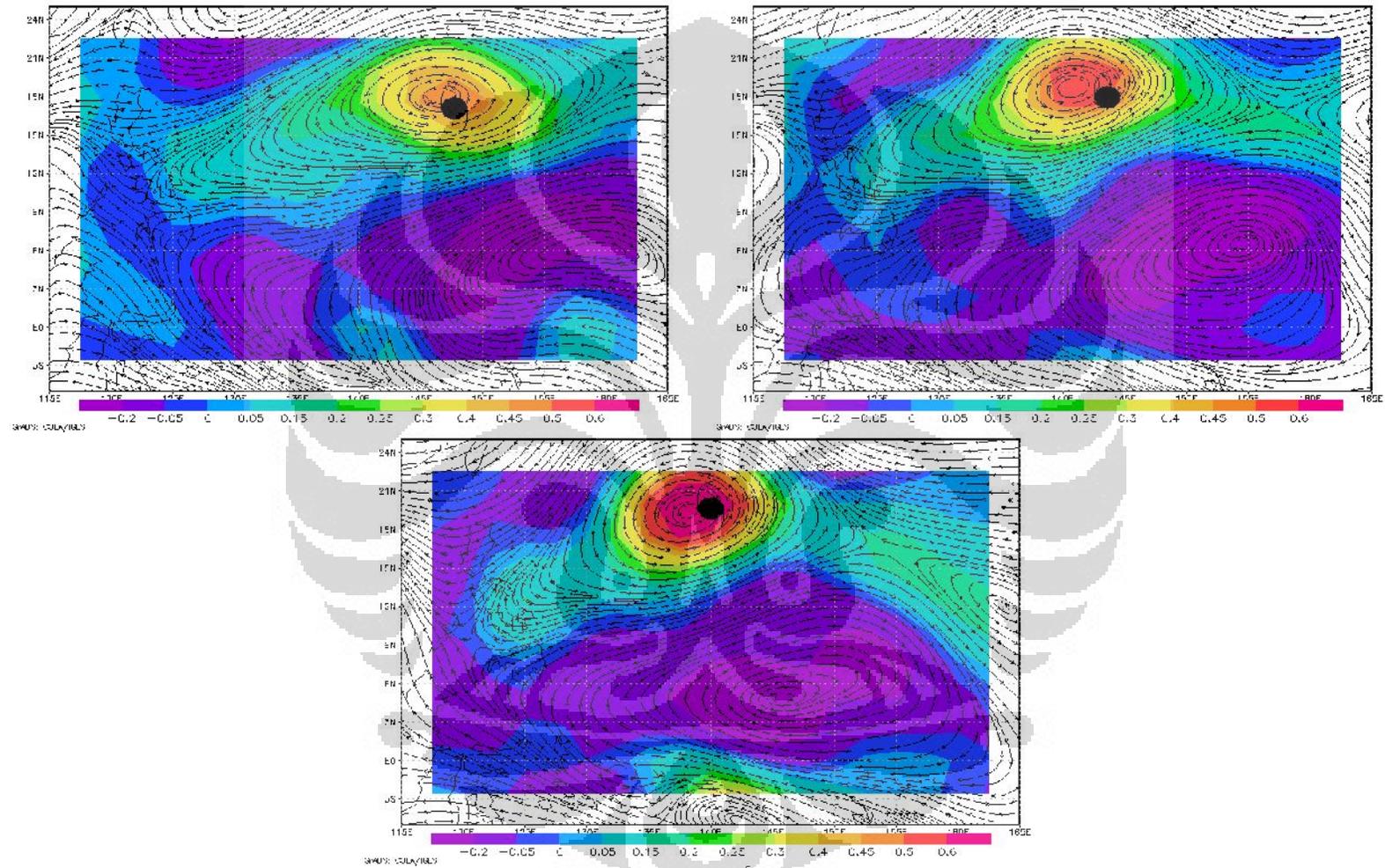
4.2.2.1 Analisis Nilai Vortisitas

Analisis nilai vortisitas digunakan untuk mengetahui kekuatan massa udara naik pada sistem TS. Di BBU nilai vortisitas positif (+) menunjukkan dorongan massa udara naik yang kuat. Semakin besar nilainya, maka semakin kuat dorongan massa udara naik pada sistem TS, sehingga diketahui besar sistem secara vertikal. Nilai vortisitas yang diukur adalah vortisitas di dalam sistem TS.

a. Analisis vortisitas lapisan 850 hPa pada tahun EM

Berdasarkan peta *curl* vortisitas untuk sampel tahun 1986 (TS 'BEN'), Gambar 4.7 diperoleh analisis bahwa nilai vortisitas bervariasi pada TS 'BEN', sebesar $0.45 - 0.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 21 - 23 September, $0.5 - 0.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 19, 20 dan 24 September, dan $>0.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 25 September.





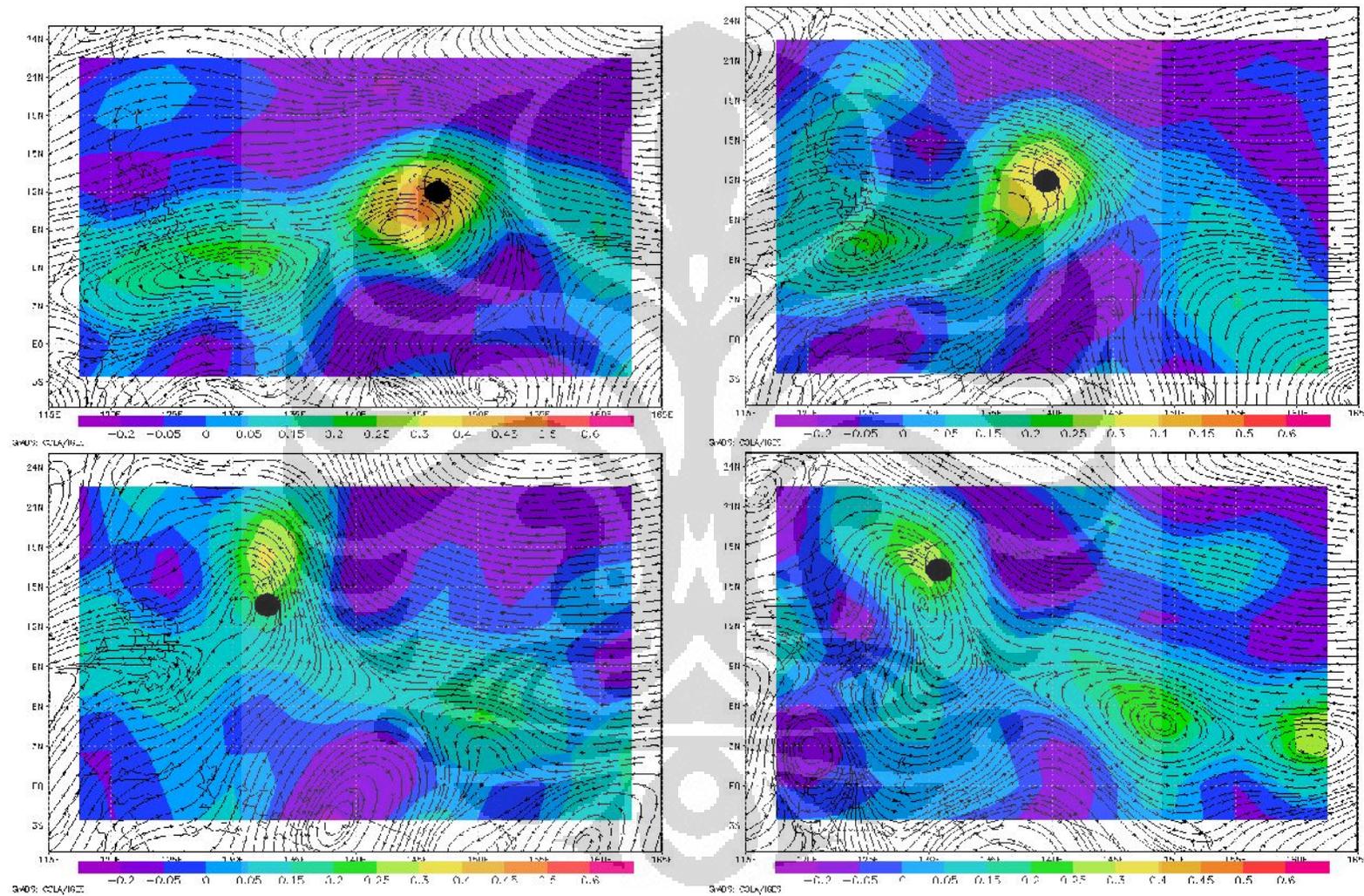
Gambar 4.7 Vorticitas / Curl angin ($10^{-5}/s$) lapisan 850 hPa TS 'BEN'

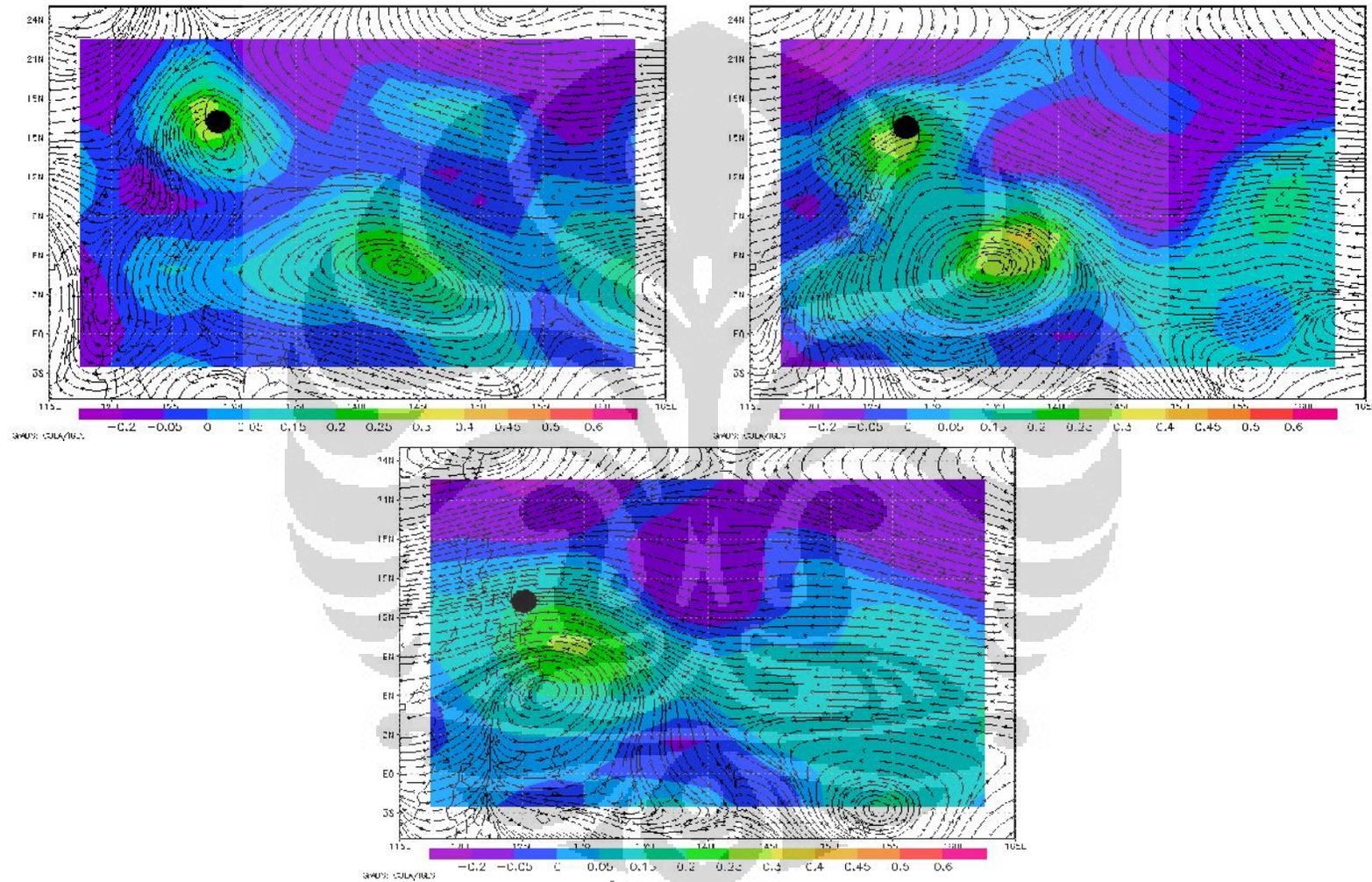
Sementara itu untuk TS 'RUSS', TS 'RUTH', TS 'ELI', TS 'CHABA', TS 'DOUG', TS 'PHANFONE' dan TS 'CHABA', disimpulkan dengan analisis sebagai berikut:

- Nilai vorticitas tinggi pada TS 'RUSS', sebesar $>0.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ dari tanggal 16 – 22 Desember
- Nilai vorticitas tinggi juga terjadi pada pada TS 'RUTH', sebesar $>0.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ dari tanggal 21 – 28 Oktober
- Nilai vorticitas relatif lemah pada TS 'ELI', bernilai $0.25 - 0.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 10 Juli, dan $0.4 - 0.45 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ tanggal 11 Juli
- TS 'DOUG' bernilai vorticitas $0.5 - 0.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 3 Agustus dan >0.6 pada tanggal $4 - 6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ Agustus.
- Vorticitas kuat pada TS 'PHANFONE' sebesar $>0.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 12 – 14 Agustus
- Vorticitas TS 'CHABA' bernilai $0.5 - 0.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ tanggal 20 Agustus, dan $>0.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 21 – 24 Agustus.

b. Analisis vorticitas lapisan 850 hPa pada tahun El Nino

Berdasarkan peta *curl* vorticitas untuk sampel tahun 1982 (TS 'PAMELA'), Gambar 4.8 diperoleh analisis, dimana nilai vorticitas yang lemah pada TS 'PAMELA' sebesar $0.25 - 0.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ terjadi pada tanggal 4 – 7 Desember, $0.3 - 0.4 \text{ s}^{-1}$ dan tanggal 2 – 3 Desember, serta bernilai sedang sebesar $0.45 - 0.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 1 Desember.





Gambar 4.8 Vorticitas / Curl angin ($10^{-5}/s$) lapisan 850 hPa TS 'PAMELA' periode 1 – 7 Desember

Sedangkan untuk TS 'WAYNE', TS 'LYNN', dan TS 'KEITH' disimpulkan dengan analisis sebagai berikut:

- TS 'WAYNE' bernilai vorticitas sebesar $0.5 - 0.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 23 Juli dan $>0.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada 24 Juli
- Nilai vorticitas TS 'LYNN' lemah pada tanggal 16 Oktober sebesar $0.25 - 0.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, kemudian menguat dari tanggal 17 hingga 24 Oktober sebesar $>0.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$
- Vorticitas relatif kuat pada TS 'KEITH' $>0.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ tanggal 1 - 4 November, dan sedikit melemah sebesar $0.5 - 0.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 5 November.

4.2.2.2 Analisis Panjang Trough

Analisis panjang *trough* diketahui guna melihat luasan sistem secara horizontal, semakin panjang *trough* maka semakin besar sistem TS yang terbentuk. Yang dimaksud dengan panjang *trough* adalah panjang dari dua sisi putaran angin terluar sistem TS.

a. Analisis panjang *trough* lapisan 850 hPa pada tahun EM

Dengan kembali memperhatikan peta *curl*/ vorticitas pada Gambar 4.7 untuk sampel TS 'BEN' tahun 1986 diperoleh analisis bahwa panjang *trough* TS 'BEN' 20° pada tanggal 21 dan 22 September, 35° tanggal 19, 20, 24 dan 25 September, serta cukup panjang pada tanggal 23 September sebesar 40° .

Sementara analisis panjang *trough* untuk TS 'RUSS', TS 'RUTH', TS 'ELI', TS 'CHABA', TS 'DOUG', TS 'PHANFONE' dan TS 'CHABA', adalah sebagai berikut:

- TS 'RUSS' memiliki panjang *trough* yang cukup besar $>45^\circ$ tanggal 16 Desember, 40° tanggal 17 Desember, dan 25° tanggal 18 - 22 Desember
- Panjang *trough* 35° pada TS 'RUTH' tanggal 21, 26 - 28 Oktober, dan 30° pada tanggal 22 - 25 Oktober

- TS 'ELI' memiliki panjang *trough* cukup kecil, 5° pada tanggal 10 Juli dan 10° pada tanggal 11 Juli
 - TS 'DOUG' memiliki panjang *trough* yang sedang, sebesar 15° pada tanggal 6 Agustus dan 20° pada tanggal 3 – 5 Agustus
 - Panjang *trough* TS 'PHANFONE' bernilai 20° tanggal 12 Agustus dan 25° tanggal 13 dan 14 Agustus
 - TS 'CHABA' menunjukkan panjang *trough* yang relatif kecil, sebesar 15° pada tanggal 21, 22 dan 24 Agustus, dan 20° pada tanggal 20 dan 23 Agustus
- b. Analisis panjang *trough* lapisan 850 hPa pada tahun EM

Pada peta *curl*/vorticitas untuk sampel tahun 1982 (TS 'PAMELA'), Gambar 4.8 diperoleh analisis panjang *trough*, dimana TS 'PAMELA' memiliki panjang *trough* yang relatif kecil, $<5^\circ$ pada tanggal 2, 3, 6 dan 7 Desember, $>5^\circ$ pada tanggal 1 Desember serta 10° tanggal 4 dan 5 Desember.

Sementara itu untuk TS 'WAYNE', TS 'LYNN', dan TS 'KEITH' disimpulkan dengan analisis panjang *trough* sebagai berikut:

- Panjang *trough* kecil, sebesar 15° pada TS 'WAYNE' dari tanggal 23 hingga 24 Juli
- TS 'LYNN' memiliki panjang *trough* yang relatif besar, 35° tanggal 17 – 19 Oktober, 30° tanggal 20 – 22 Oktober, serta 25° tanggal 16 dan 24 Oktober
- Panjang *trough* pada TS 'KEITH' sebesar 25° pada tanggal 1 – 3 November, dan 30° pada tanggal 4 – 5 November.

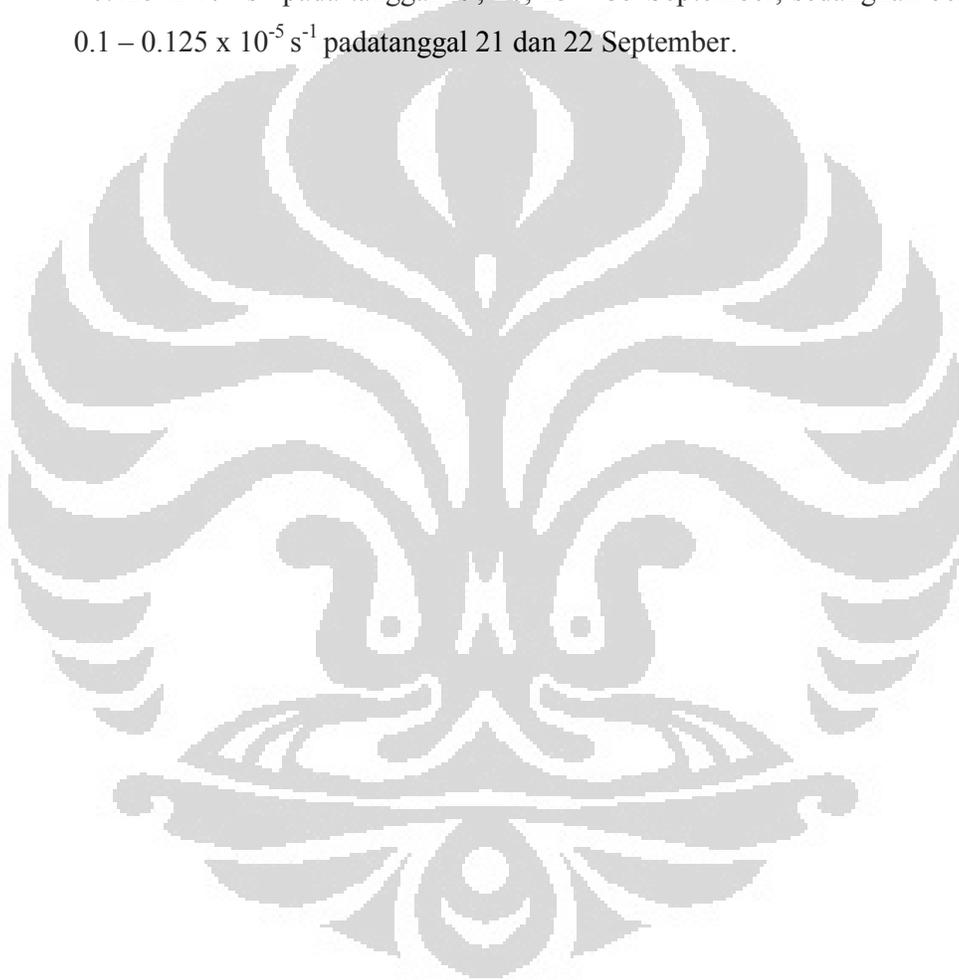
4.2.2.3 Analisis Nilai Divergensi

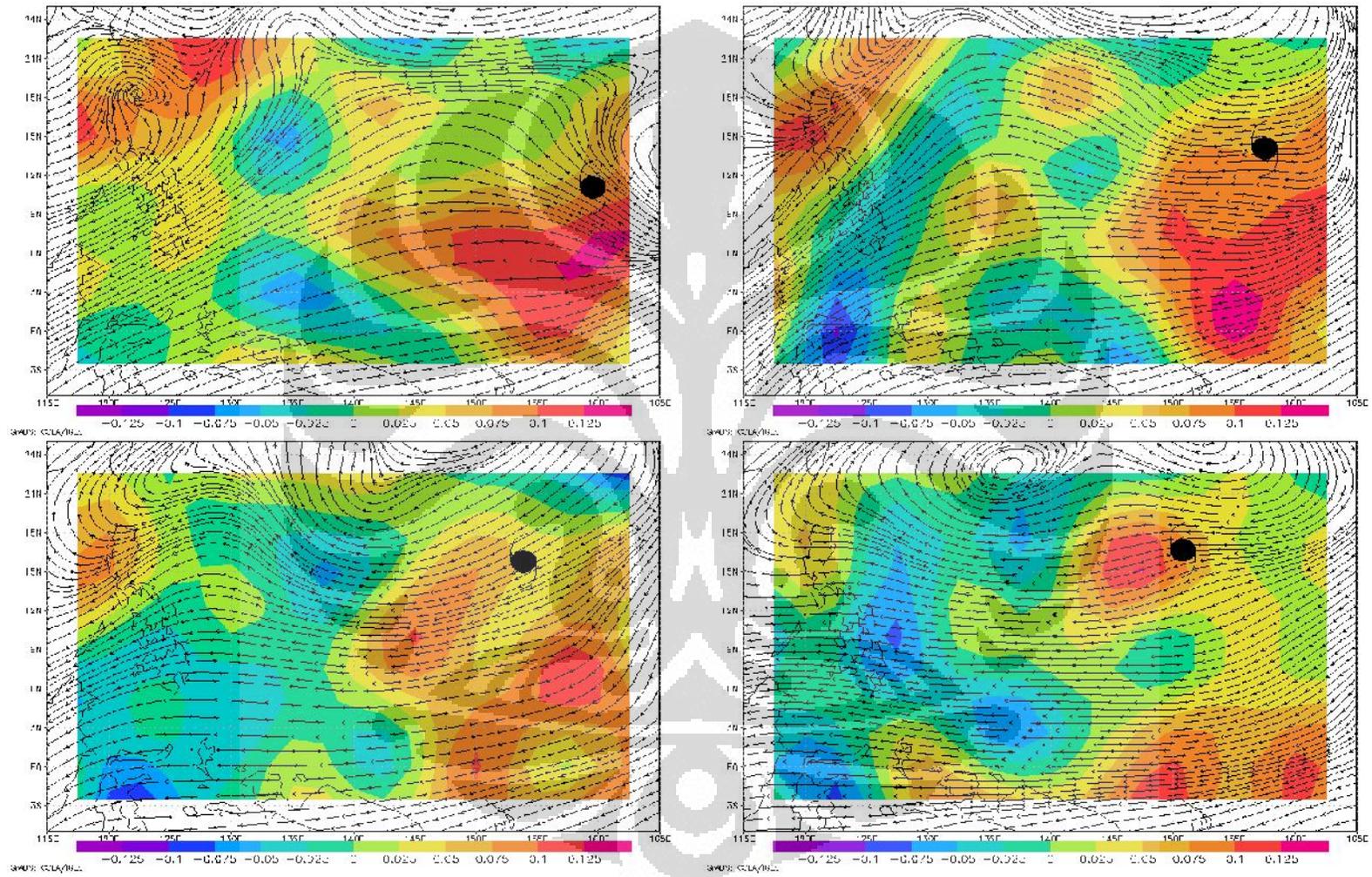
Analisis divergensi pada lapisan atas digunakan untuk mengetahui bentuk sistem TS hingga ke lapisan atas, umumnya divergensi yang maksimal terjadi pada lapisan 250 hPa. Semakin kuat TS semakin kuat *outflow* (sebaran awan lapisan atas karena pengaruh divergensi) pada lapisan atas, maka semakin kuat

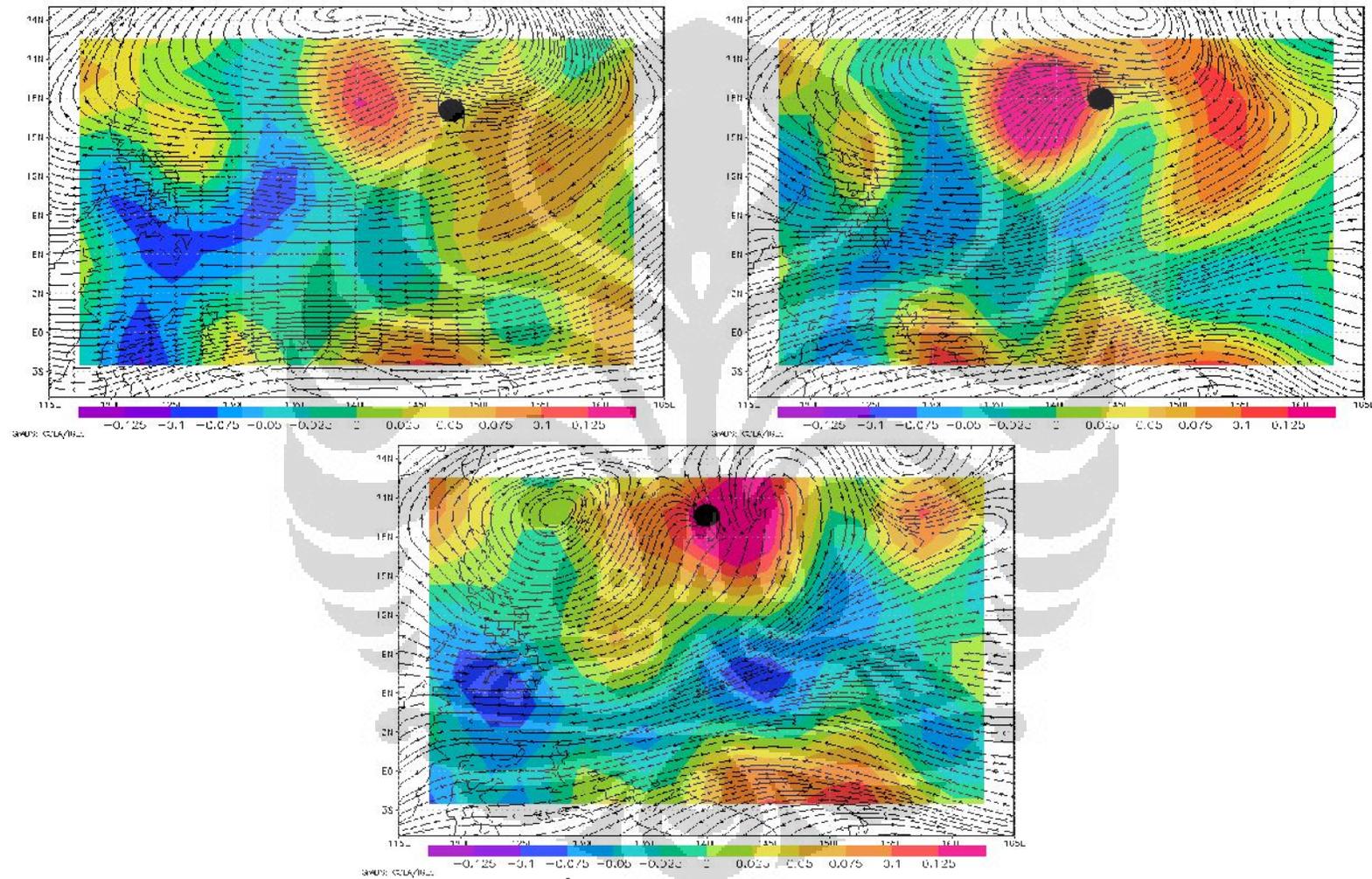
pula divergensinya. Nilai divergensi yang dihitung adalah divergensi di sekitar sistem TS.

a. Analisis divergensi lapisan 250 hPa pada tahun EM

Berdasarkan peta divergensi untuk sampel tahun 1986 (TS 'BEN'), Gambar 4.9 diperoleh analisis, dimana nilai divergensi TS 'BEN' kuat sebesar $>0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 19, 20, 23 – 35 September, sedangkan bernilai $0.1 - 0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 21 dan 22 September.







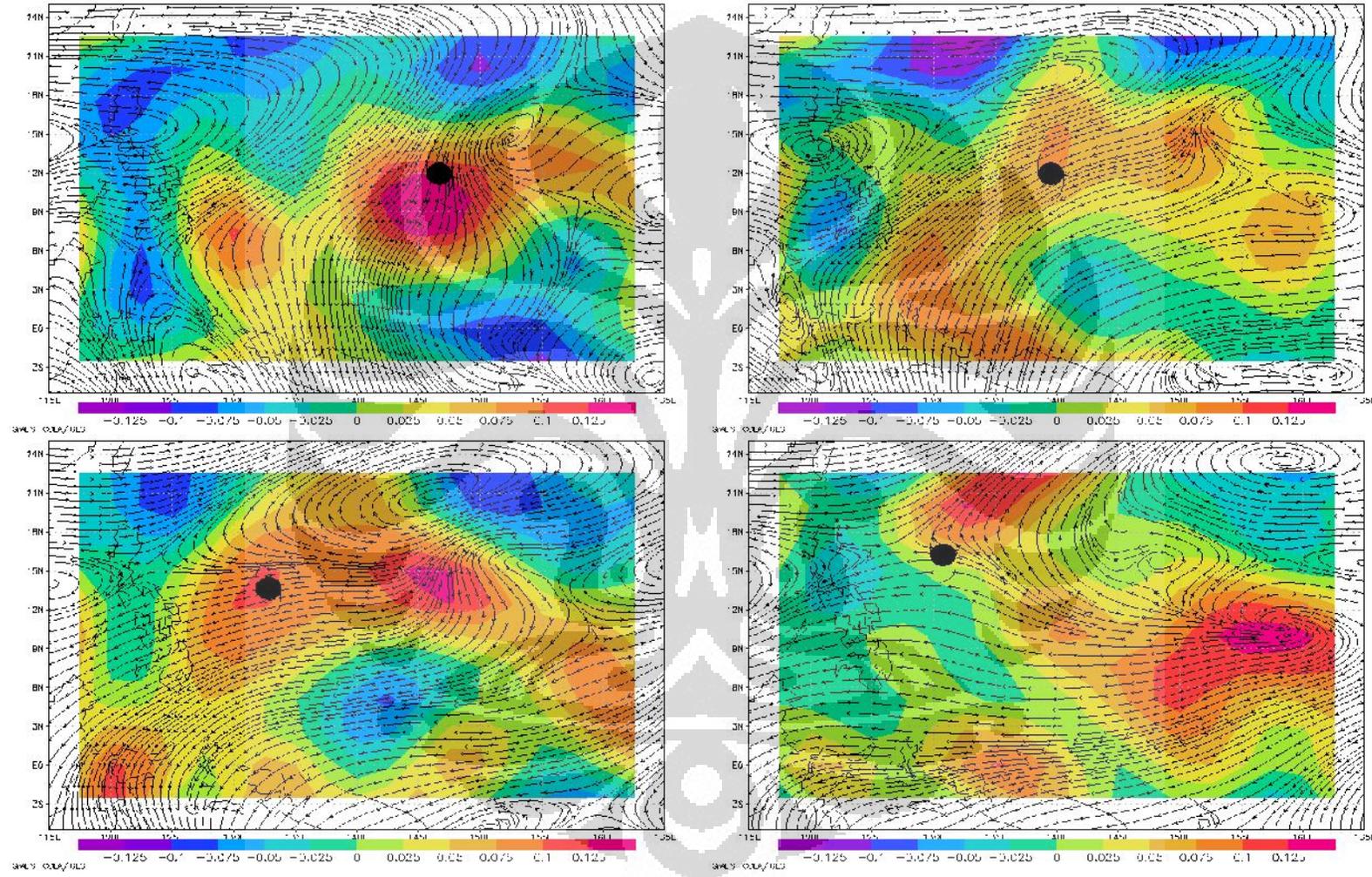
Gambar 4.9 Divergensi angin ($10^{-5}/s$) lapisan 200 hPa TS 'BEN' periode 19 – 25 September 1986

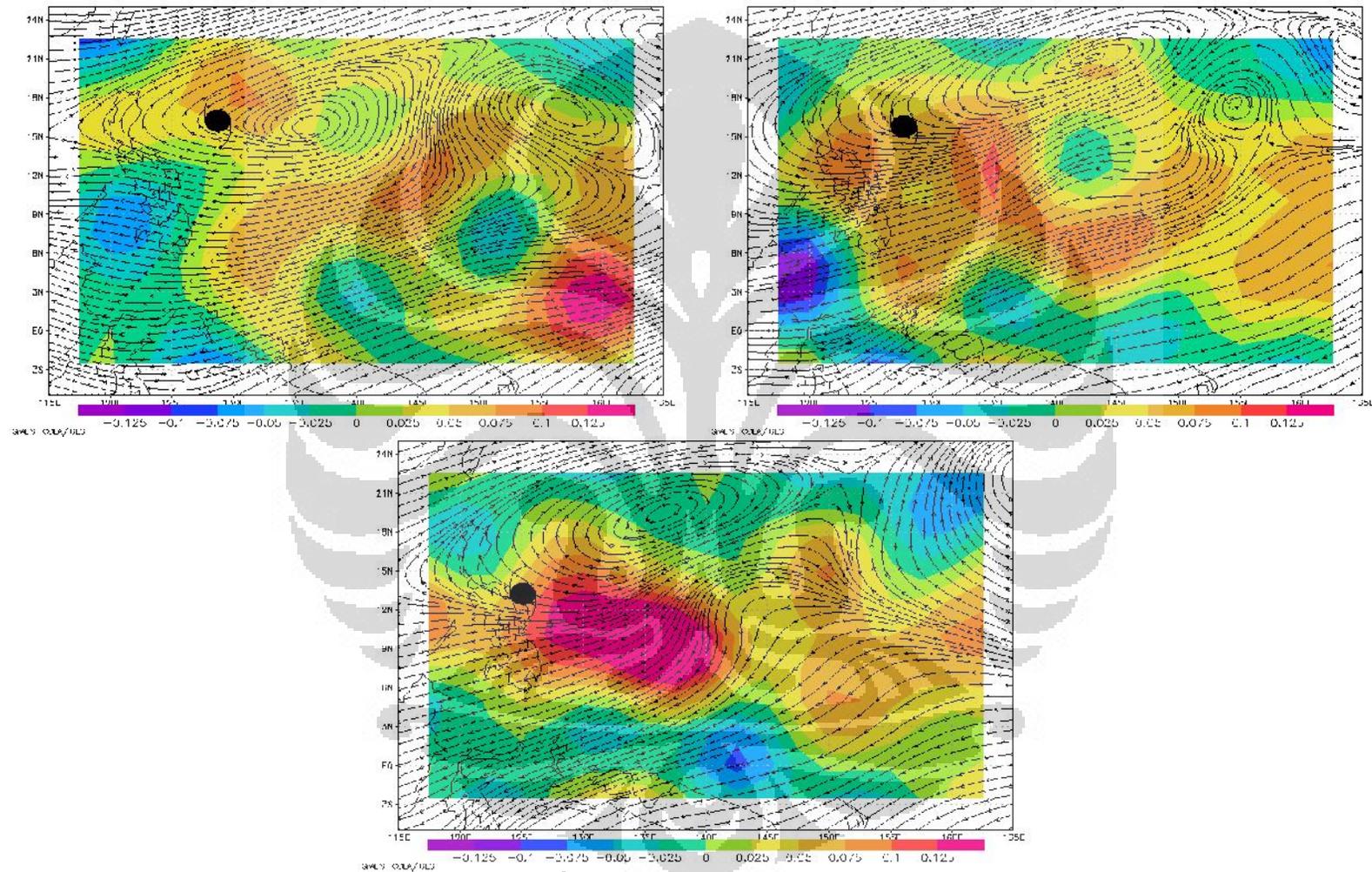
Sedangkan analisis divergensi untuk TS ‘RUSS’, TS ‘RUTH’, TS ‘ELI’, TS ‘CHABA’, TS ‘DOUG’, TS ‘PHANFONE’ dan TS ‘CHABA’, adalah sebagai berikut:

- Nilai divergensi TS ‘RUSS’ sebesar $0.025 - 0.005 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 18 Desember, $0.075 - 0.1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 17, 19, 20 dan 22 Desember, serta bernilai $0.1 - 0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 16 dan 21 Desember
- Divergensi TS ‘RUTH’ cukup besar pada tanggal 21 Oktober sebesar $0.075 - 0.1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, tanggal 22 Oktober bernilai $0.1 - 0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ dan tanggal 23 – 28 Oktober bernilai $>0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$
- TS ‘ELI’ memiliki nilai Divergensi sebesar $>0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 10 Juli dan $0.05 - 0.075 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 11 Juli
- Divergensi TS ‘DOUG’ sebesar $>0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ dari tanggal 3 hingga 6 Agustus
- Divergensi TS ‘PHANFONE’ sebesar $>0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ dari tanggal 12 hingga 14 Agustus
- TS ‘CHABA’ menunjukkan nilai divergensi relatif besar $0.1 - 0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ tanggal 20 Agustus dan $>0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ tanggal 21 – 24 Agustus

b. Analisis divergensi lapisan 250 hPa pada tahun EM

Pada peta divergensi untuk sampel tahun 1982 (TS ‘PAMELA’), Gambar 4.10 diperoleh analisis panjang *trough* bahwa dimana nilai divergensi TS ‘PAMELA’ pada tanggal 2, 5, 6 sebesar $0.075 - 0.1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, tanggal 3 dan 4 Desember sebesar $0.1 - 0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, serta tanggal 1 dan 7 Desember $>0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$.





Gambar 4.10 Divergensi angin ($10^{-5}/s$) lapisan 200 hPa TS 'PAMELA' periode 1 – 7 Desember 1982

Sementara itu untuk TS 'WAYNE', TS 'LYNN', dan TS 'KEITH' disimpulkan dengan analisis nilai divergensi sebagai berikut:

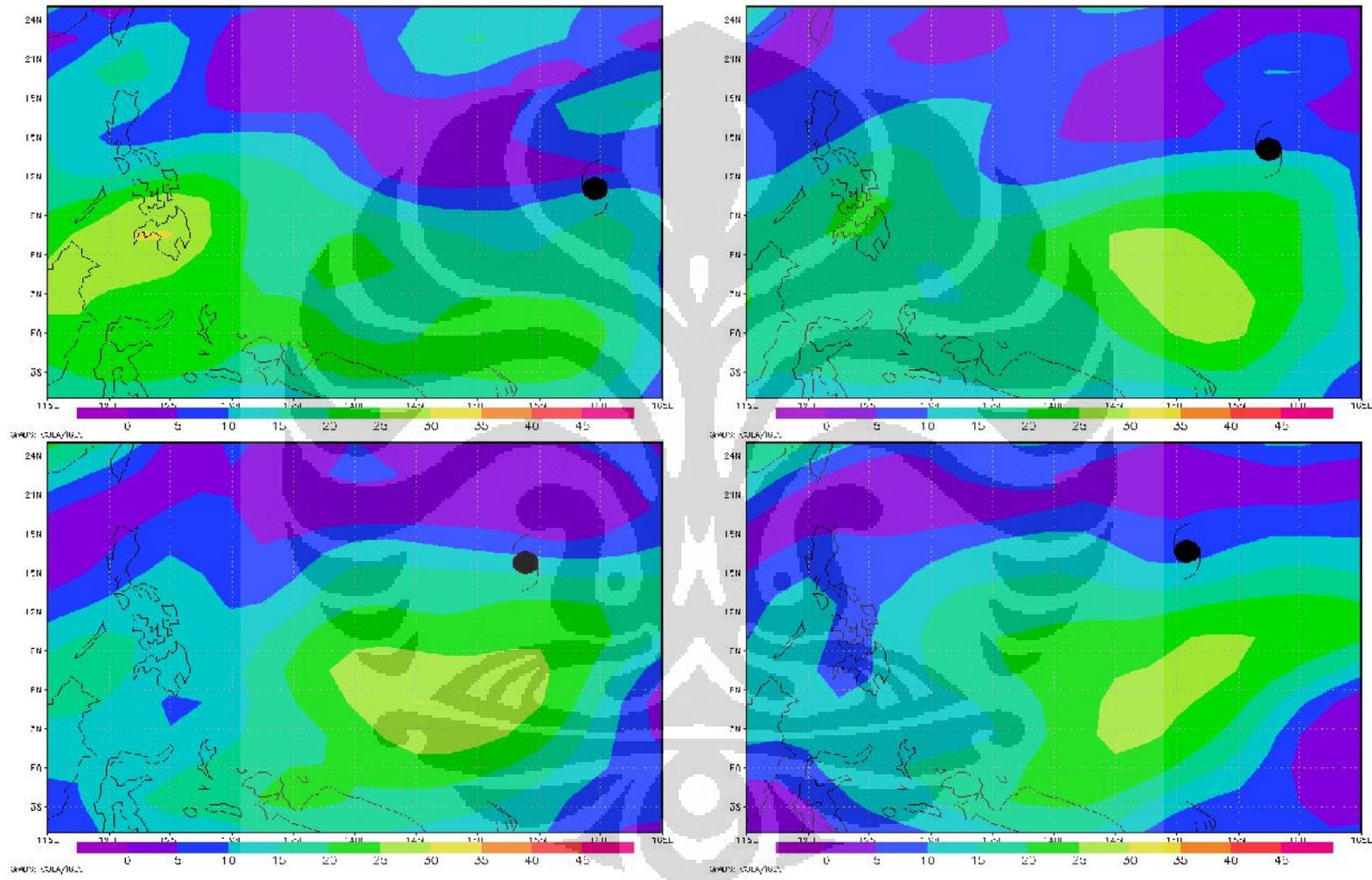
- TS 'WAYNE' bernilai divergensi sebesar $0.05 - 0.075 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 23 Juli dan bernilai $0.1 - 0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 24 Juli
- Nilai divergensi kuat pada TS 'LYNN' sebesar $0.1 - 0.125$ pada tanggal 16, 17 dan 21 Oktober, serta bernilai $>0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ pada tanggal 18 – 20 serta 22 – 24 Oktober
- TS 'KEITH' bernilai divergensi $>0.125 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ dari tanggal 1 hingga 5 November

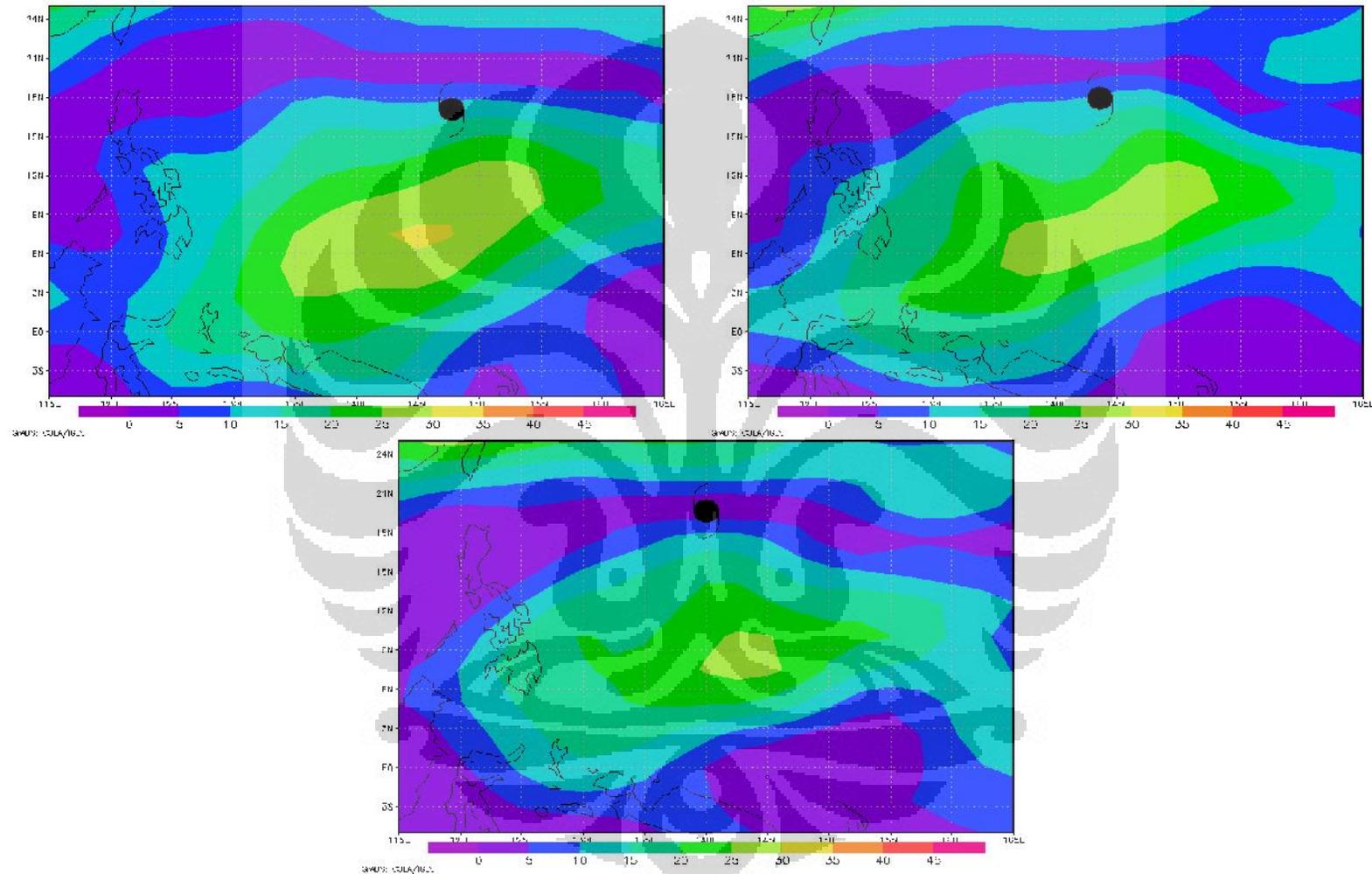
4.2.2.4 Analisis Nilai *Shear* Vertikal

Analisis *shear* vertikal dilakukan dengan mengurangi kecepatan angin antara lapisan 850hPa dengan lapisan 200hPa. Hal ini dilakukan dengan tujuan mengetahui kekuatan pertumbuhan secara vertikal sistem TS. Dimana pertumbuhan TS akan optimal dengan kondisi *shear* vertikal yang cukup kecil. Begitu juga sebaliknya, dimana jika kondisi *shear* vertikal besar maka pertumbuhan TS secara vertikal tidak akan optimal, dan bentukan sistem awan – awan konvektif pada TS akan miring ke arah hembusan angin lapisan atas yang lebih kencang.

a. Analisis *shear* vertikal lapisan 850 – 250 hPa pada tahun EM

Berdasarkan peta *shear* vertikal yang mengambil sampel tahun 1986 (TS 'BEN'), pada Gambar 4.11, diperoleh analisis bahwa TS 'BEN' menunjukkan nilai *shear* 5 – 15 kts pada tanggal 19, 20, 21 dan 24 September, 5 – 10 kts pada tanggal 22 September, 10 – 15 kt pada tanggal 23 September dan 0 – 5 kts pada tanggal 25 September.

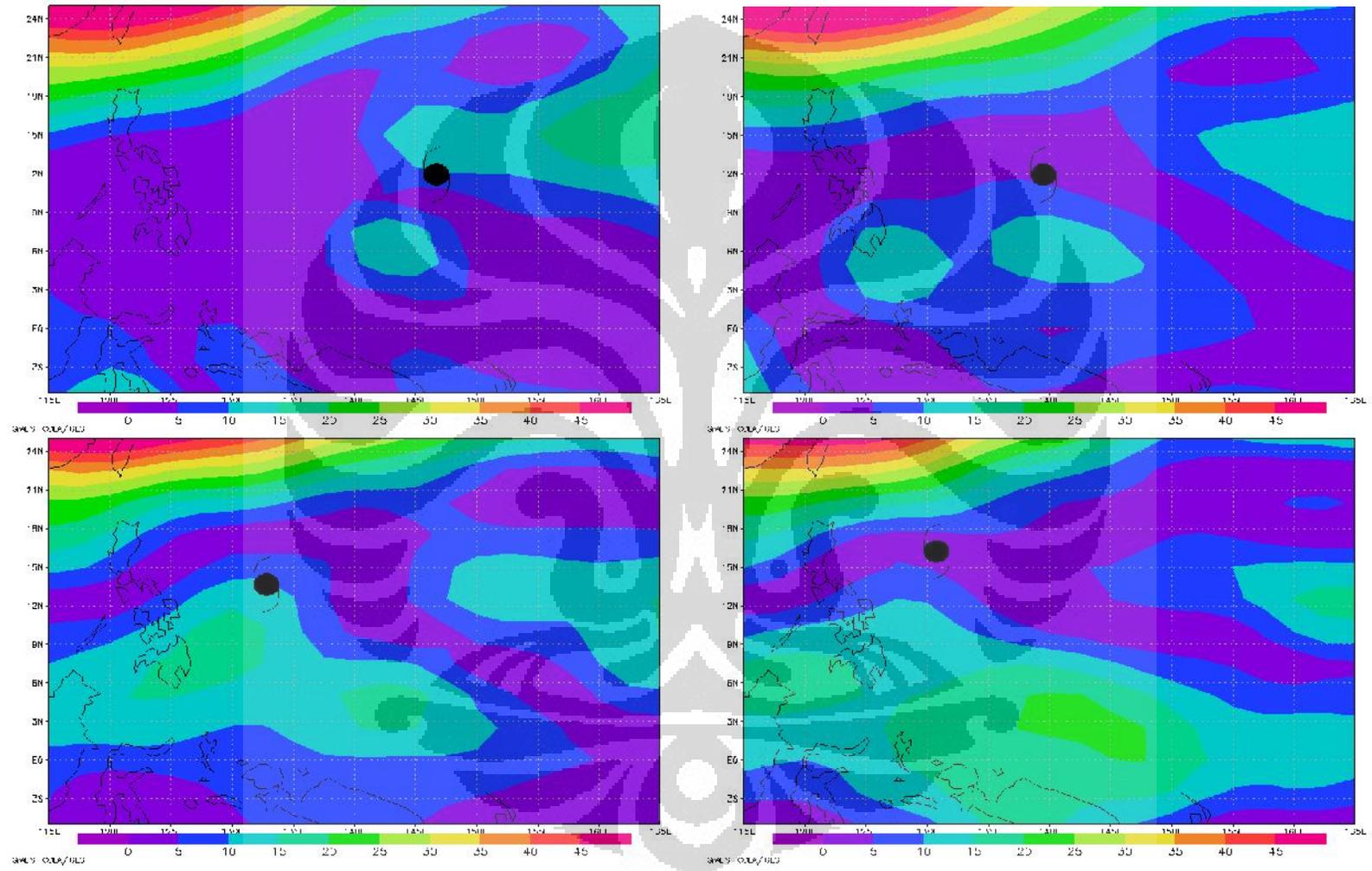


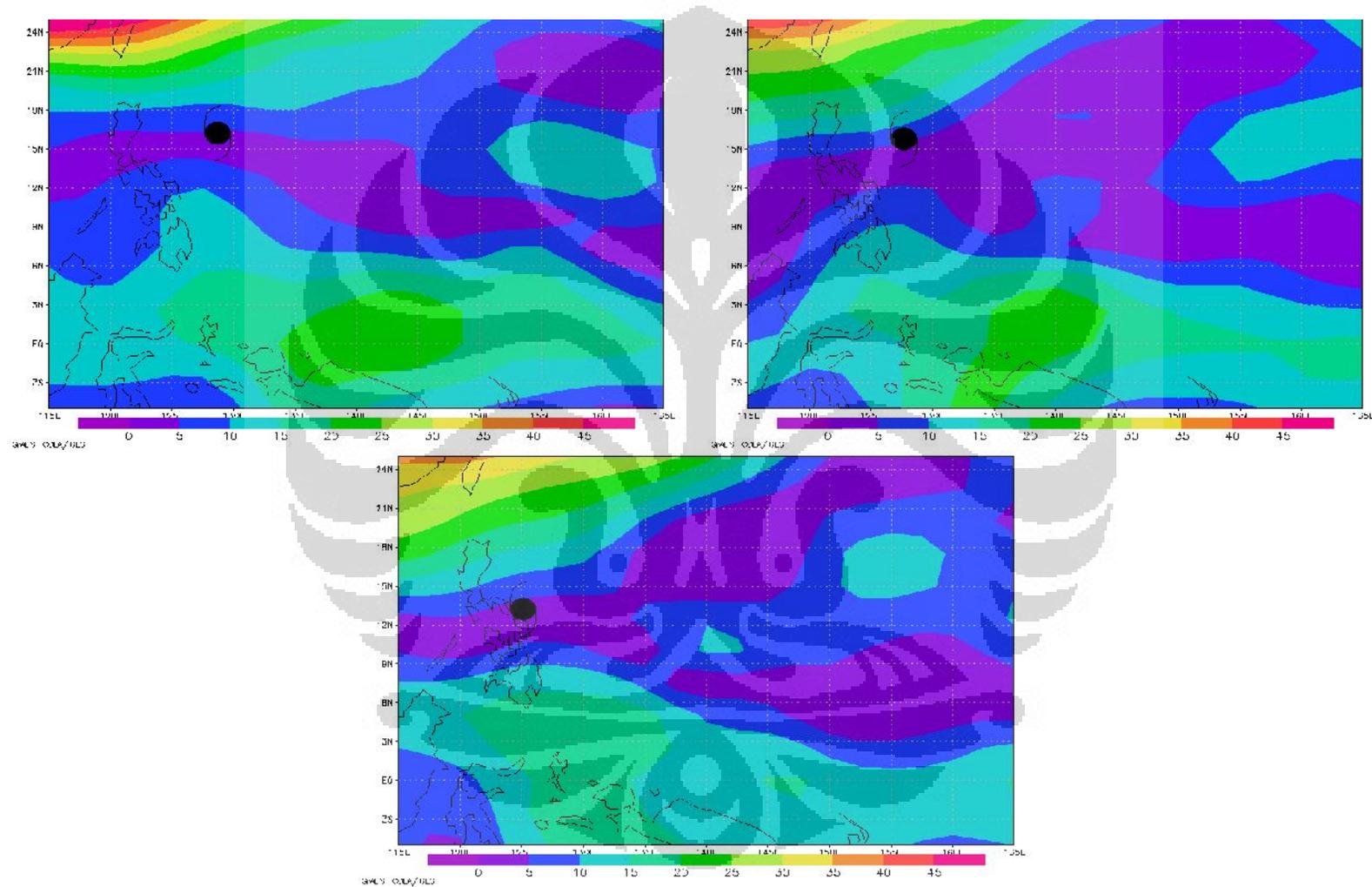


Gambar 4.42 Shear angin (knots) lapisan 850 – 200 hPa TS ‘BEN ‘ periode 19 – 25 September 1986

Sementara itu analisis nilai *shear* vertikal untuk TS ‘RUSS’, TS ‘RUTH’, TS ‘ELI’, TS ‘CHABA’, TS ‘DOUG’, TS ‘PHANFONE’ dan TS ‘CHABA’, adalah sebagai berikut:

- *Shear* vertikal bernilai 0 – 10 kts pada TS ‘RUSS’, kecuali tanggal 22 Desember bernilai 5 – 15 kts.
 - *Shear* vertikal lemah pada TS ‘RUTH’ 0 – 5 kts terjadi pada tanggal 23, 24 dan 27 Oktober, 0 – 10 kts pada tanggal 21, 25, 26 dan 28 Oktober, serta bernilai 5 – 15 kts pada tanggal 22 Oktober.
 - Pada TS ‘ELI’, *shear* vertikal 5 – 10 kts terlihat pada tanggal 10 Juli dan 5 – 15 kts pada tanggal 11 Juli.
 - *Shear* vertikal pada TS ‘DOUG’ bernilai 0 – 10 kts, kecuali pada tanggal 6 Agustus bernilai 5 – 15 kts.
 - *Shear* vertikal lemah terjadi pada TS ‘PHANFONE’ 0 – 5 kts, kecuali tanggal 12 Agustus 0 – 10 kts.
 - Pada TS ‘CHABA’, *shear* vertikal cukup kuat pada tanggal 21 dan 22 Agustus berkisar antara 15 – 25 kts, tanggal 20 bernilai 10 – 20 kts dan tanggal 23 – 24 Agustus bernilai 5 – 15 kts.
- b. Analisis *shear* vertikal lapisan 850 – 250 hPa pada tahun El Nino
- Pada peta *shear* vertikal tahun El Nino, dengan mengambil sampel tahun 1982 (TS ‘PAMELA’) pada Gambar 4.11 diketahui bahwa nilai *shear* vertikal bervariasi pada TS ‘PAMELA’ dengan nilai lemah 0 – 5 kts tanggal 4 dan 7 Desember, 0 – 10 kts tanggal 2, 5 dan 6 Desember, serta bernilai tinggi 5 – 15 kts pada tanggal 3 Desember.



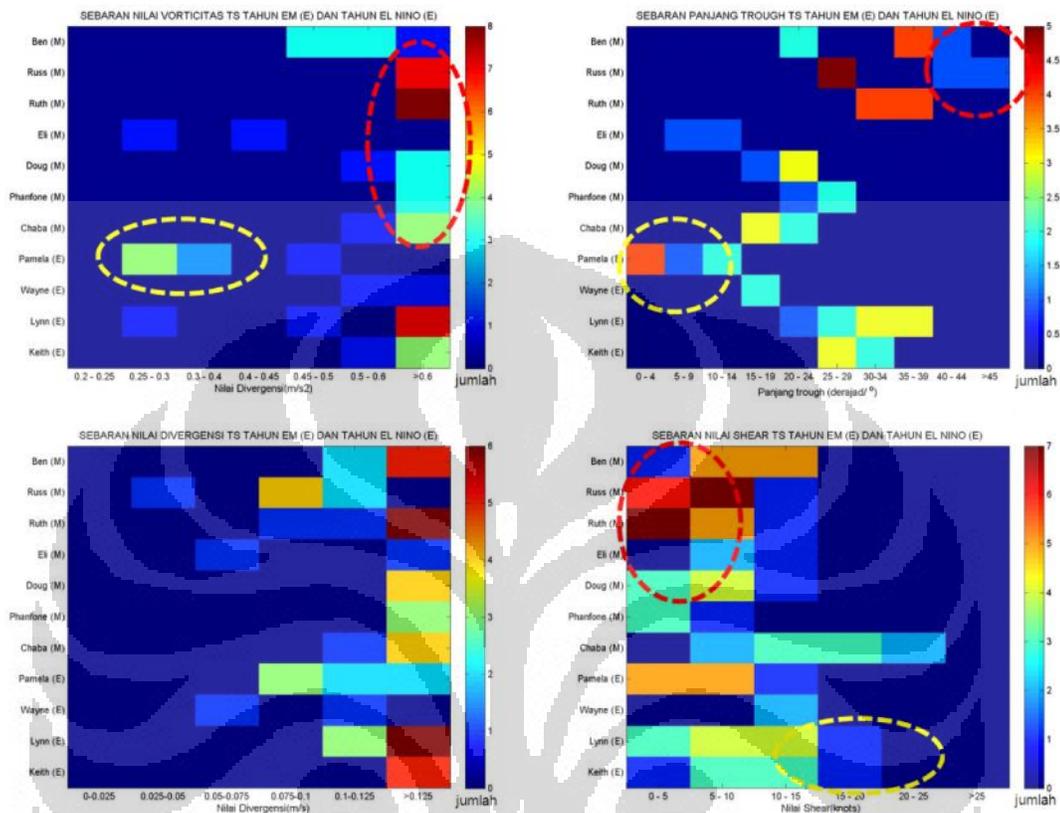


Gambar 4.11 Shear angin (knots) lapisan 850 – 200 hPa TS 'PAMELA' periode 1 – 7 Desember 1982

Sementara itu untuk TS 'WAYNE', TS 'LYNN', dan TS 'KEITH' disimpulkan dengan analisis nilai *shear* vertikal sebagai berikut:

- TS 'WAYNE' memiliki nilai *shear* vertikal 10 – 15 kts pada tanggal 23 dan 24 Juli
- TS 'LYNN' didominasi dengan nilai *shear* vertikal kuat pada tanggal 18, 19 dan 21 sebesar 10 – 20 kts, pada tanggal 21 sebesar 10 – 20 kts. Shear vertikal lemah 0 – 10 kts terjadi pada tanggal 22 dan 23 Oktober, 5 – 10 kts tanggal 17 dan 24 Oktober, serta 0 – 5 kts tanggal 16 Oktober.
- Nilai *shear* vertikal kuat 10 – 20 kts pada TS 'KEITH' terjadi pada tanggal 4 November dengan kisaran 10 – 20 kts, tanggal 2 November sebesar 10 – 15 kts, tanggal 3 November sebesar 5 – 15 kts, serta bernilai lemah 5 – 10 kts pada 1 November dan 0 – 10 kts pada 5 November.

Dari keseluruhan hasil analisis dinamika atmosfer pada masing – masing sampel TS pada tahun EM dan El Nino, dapat disimpulkan dengan Gambar 4.12 berikut :



Gambar 4.12 Analisis perbandingan Vorticitas/Curl, Trough dan Divergensi TS pada tahun EM dan El Nino. Lingkaran merah dan kuning menunjukkan nilai yang menjadi pembeda tahun EM dan El Nino

Pada Gambar 4.12 perlu diingat bahwa TS ‘WAYNE’ (tahun 1983) dan TS ‘LYNN’ (tahun 1987) bukan merupakan TS pada bulan dengan indeks NINO tertinggi pada tahun tersebut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perbandingan karakteristik TS dipandang dari unsur dinamika atmosfer pada tahun EM dan El Nino dijelaskan sebagai berikut:

1. Nilai vorticitas lebih tinggi pada tahun EM dibanding pada tahun EL Nino
2. *Trough* lebih memanjang pada tahun EM dibandingkan tahun El Nino
3. Nilai *shear* vertikal pada sistem TS lebih lemah pada tahun EM, sebaliknya lebih kuat pada tahun El Nino
4. Nilai divergensi tidak terlalu signifikan

4.2.3 Analisis Dinamika Laut

Dalam melakukan analisis dinamika laut terhadap TS pada tahun EM dan El Nino, dilakukan terhadap 2 (dua) luasan area. Dimana area pertama diharapkan dapat menunjukkan kondisi laut dimana TS mengalami pertumbuhan/ *genesis*. Sedangkan area kedua menunjukkan lokasi kondisi laut dimana TS tersebut berada dan umumnya telah dalam kondisi menjelang matang/ *immature* dengan kecepatan angin pada sistem TS > 33 knots.

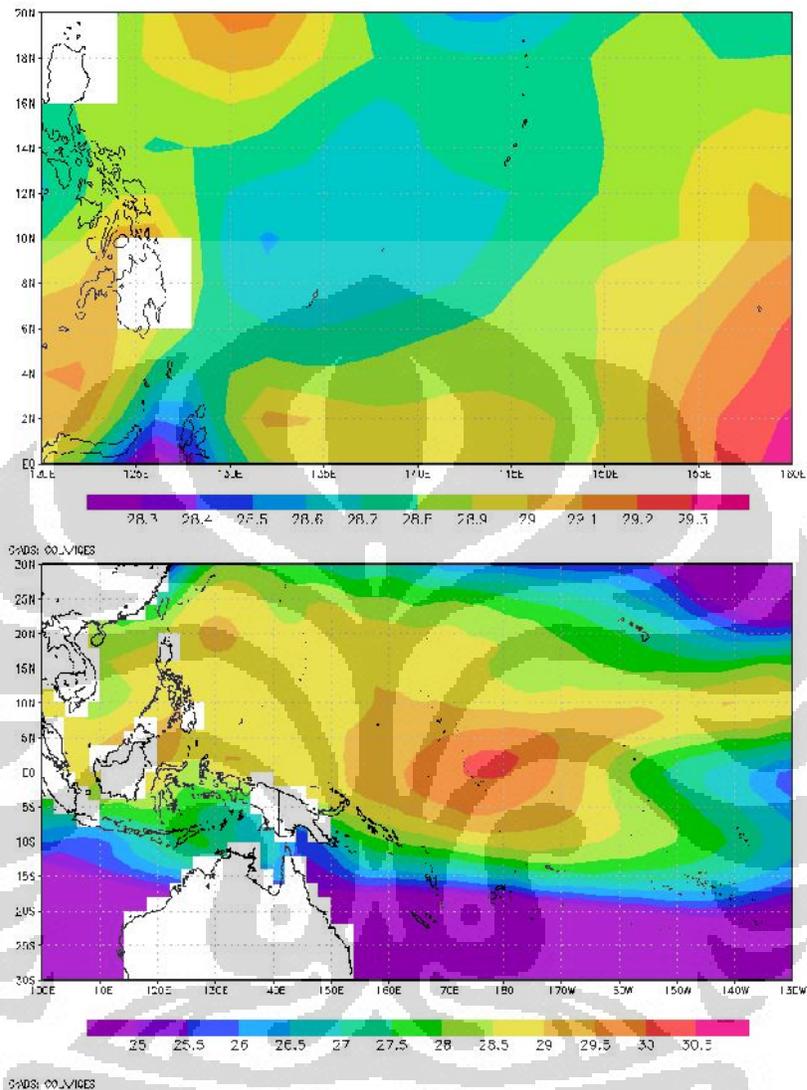
Kondisi laut dalam penelitian ini didasarkan pada data SST dan anomali SST, dimana kemudian dapat memberi gambaran mengenai energi dari laut untuk TS mendapatkan uap air yang cukup. Sedangkan data SST dan anomali SST yang digunakan adalah data rata – rata bulanan, sehingga kemudian dapat mempermudah analisis kondisi laut pada bulan – bulan sampel TS, dimana memiliki nilai EMI dan NINO tertinggi pada tahun EM dan El Nino.

4.2.3.1 Analisis SST pada tahun EM dan El Nino

Dilakukan pengeplotan SST yang kemudian dianalisis dan dicari perbandingan SST pada saat kondisi EM dengan kondisi El Nino.

a. Analisis SST pada tahun EM

Diambil sampel bulan September 1986 untuk analisis SST tahun EM yang ditunjukkan pada Gambar 4.13, dimana diperoleh analisis bahwa SST maksimum tahun 1986 pada luasan I sebesar 30°C dan luasan II 29.3°C, sedangkan SST minimum luasan II sebesar 28.3°C.



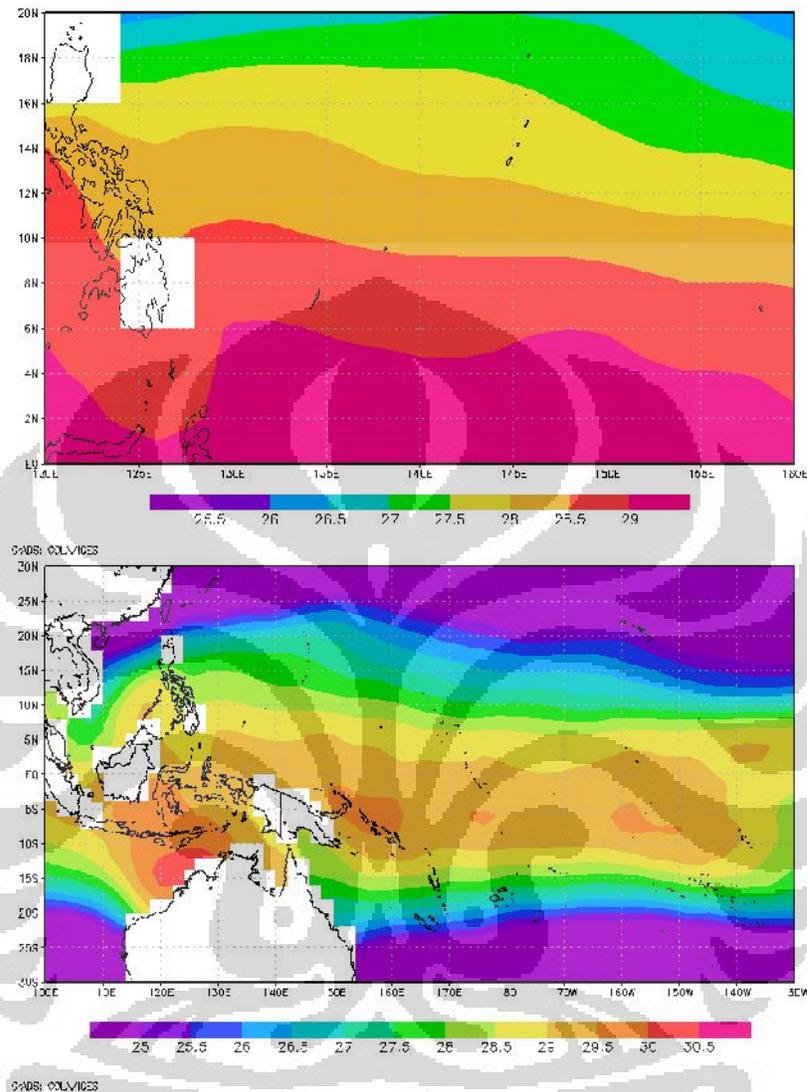
Gambar 4.13 Peta Suhu Muka Laut (°C) Bulan September 1986

Sedangkan analisis SST untuk tahun EM lainnya, diantaranya tahun 1990, 1991, 1992, 1994, 2002 dan 2006 dijelaskan sebagai berikut:

- Tahun 1990 , SST Luasan I maksimum sebesar 30°C , sedangkan pada luasan II, SST maksimum 29.5°C dan minimum 25.5°C
- SST maksimum pada tahun 1991 luasan I sebesar 30°C dan luasan II 29.5°C , sedangkan SST minimum luasan II 27.6°C
- SST pada tahun 1992, maksimum luasan I sebesar 29.5°C dan luasan II 29.6°C , sedangkan nilai minimum luasan II 28.2°C
- Pada tahun 1994, SST maksimum luasan I sebesar 30°C dan luasan II sebesar 29.8°C , sedangkan SST minimum luasan II sebesar 27.8°C
- SST maksimum luasan I sebesar 29.5°C dan luasan II 29.6°C pada tahun 2002, sedangkan SST minimum luasan II sebesar 28.4°C
- SST pada tahun 2004 luasan I sebesar 29.5°C dan luasan II sebesar 29.6°C , sedangkan SST minimum luasan II sebesar 28.2°C

b. Analisis SST pada tahun El Nino

Analisis SST tahun El Nino dengan mengambil sampel bulan Desember tahun 1982 (Gambar 4.14), dapat dijelaskan bahwa SST maksimum luasan I dan luasan II berturut – turut sebesar 29.5°C dan 29°C , sedangkan SST minimum luasan II sebesar 25.5°C .



Gambar 4.14 Peta Suhu Muka Laut (°C) Bulan Desember 1982

Sedangkan berikut ini adalah analisis SST untuk tahun El Nino 1983, 1987 dan 1997.

- SST maksimum luasan I pada tahun 1983 sebesar 29°C dan luasan II sebesar 30.2°C, sedangkan SST minimum luasan II sebesar 28.2°C
- Tahun 1987, nilai SST maksimum luasan I sebesar 30°C dan luasan II 29.7°C, sedangkan SST minimum luasan II sebesar 28.5°C

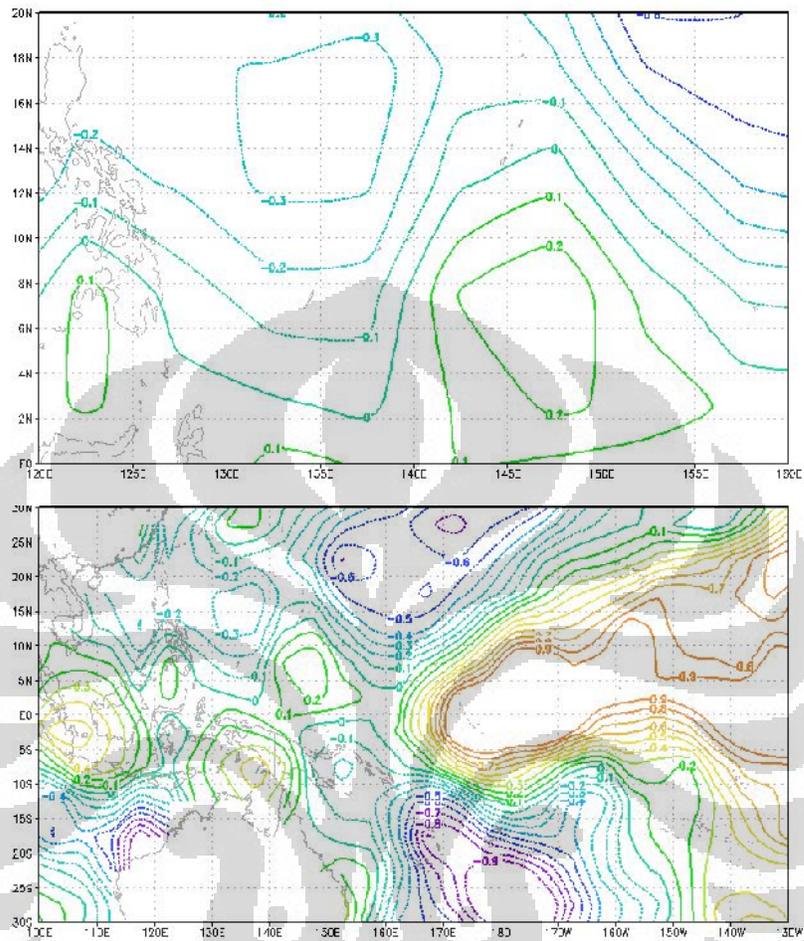
- Pada tahun 1997, SST maksimum luasan I dan II berturut – turut sebesar 29.5°C dan 29.7°C , sedangkan SST minimum luasan II sebesar 27°C

4.2.3.2 Analisis Anomali SST pada Tahun EM dan El Nino

Analisis anomali SST dilakukan guna mengetahui perbedaan dengan kondisi normalnya. Pada tahap analisis ini, anomali SST diplot dan kemudian dianalisis dan dicari perbandingannya pada saat kondisi EM dengan kondisi El Nino. Semakin positif tinggi perbedaan, maka peluang penambahan uap air sebagai sumber energi semakin besar.

a. Analisis anomali SST pada tahun EM

Analisis anomali SST tahun EM kembali mengambil sampel bulan September tahun 1986, yang ditunjukkan dengan Gambar 4.15, dimana anomali SST maksimum tahun 1986 pada luasan I sebesar 0.9°C dan luasan II 0.6°C , sedangkan anomali SST minimum luasan II sebesar -0.3°C



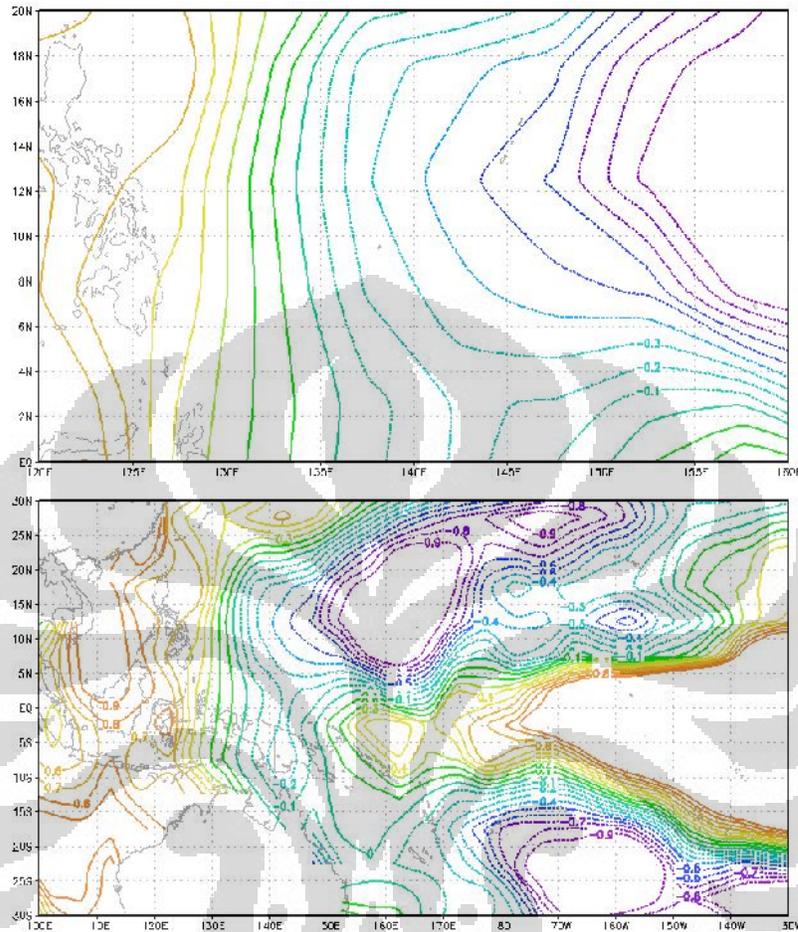
Gambar 4.15 Peta Anomali Suhu Muka Laut ($^{\circ}\text{C}$) Bulan September 1986

Sedangkan analisis anomali SST untuk tahun EM lainnya, diantaranya tahun 1990, 1991, 1992, 1994, 2002 dan 2006 dijelaskan sebagai berikut:

- Tahun 1990, anomali SST Luasan I maksimum sebesar 0.9°C , sedangkan pada luasan II, anomali SST maksimum 0.4°C dan minimum -0.6°C
- Anomali SST maksimum pada tahun 1991 luasan I sebesar 0.9°C dan luasan II 1.0°C , sedangkan anomali SST minimum luasan II -0.6°C
- Anomali SST pada tahun 1992, maksimum luasan I sebesar 0.9°C dan luasan II 0°C , sedangkan nilai minimum luasan II -0.5°C
- Pada tahun 1994, anomali SST maksimum luasan I sebesar 0.9°C dan luasan II sebesar 0.3°C , sedangkan anomali SST minimum luasan II sebesar -0.4°C
- Anomali SST maksimum luasan I sebesar 0.9°C dan luasan II 0.4°C pada tahun 2002, sedangkan anomali SST minimum luasan II sebesar -0.2°C
- Anomali SST pada tahun 2004 luasan I sebesar 0.9°C dan luasan II sebesar 0.4°C , sedangkan anomali SST minimum luasan II sebesar -0.6°C

b. Analisis anomali SST pada tahun EM

Analisis anomali SST tahun El Nino dengan kembali mengambil sampel bulan Desember tahun 1982 (Gambar 4.16) dapat dijelaskan bahwa anomali SST maksimum luasan I dan luasan II berturut – turut sebesar 0.5°C dan 0.7°C , sedangkan anomali SST minimum luasan II sebesar -0.9°C



Gambar 4.16 Peta Anomali Suhu Muka Laut ($^{\circ}\text{C}$) Bulan Desember 1982

Sedangkan berikut ini adalah hasil analisis anomali SST untuk tahun El Nino 1983, 1987 dan 1997.

- Anomali SST maksimum luasan I pada tahun 1983 sebesar 0.4°C dan luasan II sebesar 0°C , sedangkan anomali SST minimum luasan II sebesar -0.4°C
- Tahun 1987, nilai anomali SST maksimum luasan I sebesar 0.9°C dan luasan II 0.6°C , sedangkan anomali SST minimum luasan II sebesar -0.6°C

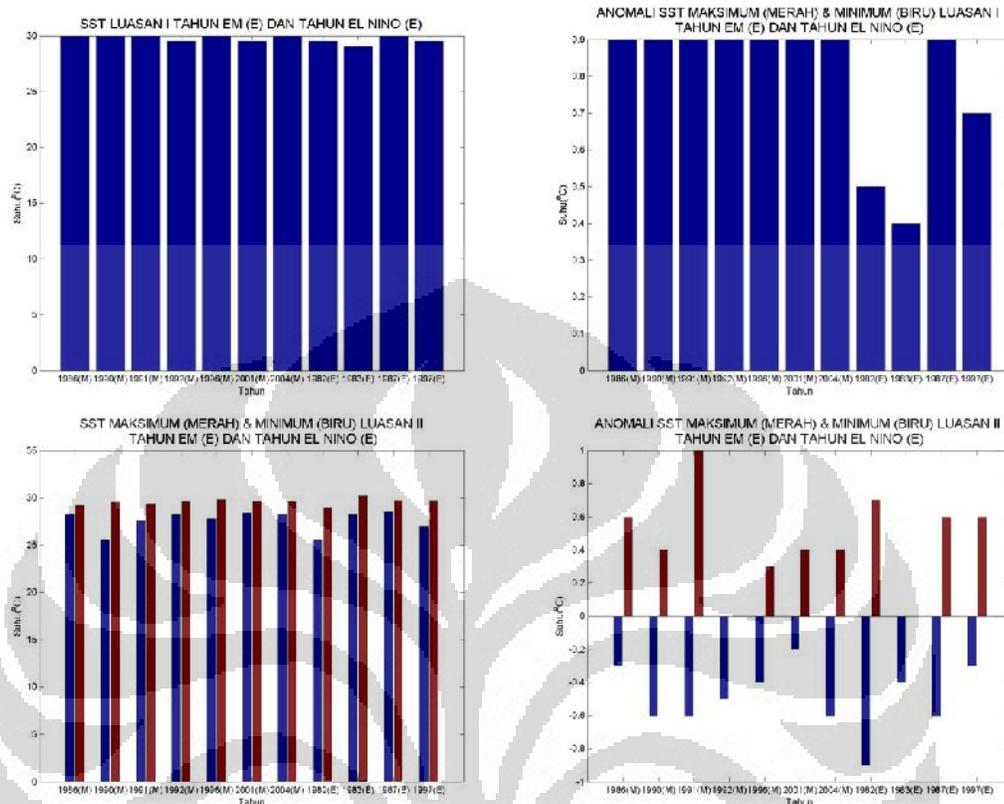
- Pada tahun 1997, anomali SST maksimum luasan I dan II berturut – turut sebesar 0.7°C dan 0.6°C , sedangkan anomali SST minimum luasan II sebesar -0.3°C

Dari hasil analisis terhadap nilai SST dan anomali SST pada dua luasan area, untuk masing – masing bulan dengan sampel TS, maka dapat dijelaskan dengan Tabel 4.9, dan digambarkan dengan Gambar 4.17 berikut:

Tabel 4.10 Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino

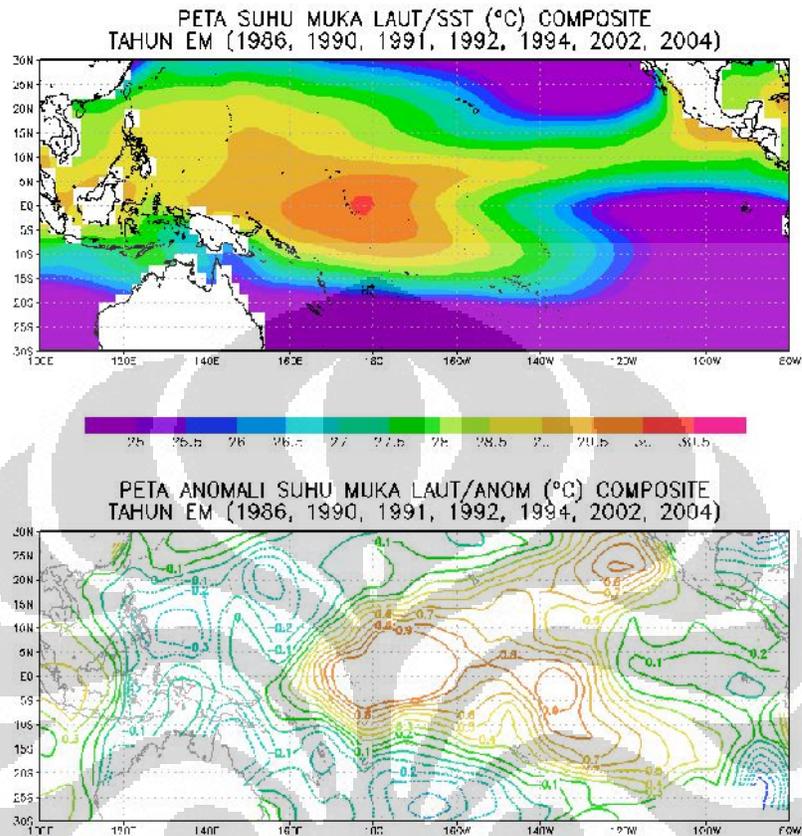
| | Luasan I | | Luasan II | | | |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|------|-----------------------------|-----|
| | SST ($^{\circ}\text{C}$) | ANOM ($^{\circ}\text{C}$) | SST ($^{\circ}\text{C}$) | | ANOM ($^{\circ}\text{C}$) | |
| | Max | Max | Min | Max | Min | Max |
| 1986 (M) | 30.0 | 0.9 | 28.3 | 29.3 | -0.3 | 0.6 |
| 1990 (M) | 30.0 | 0.9 | 25.5 | 29.5 | -0.6 | 0.4 |
| 1991 (M) | 30.0 | 0.9 | 27.6 | 29.4 | -0.6 | 1.0 |
| 1992 (M) | 29.5 | 0.9 | 28.2 | 29.6 | -0.5 | 0 |
| 1994 (M) | 30.0 | 0.9 | 27.8 | 29.8 | -0.4 | 0.3 |
| 2002 (M) | 29.5 | 0.9 | 28.4 | 29.6 | -0.2 | 0.4 |
| 2004 (M) | 30.0 | 0.9 | 28.2 | 29.6 | -0.6 | 0.4 |
| 1982 (E) | 29.5 | 0.5 | 25.5 | 29.0 | -0.9 | 0.7 |
| 1983 (E) | 29.0 | 0.4 | 28.2 | 30.2 | -0.4 | 0 |
| 1987 (E) | 30.0 | 0.9 | 28.5 | 29.7 | -0.6 | 0.6 |
| 1997 (E) | 29.5 | 0.7 | 27.0 | 29.7 | -0.3 | 0.6 |

Catatan: M menunjukkan tahun EM dan E menunjukkan tahun El Nino.

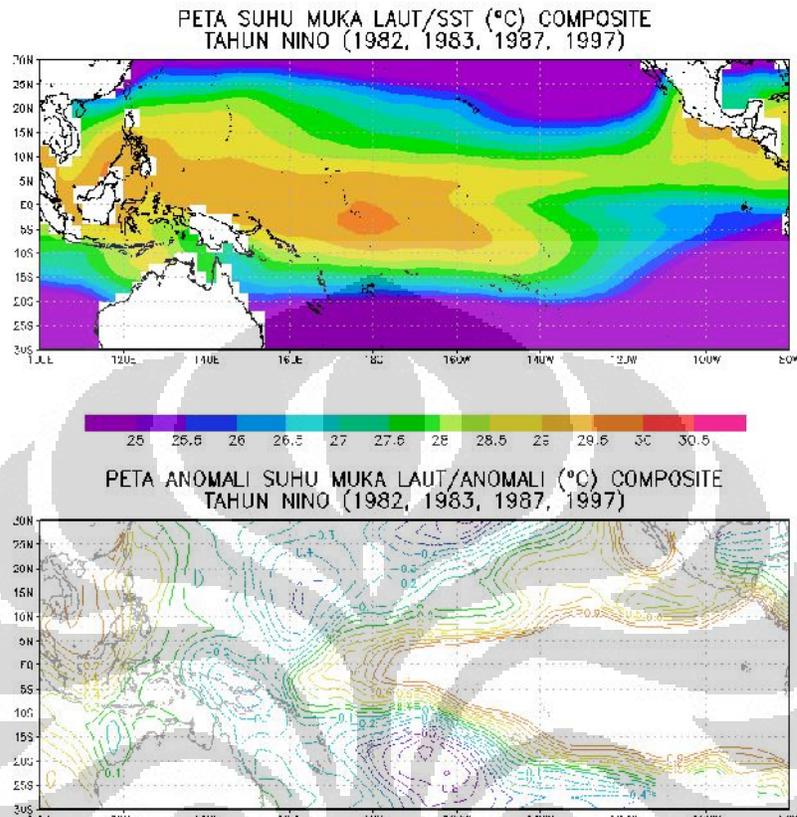


Gambar 4.17 Grafik Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.17 disimpulkan bahwa nilai SST dan anomali SST pada luasan I untuk tahun EM lebih hangat dibandingkan pada tahun El Nino, sedangkan pada luasan II suhu sedikit lebih hangat untuk tahun El Nino dibandingkan tahun EM. Sedangkan untuk mengetahui SST dan anomali SST rata – rata selama tahun EM dan El Nino, maka dibuat peta SST dan anomali SST *composite* yang terdapat pada Gambar 4.18 dan 4.19. Dimana dari kedua gambar tersebut, diperoleh hasil bahwa suhu hangat di wilayah *genesis* baik untuk SST dan anomali SST terjadi pada tahun EM, sementara suhu lebih dingin terjadi pada tahun El Nino.



Gambar.4.18 Peta Composite Suhu Muka Laut (atas) dan Anomali Suhu Muka Laut (bawah) Tahun EM



Gambar 4.19 Peta Composite Suhu Muka Laut (atas) dan Anomali Suhu Muka Laut (bawah)
Tahun El Nino

Dari hasil analisis SST dan anomali SST (Tabel 4.10 dan Gambar 4.17) dan analisis *composite* SST dan *composite* anomali SST (Gambar 4.18 dan 4.19) didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pada saat tahun EM nilai SST di wilayah Luasan I lebih hangat (umunya $\geq 30^{\circ}\text{C}$ kecuali tahun 1992 dan 2002, dimana $\text{SST} \geq 29.5^{\circ}\text{C}$), sedangkan pada tahun El Nino SST lebih dingin (umunya $\geq 29.5^{\circ}\text{C}$ kecuali tahun 1987, dimana $\text{SST} \geq 30^{\circ}\text{C}$). Anomali SST pada saat tahun EM bernilai tinggi (umunya $\geq 0.9^{\circ}\text{C}$), sedangkan pada tahun El Nino SST lebih dingin (umunya $\geq 0.4^{\circ}\text{C}$ kecuali tahun 1987, dimana $\text{SST} \geq 0.9^{\circ}\text{C}$)
- b. SST di wilayah Luasan II pada tahun El Nino lebih hangat dibanding pada tahun EMI, dimana nilai SST maksimum tertinggi pada tahun El Nino =

30.2°C sedang tahun EM = 29.8°C. Anomali SST pada tahun El Nino lebih tinggi dibanding pada tahun EM, dimana nilai Anom maksimum tertinggi pada tahun El Nino = 0.7°C sedang tahun EM = 0.6°C.

- c. SST dan anomali SST *composite* pada keseluruhan tahun EM di wilayah Luasan I lebih hangat, dengan nilai secara berurutan sebesar (> 30°C dan > 0.9°C) dibanding pada tahun El Nino (> 29.5°C dan > 0.7°C).
- d. Di wilayah Luasan II, nilai SST *composite* dengan suhu > 29°C pada tahun EM terjadi hanya pada wilayah Timur dan sebagian kecil wilayah Barat saja, sebaliknya pada tahun El Nino terjadi hampir di sebagian besar wilayah. Sedangkan nilai anomali SST *composite* pada tahun EM lebih rendah, yaitu antara -0.3 – 0.2°C dibanding pada tahun El Nino (-0.4 – 5°C).
- e. Dari poin.a hingga poin.d disimpulkan bahwa perbandingan karakteristik TS pada tahun EM dibandingkan dengan tahun EL Nino adalah sebagai berikut:
 - a. SST dan anomali SST di wilayah Luasan I/ Pasifik Ekuator bagian Tengah yang menunjukkan pasokan uap air pada saat TS memulai tahap *genesis* lebih tinggi pada saat EM dibanding pada saat El Nino
 - b. SST dan anomali di wilayah Luasan II/ penelitian, dimana TS sudah berada pada tahap menjelang matang/ *immature* dan tahap matang/ *mature* lebih tinggi pada tahun El Nino dibanding tahun EM.

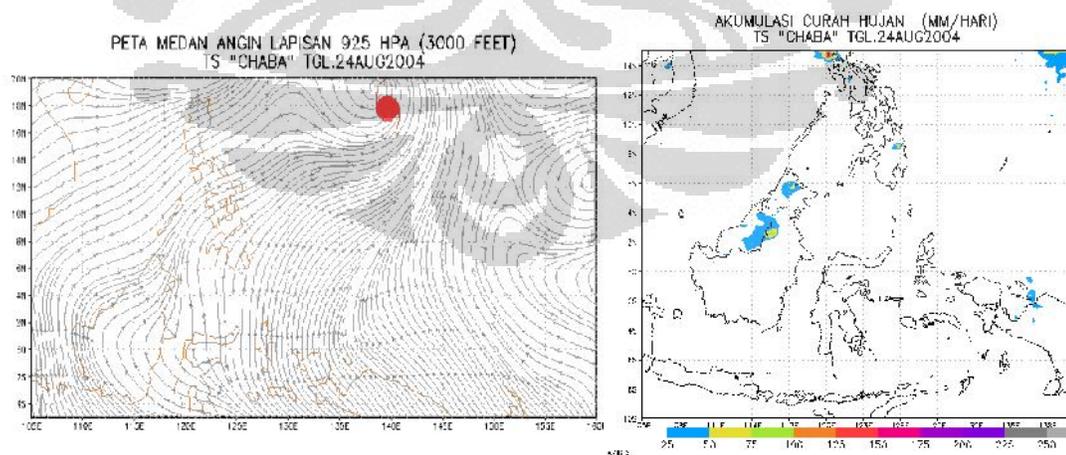
4.2.4 Analisis Dampak TS di Wilayah Indonesia

Analisis dampak kejadian TS pada tahun EM, dilakukan untuk semua kejadian TS pada bulan – bulan dengan EMI tertinggi pada tahun EM. Untuk mengetahui apakah hujan yang terjadi memang benar merupakan dampak tidak langsung dari masing – masing kejadian TS, maka hasil analisis hujan kemudian dibandingkan dengan peta angin 925 hPa/ 3000 feet (merupakan lapisan signifikan pembentukan awan – awan hujan). Perbandingan ini guna mengidentifikasi adanya tarikan sistim konvergensi, *shear* horizontal/ daerah

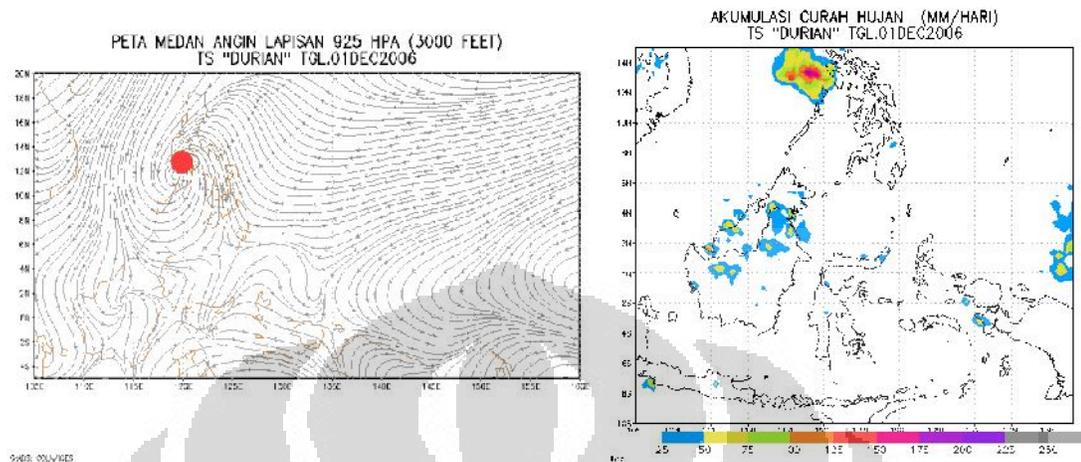
belokan angin yang merupakan runtutan panjang dari sistem putaran angin pada TS.

Analisis dampak TS tahun EM di wilayah Indonesia yang diambil adalah analisis akumulasi hujan harian pada tahun EM 2002 dan 2004, serta tahun El Nino 2006. Tahun – tahun sebelumnya tidak diteliti dikarenakan minimnya data yang tersedia. Sedangkan akumulasi curah hujan yang dikategorikan sebagai dampak tidak langsung TS adalah curah hujan tinggi dengan jumlah ≥ 25 mm/hari. Untuk membandingkan dampak hujan oleh kejadian TS pada saat kondisi EM dengan El Nino, maka dilakukan perbandingan dengan menggunakan data TS tahun El Nino tinggi (tahun 2006) pada bulan dengan nilai NINO3, NINO3.4, NINO4, dan NINO1+2 tinggi. Dengan menggunakan metoda yang sama pada pemilihan bulan dan tahun EM dan El Nino pada Tabel 4.1 dan 4.2, maka didapat bulan Desember sebagai bulan dengan nilai NINO tertinggi pada tahun 2006. TS yang ada di bulan tersebut adalah TS “Utor” dan TS “Durian”, yang menjadi TS pembanding dampak hujan pada tahun El Nino.

Hujan lebat sebagai dampak TS dan faktor dinamis penyebab curah hujan tinggi, digambarkan pada Gambar 4.20 dan 4.21. Gambar 4.20 merupakan sampel untuk dampak TS pada kondisi EM, sedangkan Gambar 4.21 merupakan sampel dampak TS pada tahun El Nino.



Gambar 4.20 Peta akumulasi curah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS “CHABA” tahun 2004



Gambar 4.21 Peta akumulasi curah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS “DURIAN” tahun 2006

Dengan memperhatikan akumulasi curah hujan tinggi ditinjau dari faktor dinamis penyebab curah hujan tinggi tersebut dari angin lapisan 925 hPa/ 3000 feet, maka didapatkan hasil wilayah mana saja di Indonesia yang terkena dampak tidak langsung TS pada tahun EM, berupa Tabel 4.11 berikut:

Tabel 4.11 Analisis dampak TS terhadap curah hujan tinggi pada tahun EM

| Nama TS | Tanggal dampak hujan tinggi | Wilayah dampak | Faktor penyebab |
|-------------------------------------|--|--|---|
| TS “Phanfone” (12 – 14 Ags 2002) | 12 Ags 2002 13 Ags 2002 | Papua bag Timur Papua bag Timur | Konvergen Konvergen |
| TS “Rusa” (24 Ags 2002) | 24 Ags 2002 | Papua bag Utara | <i>Shear</i> horizontal |
| TS “Sinlaku” (29 Ags 2002) | 29 Ags 2002 | Papua bag Utara Kalimantan Timur bag Utara Sulawesi bag Utara | Konvergen Konvergen <i>Shear</i> horizontal |
| TS “Aere” (20 – 21 Ags 2004) | - | - | - |
| TS “Chaba” (20 – 24 Ags 2004) | 21 Ags 2004 22 Ags 2004 23 Ags 2004 24 Ags 2004 | Kalimantan Barat bag Utara Kalimantan Timur bag Utara Papua bag Utara Kalimantan bag Utara Papua bag Utara | <i>Shear</i> horizontal Konvergen Konvergen Konvergen Konvergen |

| | | | |
|---------------------------------|-------------|--------------------------|-----------|
| TS “Songda” 29 – 31 Ags 2004 | 29 Ags 2004 | Papua bag Utara & Tengah | Konvergen |
| | 30 Ags 2004 | Sebagian besar Papua | Konvergen |
| | 31 Ags 2004 | Papua bag Utara | Konvergen |

Sedangkan wilayah di Indonesia yang terkena dampak tidak langsung TS pada tahun El Nino, berupa Tabel 4.12 berikut:

Tabel 4.12 Analisis dampak TS terhadap curah hujan tinggi pada tahun El Nino

| Nama TS | Tanggal dampak hujan tinggi | Wilayah dampak | Faktor penyebab |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| TS “Utor” (08 – 10 Des 2006) | 08 Des 2006 | Kalimantan Timur bag Utara | <i>Shear</i> horizontal |
| | 10 Des 2006 | Kalimantan Timur bag Utara | Konvergen |
| TS “Durian” (01 Desember 2006) | - | - | - |

Dari keterangan Tabel 4.11 dan 4.12 dapat ditarik kesimpulan bahwa curah hujan tinggi yang menjadi dampak kejadian TS pada tahun EM di wilayah Samudera Pasifik Barat Laut adalah di wilayah Indonesia bagian Utara (di sekitar wilayah Kalimantan bagian Utara dan Papua bagian Utara). Sedangkan curah hujan tinggi (≥ 50 mm/hari) lebih sering terjadi pada tahun EM dibandingkan pada tahun El Nino, meskipun perbedaannya tidak terlalu signifikan.

4.3 Perbandingan dengan Penelitian Lain

Dari keseluruhan proses analisis untuk mengetahui karakteristik TS pada tahun EM jika dibandingkan dengan hasil analisis dari teori lain yang sudah ada sebelumnya, dalam hal ini penelitian yang pernah dilakukan oleh Karumuri Ashok pada tahun 2007, maka diperoleh suatu kesimpulan pada Tabel 4.12 berikut:

Tabel 4.13 Perbandingan dengan Penelitian Lain

| Parameter Pembeding | Karumuri Ashok, 2007 | Ida Pramuwardani, 2011 |
|----------------------------|--|--|
| Judul Penelitian | Modoki, IOD dan Typhoon Barat Laut: Implikasi probabilitas untuk kejadian – kejadian ekstrim | Kajian El Nino Modoki terhadap kejadian Siklon Tropis di Samudera pasifik barat Laut (120° – 160° BT, Ekuator – 20° LU) |
| Lokasi penelitian | Samudera Pasifik Barat Laut, khususnya wilayah 120° – 180° BT, Ekuator – 30° LU | Samudera Pasifik Barat Laut, khususnya wilayah 120° – 160° BT, Ekuator – 20° LU |
| Tujuan penelitian | <ul style="list-style-type: none"> - Identifikasi dampak terhadap peningkatan curah hujan di Filipina dan sekitarnya pada saat kejadian EM, dan asosiasinya dengan kejadian typhoon di Samudera pasifik Barat Laut - Identifikasi dampak ENSO (El Nino – La Nina) dan ENSO Modoki pada kejadian typhoon di Pasifik Barat Laut dan modulasinya pada kejadian IOD (Indian Ocean Dipole Mode) | <ul style="list-style-type: none"> - Identifikasi kejadian EM terhadap karakteristik TS dan jika dibandingkan dengan kejadian El Nino. - Identifikasi dampak kondisi EM pada TS terhadap curah hujan di Indonesia - Identifikasi Faktor penyebabnya |
| Periode data | Tahun 1979-2004 | Tahun 1979-2004 |
| Macam data | <ul style="list-style-type: none"> - NCEP/ NCAR Reanalisis - GPCP Rainfall - NOAA OLR - ERSST - Best Storm Track Data (JTWC) | <ul style="list-style-type: none"> - NCEP/ NCAR Reanalisis - TRMM Rainfall - SST – NCEP/NCAR Reanalysis - Best Storm Track Data (JTWC) |
| Unsur data | Anomali SST, OLR, Vorticitas, Angin Horizontal, Anomali Angin, Ketinggian Geopotensial, Curah hujan | SST, Anomali SST, Vorticitas, Divergensi, Panjang trough, Shear Vertikal, Curah hujan |

| | | |
|----------------------|--|--|
| Analisis data | Statistik, dinamika atmosfer dan laut | <ul style="list-style-type: none"> - Statistik, dinamika atmosfer dan laut - Analisis dampak hujan tinggi di Indonesia |
| Hasil yang diperoleh | <ul style="list-style-type: none"> - Kondisi EM meningkatkan curah hujan di wilayah Samudera Pasifik Barat Laut, Filipina dan sekitarnya akibat bertambahnya sirkulasi siklonal (typhoon) - Kejadian IOD menjadi faktor pendukung EM yang mengakibatkan bertambahnya sirkulasi siklonik (typhoon) dan banyaknya jumlah hari kejadian hujan ekstrim | <ul style="list-style-type: none"> - Kondisi EM menunjukkan keterkaitan dengan lebih kuatnya kejadian TS berdasarkan analisa statistik, dinamika atmosfer dan dinamika laut dibandingkan dengan kejadian El Nino - TS pada saat kondisi EM lebih memberikan dampak terhadap meningkatnya curah hujan di wilayah Indonesia bagian Utara jika dibandingkan dengan saat kondisi El Nino - Kolam hangat di Samudera Pasifik Ekuator bagian Tengah dan Barat diidentifikasi menjadi pemicu bertambah kuatnya kejadian TS pada saat kejadian EM dibanding pada saat EL Nino |
| Teori baru | | <ul style="list-style-type: none"> - TS pada saat kondisi EM lebih meningkatkan curah hujan di wilayah Indonesia bagian Utara - Bertambah kuatnya TS pada saat kondisi EM disebabkan hangatnya suhu muka laut di Samudera Pasifik Ekuator bagian Tengah dan Barat yang merupakan wilayah tahap <i>genesis/</i> pertumbuhan |

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari keseluruhan penelitian yang mengamati karakteristik TS di Samudera Pasifik Barat Laut pada tahun EM dan kemudian dibandingkan dengan pada tahun El Nino, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Identifikasi kejadian TS pada saat kondisi EM dengan analisis statistik, dinamika atmosfer dan dinamika laut, yang kemudian dibandingkan dengan saat kondisi El Nino, adalah sebagai berikut:
 - a. Dari analisis statistik dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien korelasi dengan Uji t menunjukkan bahwa antara EMI dengan MEAN, MAX dan FREK memiliki korelasi positif (+) yang tidak signifikan dengan tingkat hubungan rendah. Sedangkan korelasi untuk NINO3.4, NINO4, NINO3 dan NINO1+2 pada umumnya adalah berkorelasi negatif (-) yang tidak signifikan dengan tingkat hubungan sangat rendah. Sedangkan dari grafik nilai karakteristik TS dengan EMI dan NINO3.4, NINO4, NINO3 dan NINO1+2, disimpulkan bahwa nilai MAX, MEAN dan FREK memiliki kesamaan pola/tren yang lebih tinggi dengan EMI dibandingkan dengan NINO3.4, NINO4, NINO3 dan NINO1+2
 - b. Dari analisis dinamika atmosfer disimpulkan bahwa unsur dinamika atmosfer berupa nilai vortisitas, panjang *trough*, divergensi dan *shear* vertikal pada tahun EM lebih mendukung untuk pertumbuhan dan perkembangan TS, dibandingkan unsur dinamika atmosfer TS pada tahun El Nino
 - c. Dari analisis dinamika laut disimpulkan bahwa pasokan uap air pada saat TS memulai tahap *genesis* lebih tinggi pada saat EM dibanding pada saat El Nino, sedangkan pasokan uap air pada saat

TS sudah berada pada tahap menjelang matang/ *immature* dan tahap matang/ *mature* lebih tinggi pada tahun El Nino dibanding tahun EM

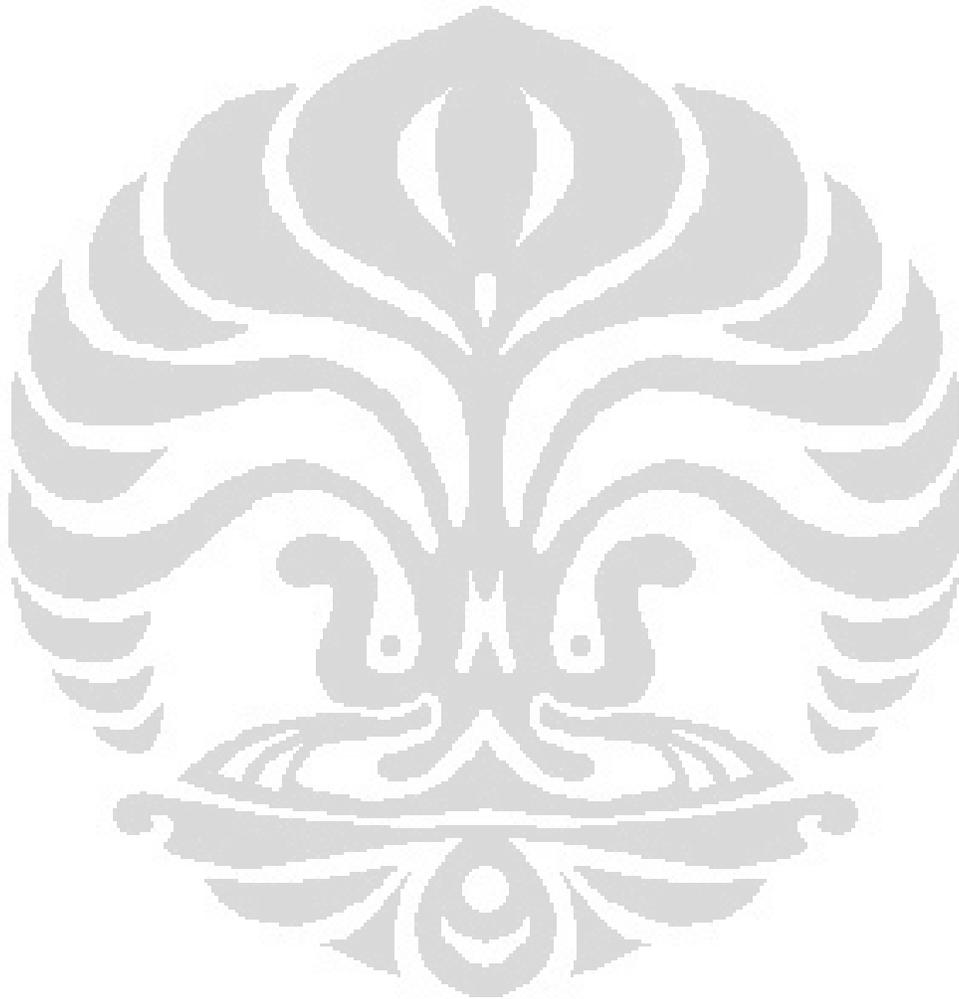
2. Pasokan uap air yang tinggi di wilayah Samudera Pasifik Ekuator bagian Barat dan Tengah hingga batas 170°BT, dimana merupakan lokasi *genesis/* pertumbuhan TS pada tahun EM, merupakan pemicu signifikannya karakteristik TS di wilayah Samudera Pasifik Barat Laut dibanding tahun El Nino
3. Curah hujan tinggi yang menjadi dampak kejadian TS pada tahun EM di wilayah Samudera Pasifik Barat Laut adalah di wilayah Indonesia bagian Utara (di sekitar wilayah Kalimantan bagian Utara dan Papua bagian Utara). Sedangkan curah hujan tinggi lebih sering terjadi pada tahun EM dibandingkan pada tahun El Nino, meskipun perbedaannya tidak terlalu signifikan

Diperoleh suatu rumusan berdasarkan kesimpulan poin 1 hingga 3, yaitu EM memberikan pengaruh pada bertambahnya kondisi dinamika atmosfer dan laut dalam pembentukan TS di Samudera Pasifik Barat Laut (120–180°BT, 0–30°LU) dibandingkan El Nino. Hal ini disebabkan karena posisi kolam hangat yang berada di Pasifik Ekuator yang lebih ke arah Barat pada EM.

5.2 **Saran**

Dari hasil penelitian ini terlihat bahwa penelitian mengenai topik ini masih belum banyak ditemui sehingga diperlukan adanya penelitian yang lebih mendalam, terutama dengan menambahkan unsur – unsur dinamika atmosfer dan dinamika laut, serta dengan mengembangkan penelitian ke arah dampak terhadap fenomena yang lebih spesifik, seperti curah hujan, di wilayah Indonesia. sehingga penelitian mengenai pengaruh EM terhadap karakteristik TS kedepannya dapat memberi hasil yang lebih baik lagi.

Diharapkan dengan adanya penelitian yang lebih mendalam, akan dapat digunakan sebagai salah satu metode dalam sistim prediksi EM terhadap TS, terutama mengenai dampaknya di wilayah Indonesia, sehingga dapat membantu sistem peringatan dini kejadian cuaca ekstrim di wilayah Indonesia.



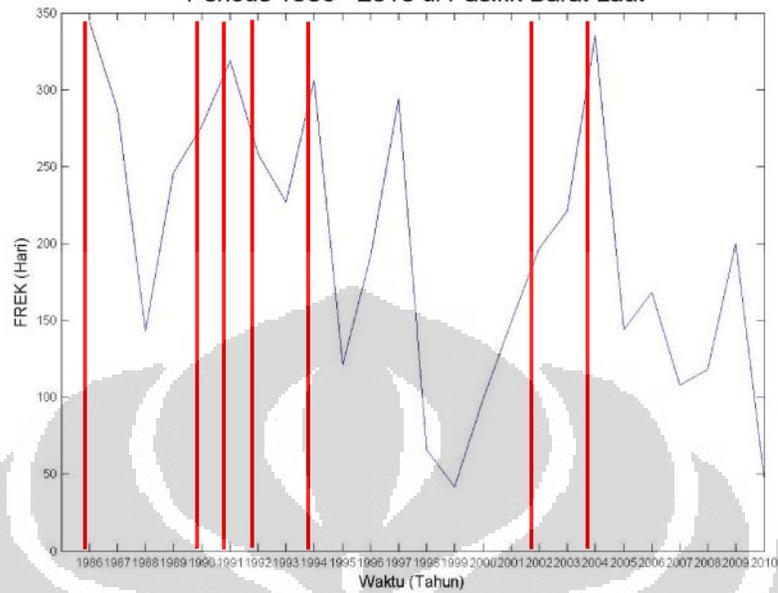
DAFTAR REFERENSI

- Ashok, K. (2007). *Modoki, IOD and Western North Pacific Typhoons: Possible implications for extreme events*, Indian Institute of Tropical Meteorology, Pune, India
- Evans, R. (1996). *Hazardous Weather – Tropical Cyclones – Teacher’s Guide*, Australia: Bureau of Meteorology.
- Gray, WM.. (1995). *Tropical Cyclones*. Department of Atmospheric Science Colorado State University Fort Collins. CO
- Harr, PA. (2009). *Global Perspective of Tropical Cyclone : The Extratropical Transition of Tropical Cyclones: Structural Characteristic, Downstream Impacts, and Forecast Challenges*. World Scientific Series on Asia – Pacific Weather and Climate Vol.4. Singapore
- Radjab, AF., dkk. (2009). *Siklon Tropis Kirilly, Anomali di dekat Ekuator*. Buletin Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Vol.5 No.2. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta
- Lander, MA. (1995). *Specific Tropical Cyclone Track Types and Unusual Tropical Cyclone Associated with a Reversed – Oriented Monsoon Trough in the Western North Pacific*. Weather and Forecasting – American Meteorology Society Vol.11 No.2, pages 137 – 272
- McBride, JL. (1995) *Tropical Cyclone Formation*. Global Perspective of Tropical Cyclone – WMO/TD-No.693. World Meteorological Organization Technical Documents
- O.Nell, T. (2010). *Majalah National Geographic Edisi Maret 2010, Rubik Kelautan*
- Ramage, CS., 1971, *Monsoon Meteorology*, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii

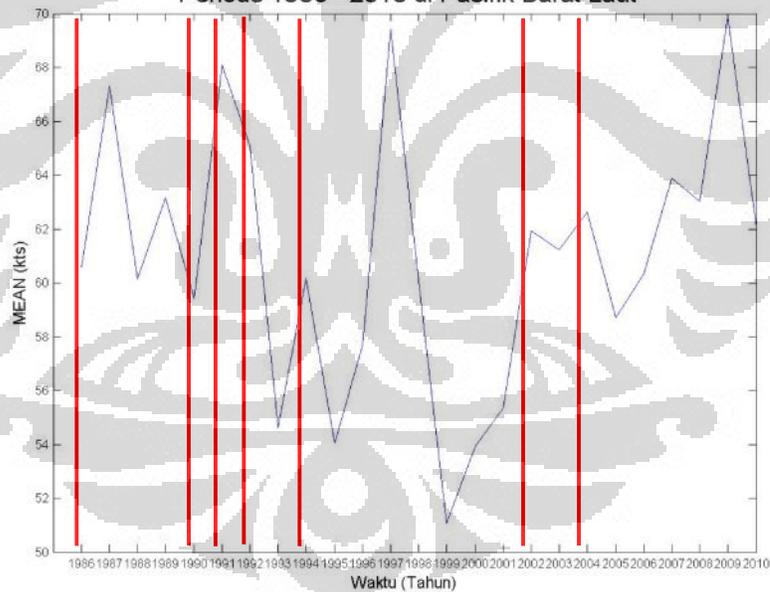
- Sheperd, I., 2007, *Tropical Cyclone Genesis- Genesis Theory*, Makalah disajikan dalam Presentasi Jakarta TCWC Tropical Cyclone Forecasting Training, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Jakarta
- Sugiyono. (2009). *Statistika untuk Penelitian*, Bandung: Alfabeta.
- Webster, PJ. (2005) *Change in Tropical Cyclone Number, Duration and Intensity in a Warming Environment*. Science – American Association for Advancement of Science, Vol.309
- Yamagata, T., dkk. *El Nino Modoki and its Possible Teleconnection*. Tokyo CVRP/FRCGC, JAMSTEC dan Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science.
- Zakir, A., dkk. (2010). *Perspektif Operasional Cuaca Tropis*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Jakarta

Lampiran I. Grafik karakteristik TS tahunan

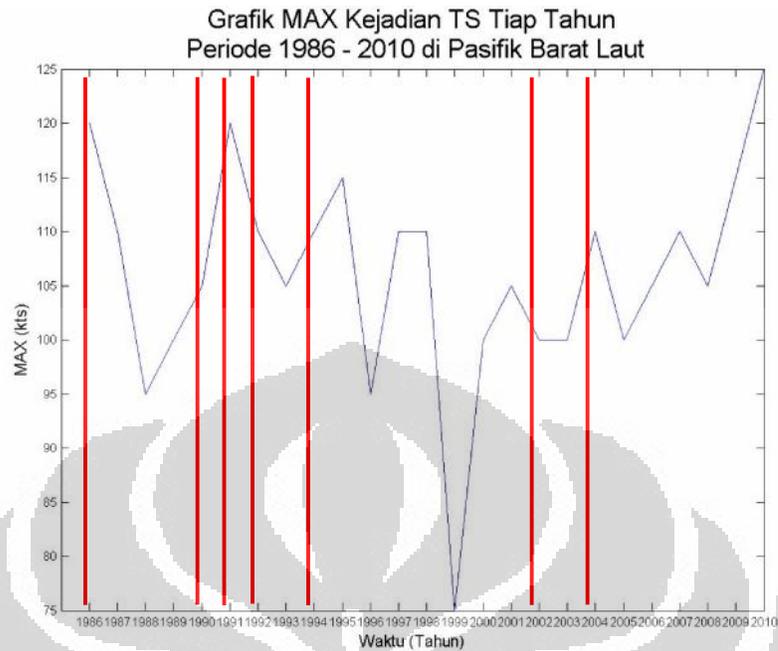
Grafik FREK Kejadian TS Tiap Tahun
Periode 1986 - 2010 di Pasifik Barat Laut



Grafik MEAN Kejadian TS Tiap Tahun
Periode 1986 - 2010 di Pasifik Barat Laut

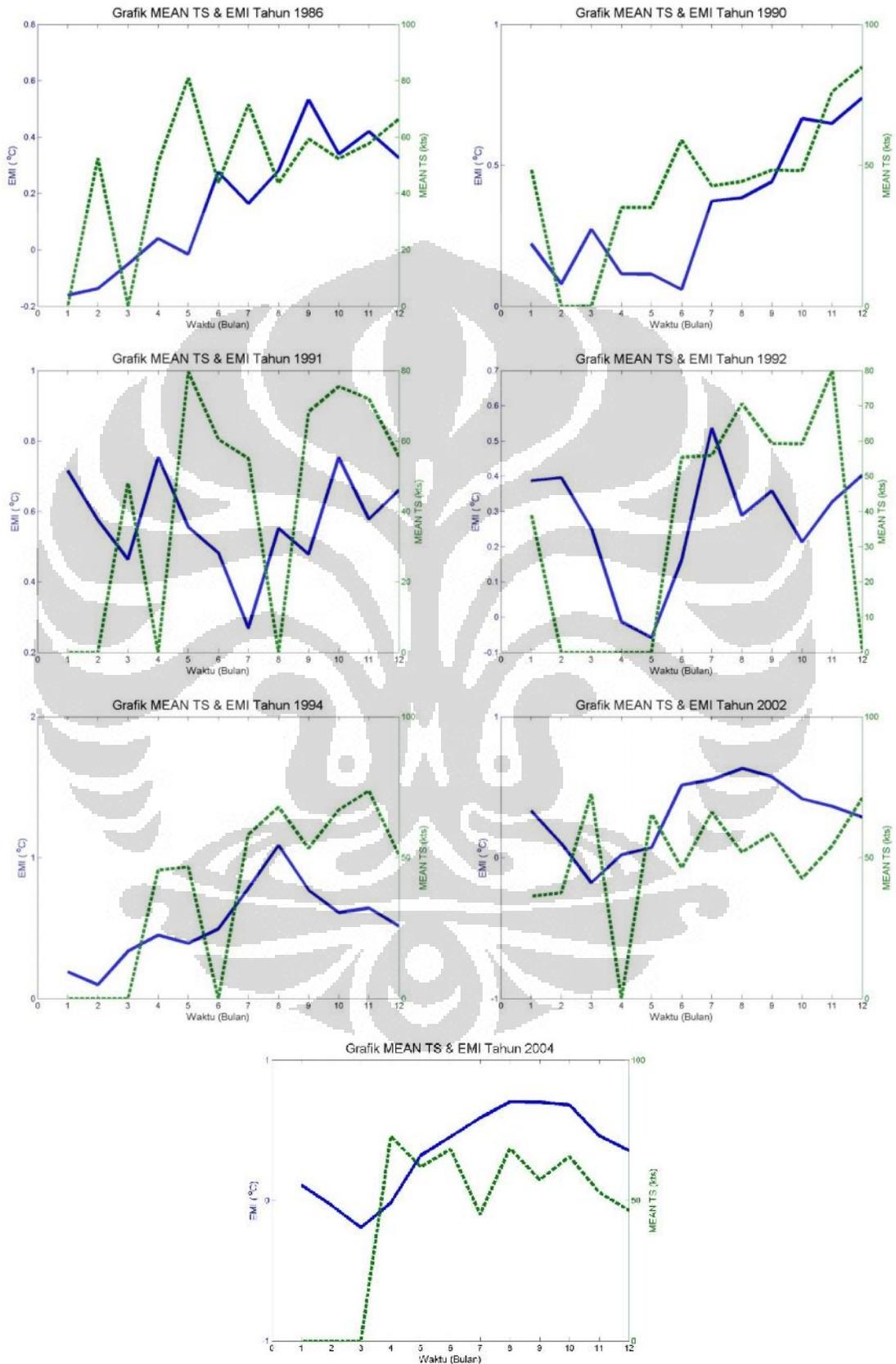


Lampiran I. Grafik karakteristik TS tahunan (lanjutan)



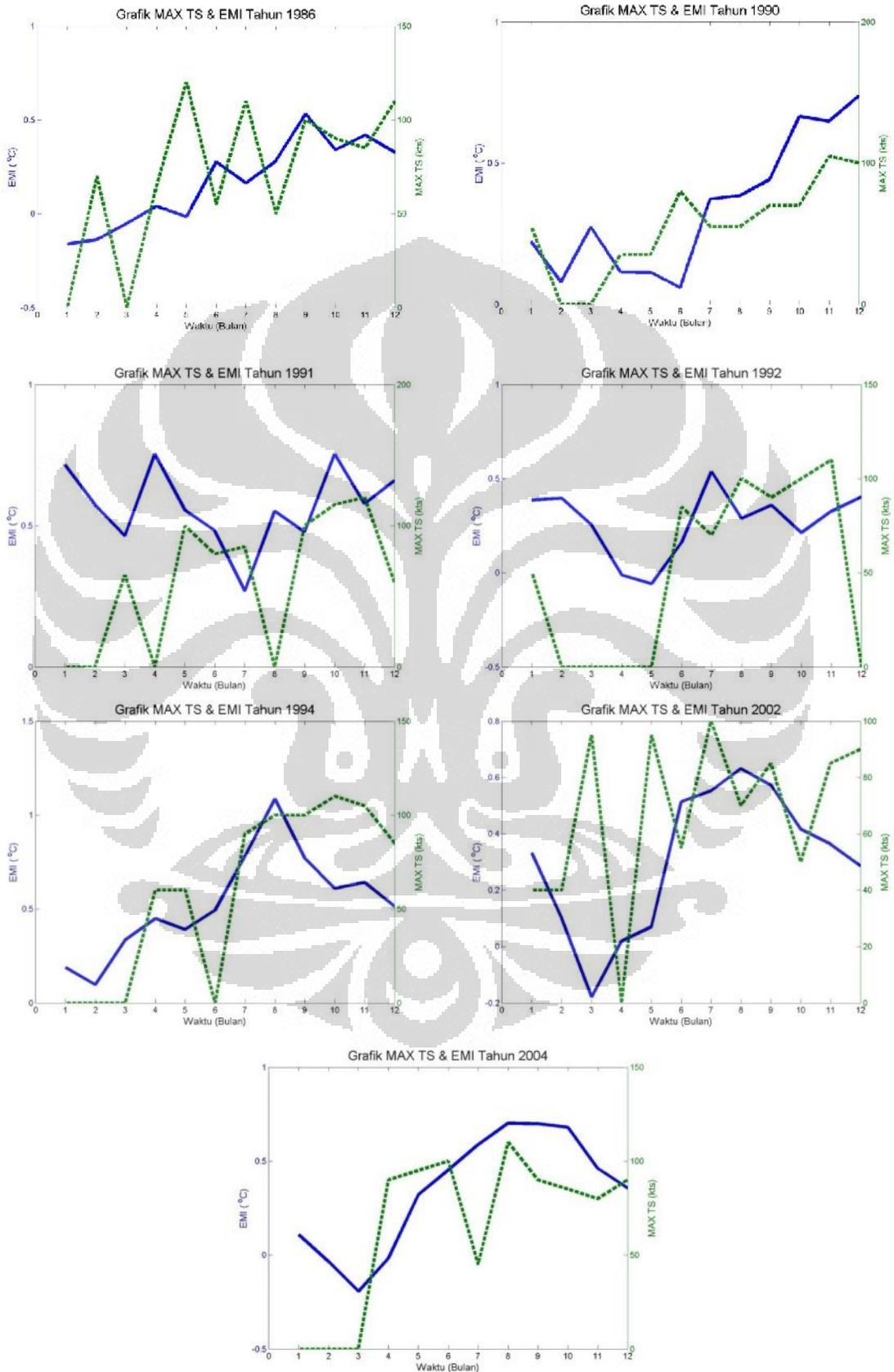
Gambar 1. Grafik Durasi (atas), Intensitas Maksimum (tengah) dan Intensitas Rata – rata (bawah) TS tahun 1986 – 2010 (tahun 2010 tidak komplit) dengan garis merah dan M menunjukkan tahun EM

Lampiran II. Karakteristik TS bulanan



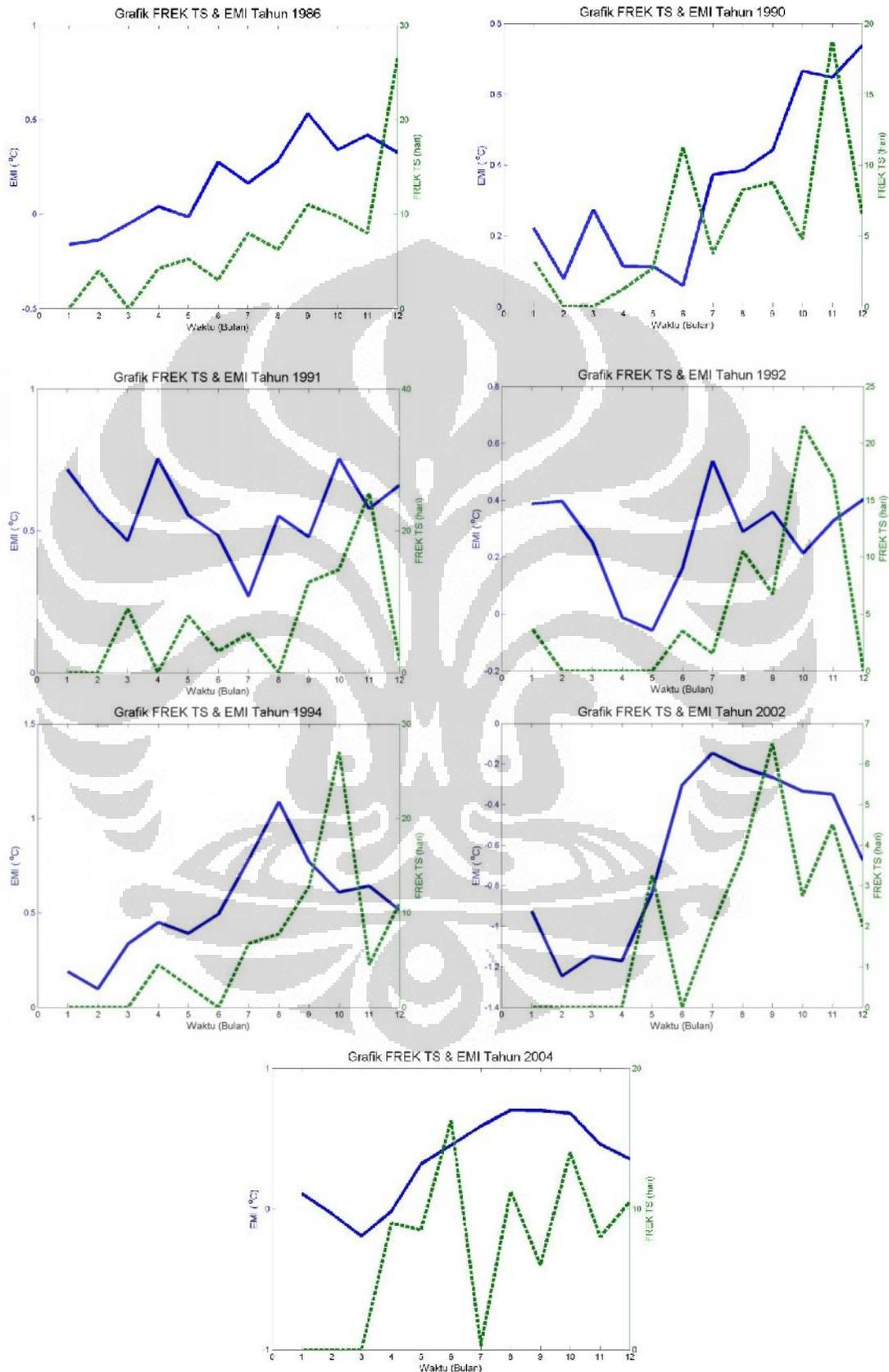
Gambar 2. Grafik nilai MEAN TS dan EMI tahun EMI (1986, 1990, 1991, 1992, 1994, 2002 dan 2004)

Lampiran II. Karakteristik TS bulanan (Lanjutan)



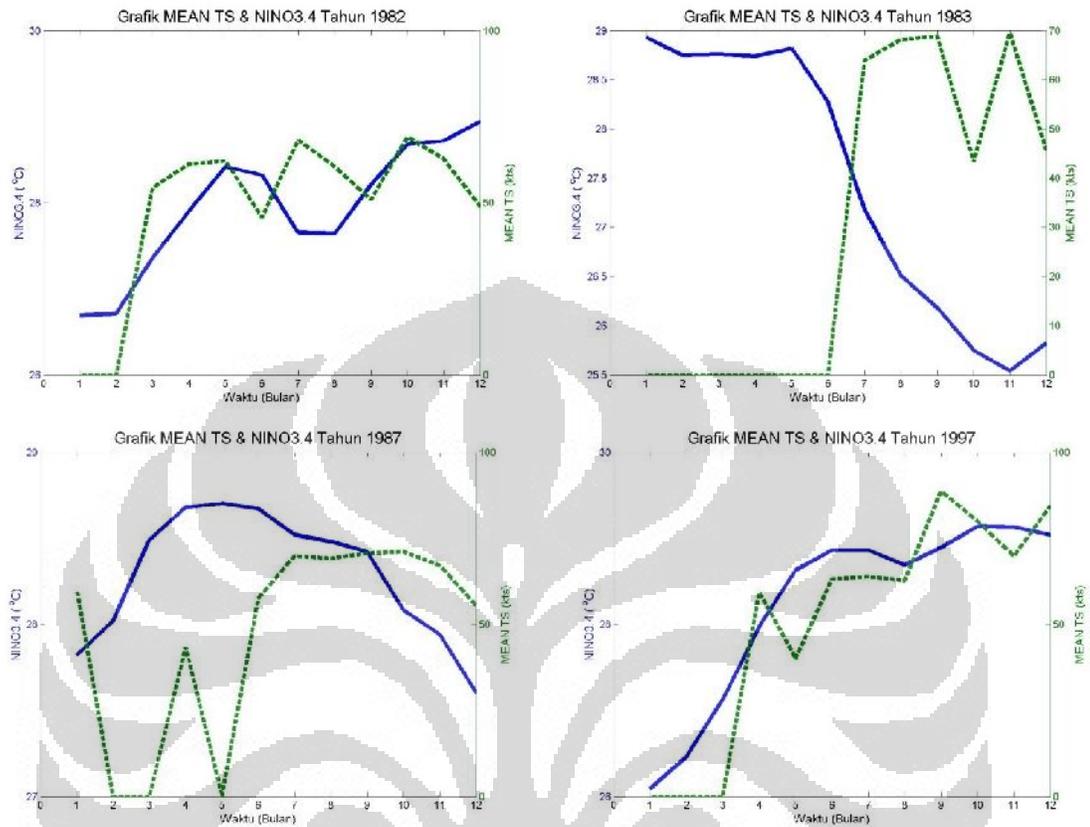
Gambar 3. Grafik nilai MAX TS dan EMI tahun EMI (1986, 1990, 1991, 1992, 1994, 2002 dan 2004)

Lampiran II. Karakteristik TS bulanan (Lanjutan)



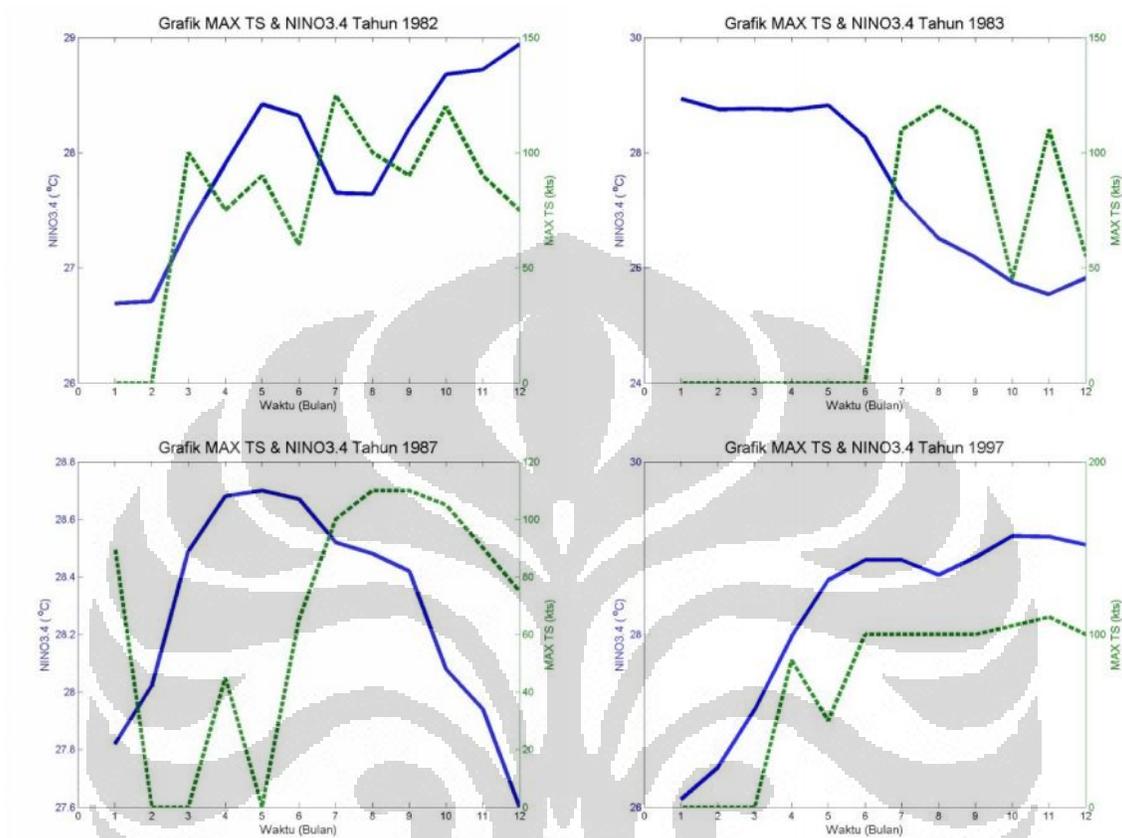
Gambar 4. Grafik nilai MAX TS dan EMI tahun EMI (1986, 1990, 1991, 1992, 1994, 2002 dan 2004)

Lampiran II. Karakteristik TS bulanan (Lanjutan)



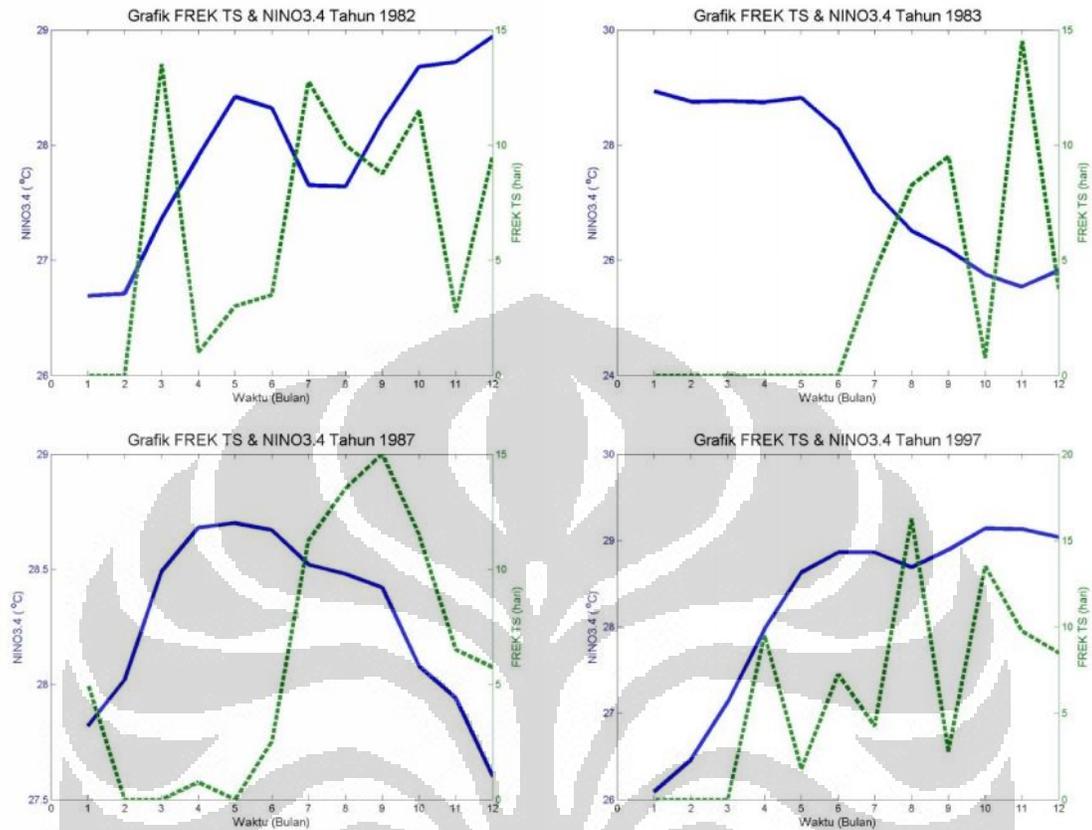
Gambar 5. Grafik nilai MEAN TS dan NINO34 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)

Lampiran II Karakteristik TS bulanan (Lanjutan)



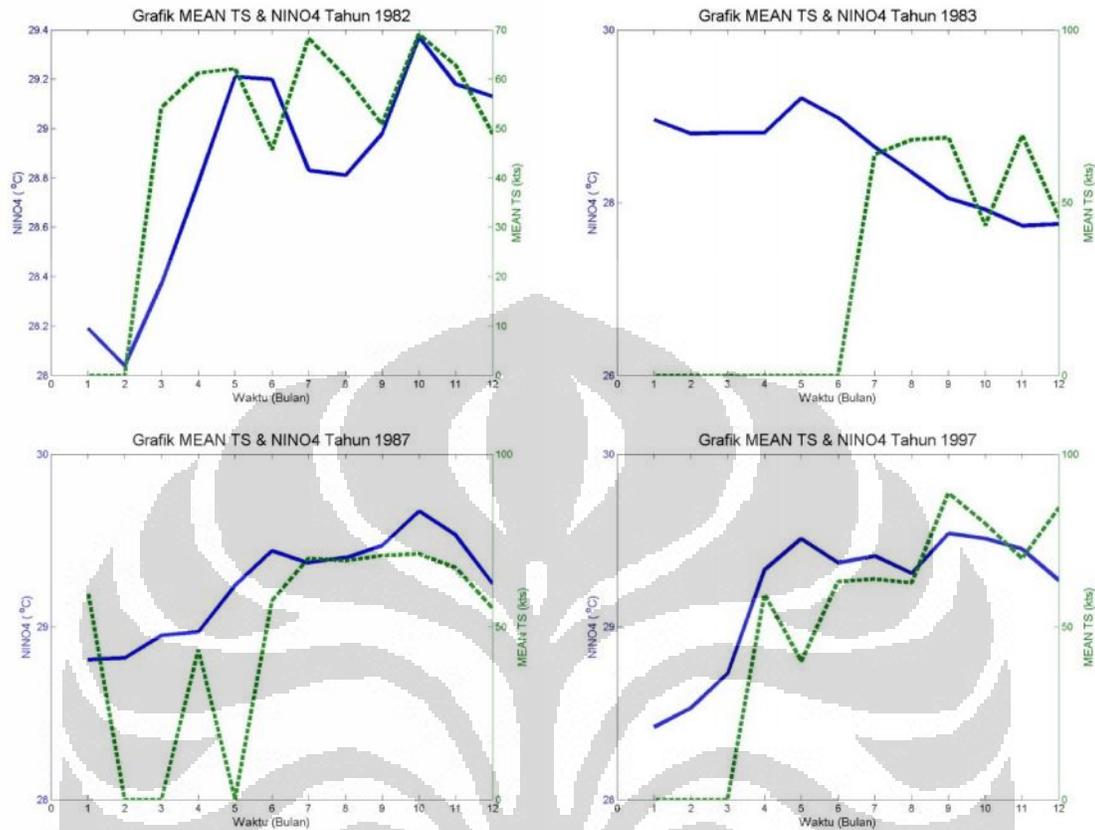
Gambar 6. Grafik nilai MAX TS dan NINO34 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)

Lampiran II. Karakteristik TS bulanan (Lanjutan)



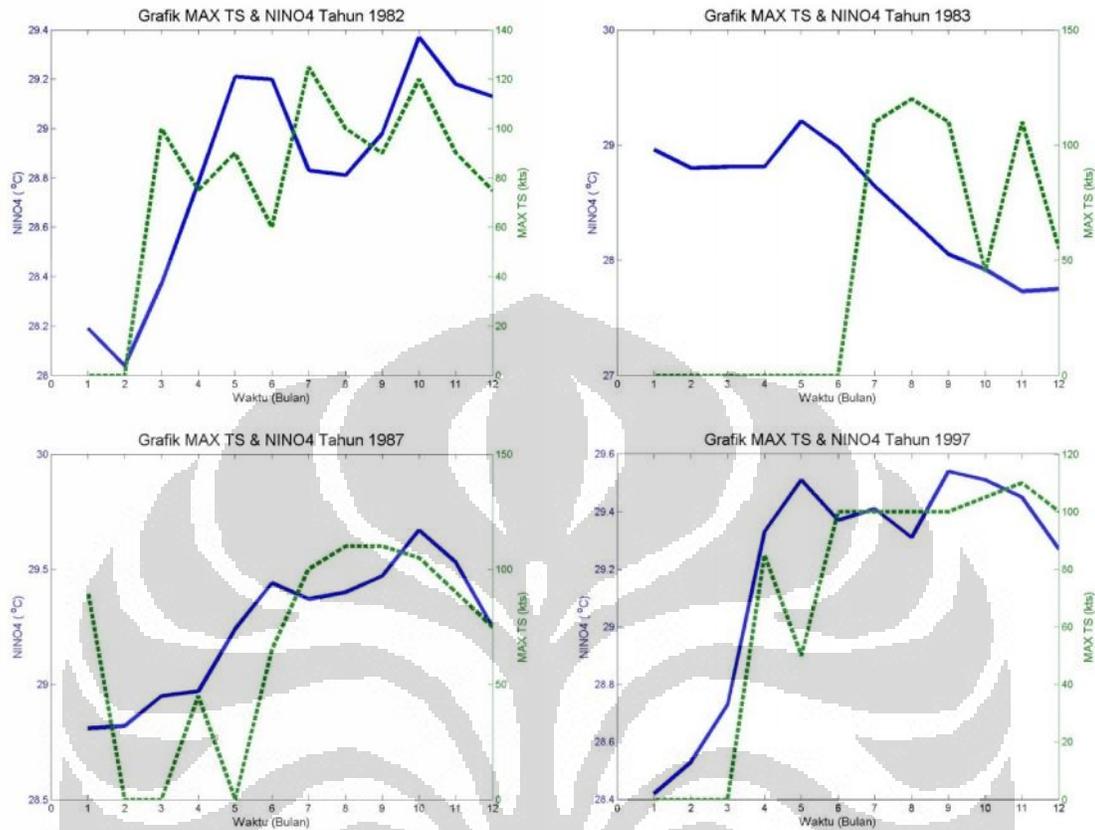
Gambar 7. Grafik nilai FREK TS dan NINO34 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)

Lampiran II. Karakteristik TS bulanan (Lanjutan)



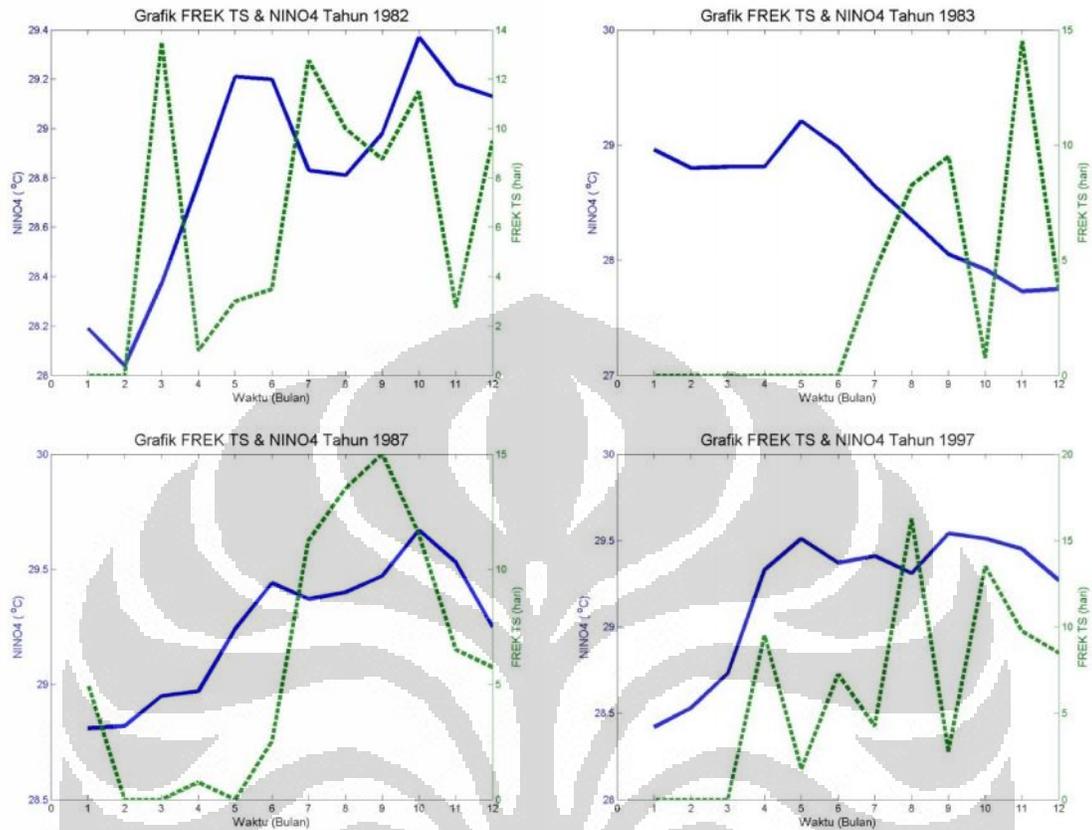
Gambar 8. Grafik nilai MEAN TS dan NINO4 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)

Lampiran II. Karakteristik TS bulanan (Lanjutan)



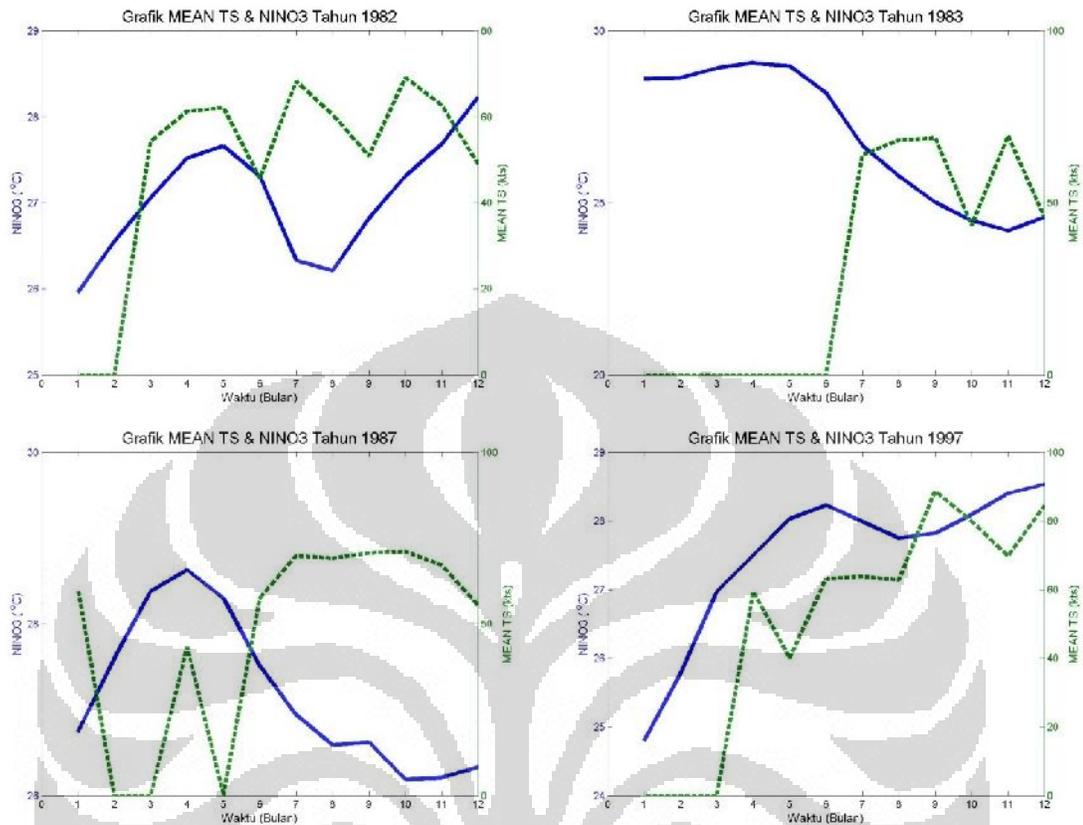
Gambar 9. Grafik nilai MAX TS dan NINO4 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)

Lampiran II. Karakteristik TS bulanan (Lanjutan)



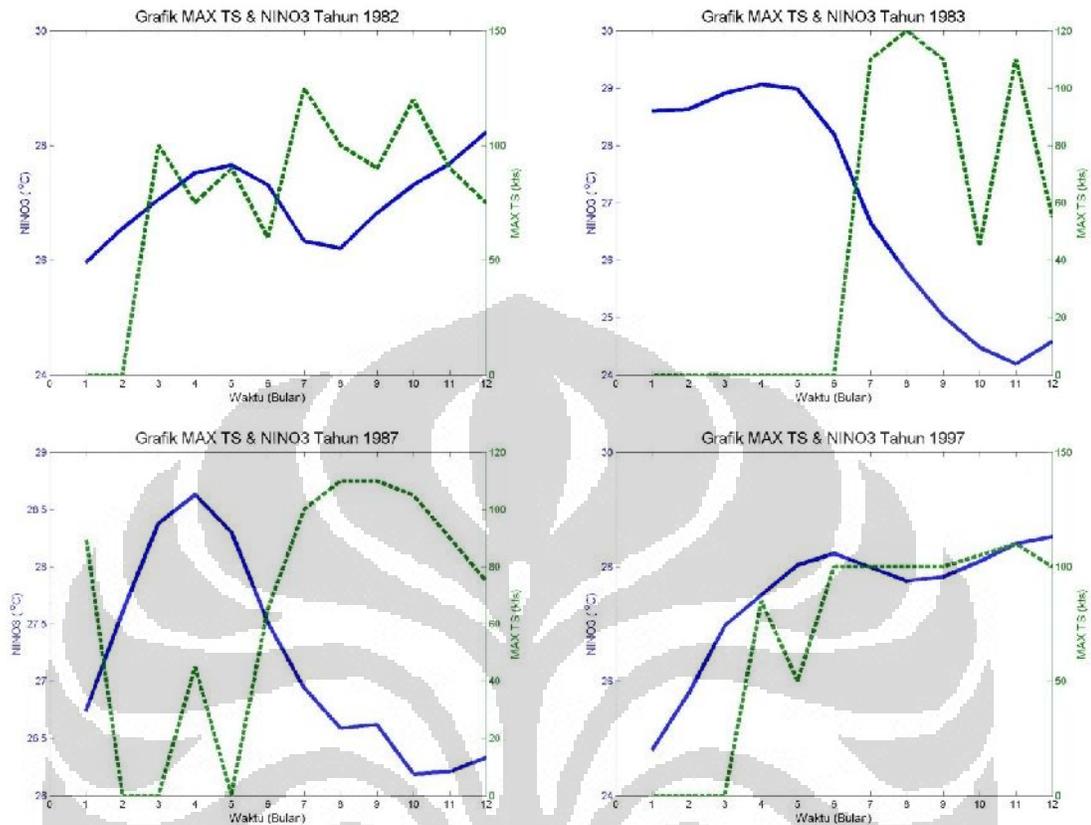
Gambar 10. Grafik nilai MAX TS dan NINO4 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)

Lampiran II. Karakteristik TS bulanan (Lanjutan)



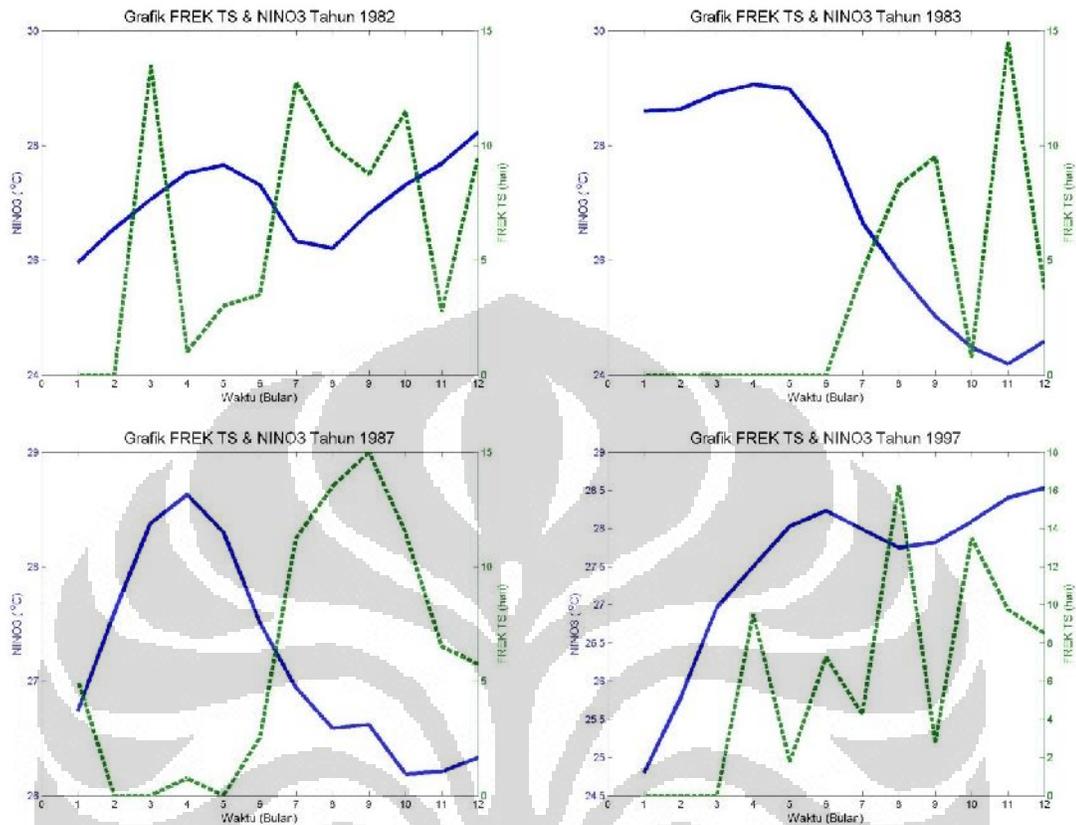
Gambar 11. Grafik nilai MEAN TS dan NINO3 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)

Lampiran II. Karakteristik TS bulanan (Lanjutan)



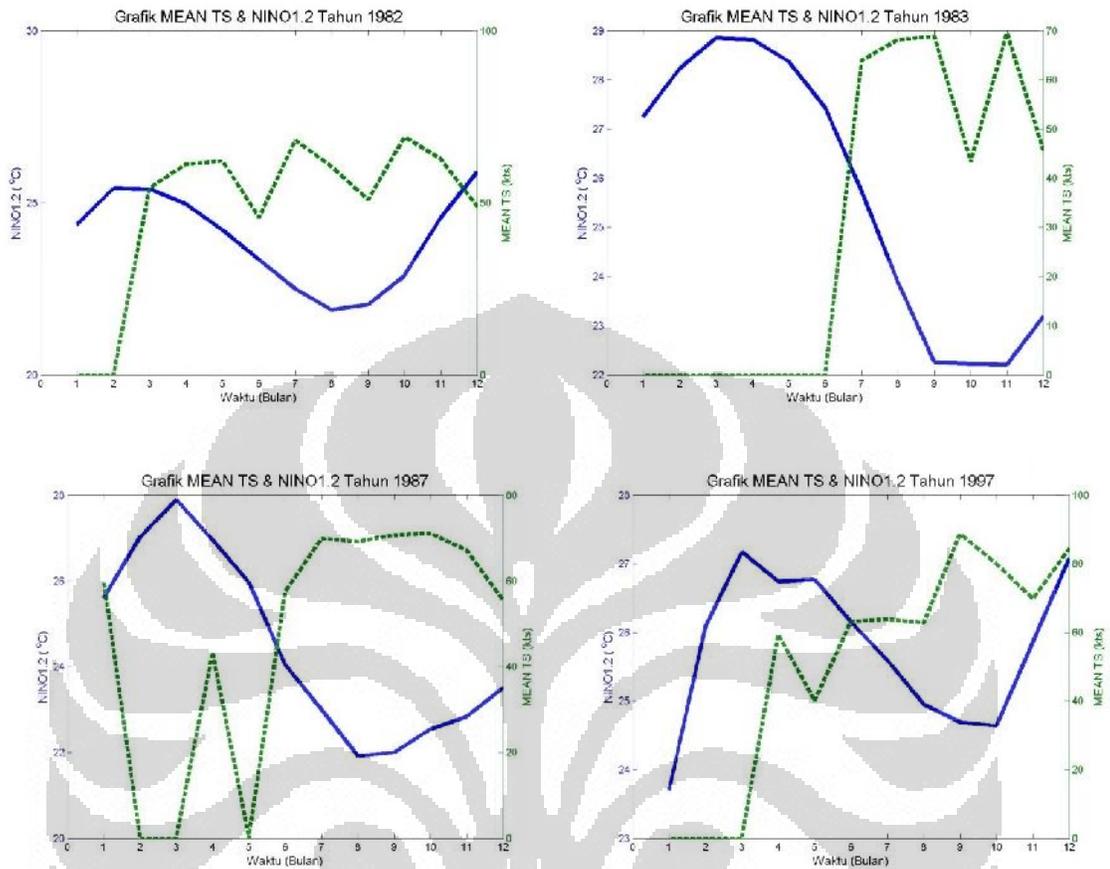
Gambar 12. Grafik nilai MAX TS dan NINO3 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)

Lampiran II. Karakteristik TS bulanan (Lanjutan)



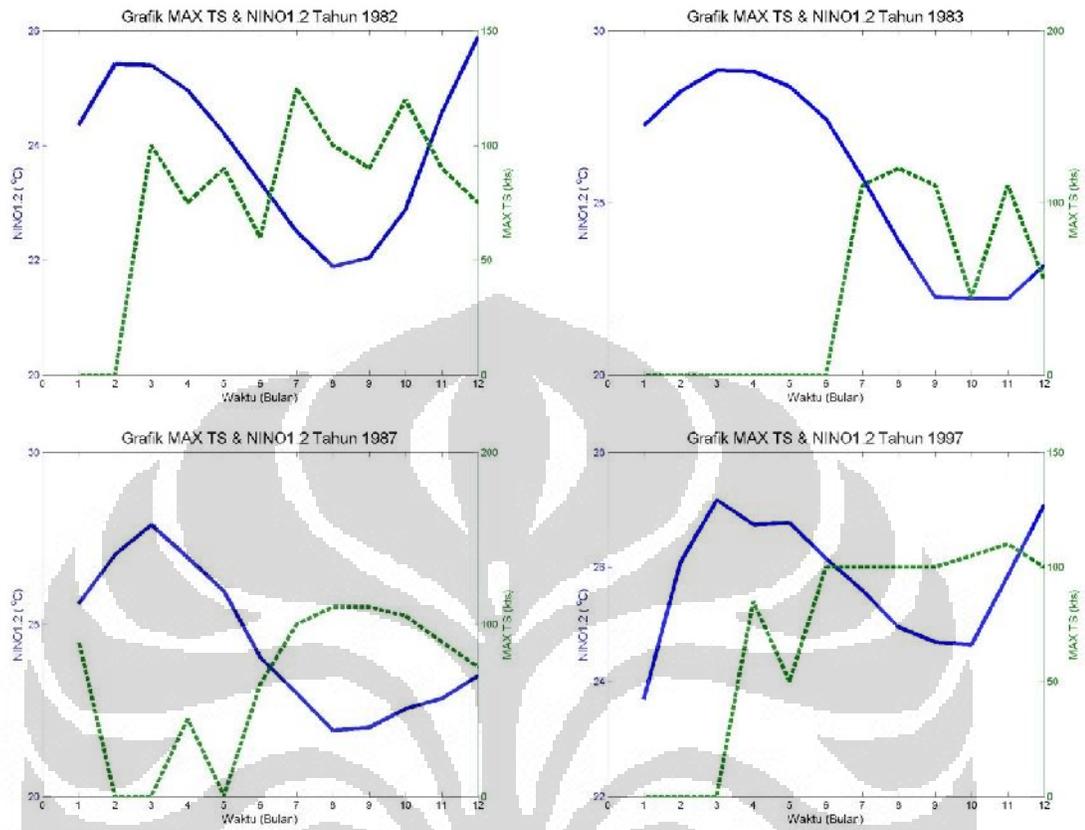
Gambar 13. Grafik nilai FREK TS dan NINO3 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)

Lampiran II. Karakteristik TS bulanan (Lanjutan)



Gambar 14. Grafik nilai MEAN TS dan NINO1.2 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)

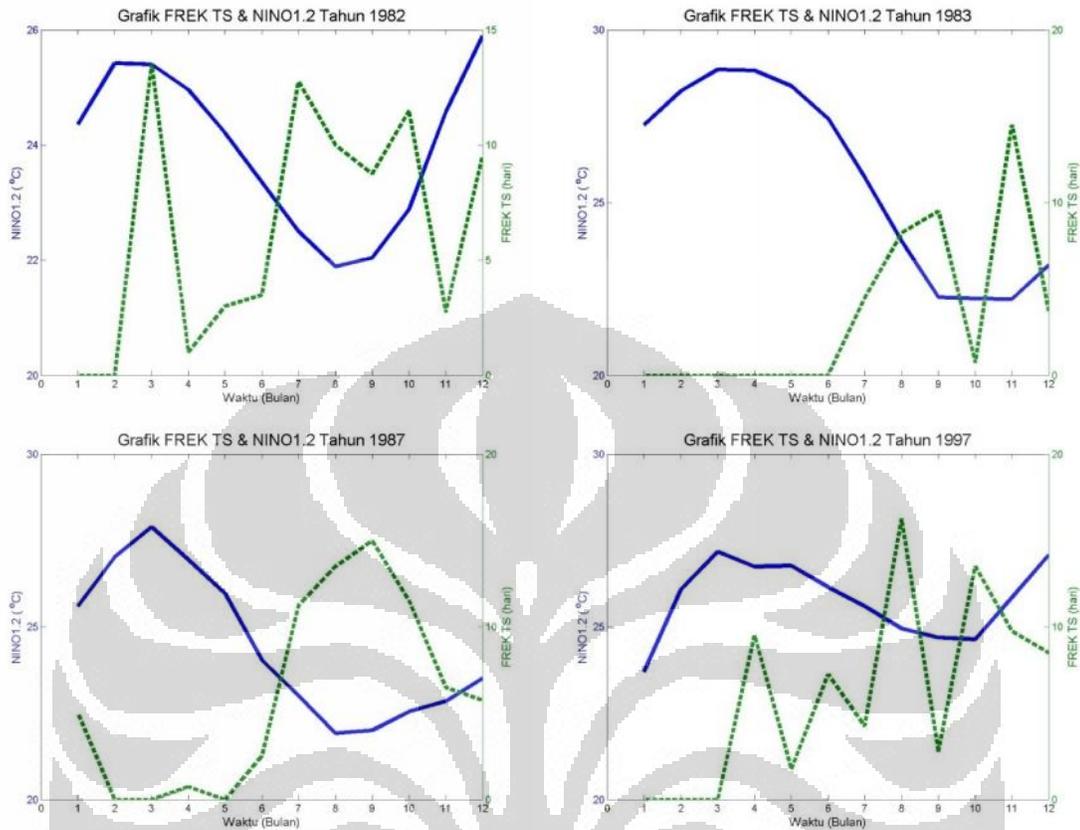
Lampiran II. Karakteristik TS bulanan (Lanjutan)



Gambar 15. Grafik nilai MAX TS dan NINO1.2 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)

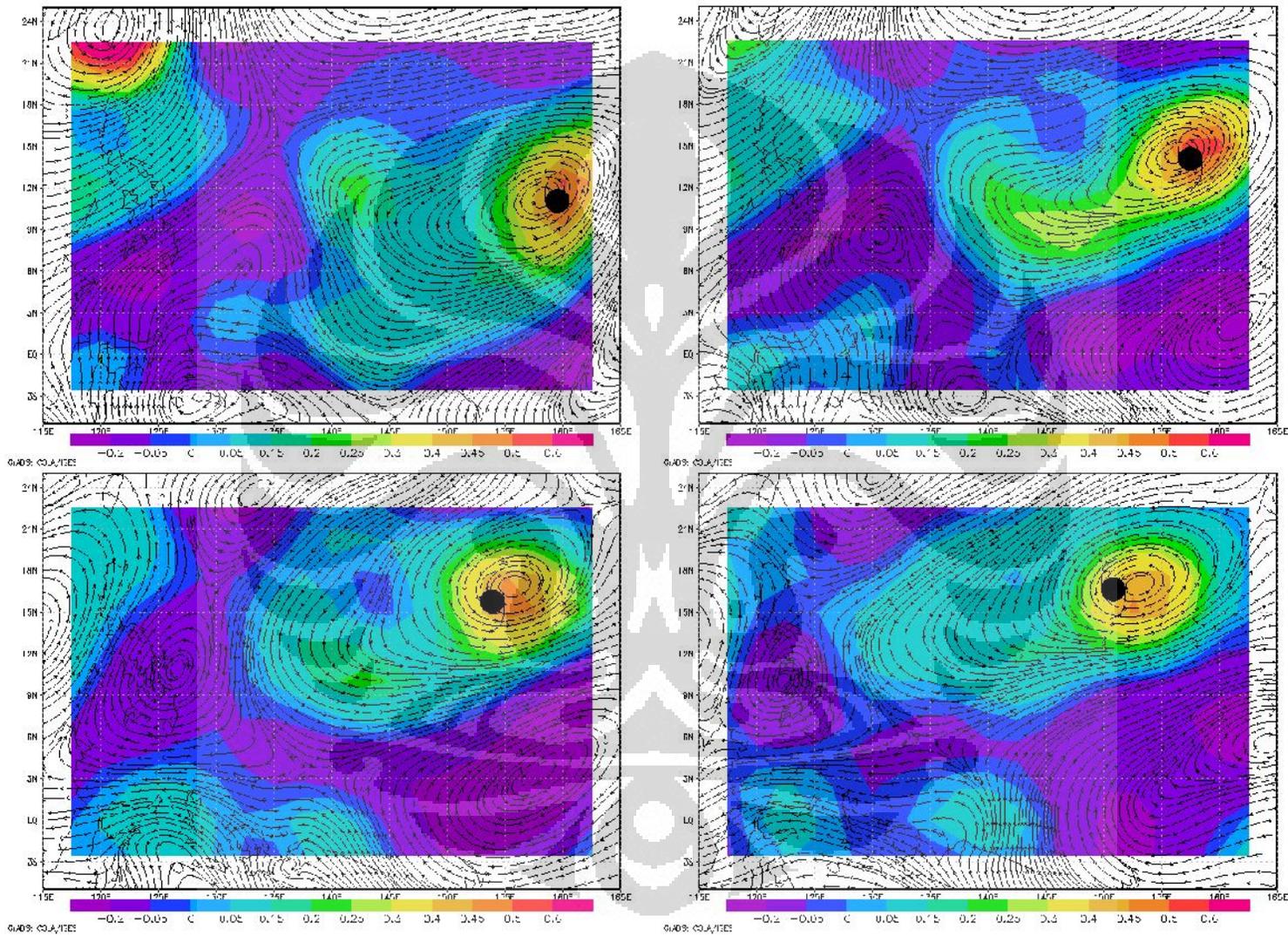
i

Lampiran II. Karakteristik TS bulanan (Lanjutan)

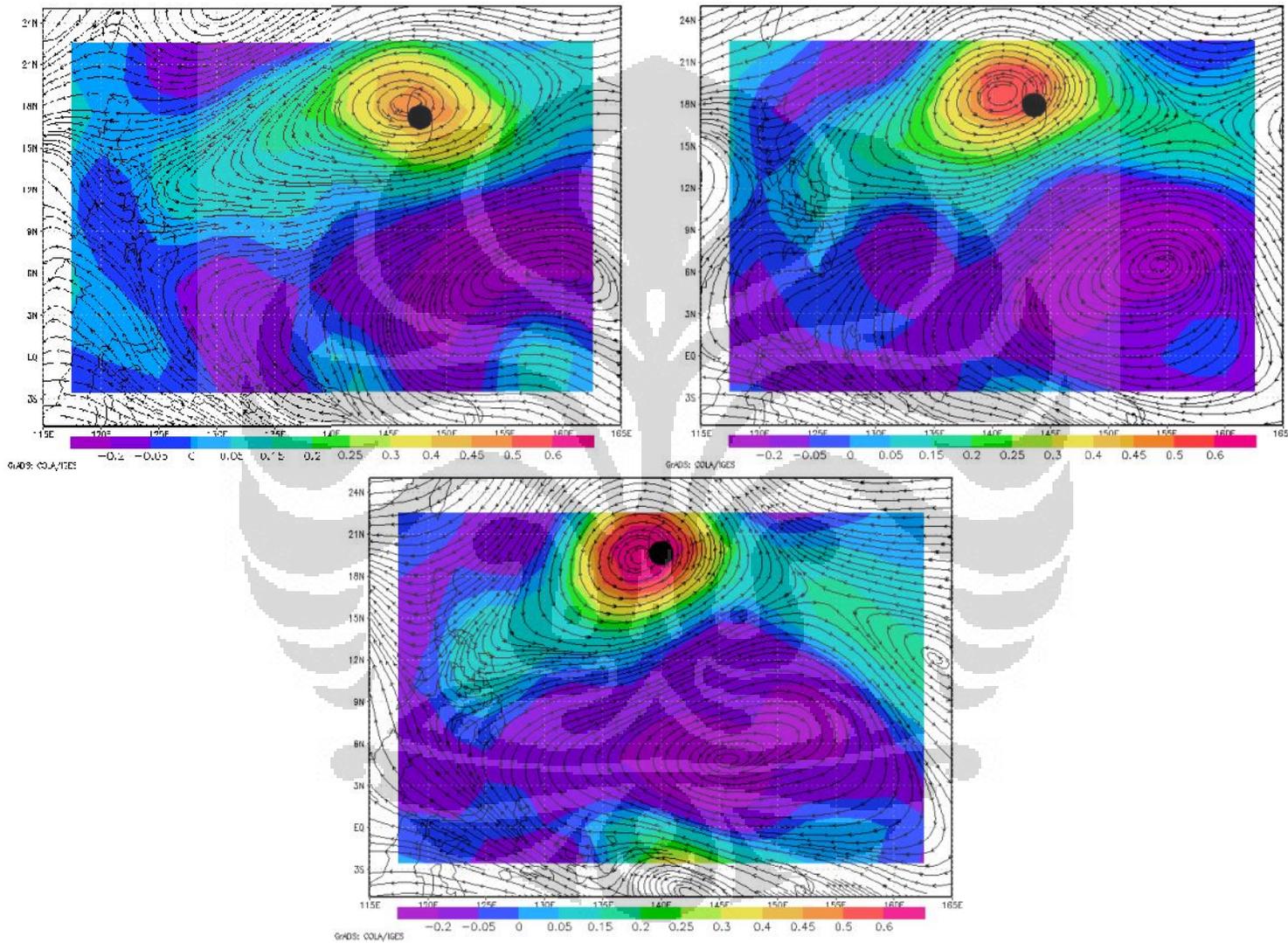


Gambar 16. Grafik nilai FREK TS dan NINO1.2 tahun EL NINO (1982, 1983, 1987 dan 1997)

Lampiran III. Analisis vortisitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino

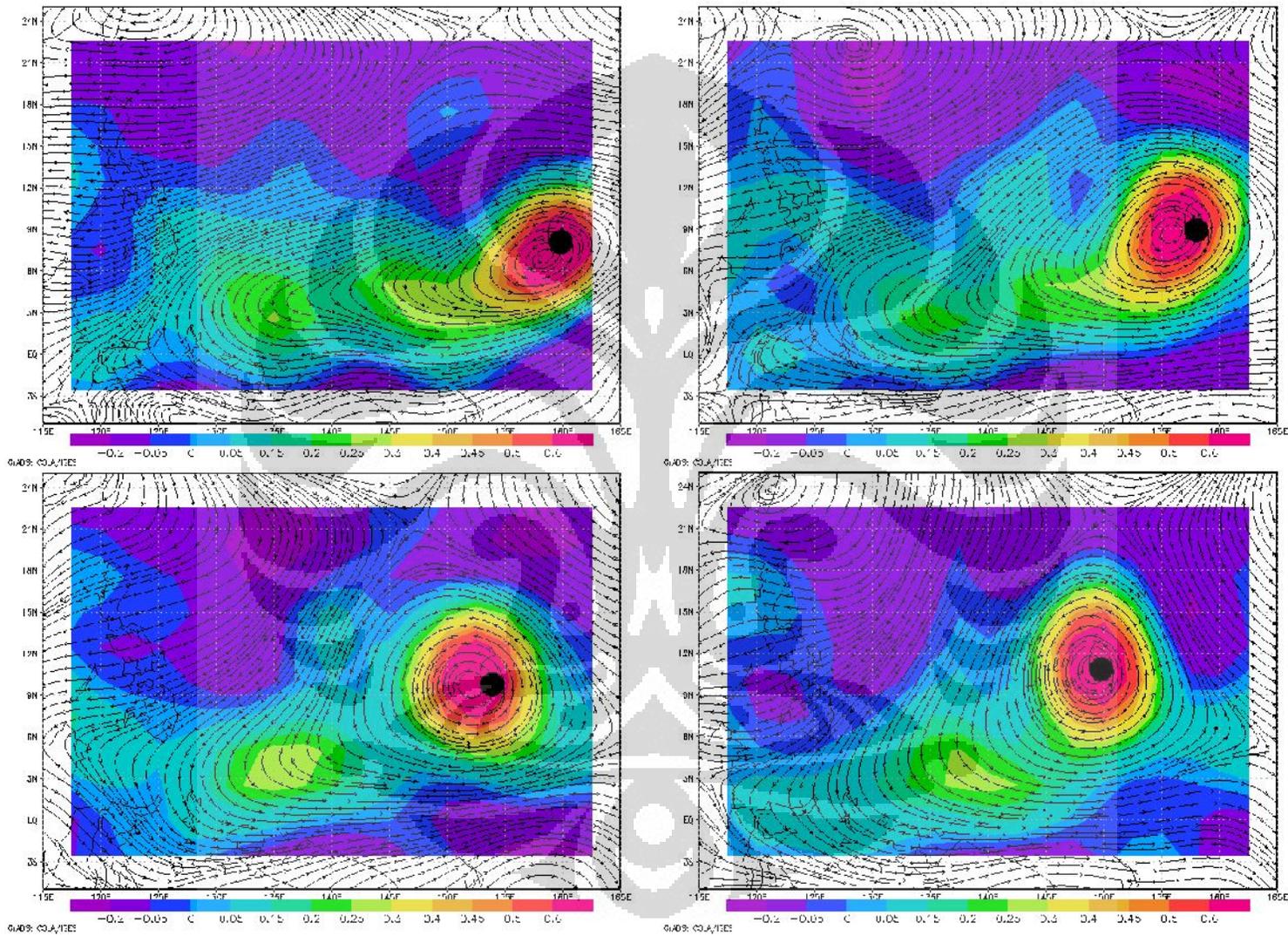


Lampiran III. Analisis vorticitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

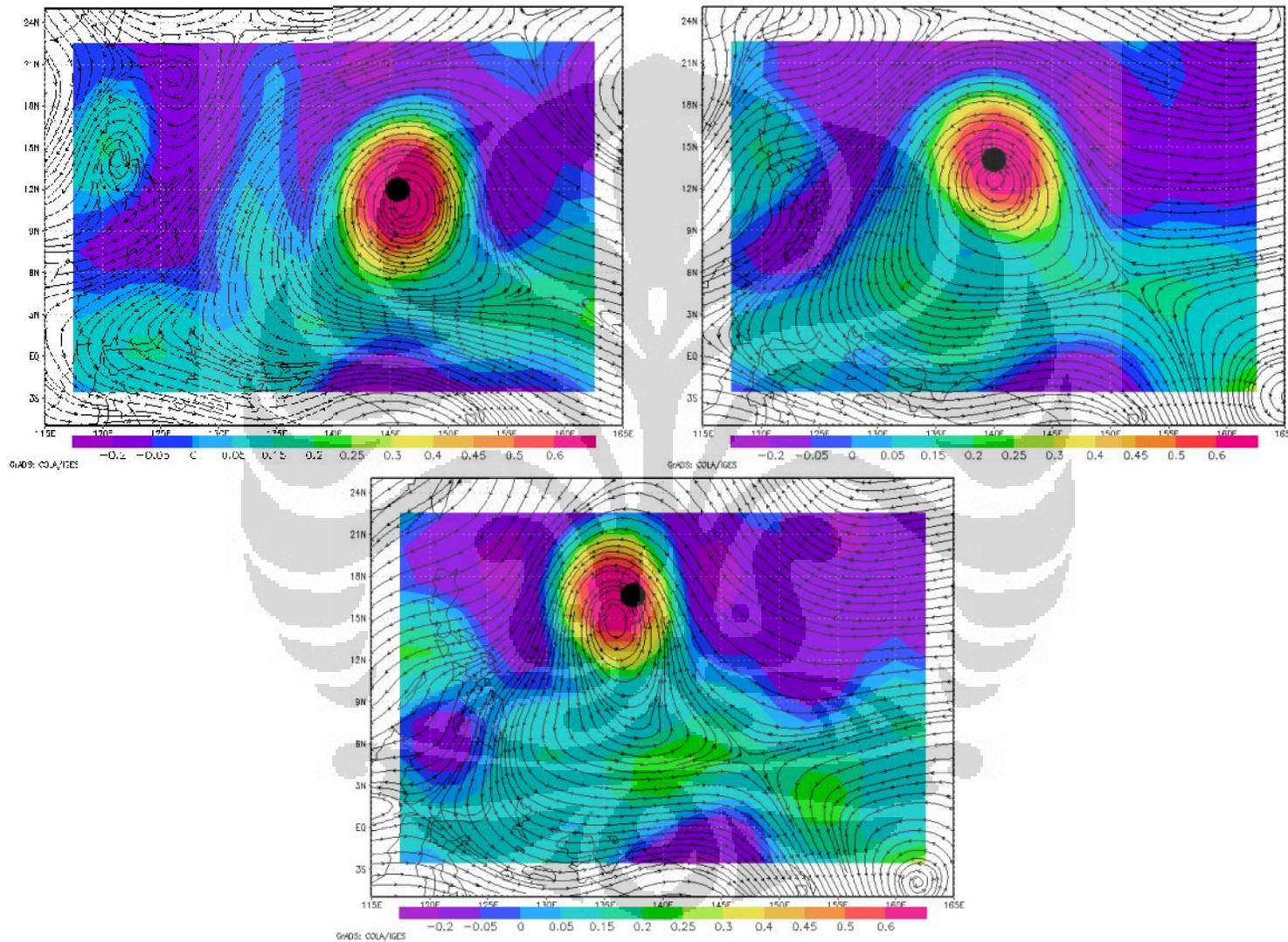


Gambar 17. Vorticitas / Curl ($10^{-5}/s$) angin lapisan 850 hPa TS ‘BEN ‘ periode 19 – 25 September 1986

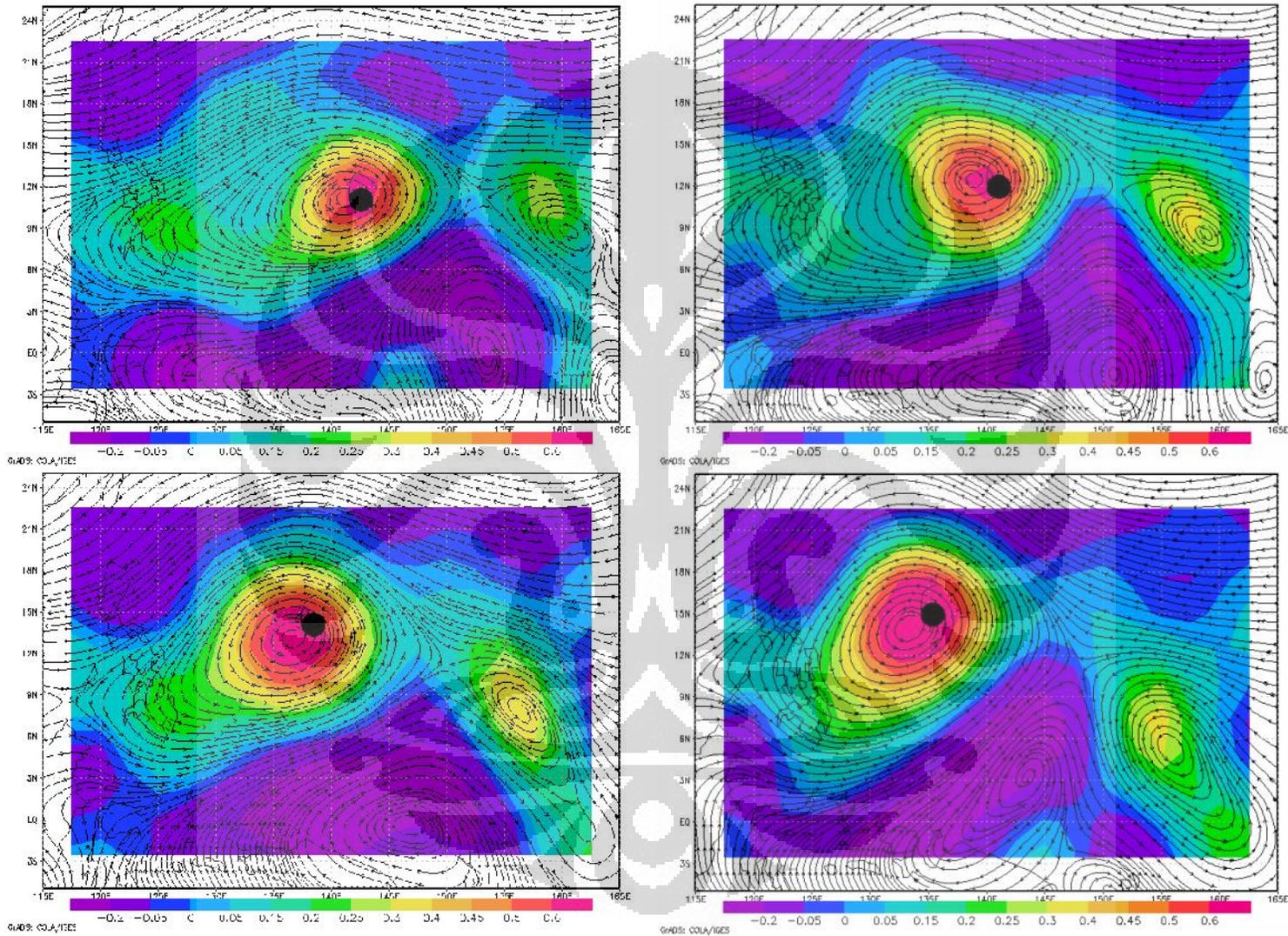
Lampiran III. Analisis vortisitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



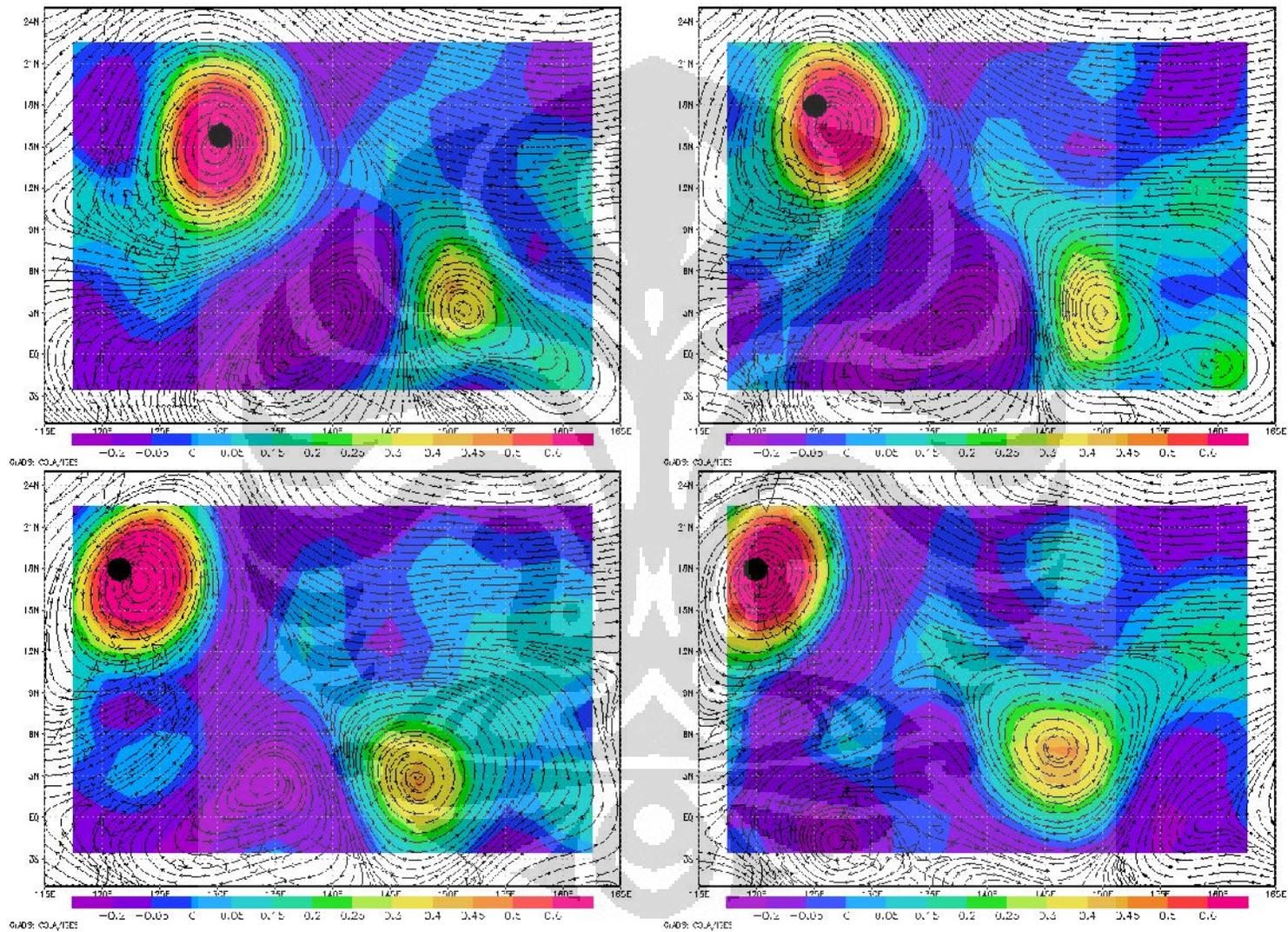
Lampiran III. Analisis vorticitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

Gambar 18. Vorticitas / Curl ($10^{-5}/s$) angin lapisan 850 hPa TS 'RUSS' periode 16 – 22 Desember 1990

Lampiran III. Analisis vortisitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

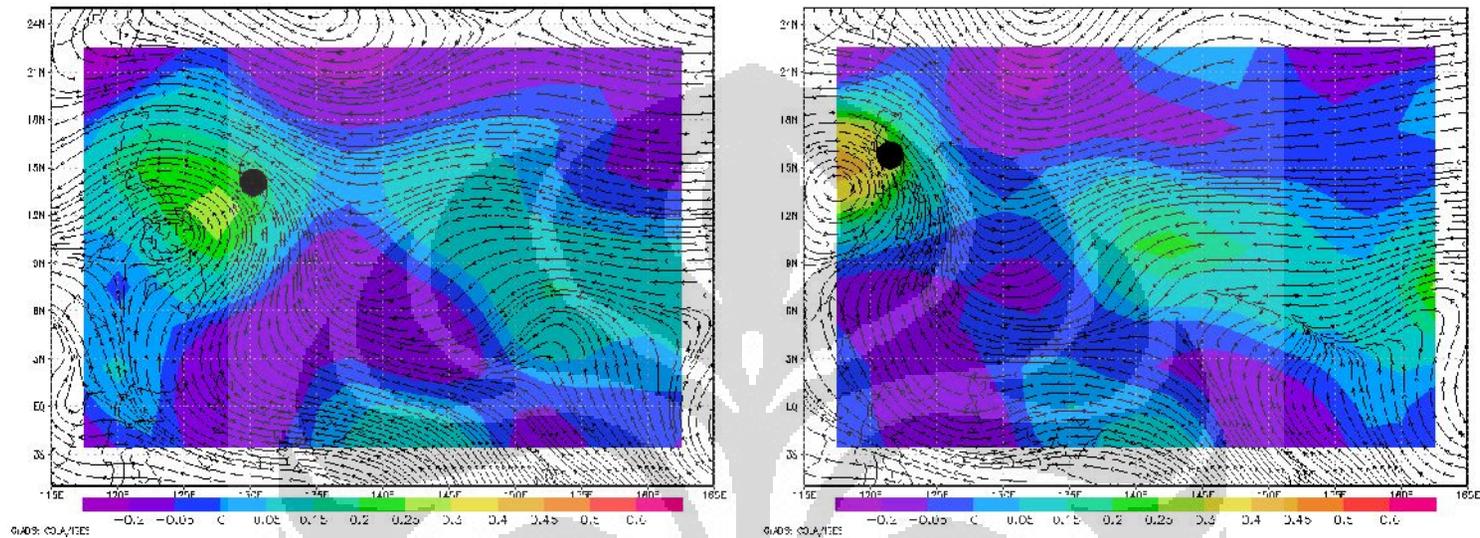


Lampiran III. Analisis vorticitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



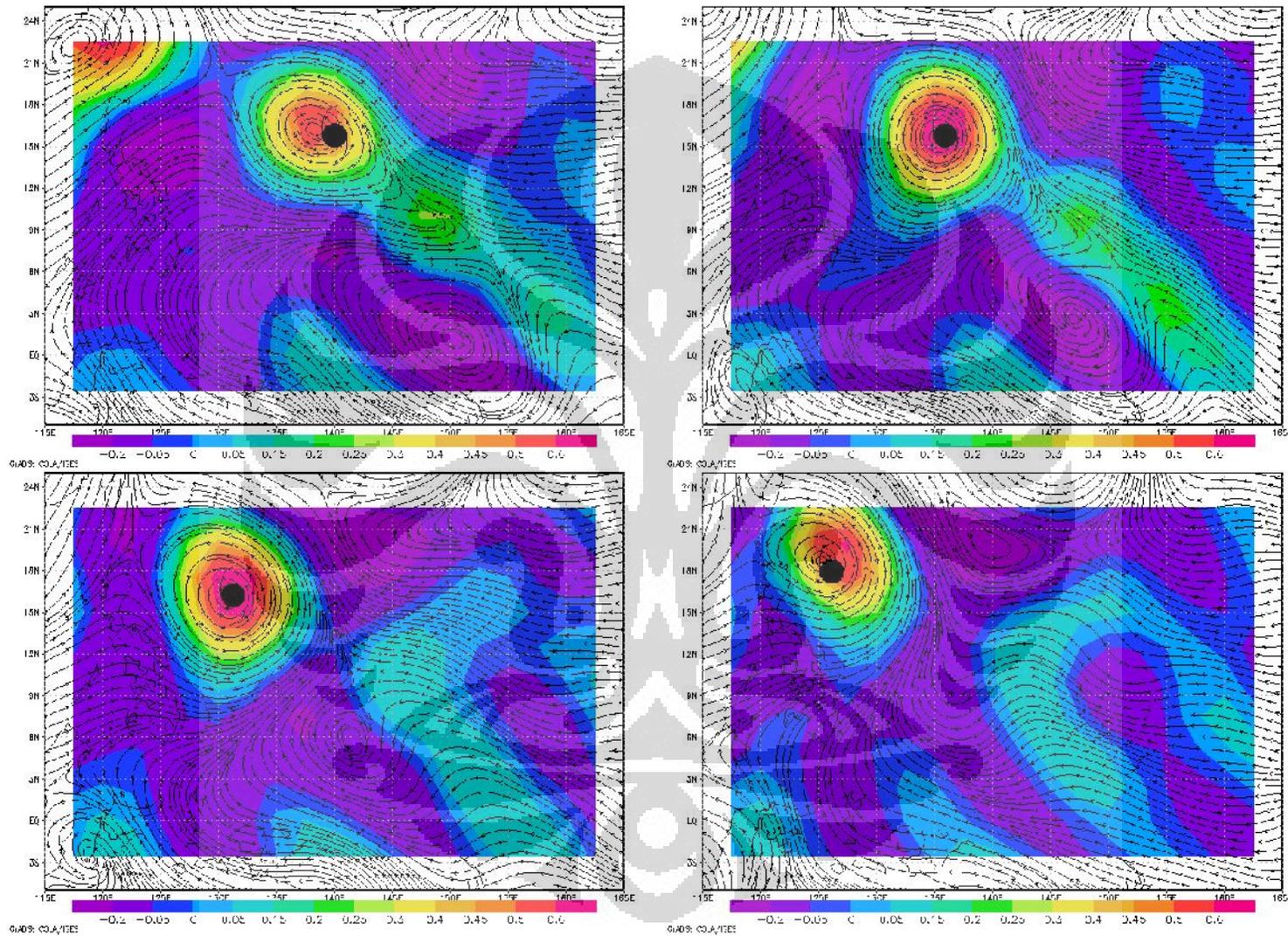
Gambar 19. Vorticitas / Curl ($10^{-5}/s$) angin lapisan 850 hPa TS 'RUTH' periode 21 – 28 Oktober 1991, EMI = 0.75346

Lampiran III. Analisis vorticitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

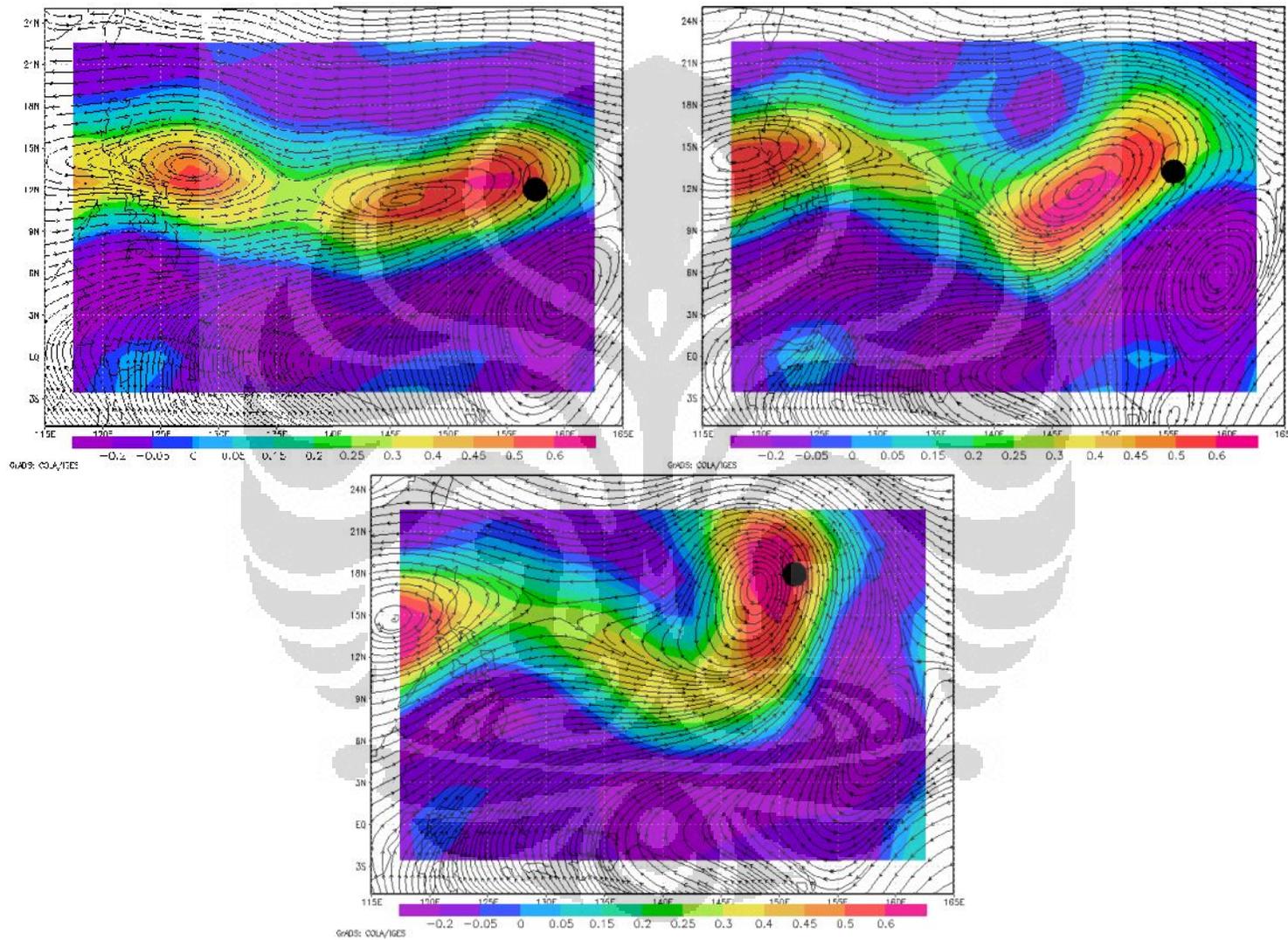


Gambar 20. Vorticitas / Curl ($10^{-5}/s$) angin lapisan 850 hPa TS 'ELI' periode 10 – 11 Juli 1992

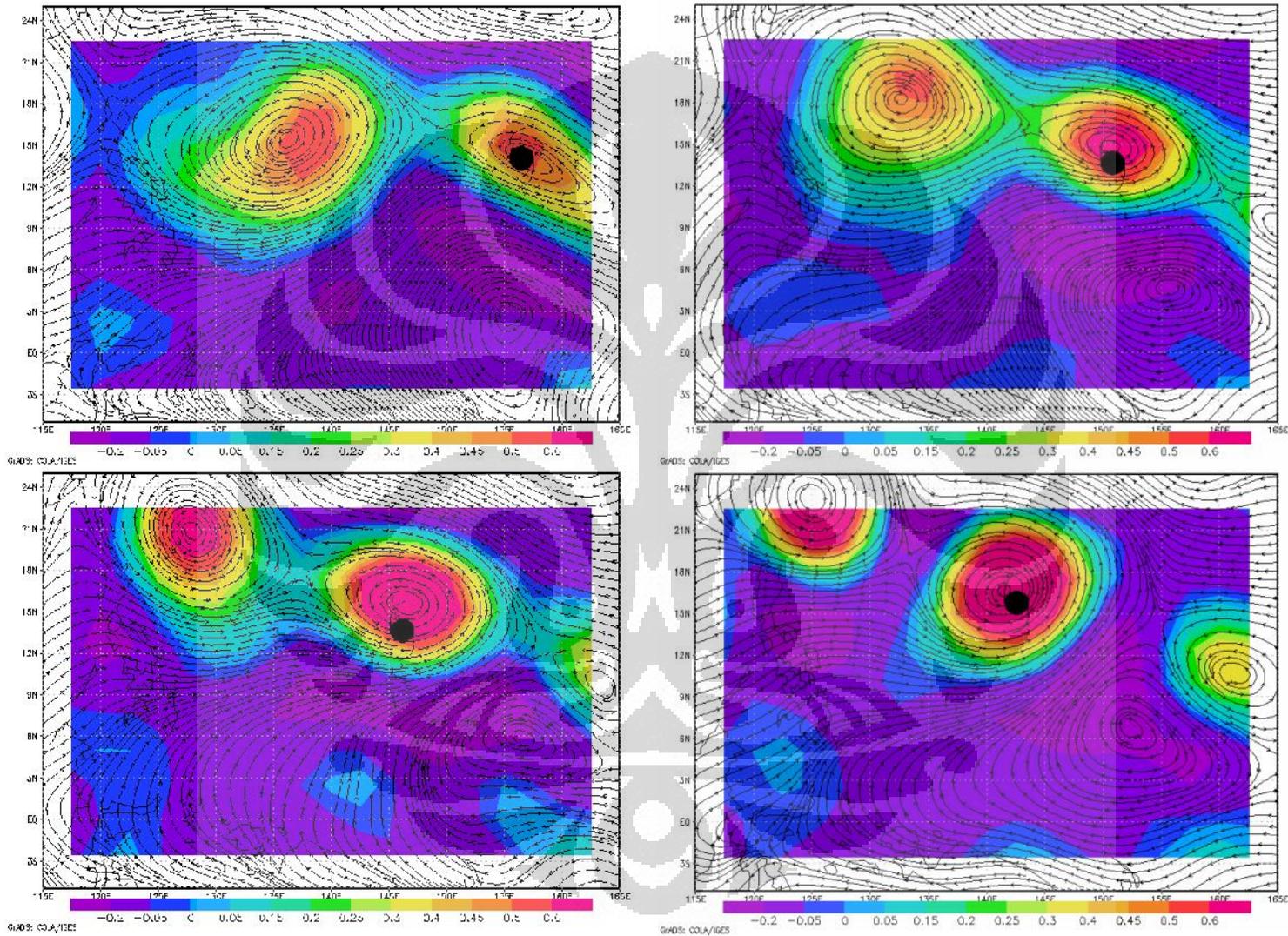
Lampiran III. Analisis vorticitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

Gambar 21. Vorticitas / Curl (10^{-5} /s) angin lapisan 850 hPa TS 'DOUG' periode 3 – 6 Agustus 1994

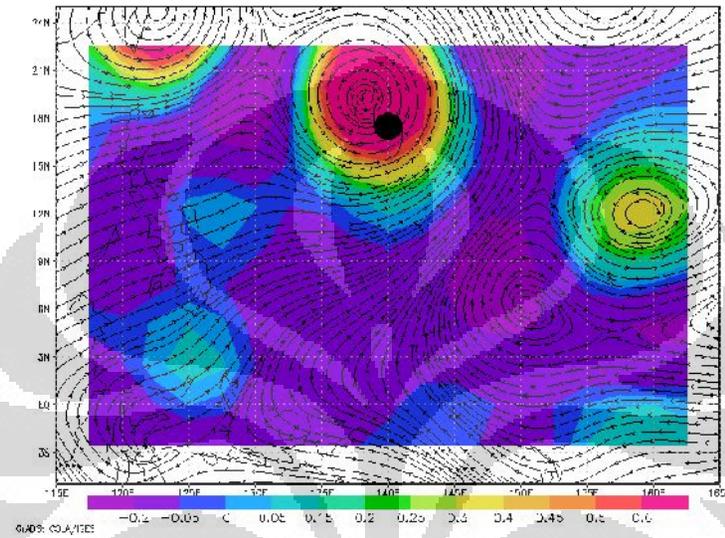
Lampiran III. Analisis vorticitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

Gambar 22. Vorticitas / Curl ($10^{-5}/s$) angin lapisan 850 hPa TS 'PHANFONE' periode 12 - 14 Agustus 2002

Lampiran III. Analisis vortisitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

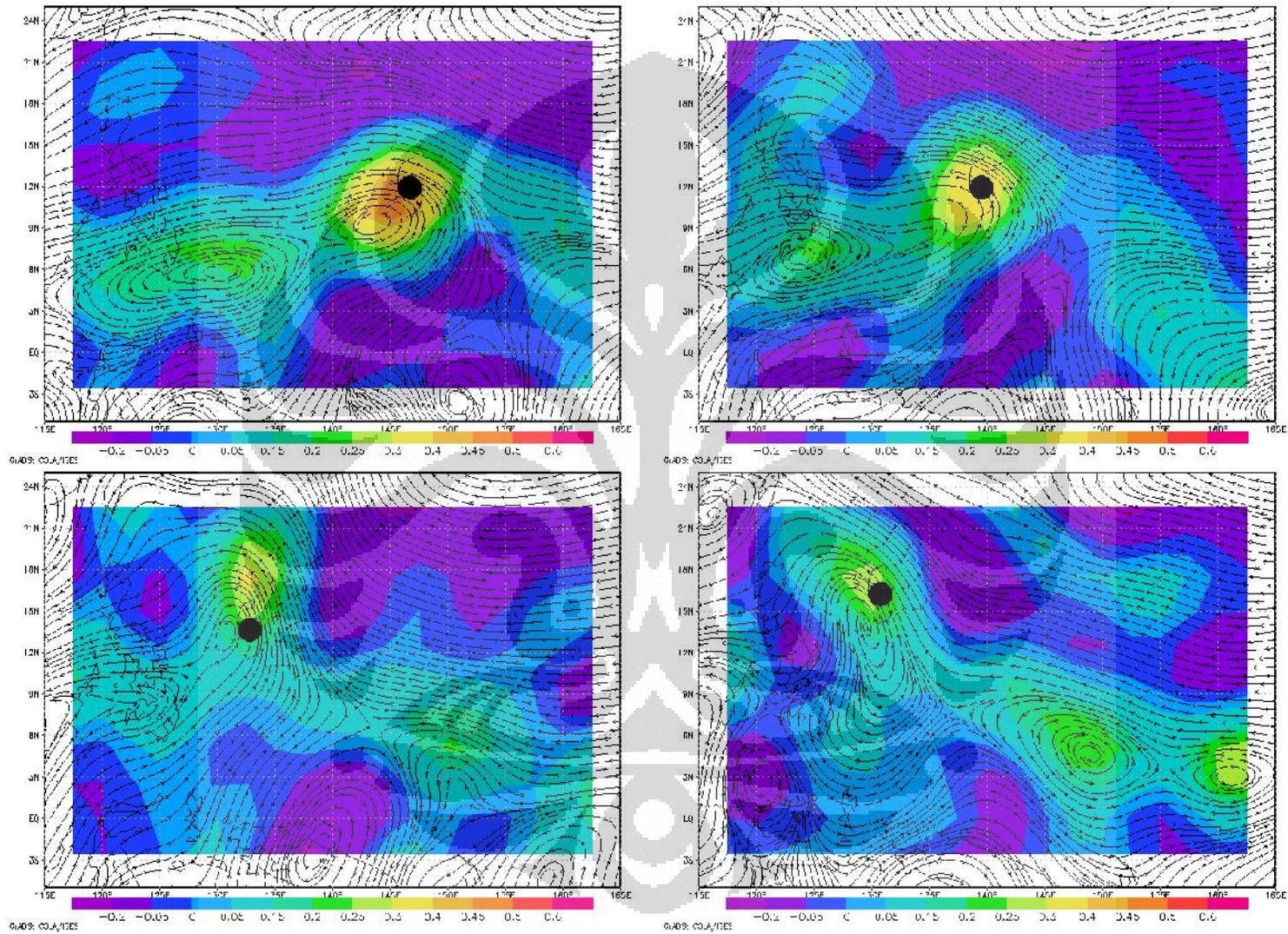


Lampiran III. Analisis vorticitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

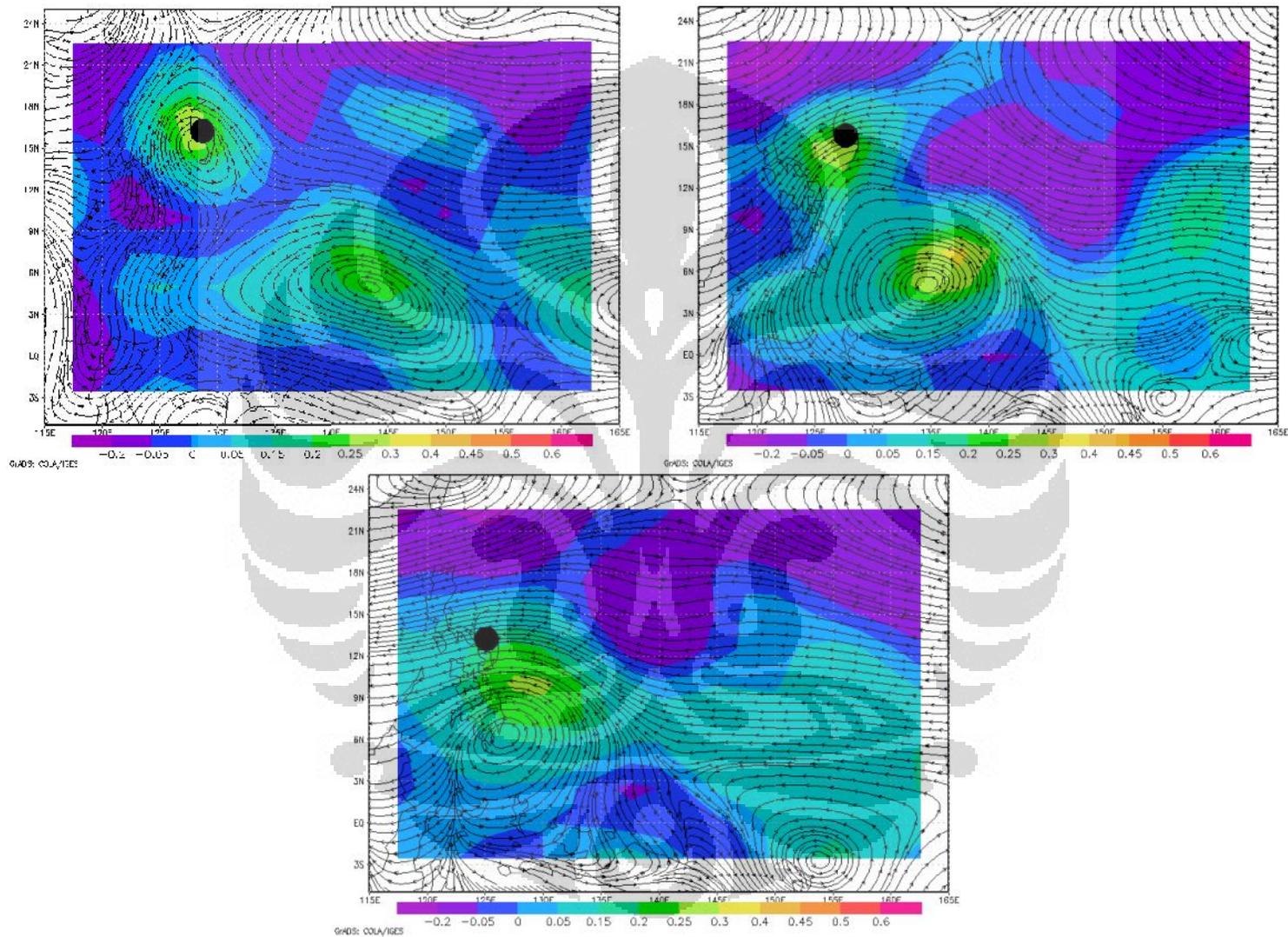


Gambar 23. Vorticitas / Curl ($10^{-5}/s$) angin lapisan 850 hPa TS 'CHABA' periode 20 - 24 Agustus 2004

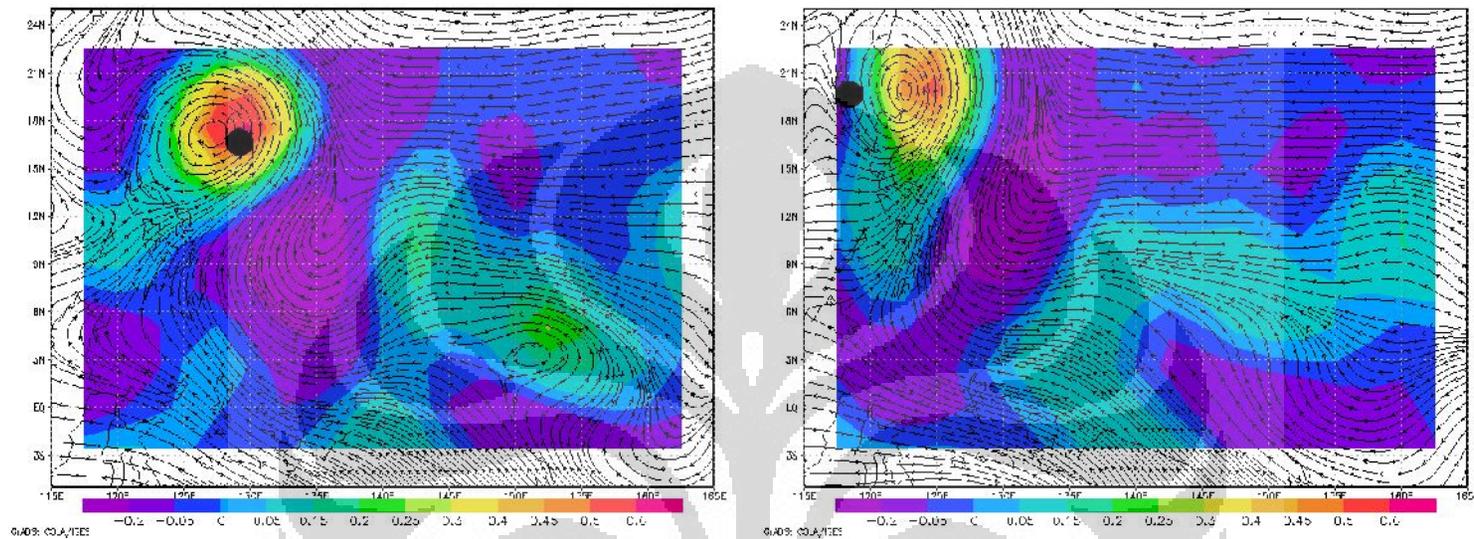
Lampiran III. Analisis vortisitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



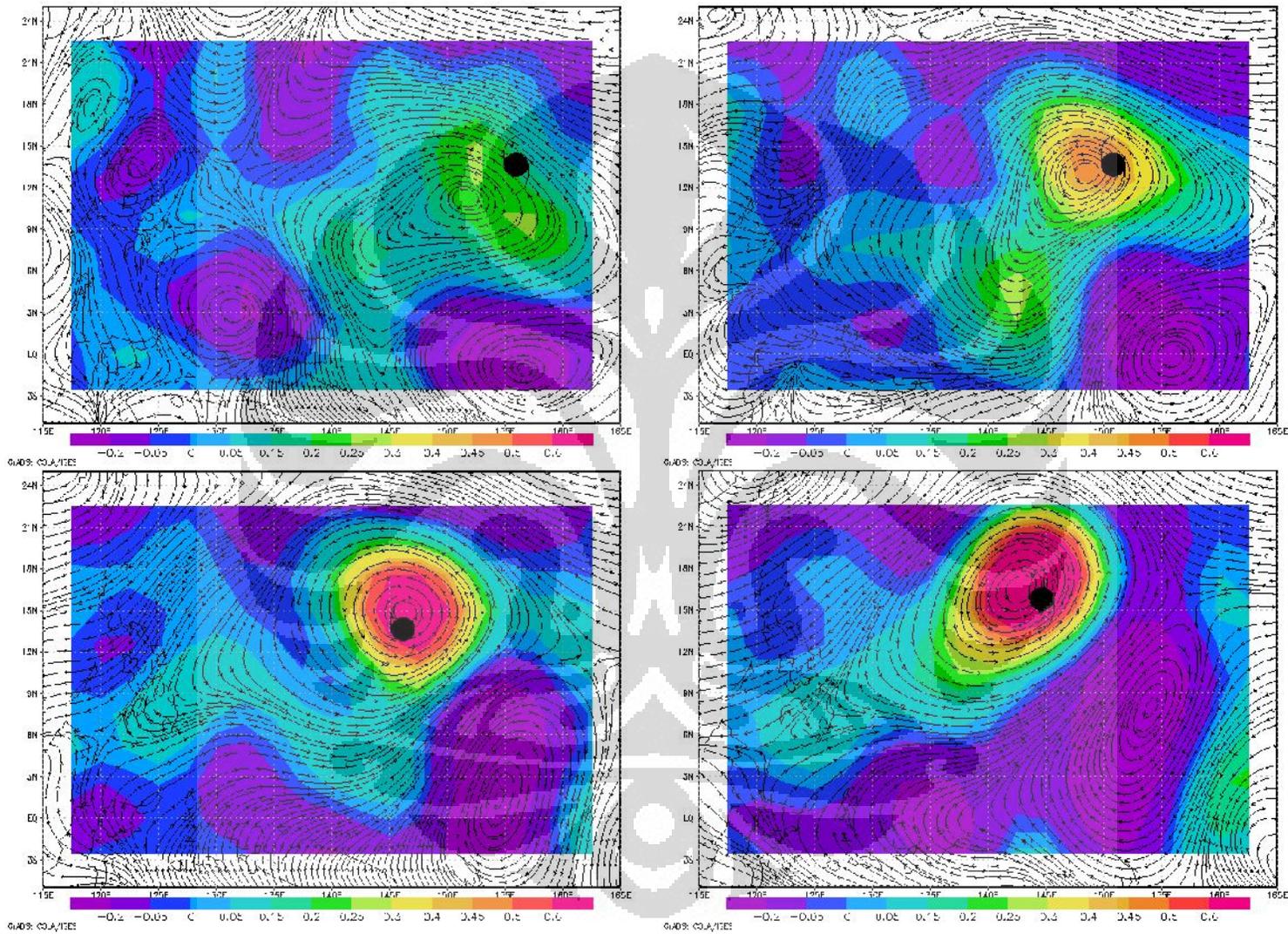
Lampiran III. Analisis vorticitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

Gambar 24. Vorticitas / Curl ($10^{-5}/s$) angin lapisan 850 hPa TS 'PAMELA' periode 1 – 7 Desember 1982

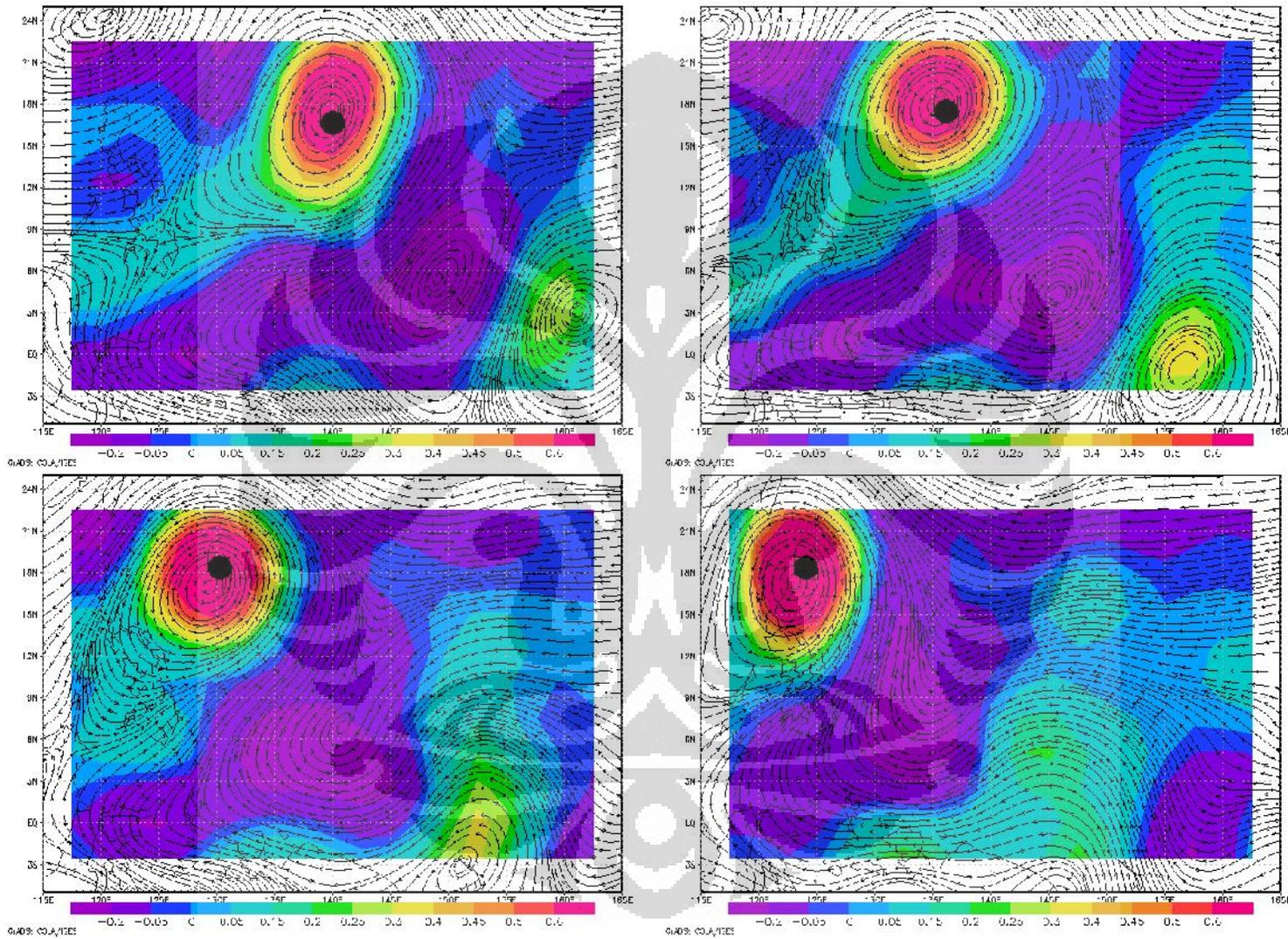
Lampiran III. Analisis vorticitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

Gambar 25. Vorticitas / Curl ($10^{-5}/s$) angin lapisan 850 hPa TS 'WAYNE' periode 23 – 24 Juli 1983

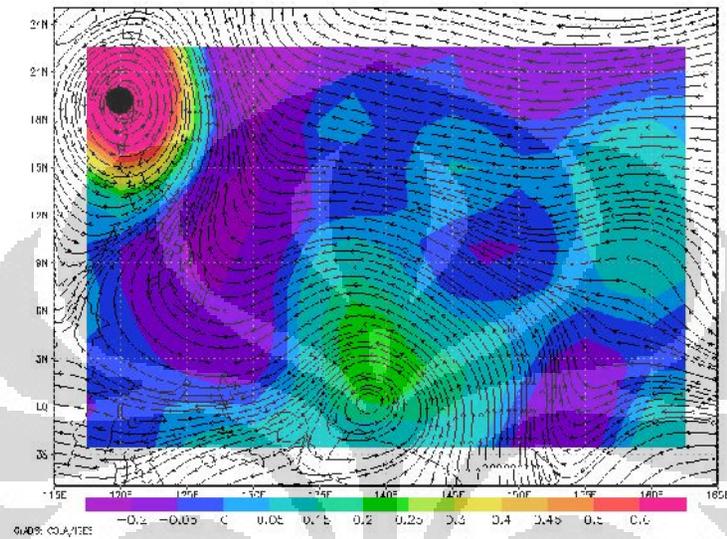
Lampiran III. Analisis vortisitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



Lampiran III. Analisis vortisitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

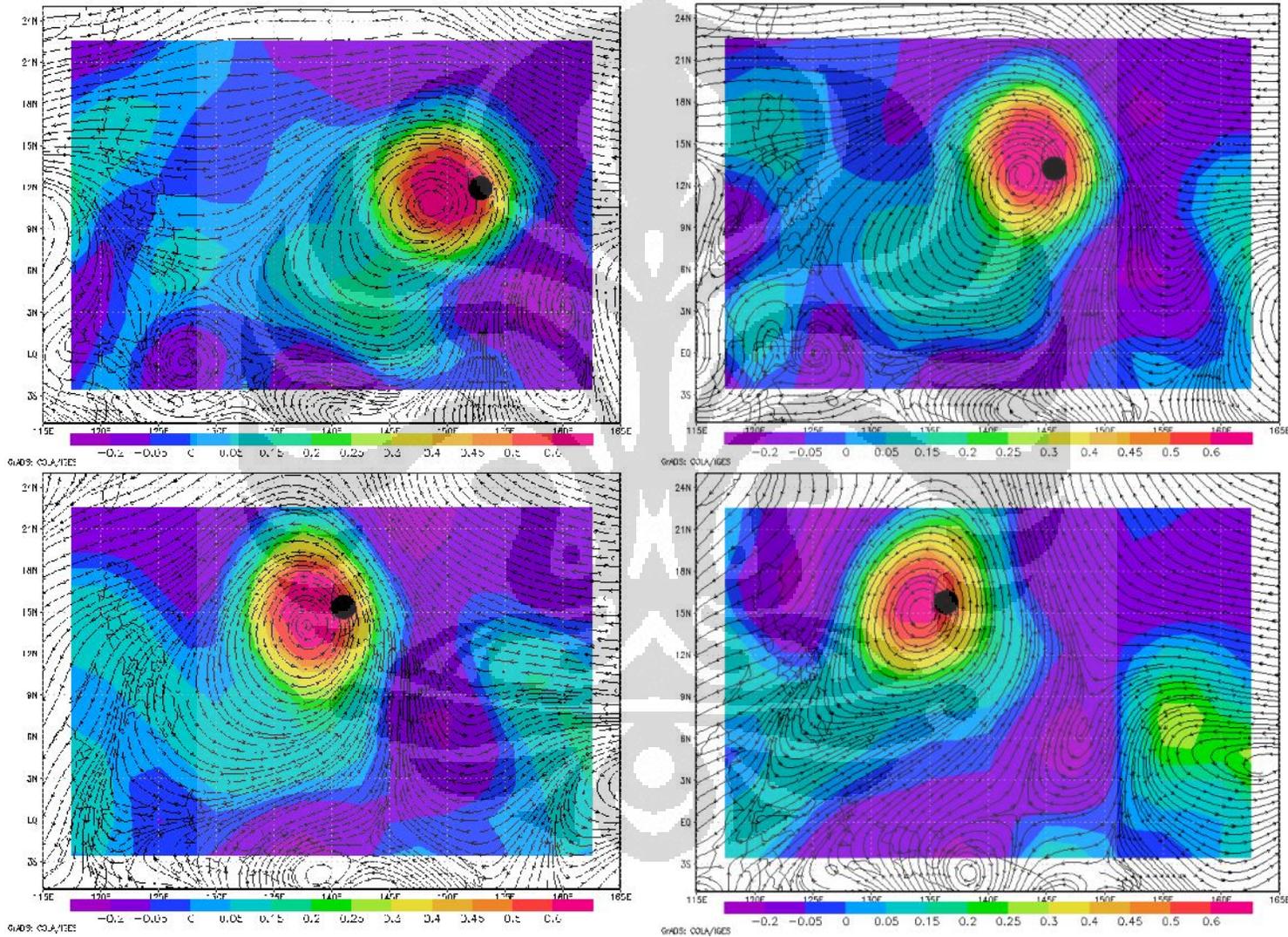


Lampiran III. Analisis vorticitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

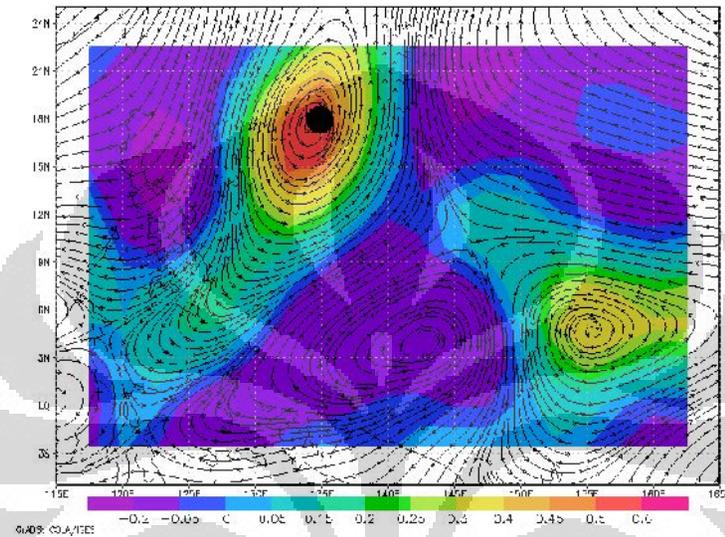


Gambar 26. Vorticitas / Curl ($10^{-5}/s$) angin lapisan 850 hPa TS 'LYNN' periode 16 – 24 Oktober 1987

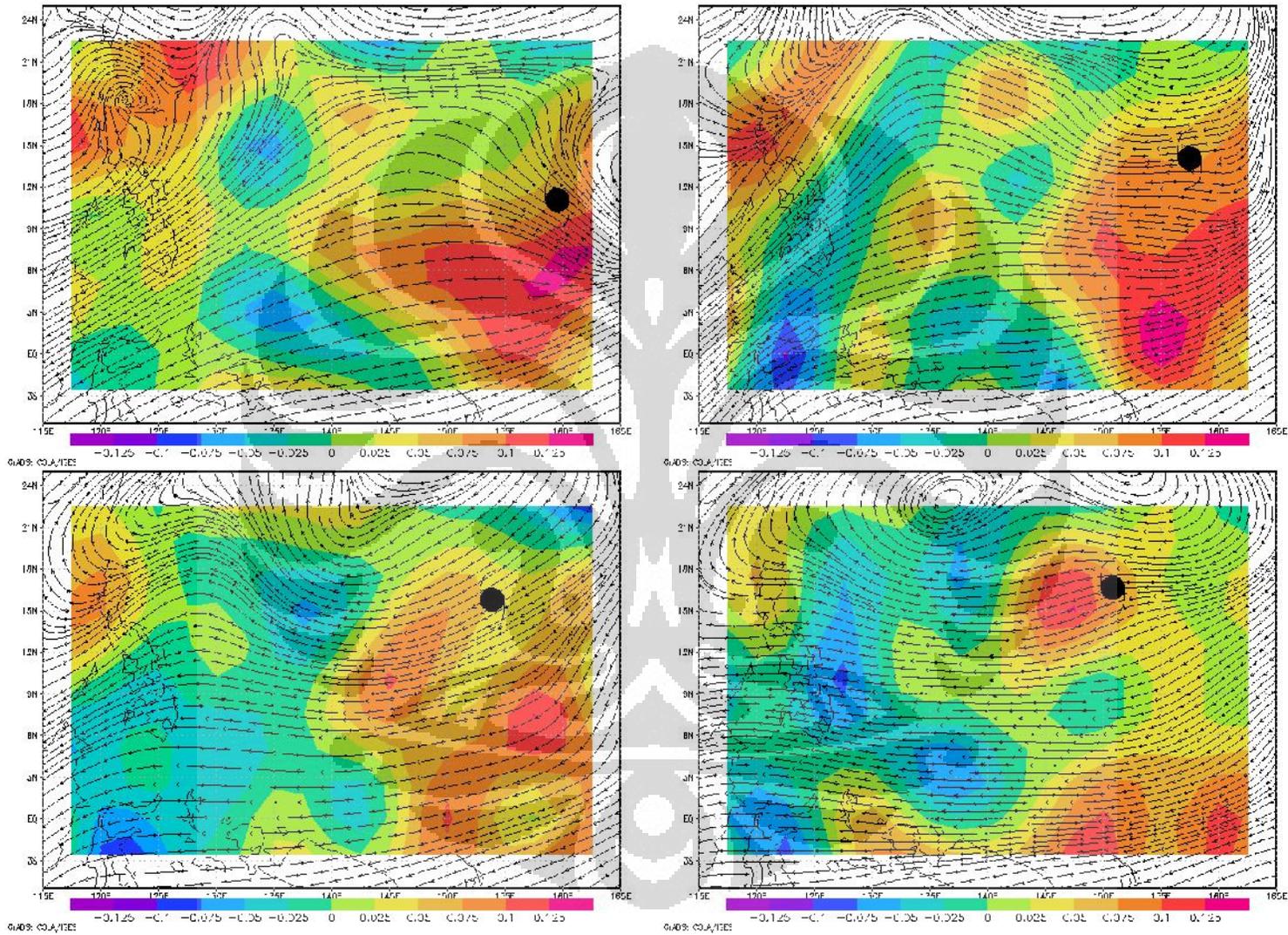
Lampiran III. Analisis vortisitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



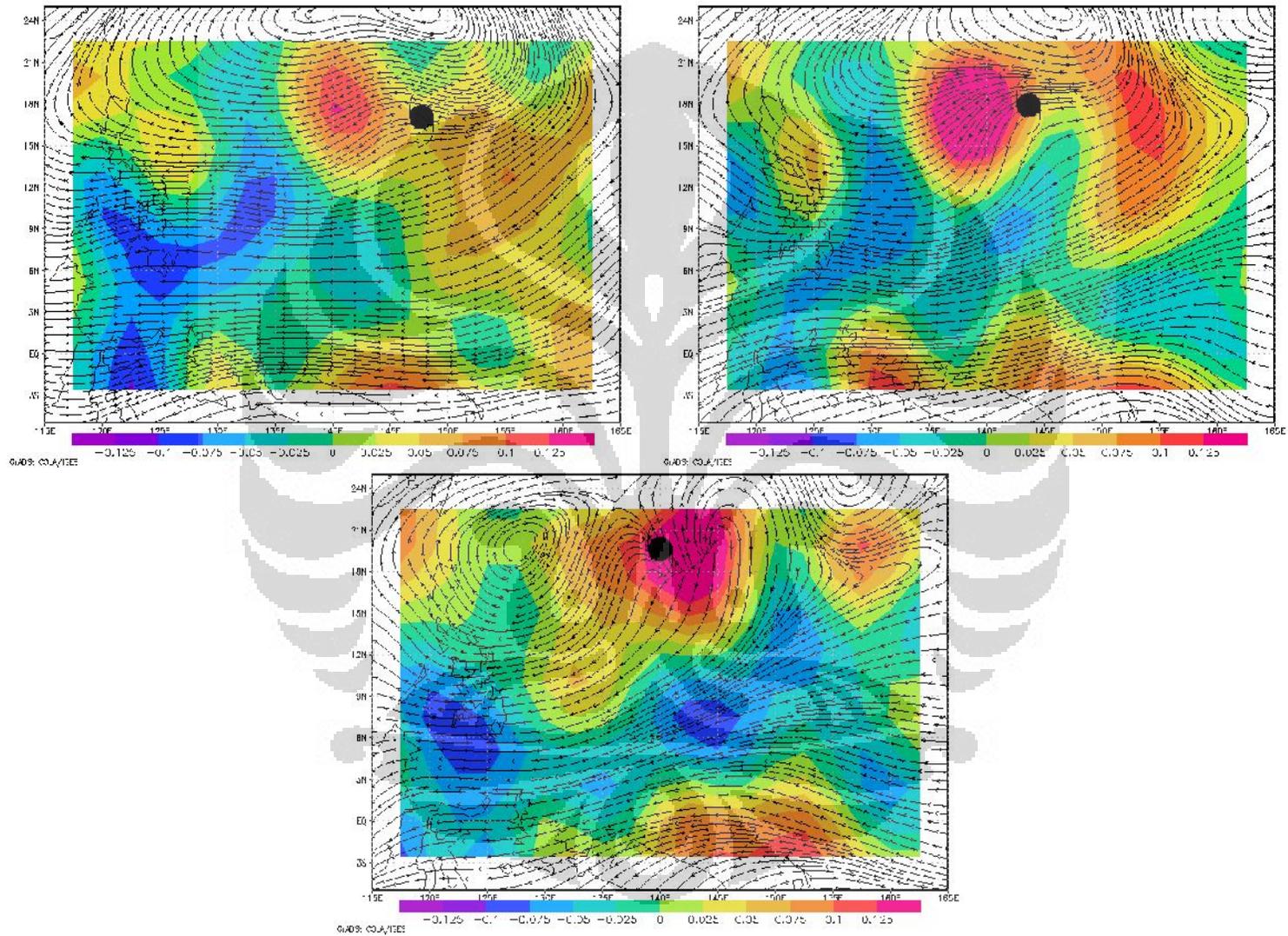
Lampiran III. Analisis vorticitas dan panjang trough tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

Gambar 27. Vorticitas / Curl ($10^{-5}/s$) angin lapisan 850 hPa TS 'KEITH' periode 1-5 November 1997

Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino

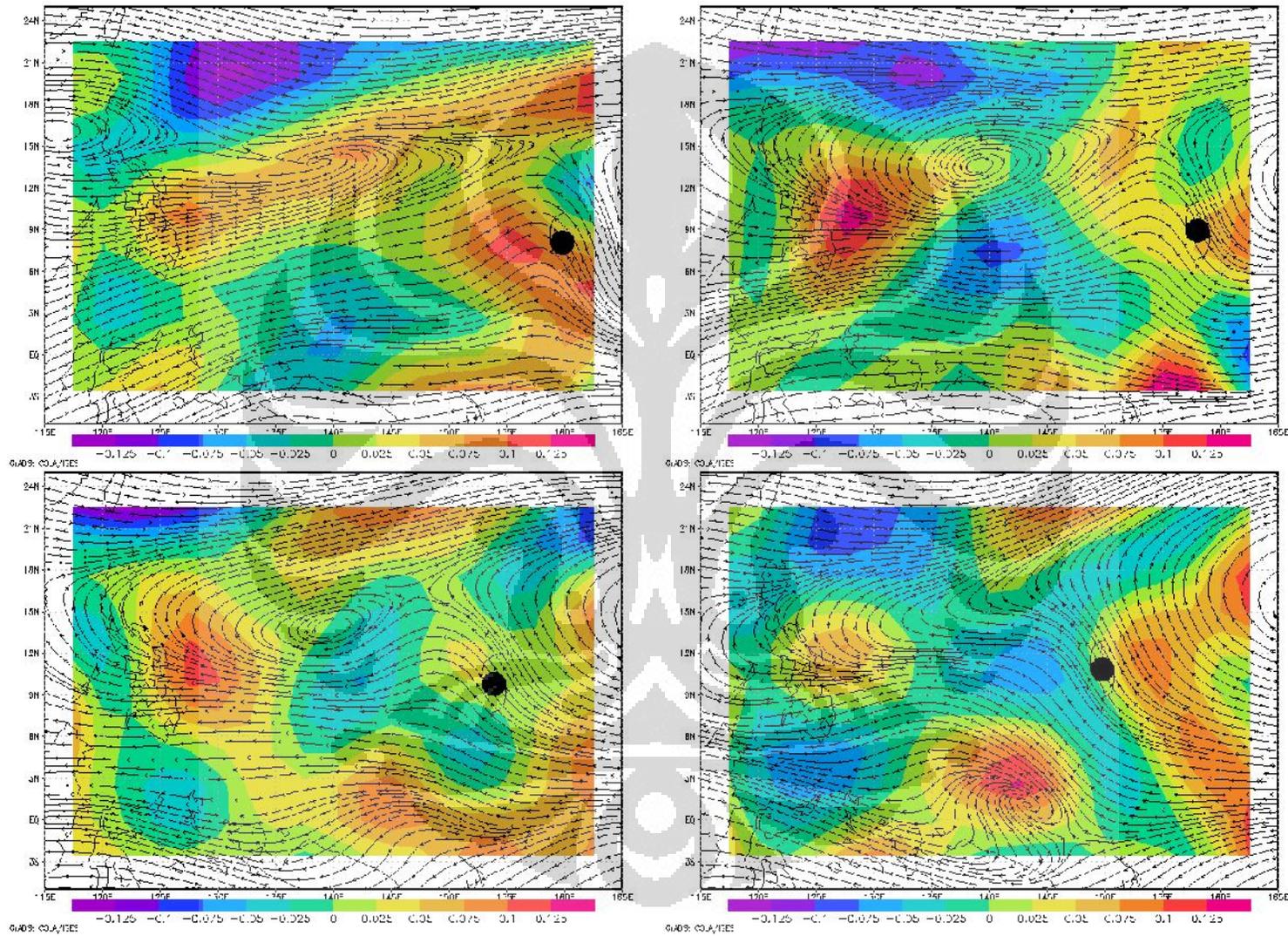


Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

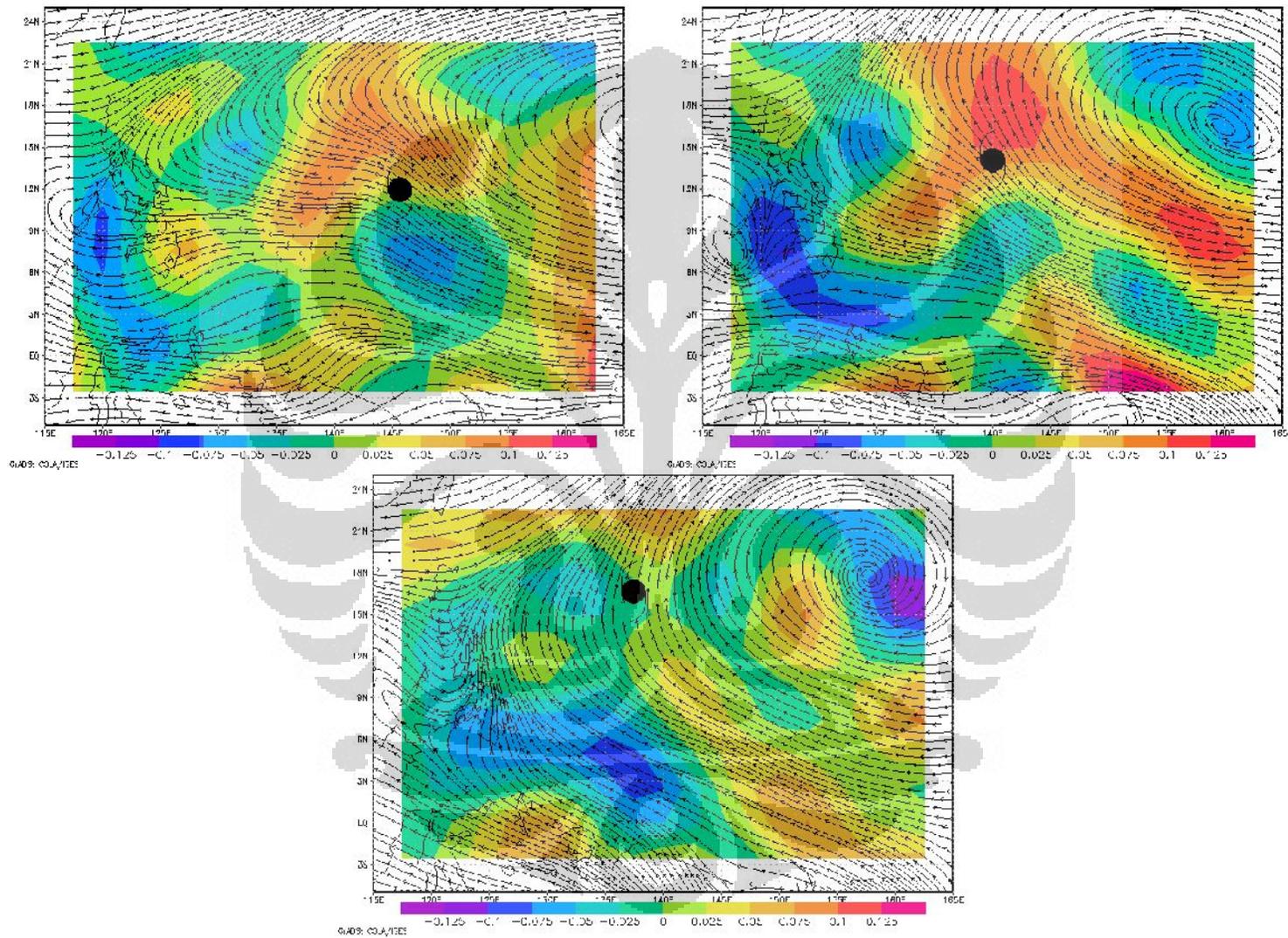


Gambar 28. Divergensi ($10^{-5}/s$) angin lapisan 200 hPa TS 'BEN' periode 19 – 25 September 1986

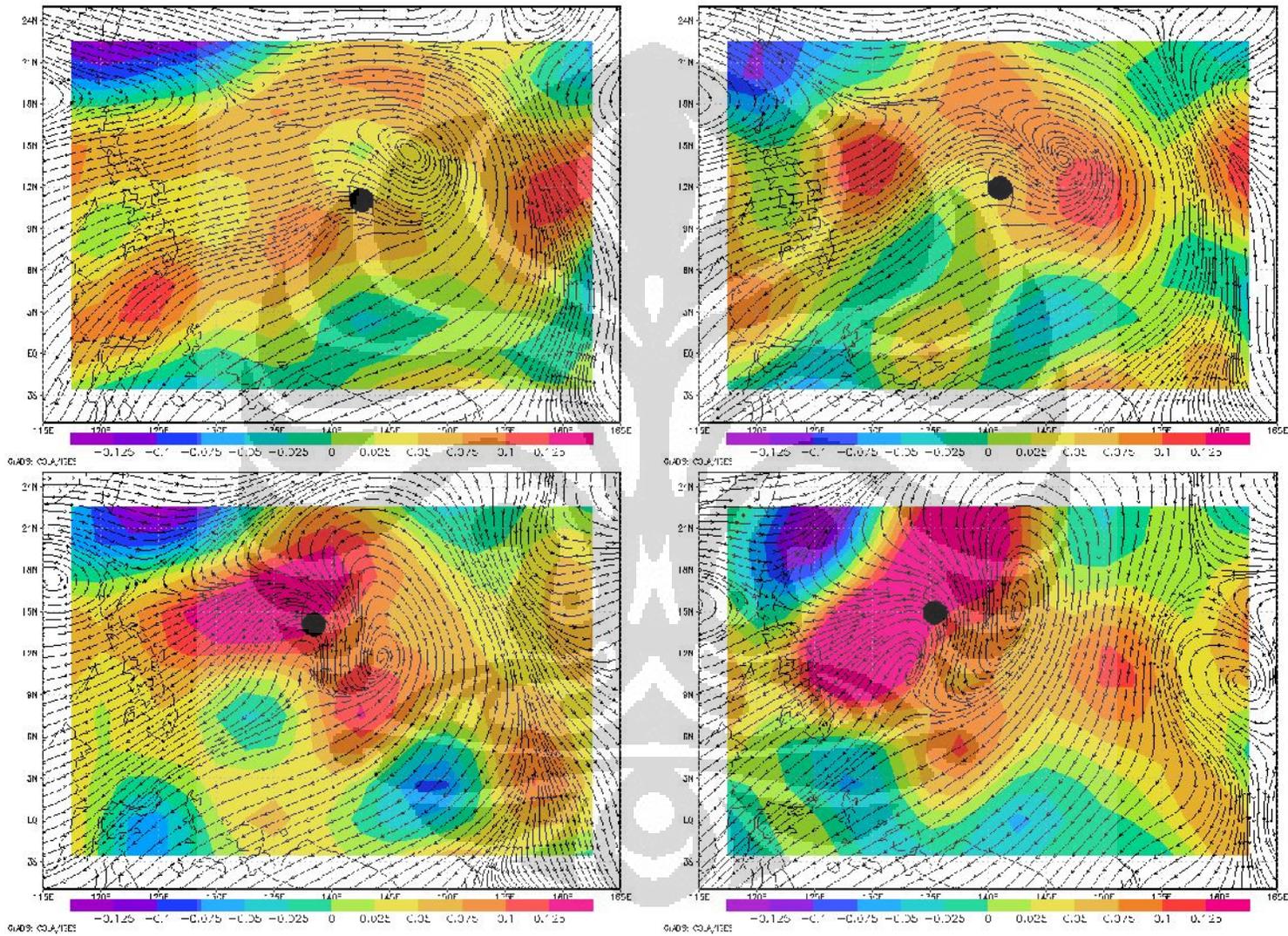
Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



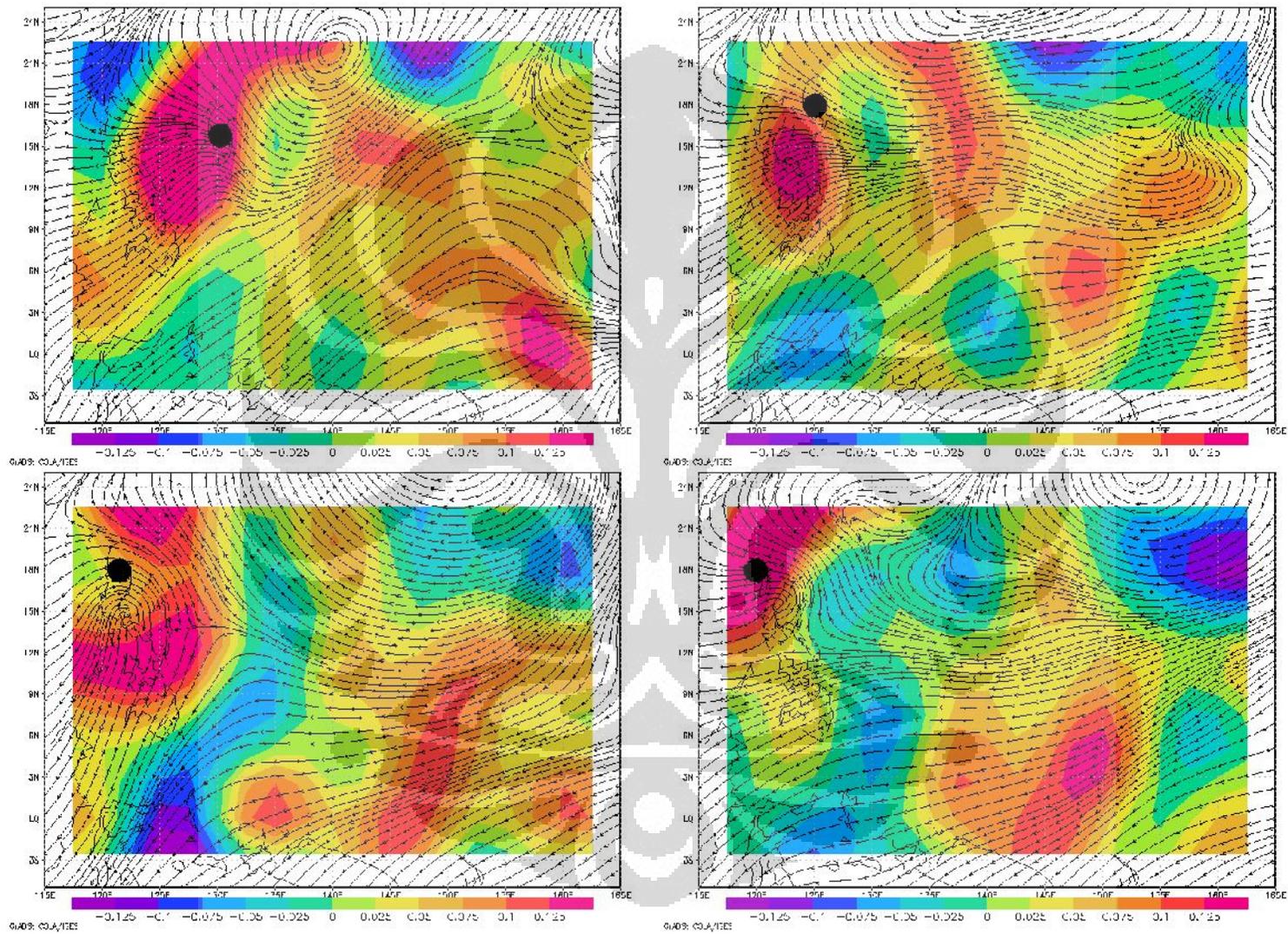
Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

Gambar 29. Divergensi ($10^{-5}/s$) angin lapisan 200 hPa TS 'RUSS' periode 16 – 22 Desember 1990

Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

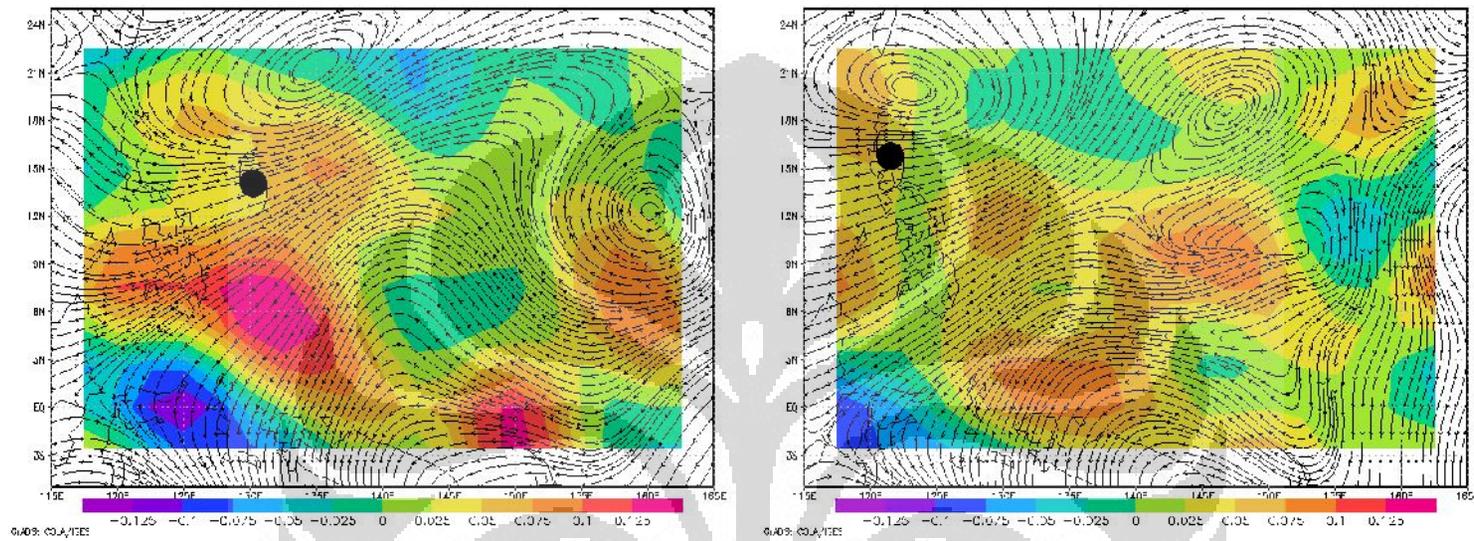


Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

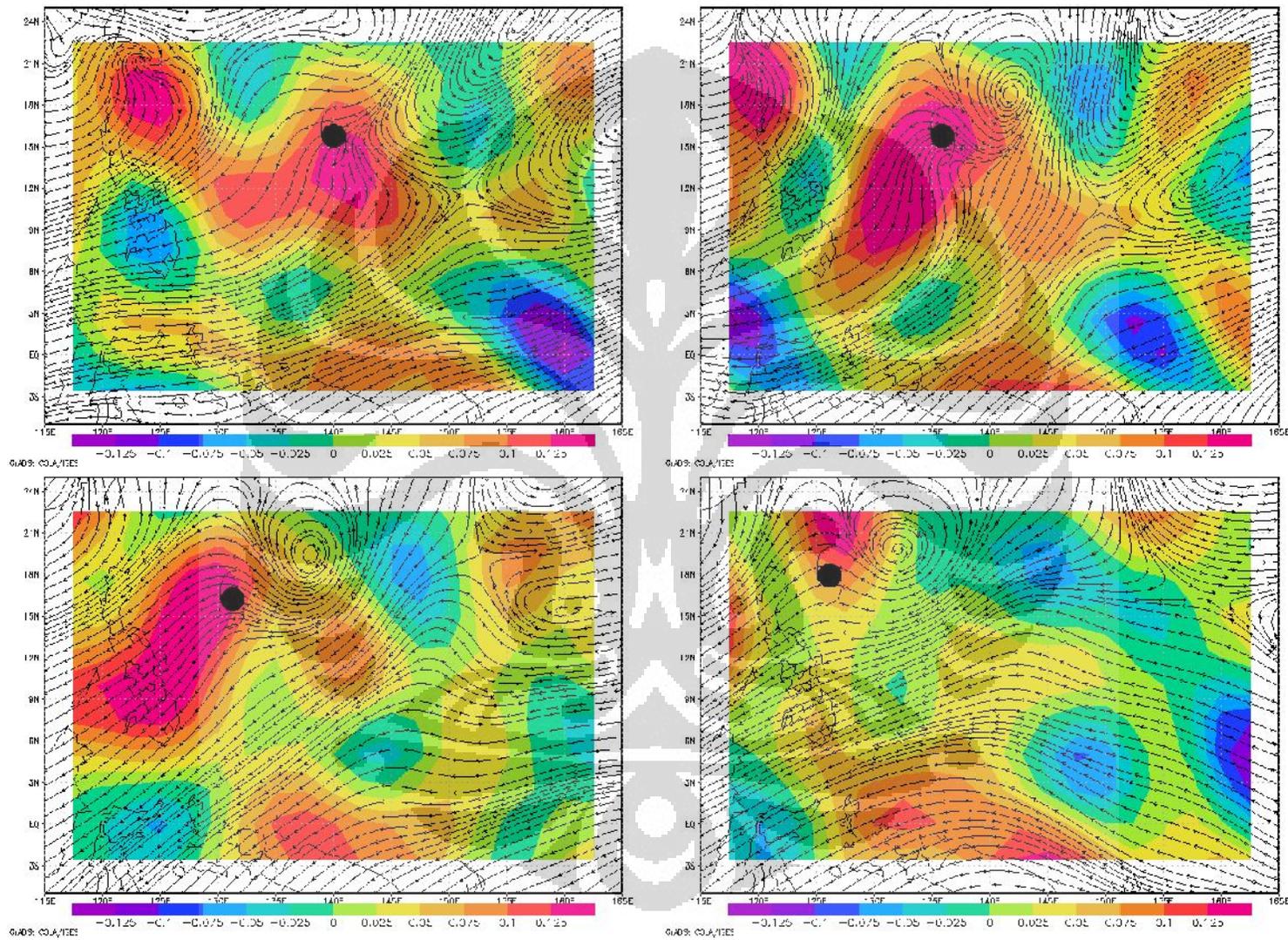


Gambar 30. Divergensi ($10^{-5}/s$) angin lapisan 200 hPa TS 'RUTH' periode 21 – 28 Oktober 1991

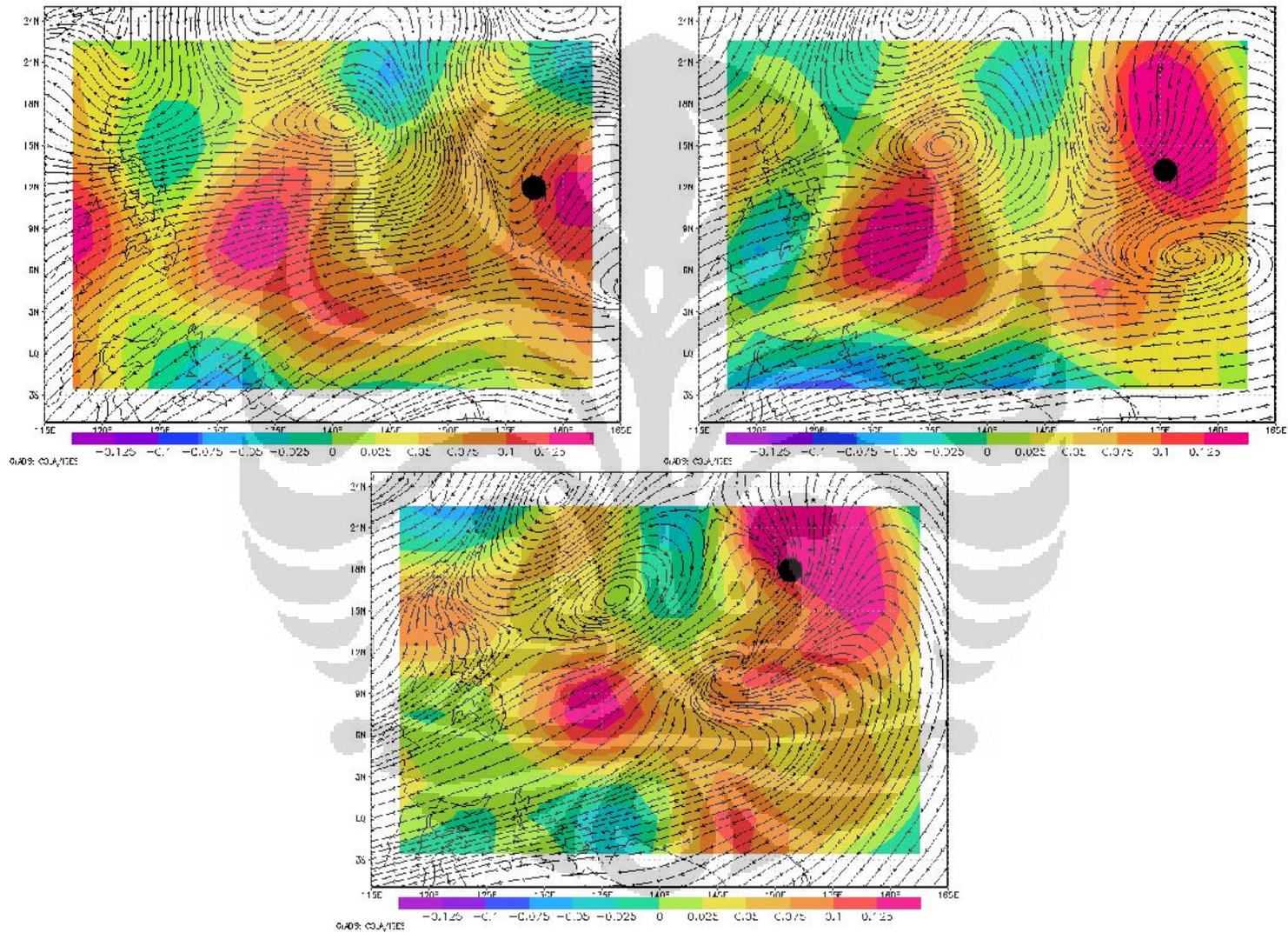
Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

Gambar 31. Divergensi ($10^{-5}/s$) angin lapisan 200 hPa TS 'ELI' periode 10 – 11 Juli 1992

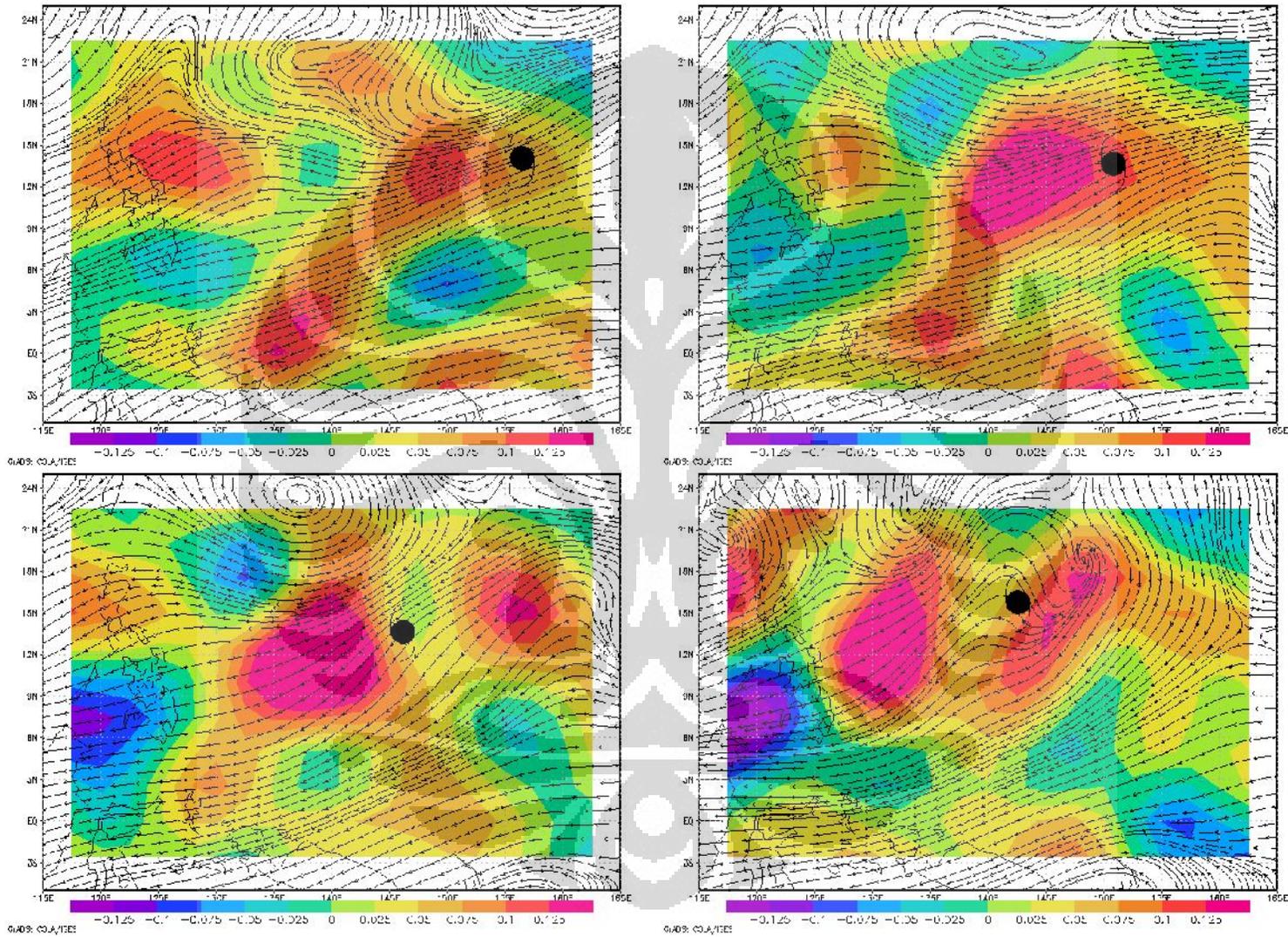
Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

Gambar 32. Divergensi ($10^{-5}/s$) angin lapisan 200 hPa TS 'DOUG' periode 3 – 6 Agustus 1994

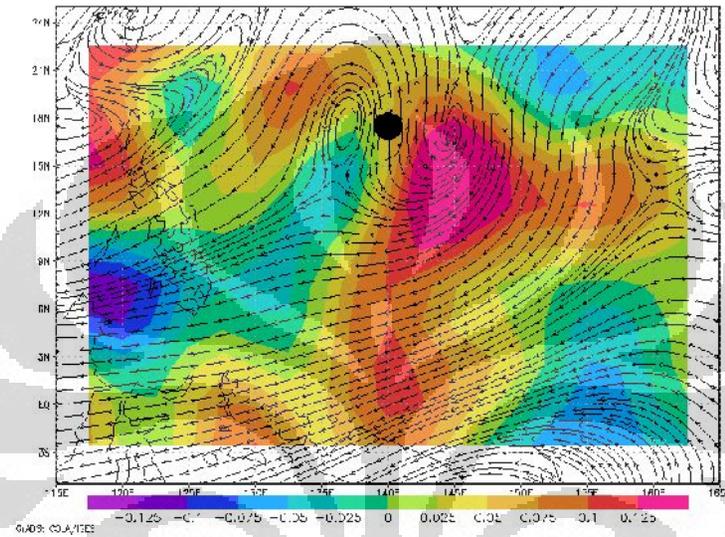
Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

Gambar 33. Divergensi ($10^{-5}/s$) angin lapisan 200 hPa TS 'PHANFONE' periode 12 - 14 Agustus 2002

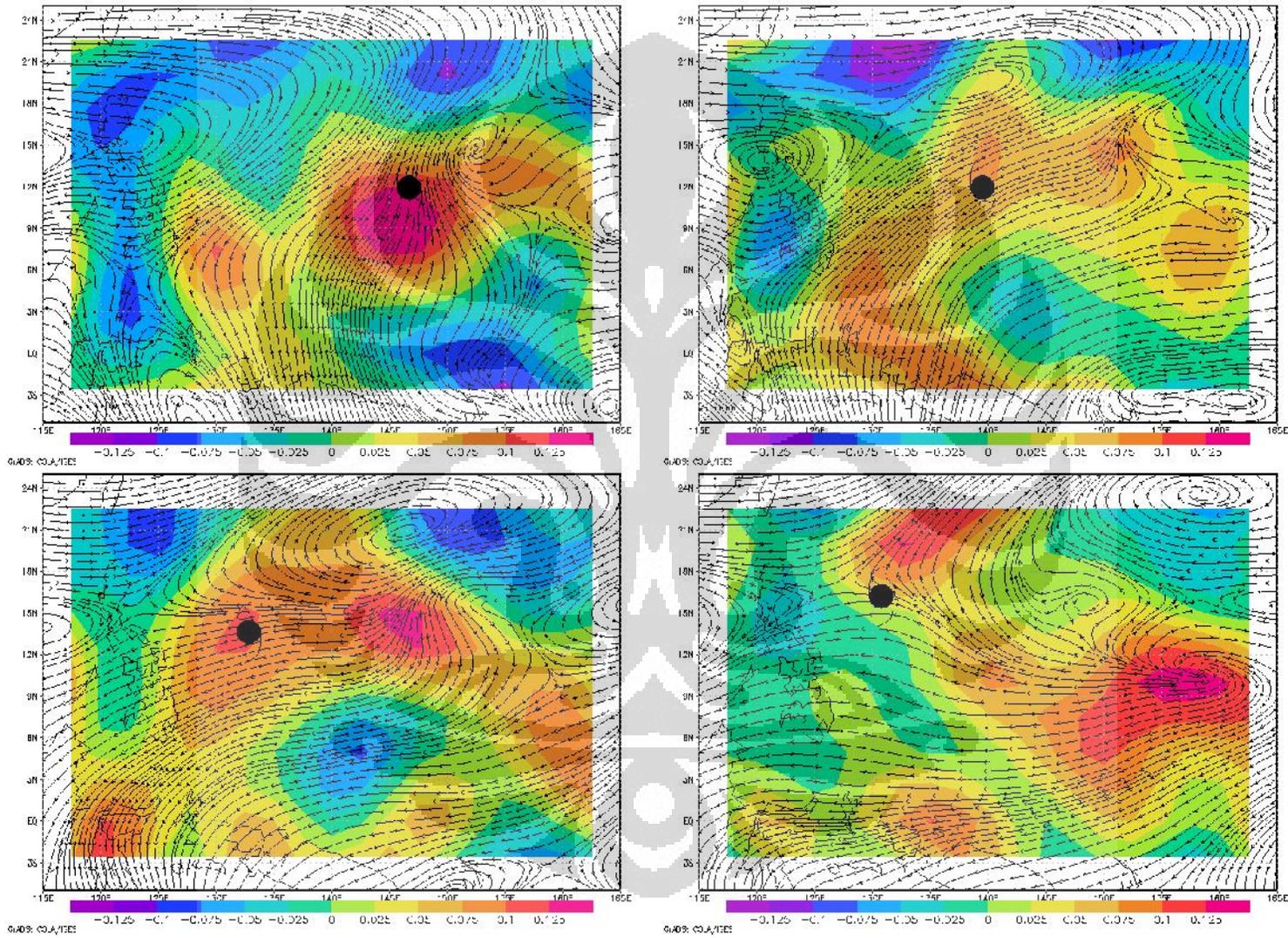
Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



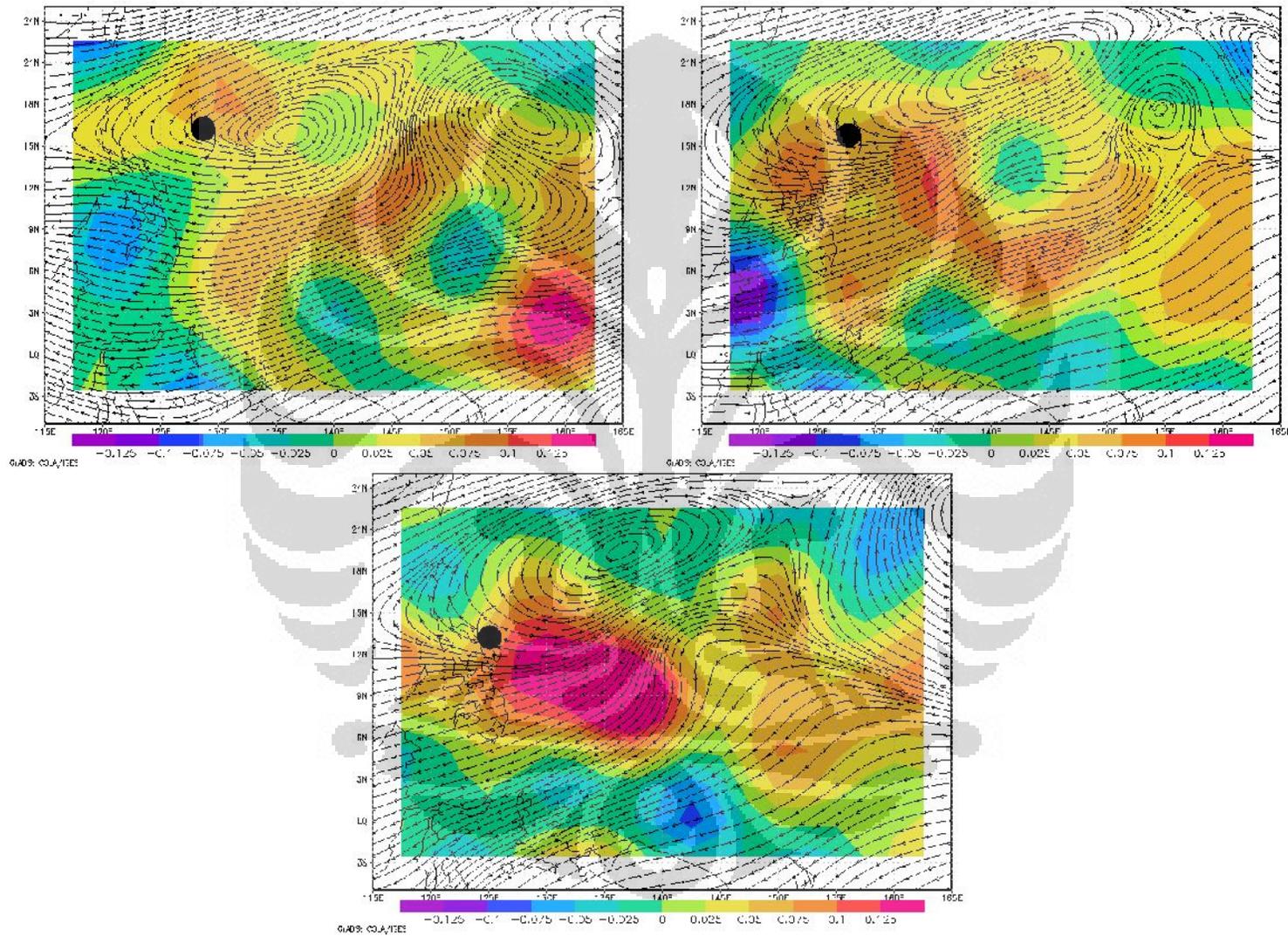
Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

Gambar 34. Divergensi ($10^{-5}/s$) angin lapisan 200 hPa TS 'CHABA' periode 20 - 24 Agustus 2004

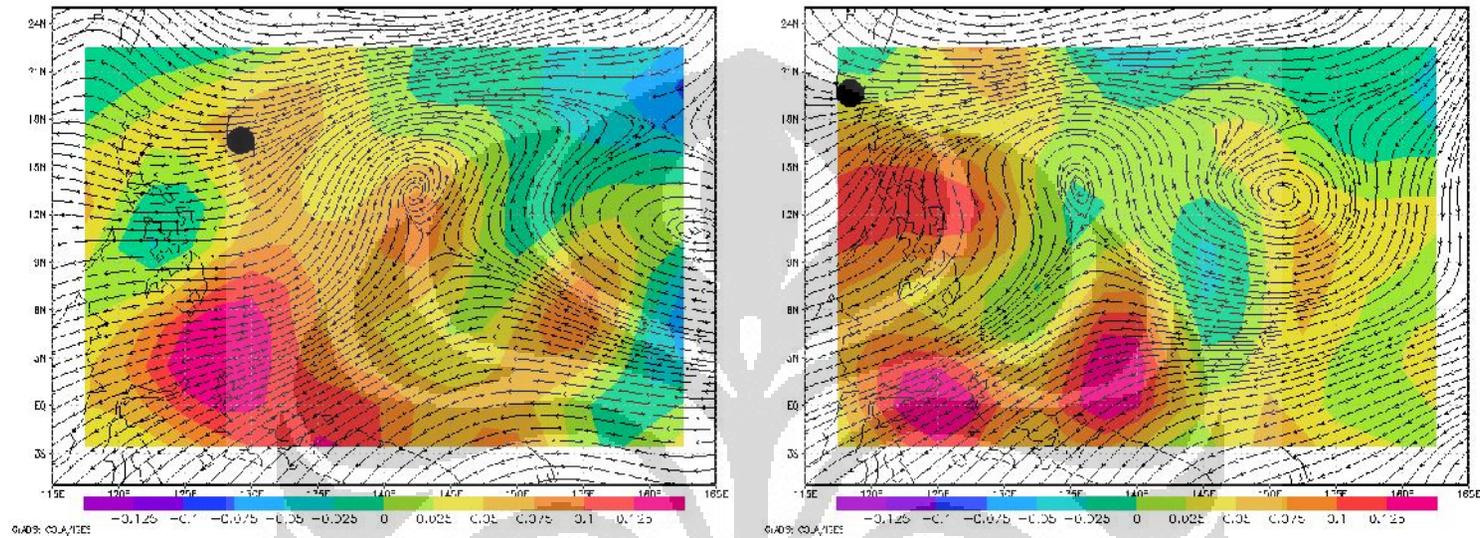
Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



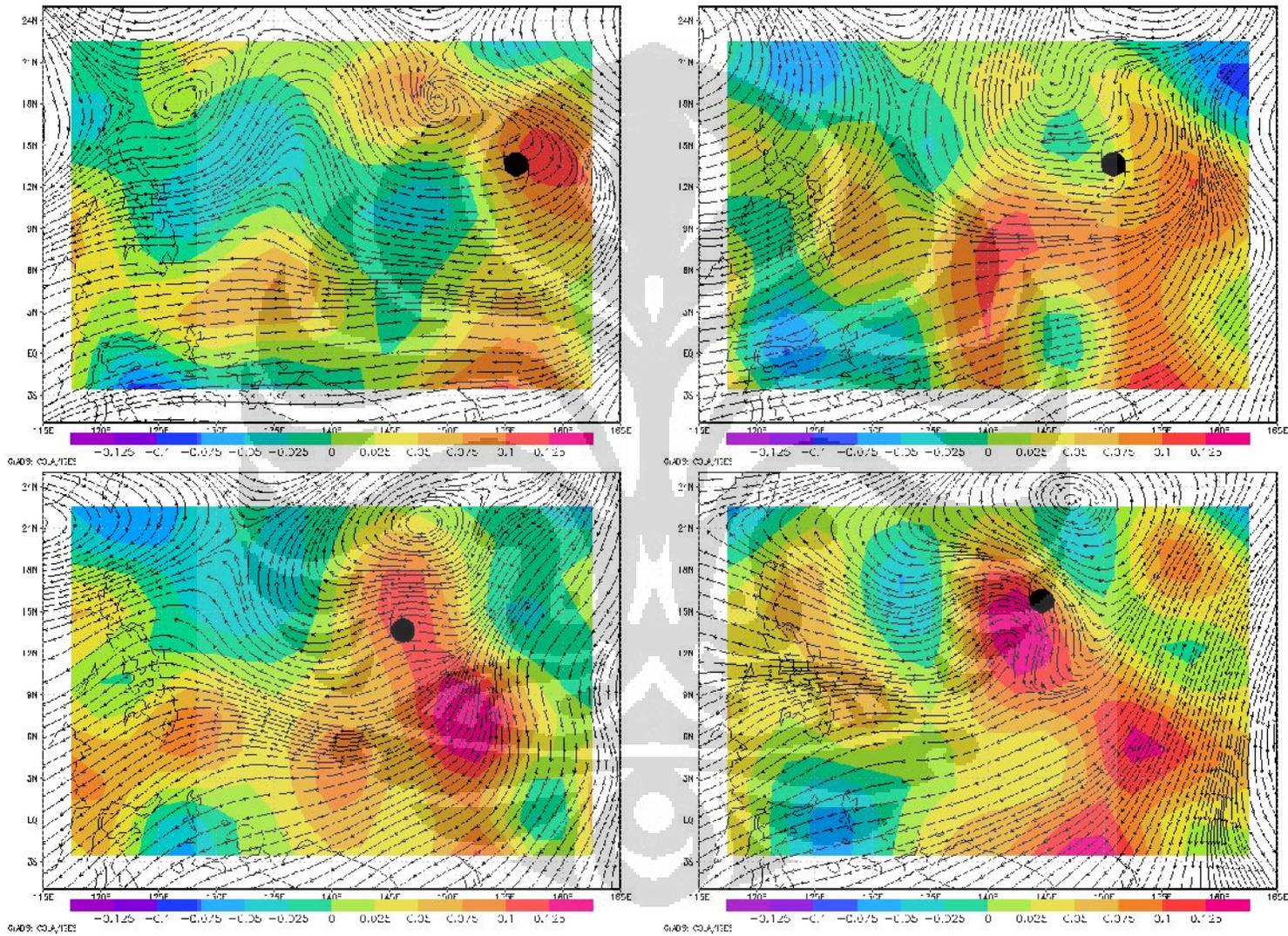
Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

Gambar 35. Divergensi ($10^{-5}/s$) angin lapisan 200 hPa TS 'PAMELA' periode 1 – 7 Desember 1982

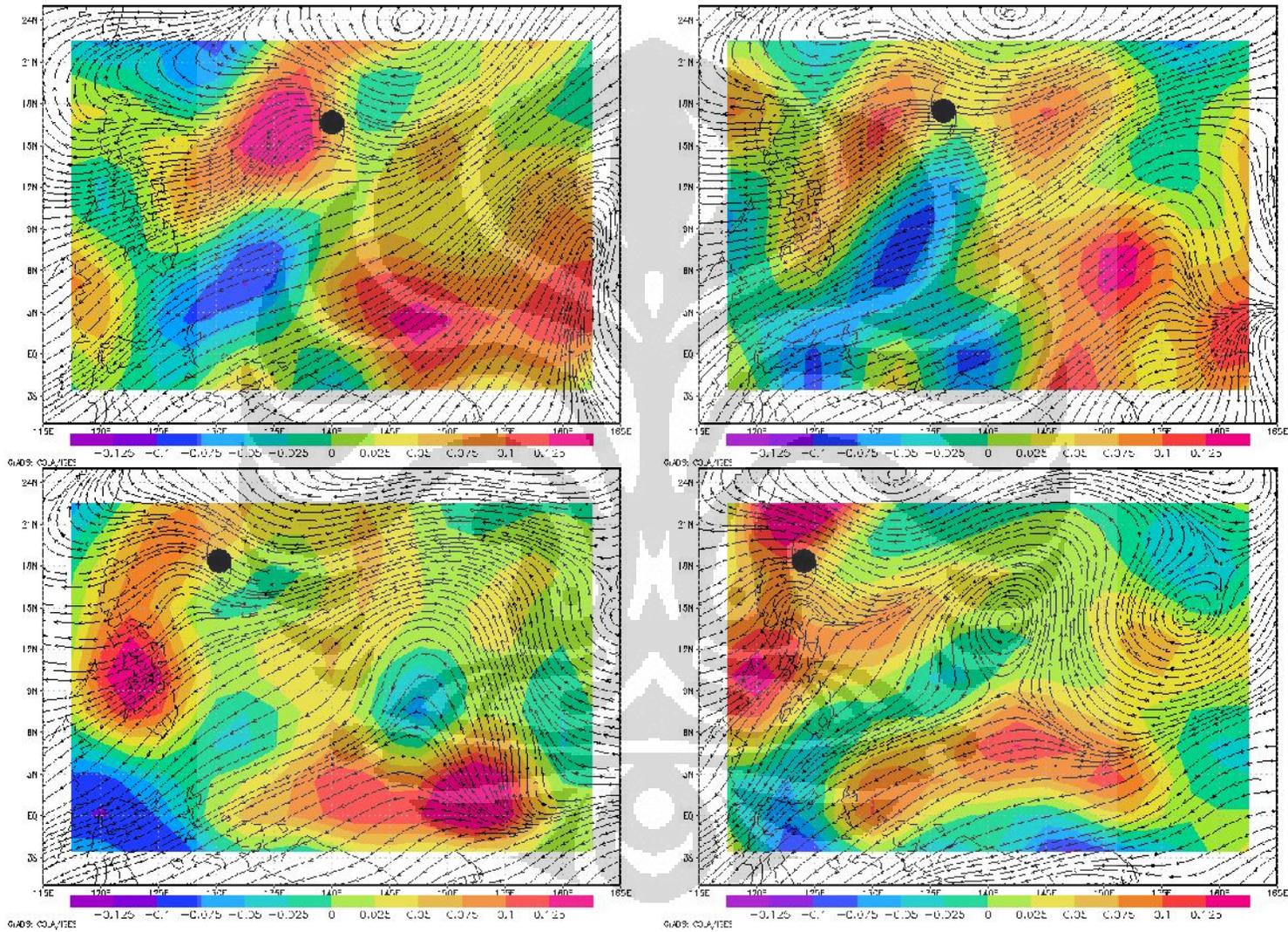
Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

Gambar 36. Divergensi ($10^{-5}/s$) angin lapisan 200 hPa TS 'WAYNE' periode 23 – 24 Juli 1983

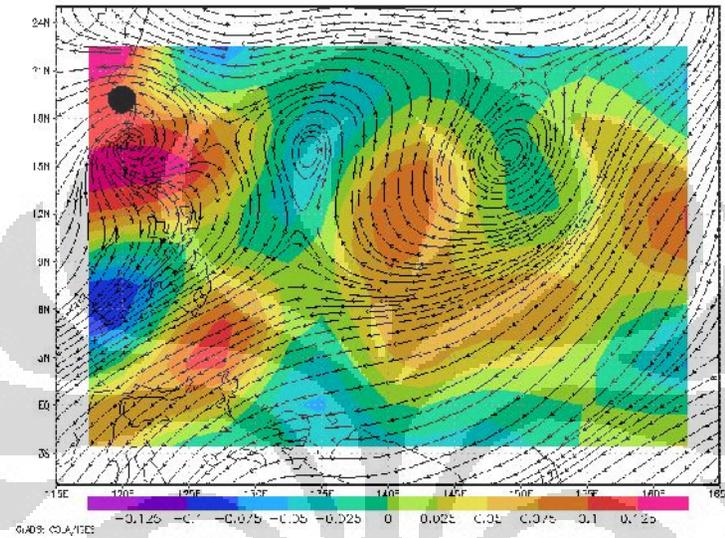
Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

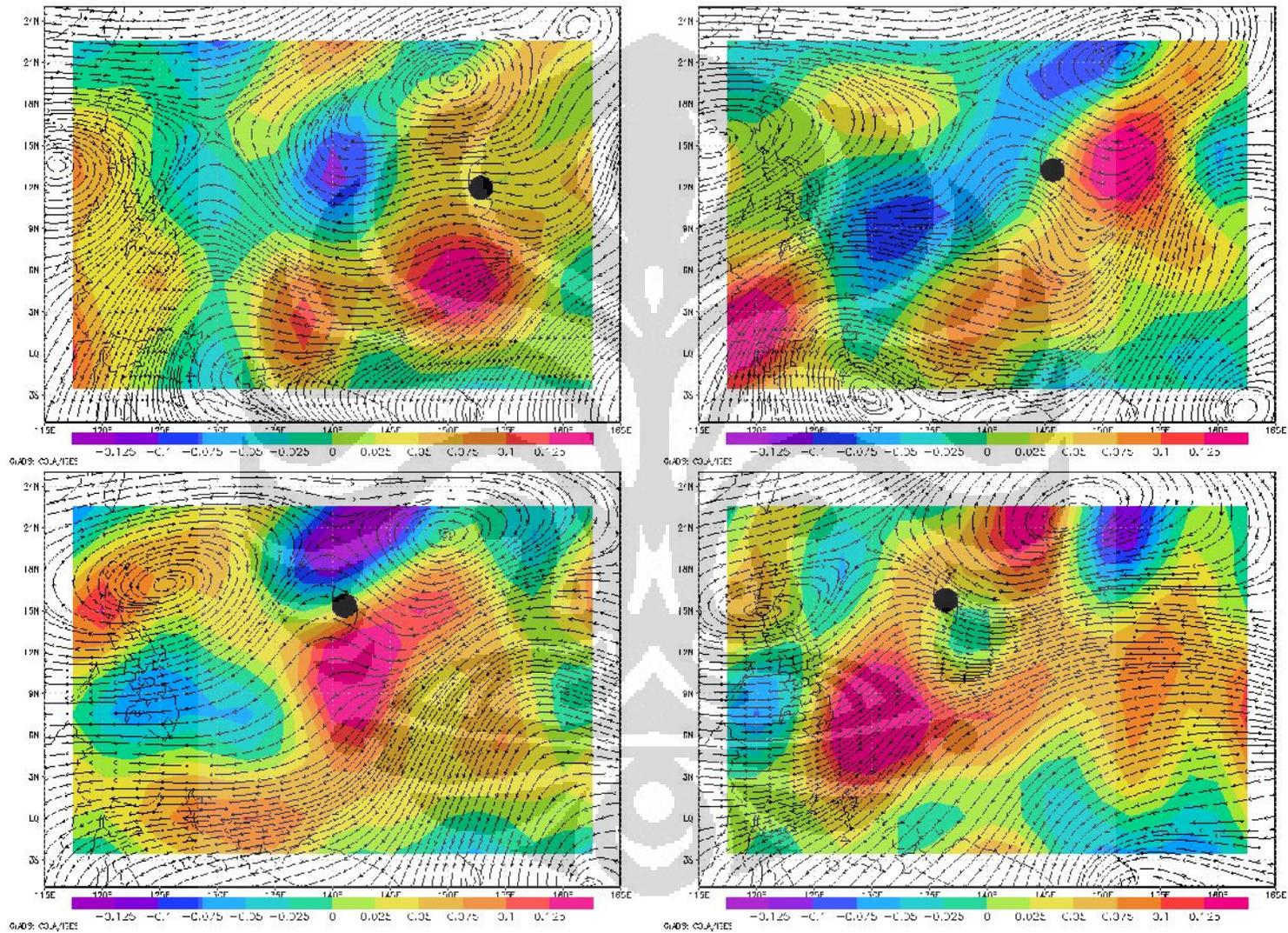


Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

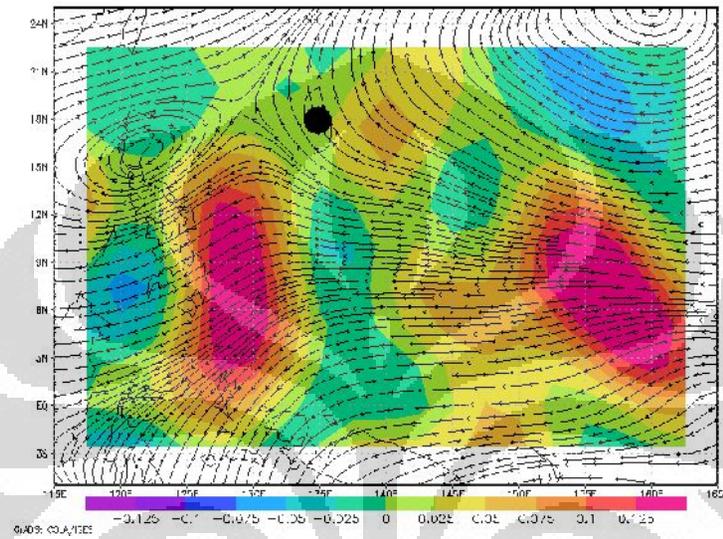


Gambar 37. Divergensi ($10^{-5}/s$) angin lapisan 200 hPa TS 'LYNN' periode 16 – 24 Oktober 1987

Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

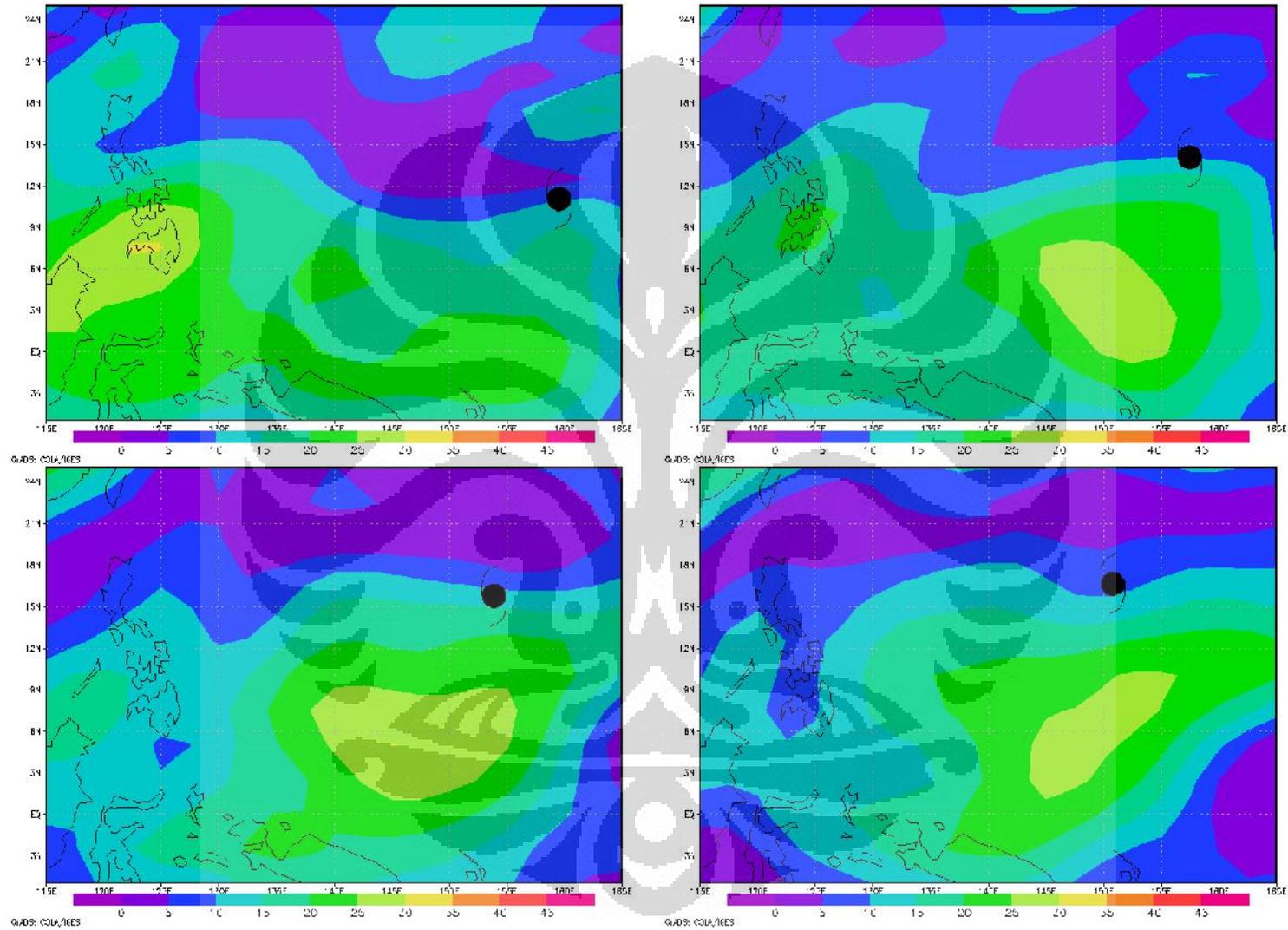


Lampiran IV. Analisis divergensi tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

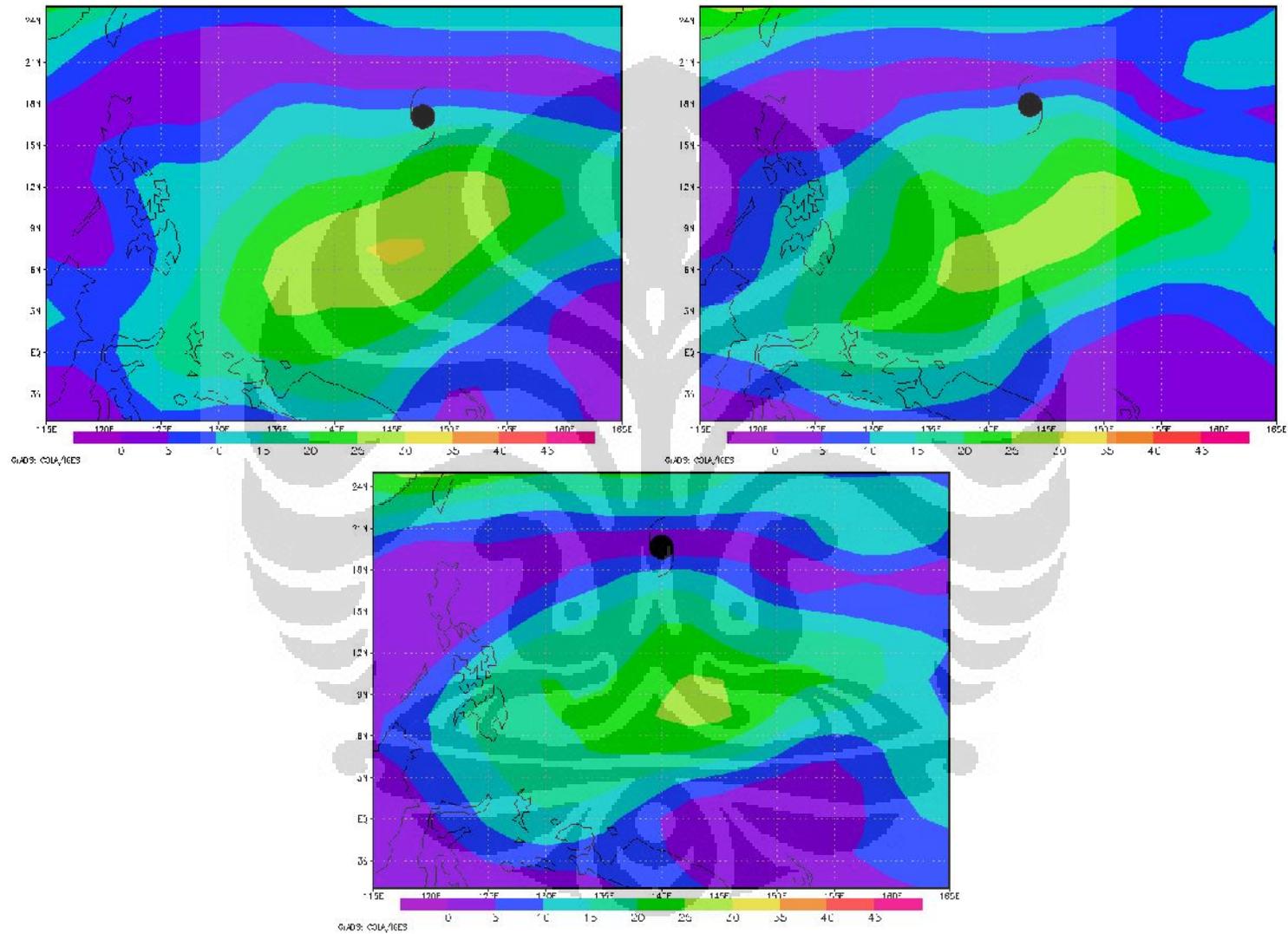


Gambar 38. Divergensi ($10^{-5}/s$) angin lapisan 200 hPa TS 'KEITH' periode 1-5 November 1997

Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino

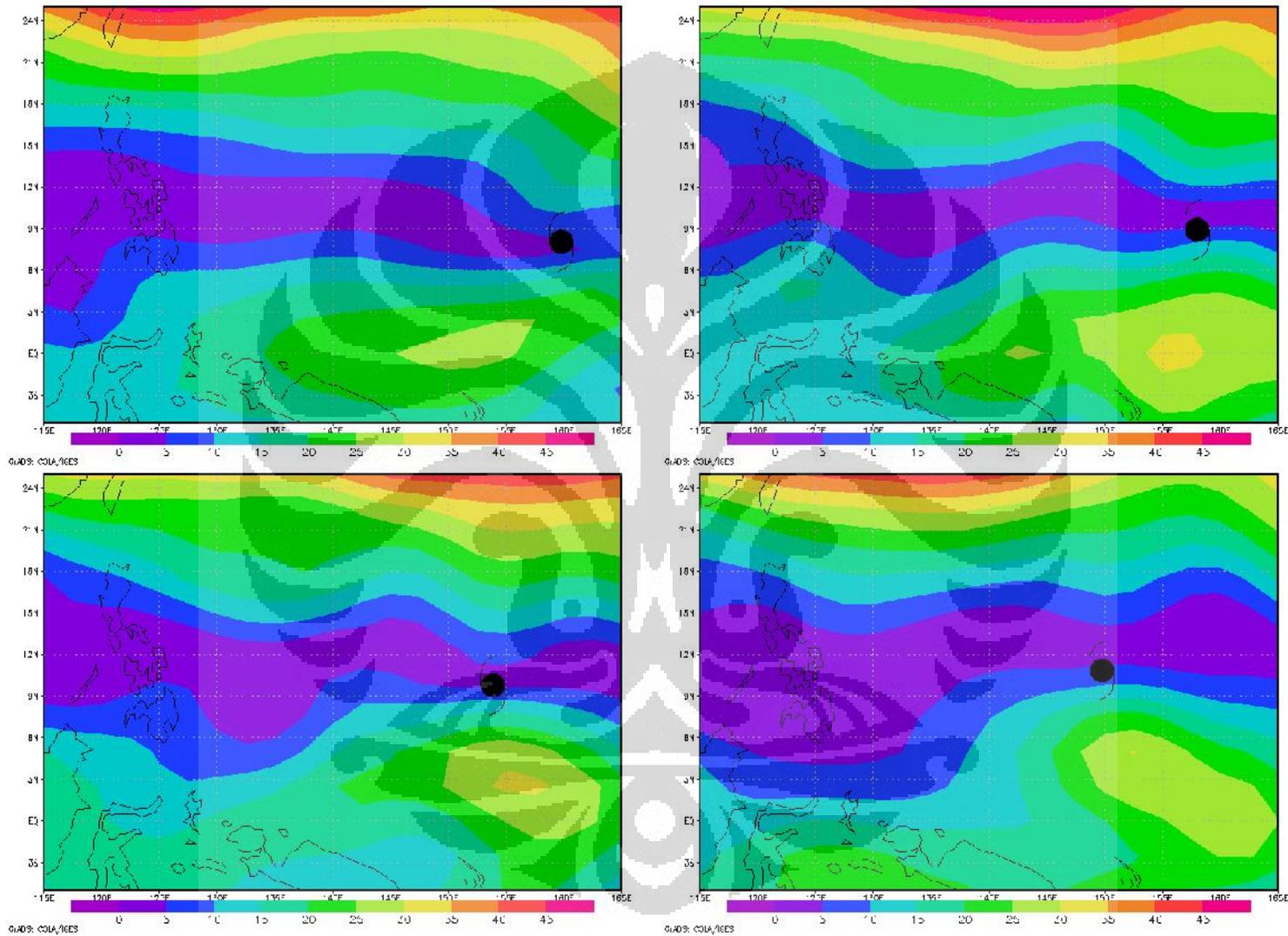


Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

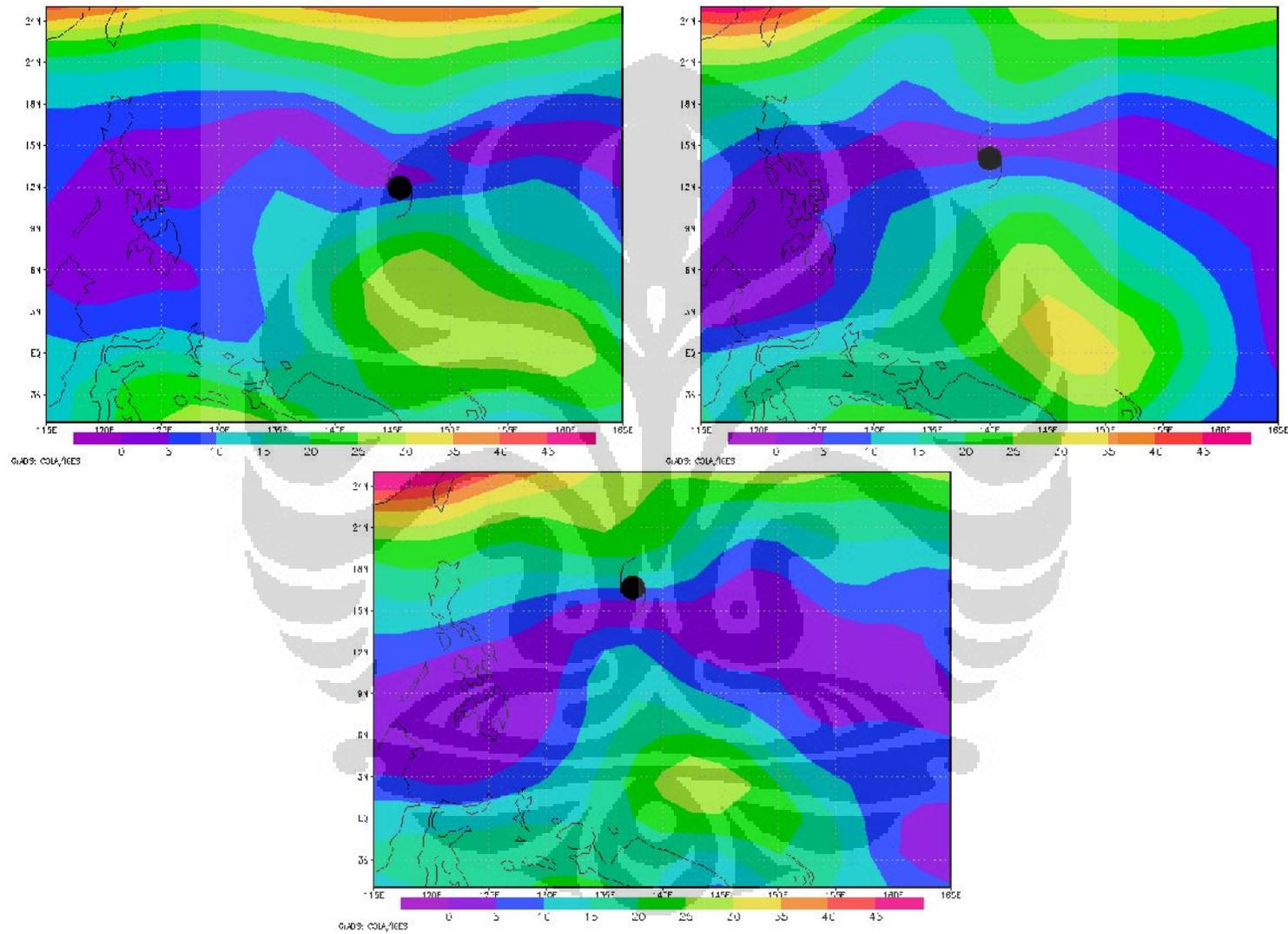


Gambar 39. Shear angin (knots) lapisan 850 – 200 hPa TS 'BEN ' periode 19 – 25 September 1986

Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

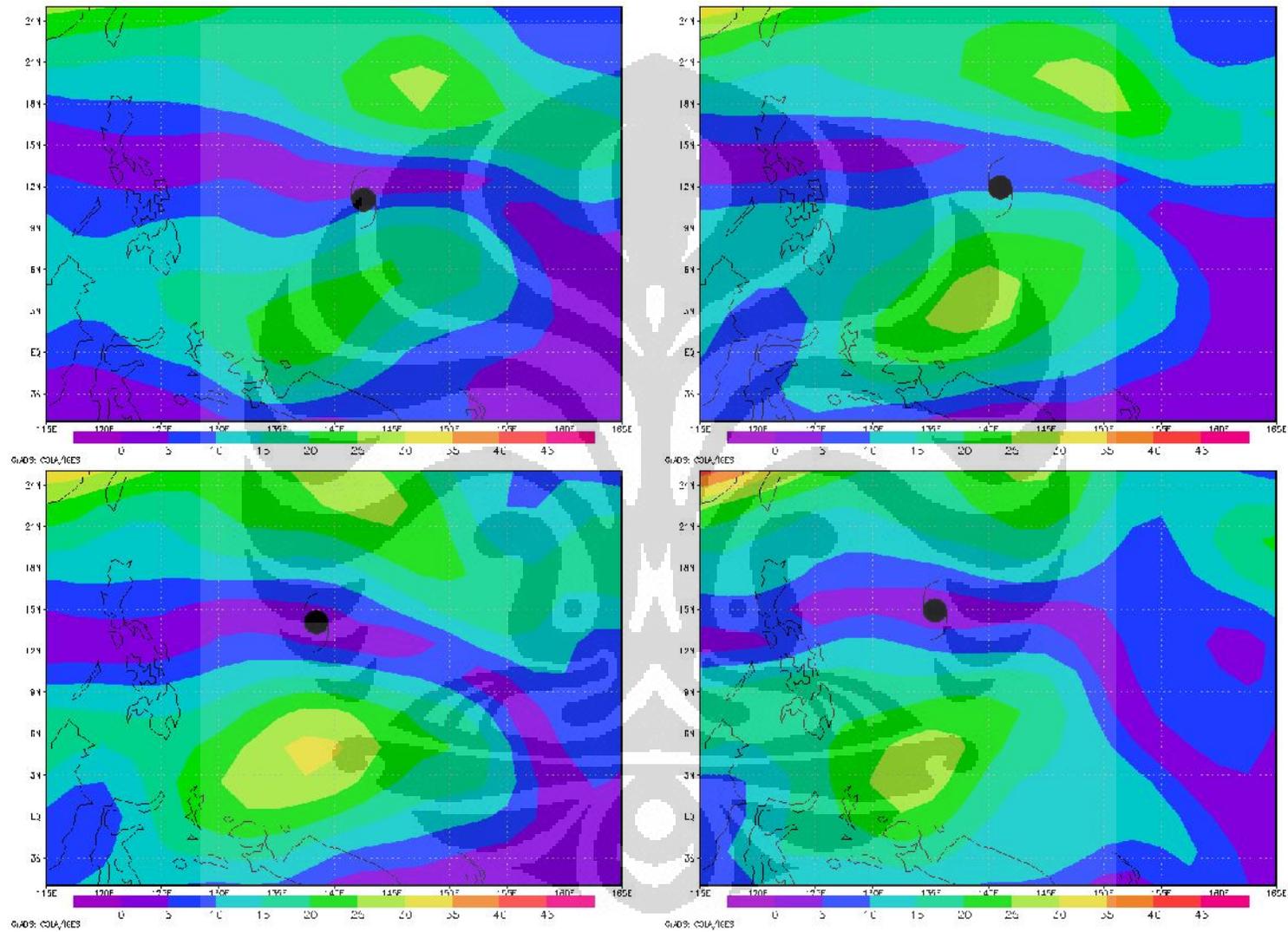


Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

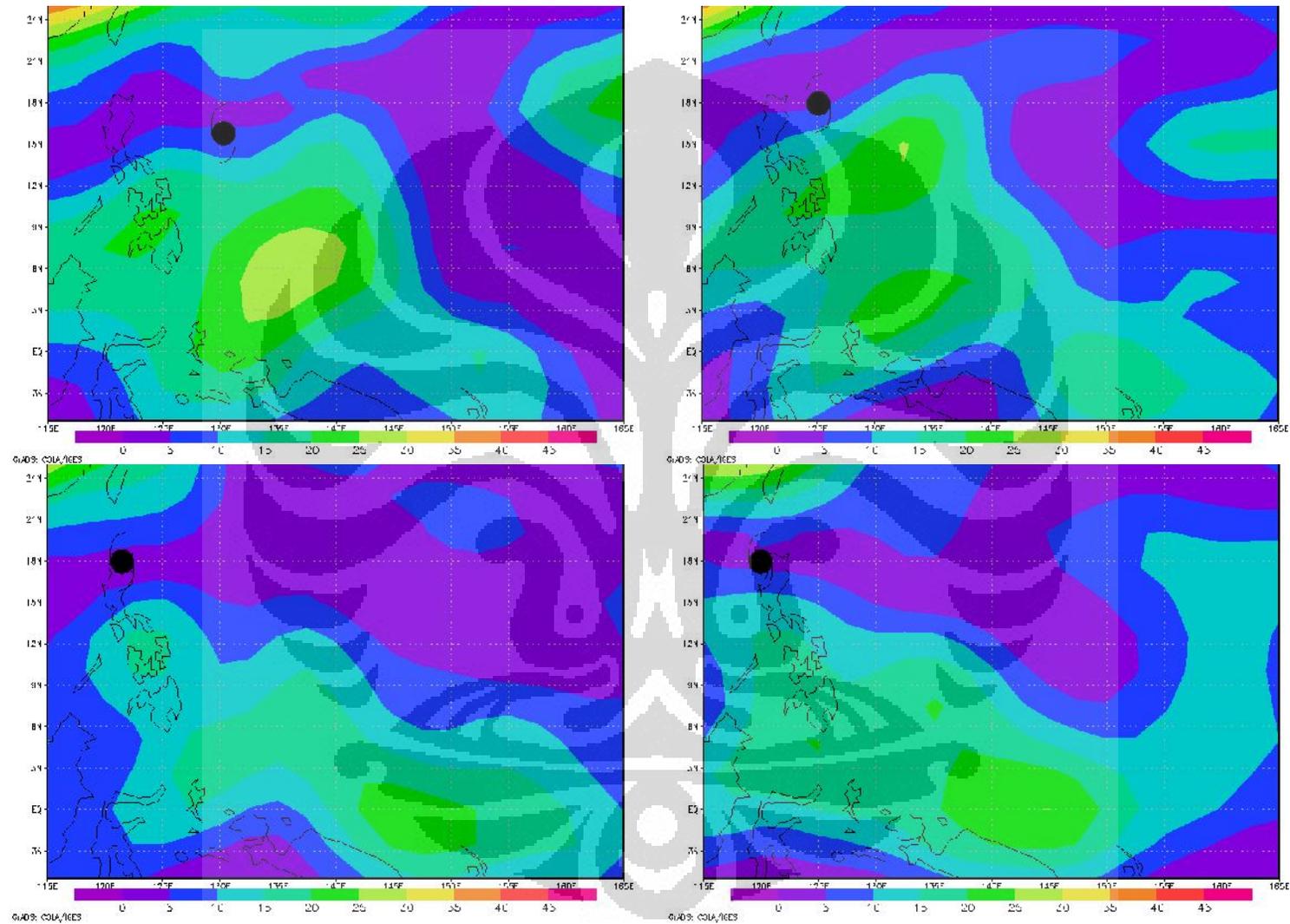


Gambar 40. Shear angin (knots) lapisan 850 – 200 hPa TS ‘RUSS ‘ periode 16 – 22 Desember 1990

Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

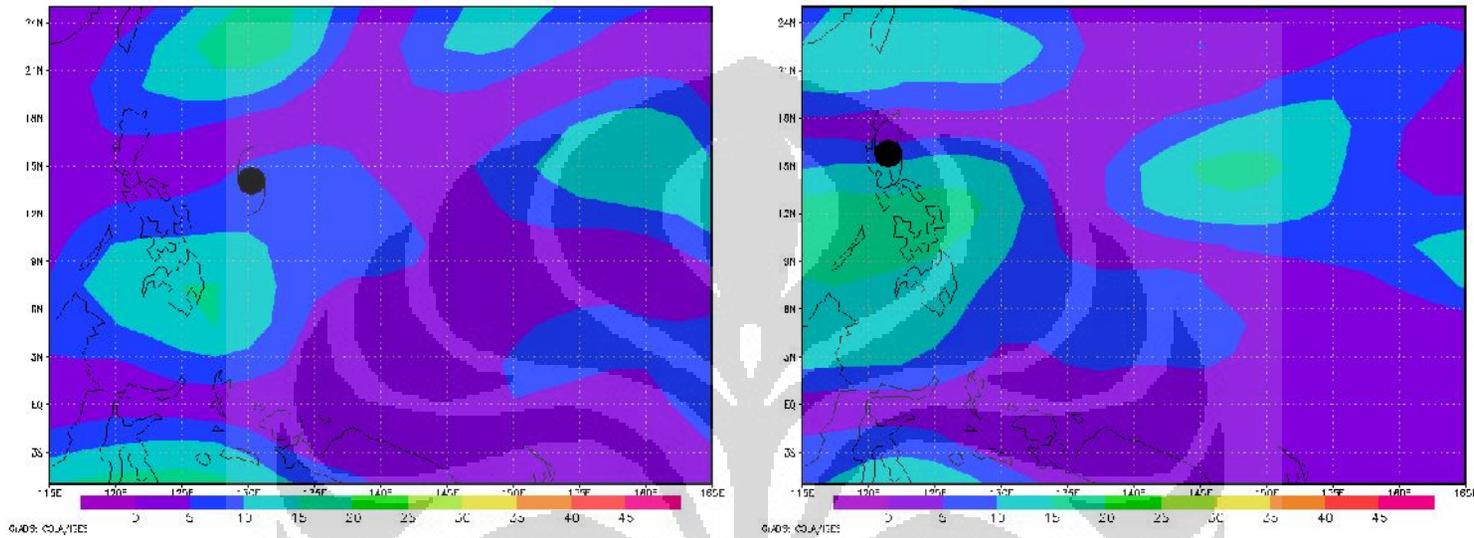


Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



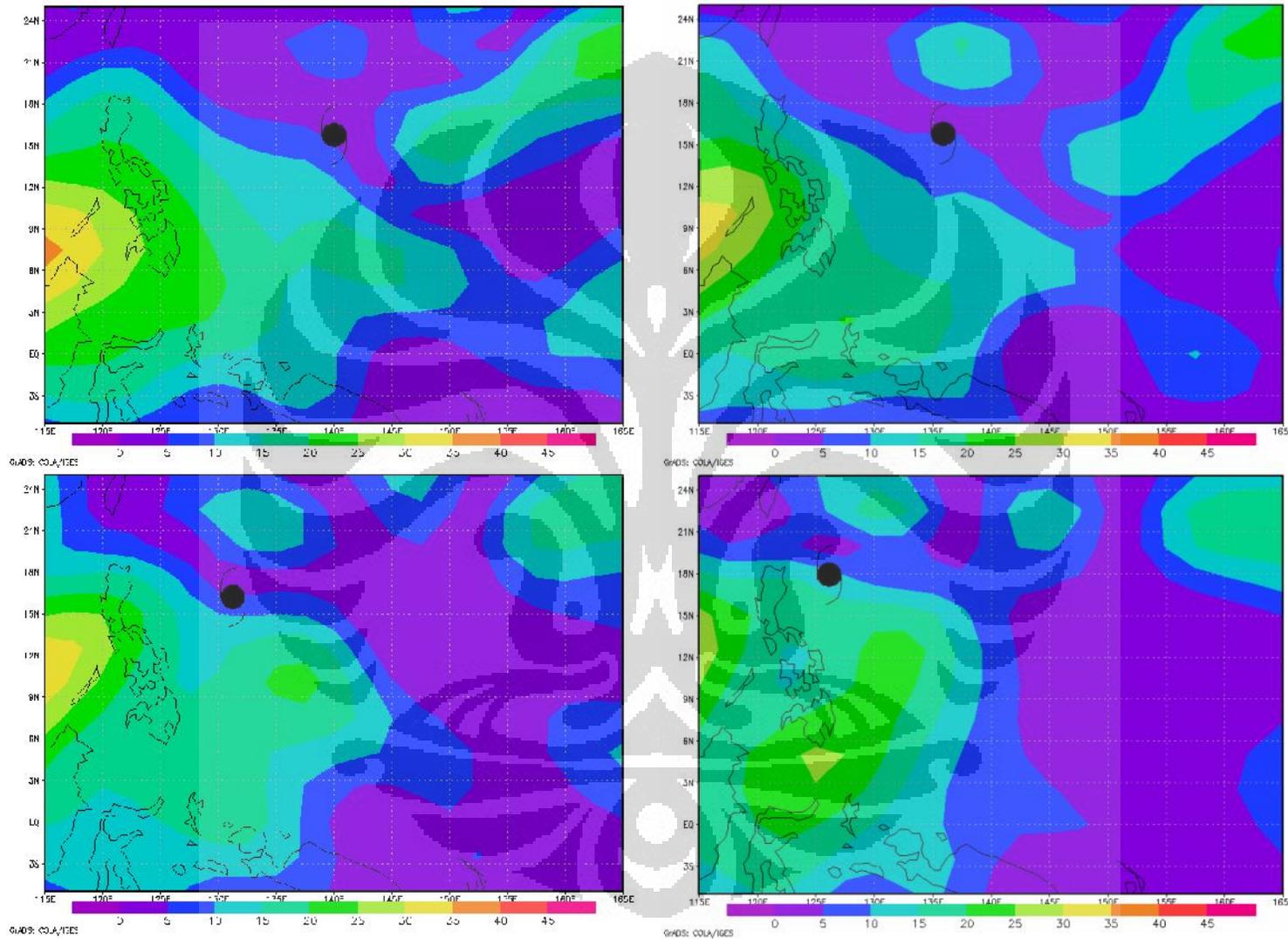
Gambar 41. Shear angin (knots) lapisan 850 – 200 hPa TS ‘RUTH ‘ periode 21 – 28 Oktober 1991

Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



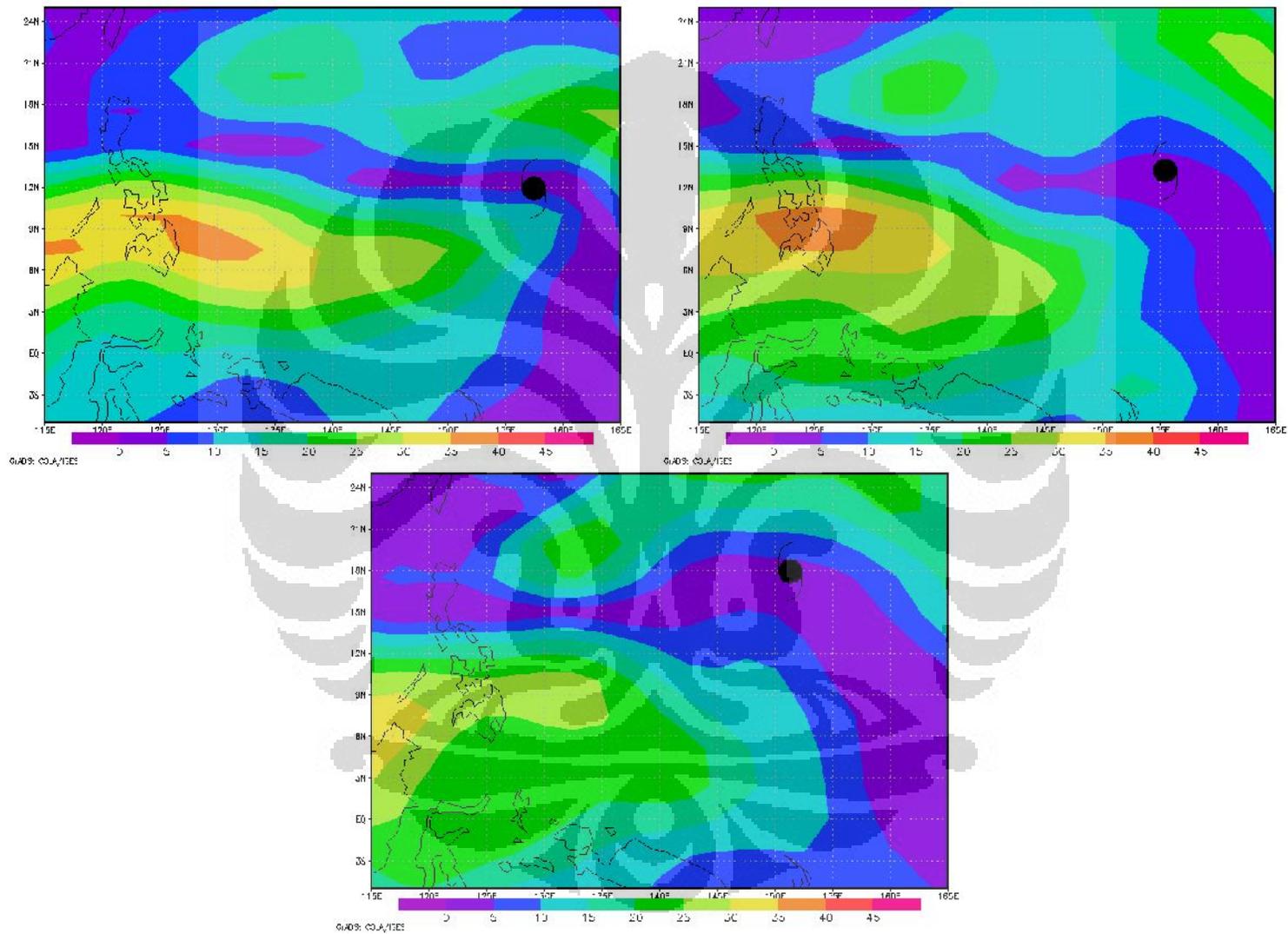
Gambar 42. Shear angin (knots) lapisan 850 – 200 hPa TS 'ELI' periode 10 – 11 Juli 1992

Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



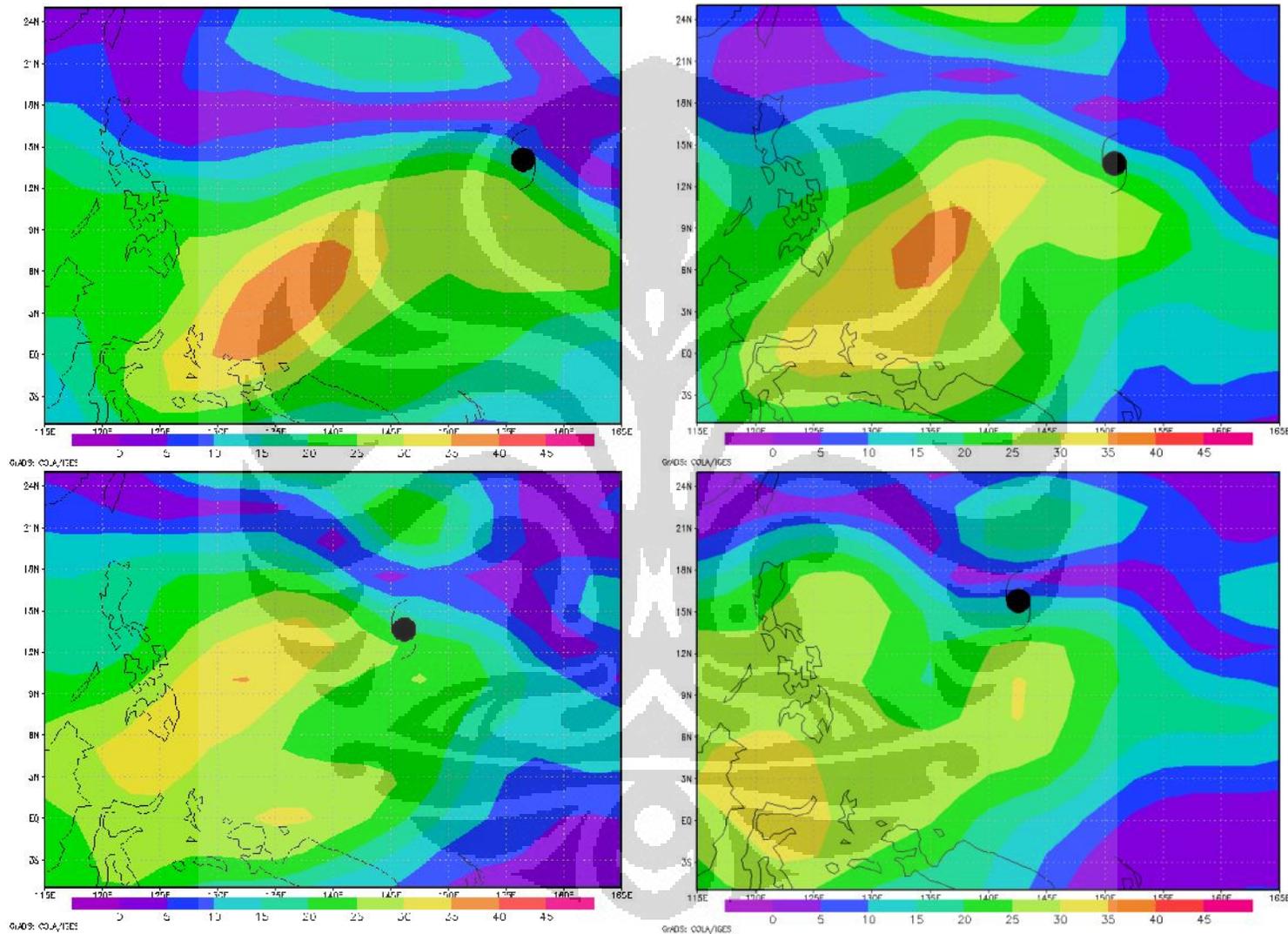
Gambar 43. Shear angin (knots) lapisan 850 – 200 hPa TS 'DOUG' periode 3 – 6 Agustus 1994

Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

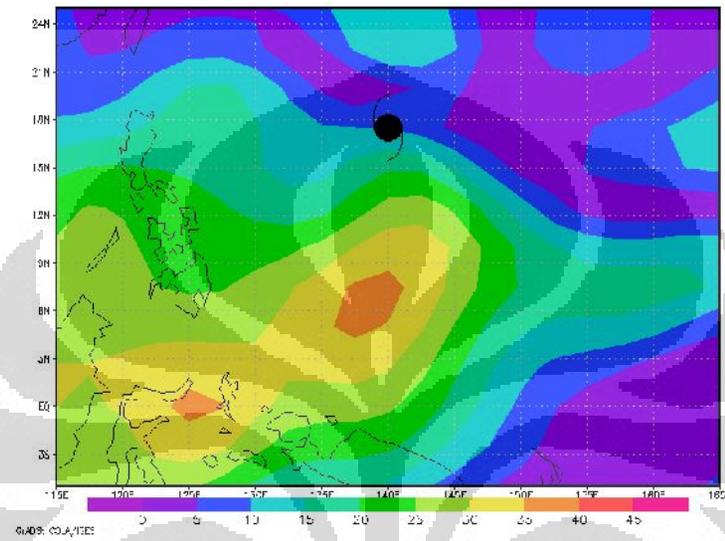


Gambar 44. Shear angin (knots) lapisan 850 – 200 hPa TS 'PHANFONE' periode 12 - 14 Agustus 2002

Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

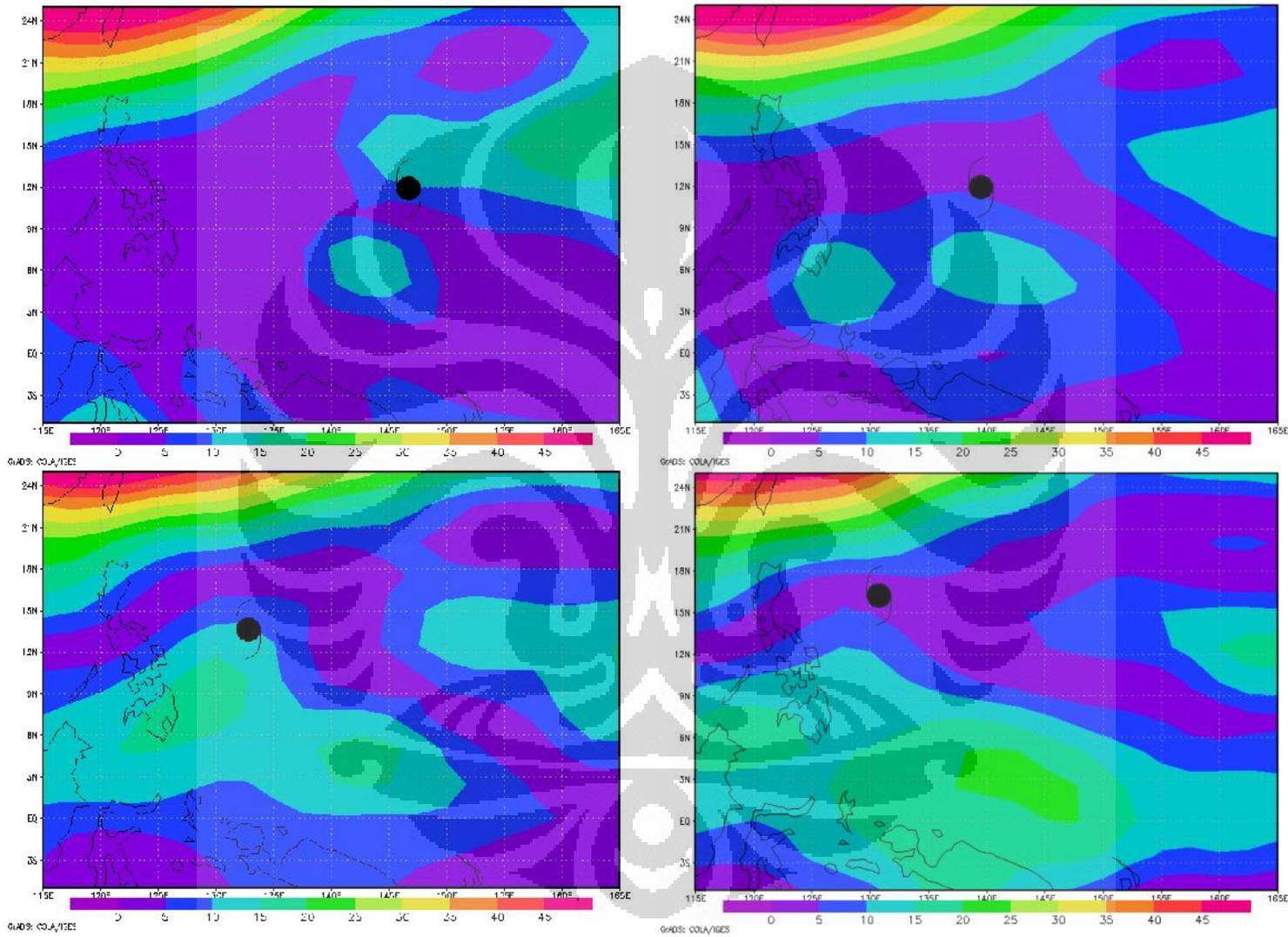


Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

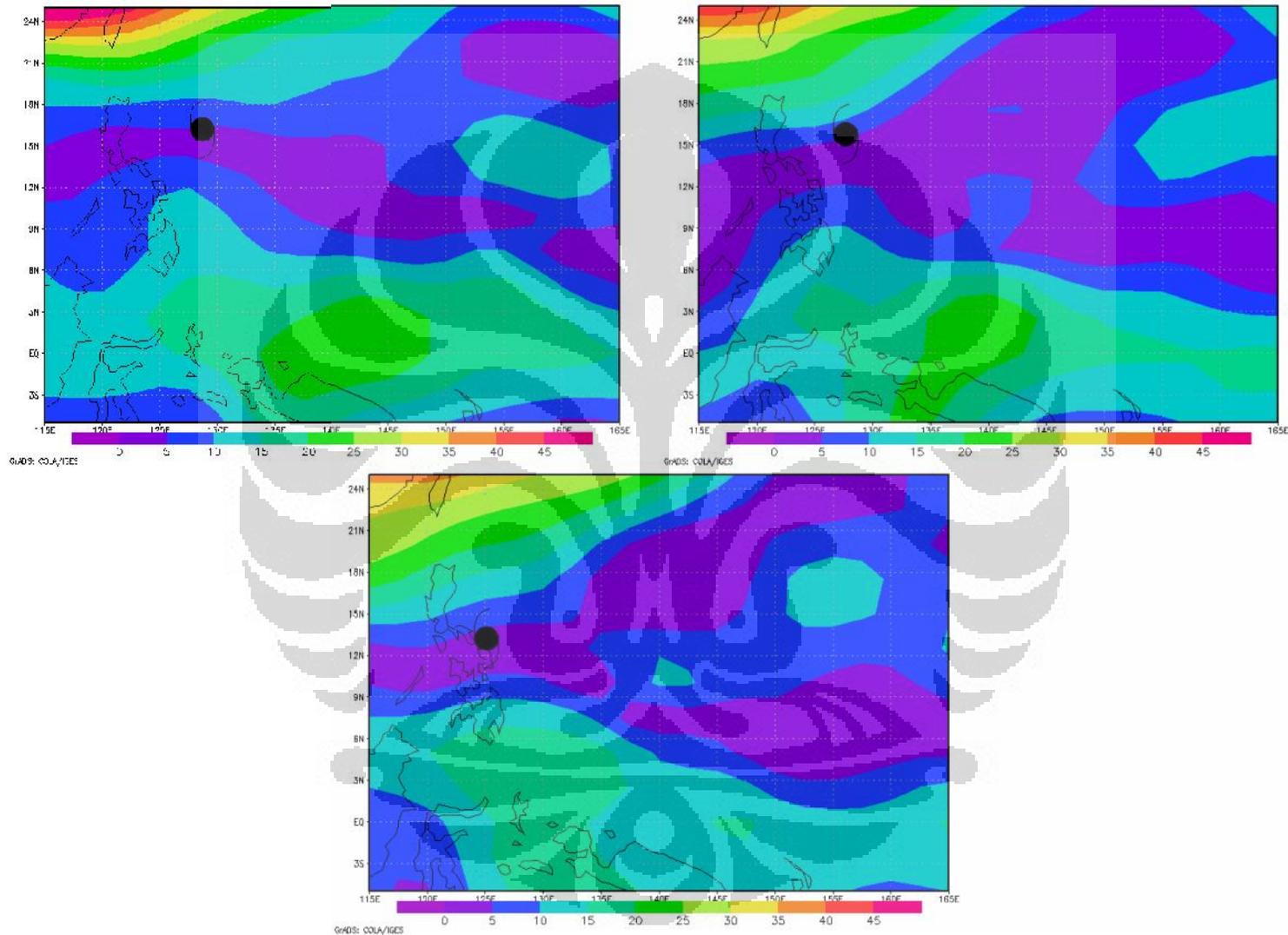


Gambar 45. Shear angin (knots) lapisan 850 – 200 hPa TS 'CHABA' periode 20 – 24 Agustus 2004

Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

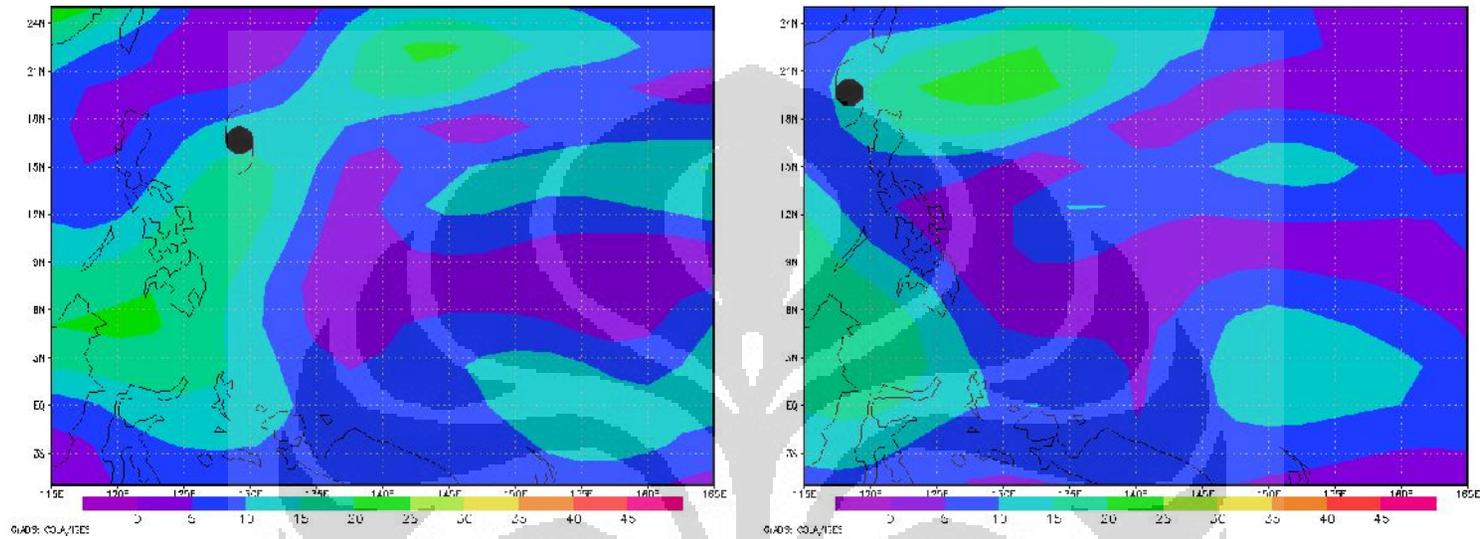


Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



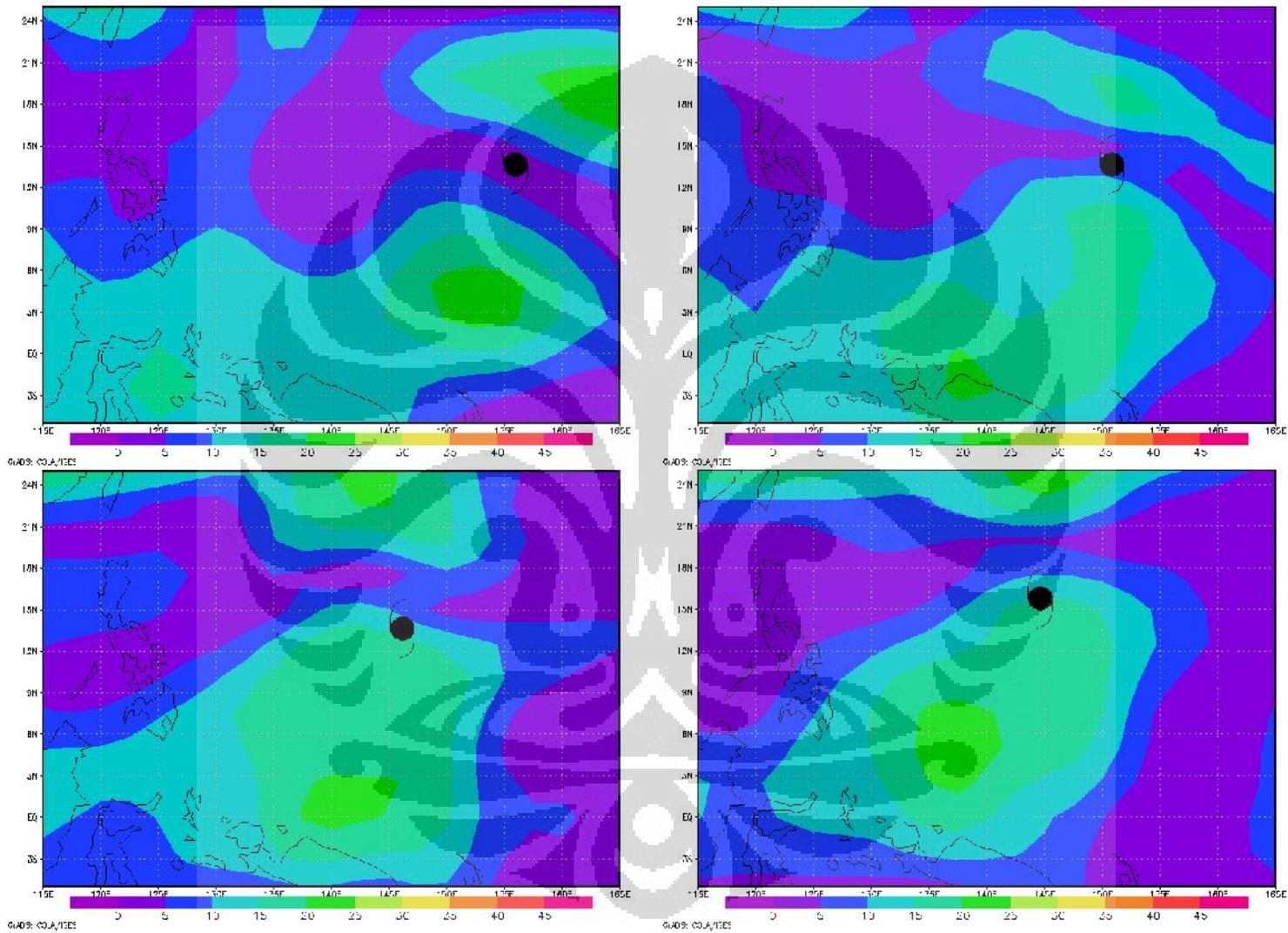
Gambar 46. Shear angin (knots) lapisan 850 – 200 hPa TS 'PAMELA' periode 1 – 7 Desember 1982

Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

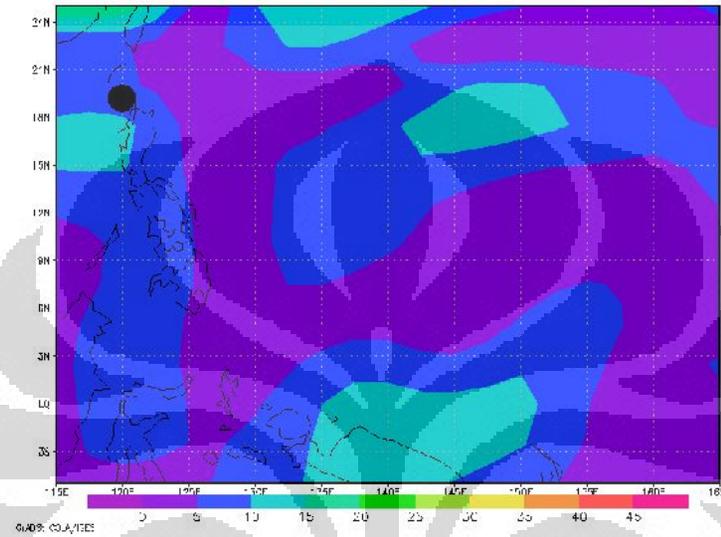


Gambar47. Shear angin (knots) lapisan 850 – 200 hPa TS 'WAYNE' periode 23 – 24 Juli 1983

Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

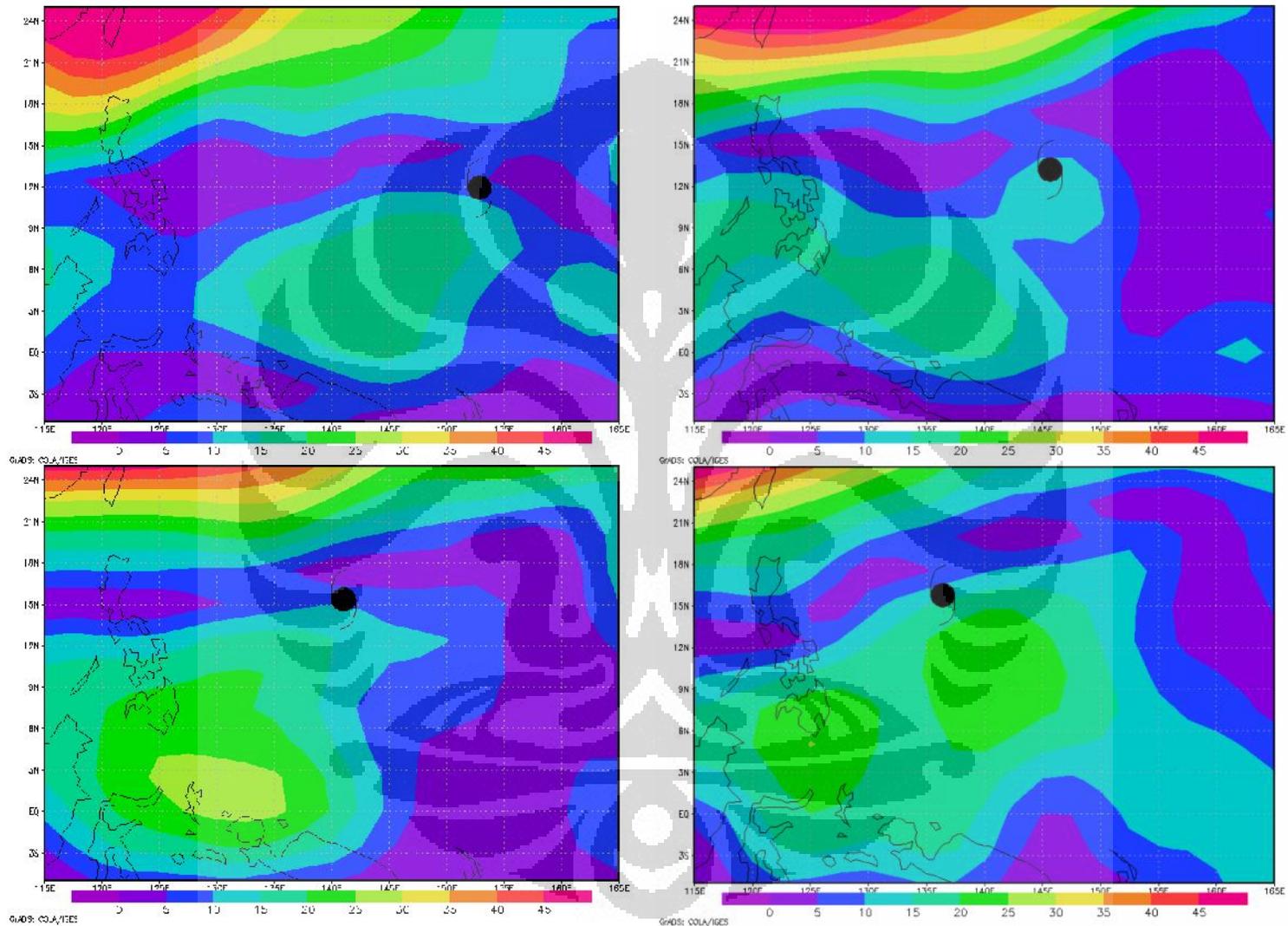


Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

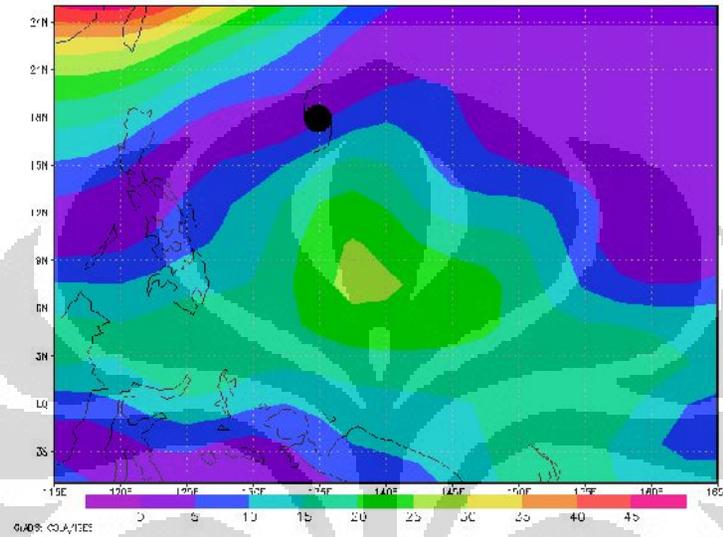


Gambar 48. Shear angin (knots) lapisan 850 – 200 hPa TS 'LYNN' periode 16 – 24 Oktober 1987

Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

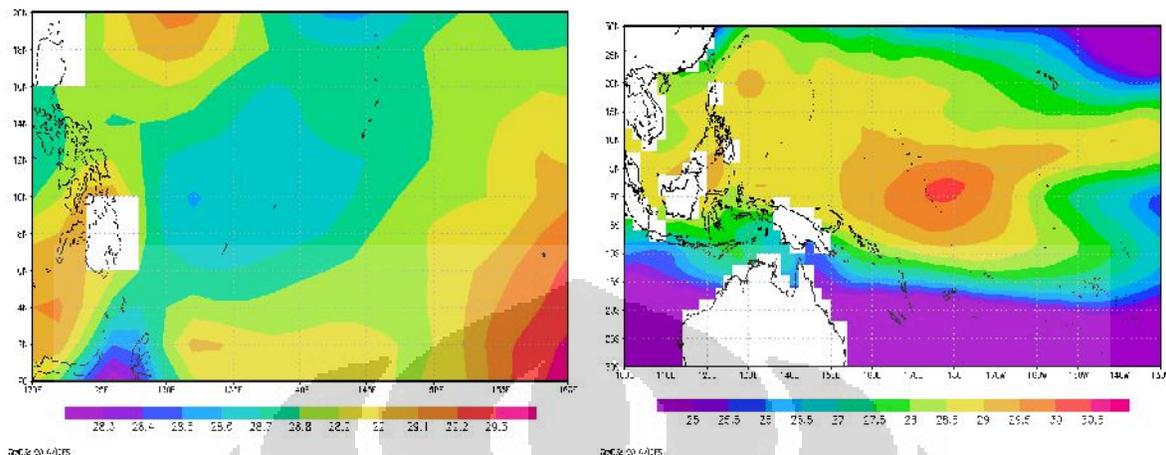


Lampiran V. Analisis shear vetikal tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

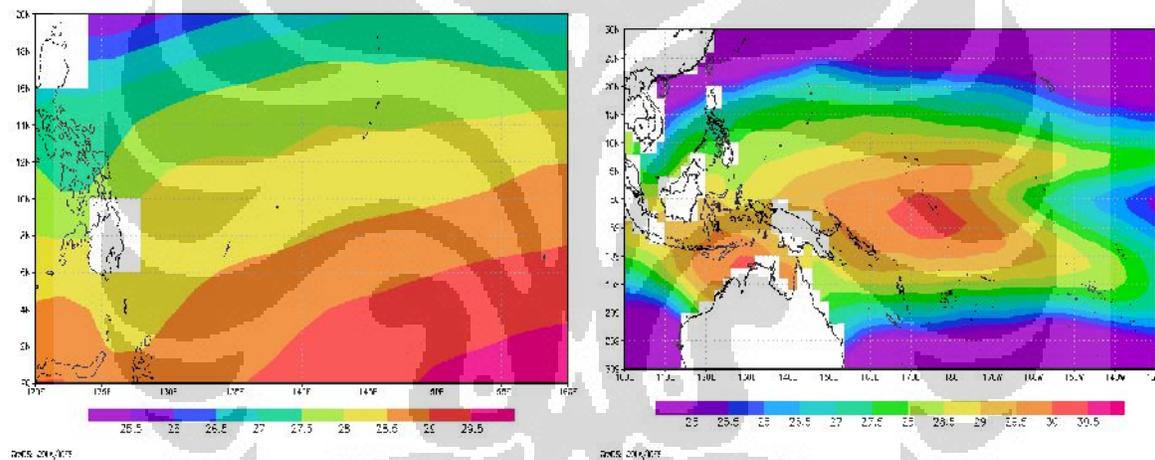


Gambar 49. Shear angin (knots) lapisan 850 – 200 hPa TS 'KEITH' periode 1-5 November 1997

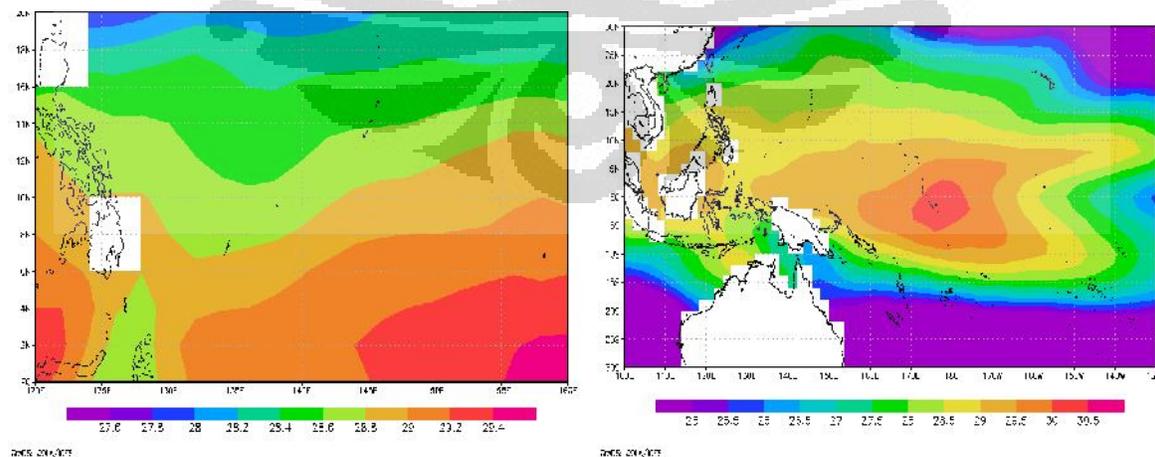
Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino



Gambar 50. Peta Suhu Muka Laut (°C) Bulan September 1986

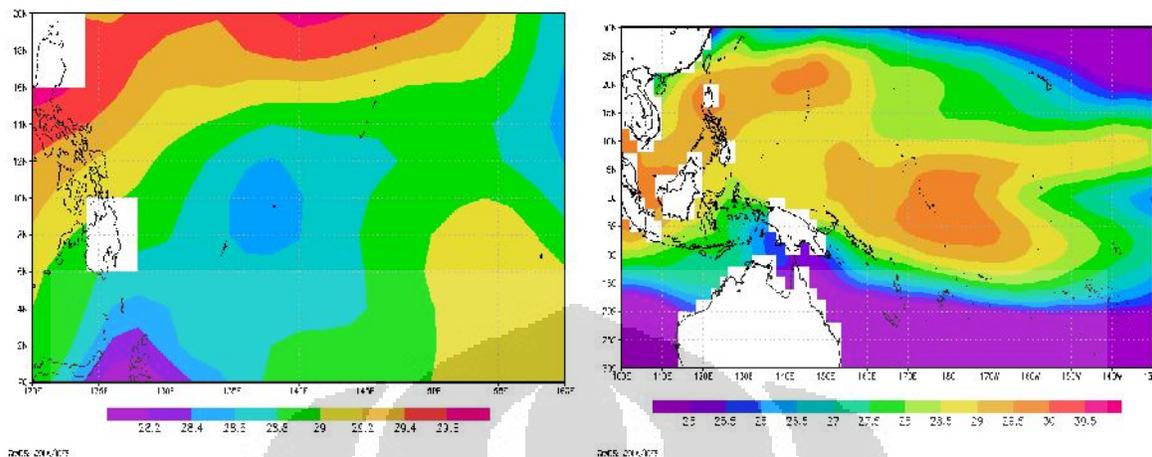


Gambar 51. Peta Suhu Muka Laut (°C) Bulan Desember 1990

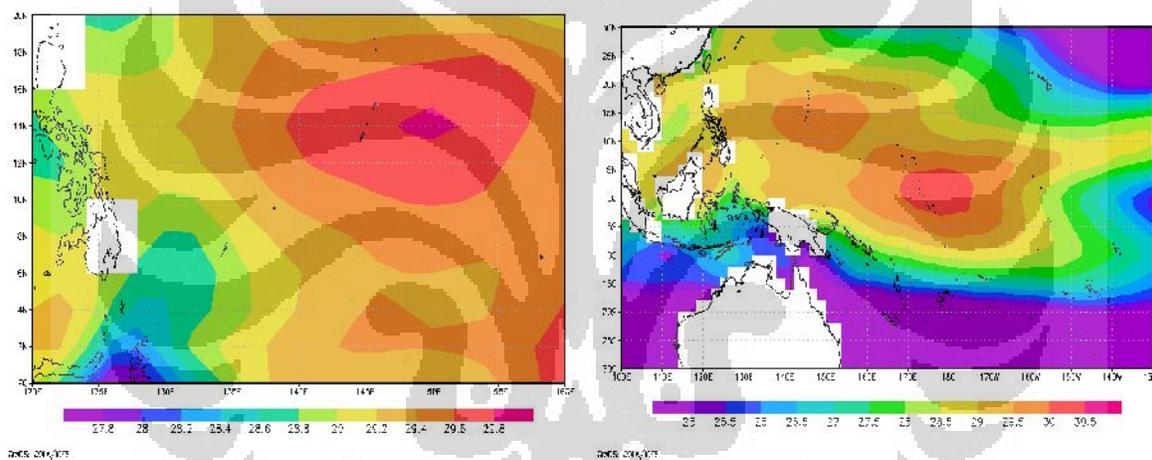


Gambar 52. Peta Suhu Muka Laut (°C) Bulan Oktober 1991

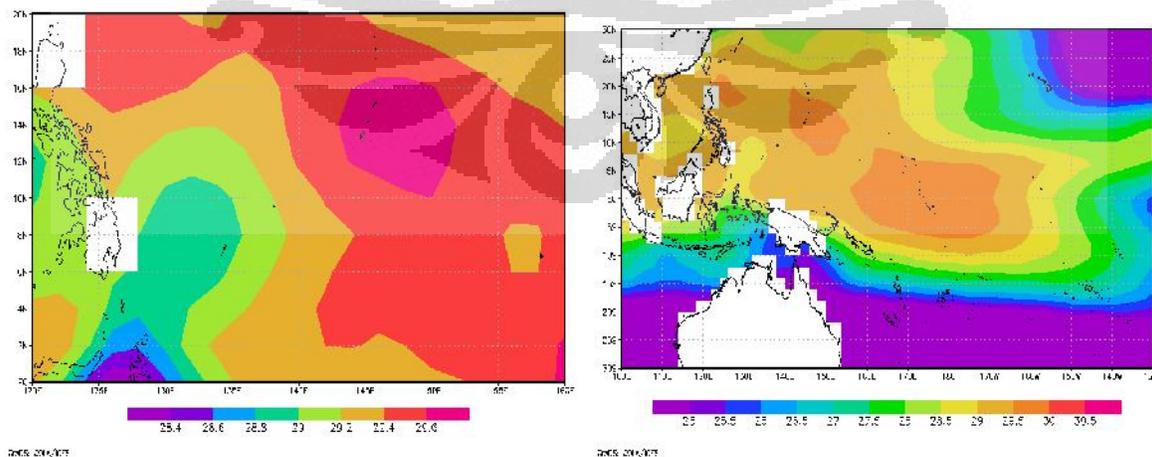
Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



Gambar 53. Peta Suhu Muka Laut (°C) Bulan Juli 1992

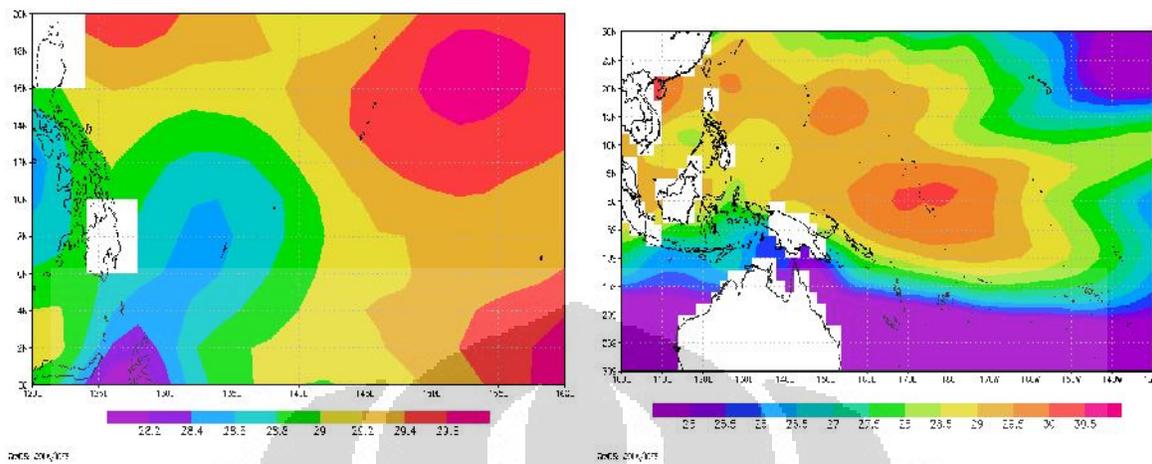


Gambar 54. Peta Suhu Muka Laut (°C) Bulan Agustus 1994

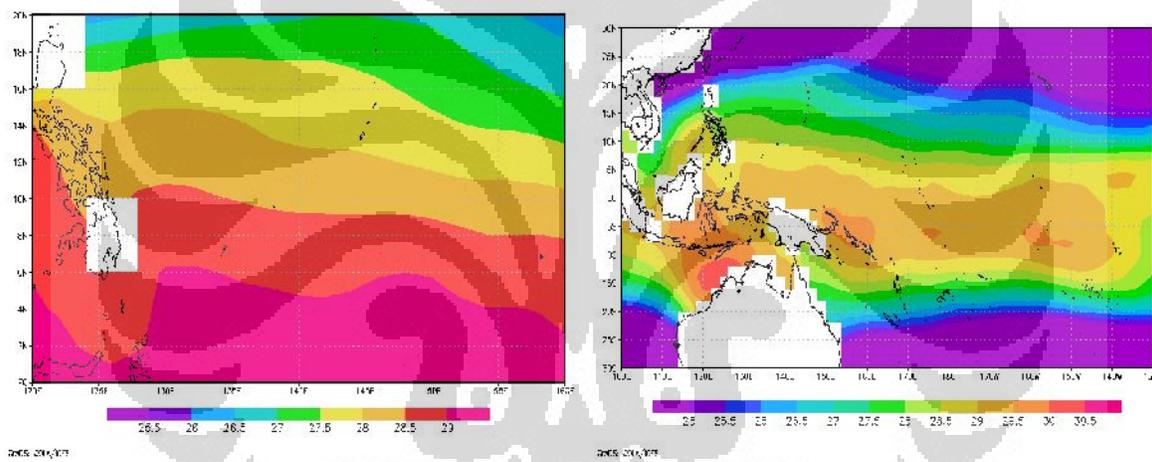


Gambar 55. Peta Suhu Muka Laut (°C) Bulan Agustus 2002

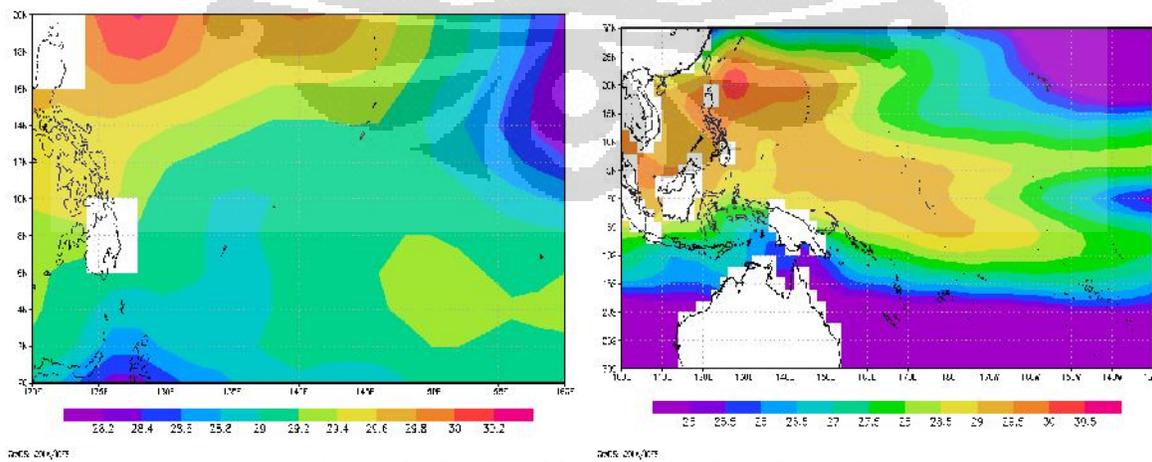
Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



Gambar 26. Peta Suhu Muka Laut (°C) Bulan Agustus 2004

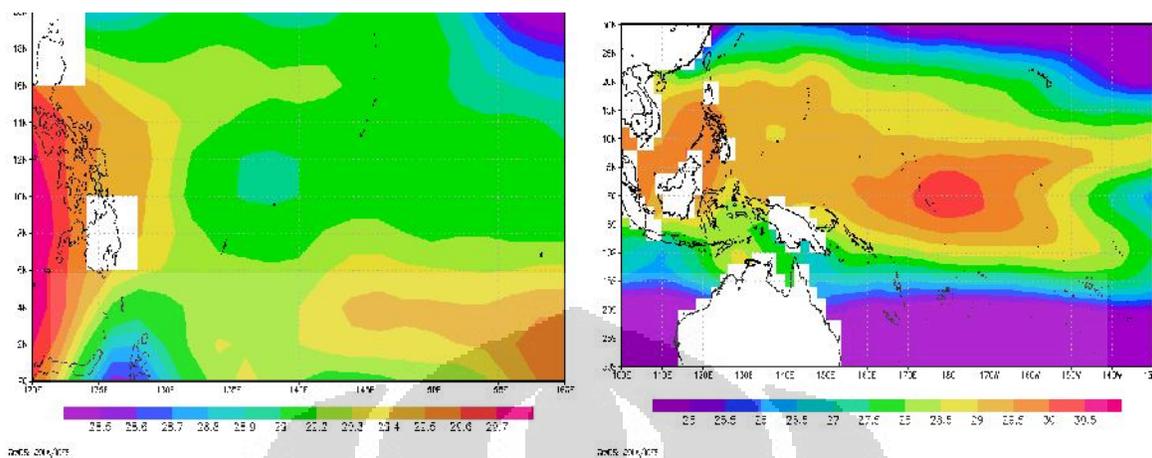


Gambar 57. Peta Suhu Muka Laut (°C) Bulan Desember 1982

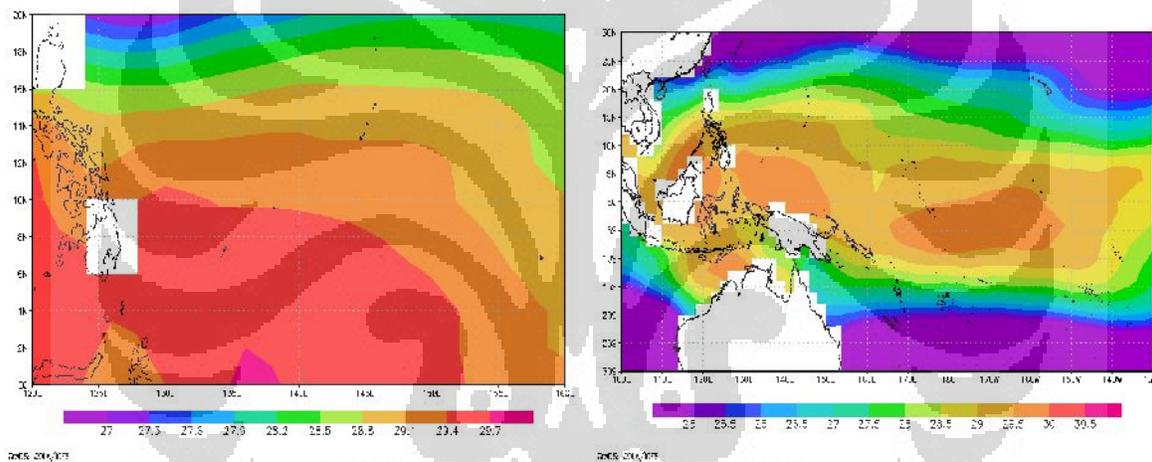


Gambar 58. Peta Suhu Muka Laut (°C) Bulan Juli 1983

Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

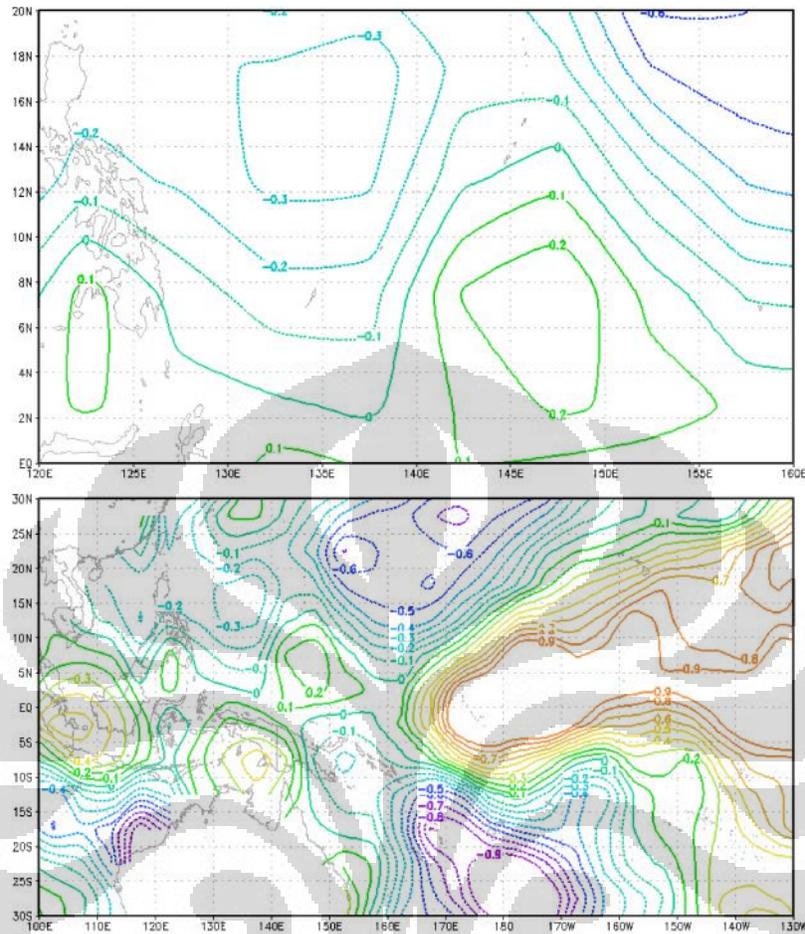


Gambar 59. Peta Suhu Muka Laut (°C) Bulan Oktober 1987



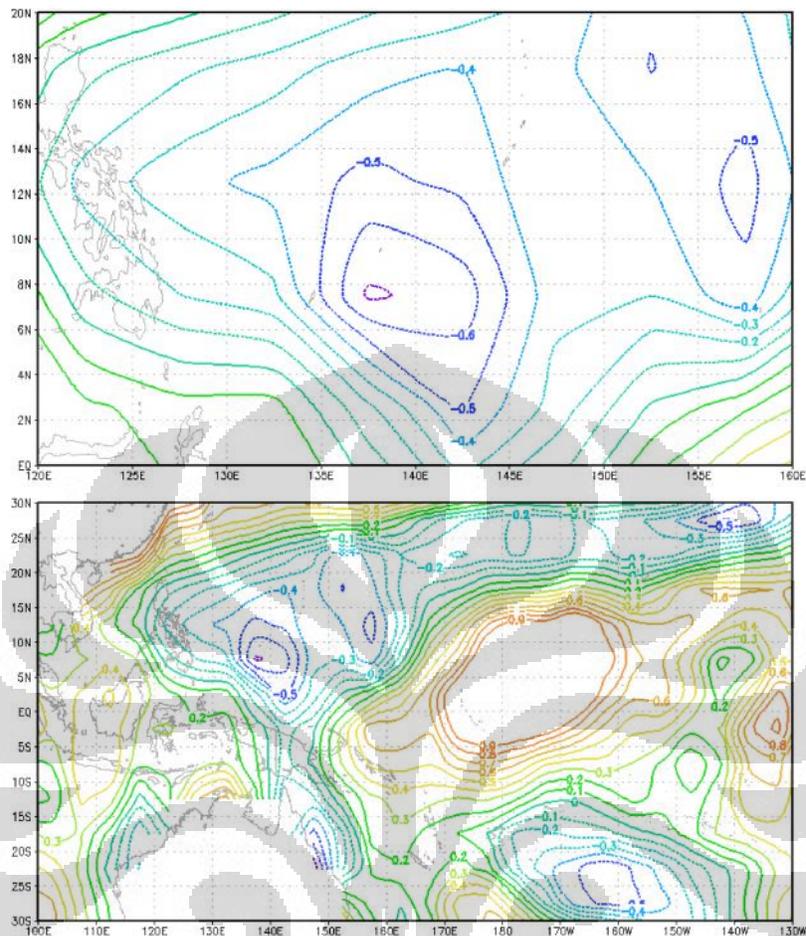
Gambar 60. Peta Suhu Muka Laut (°C) Bulan November 1997

Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



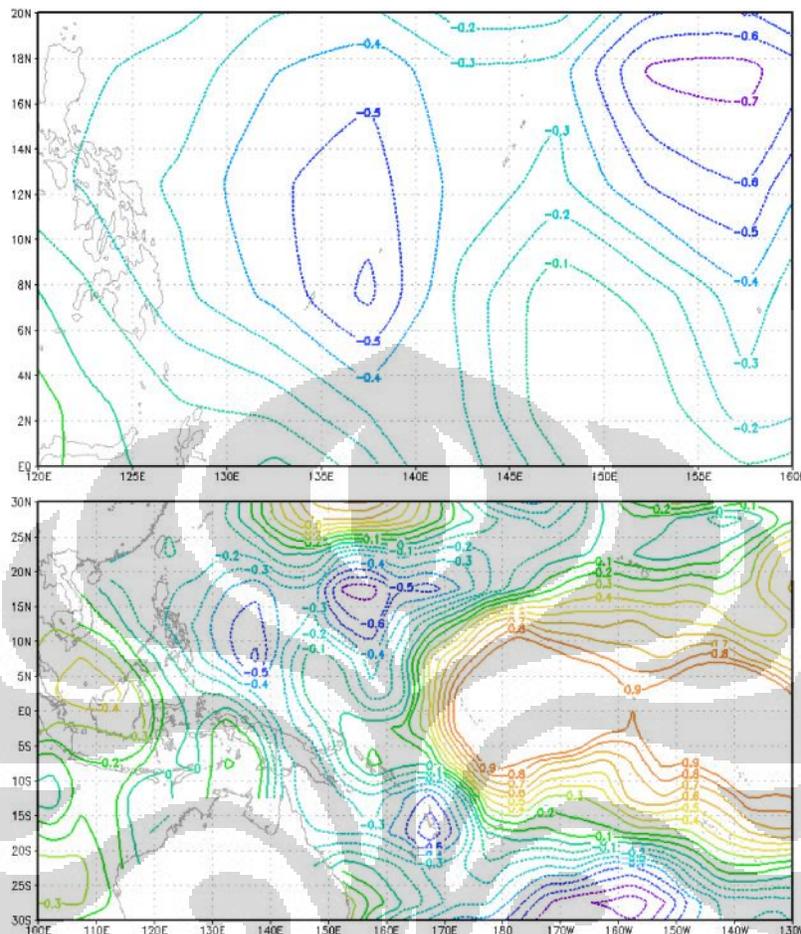
Gambar 61. Peta Anomali Suhu Muka Laut (°C) Bulan September 1986

Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



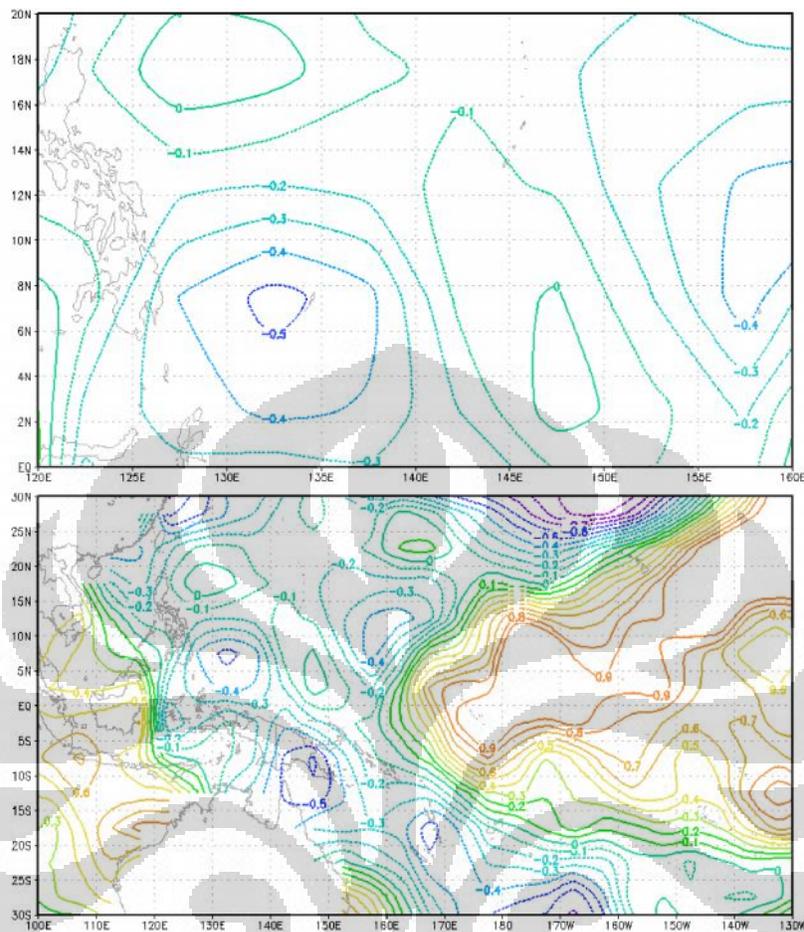
Gambar 62. Peta Anomali Suhu Muka Laut (°C) Bulan Desember 1990

Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



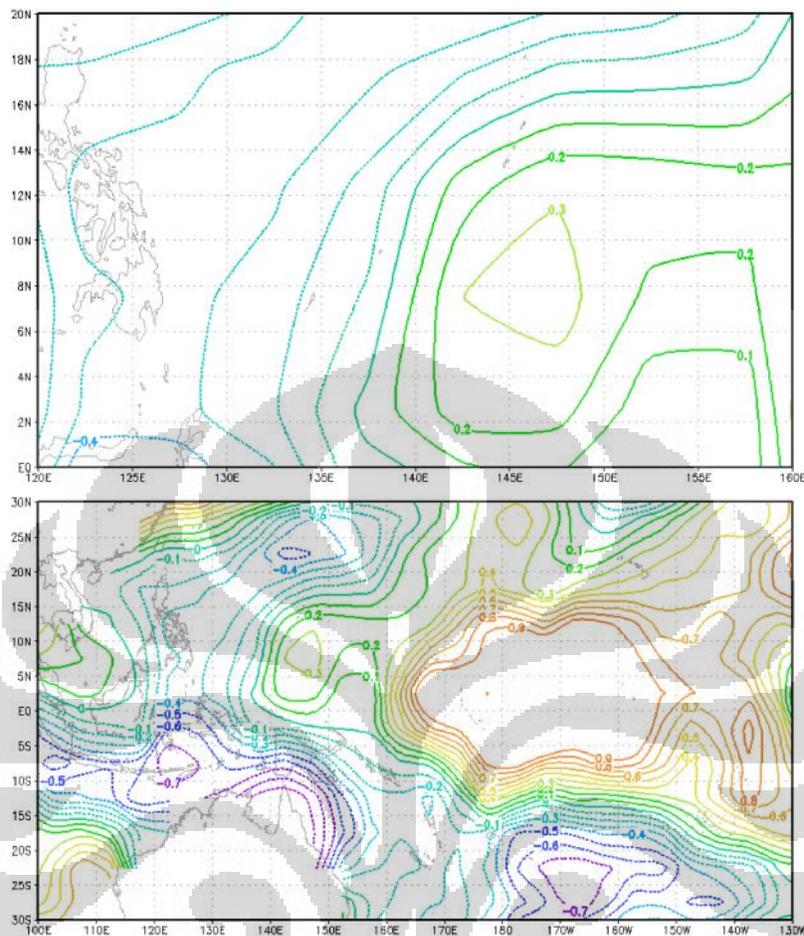
Gambar 63. Peta Anomali Suhu Muka Laut (°C) Bulan Oktober 1991

Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

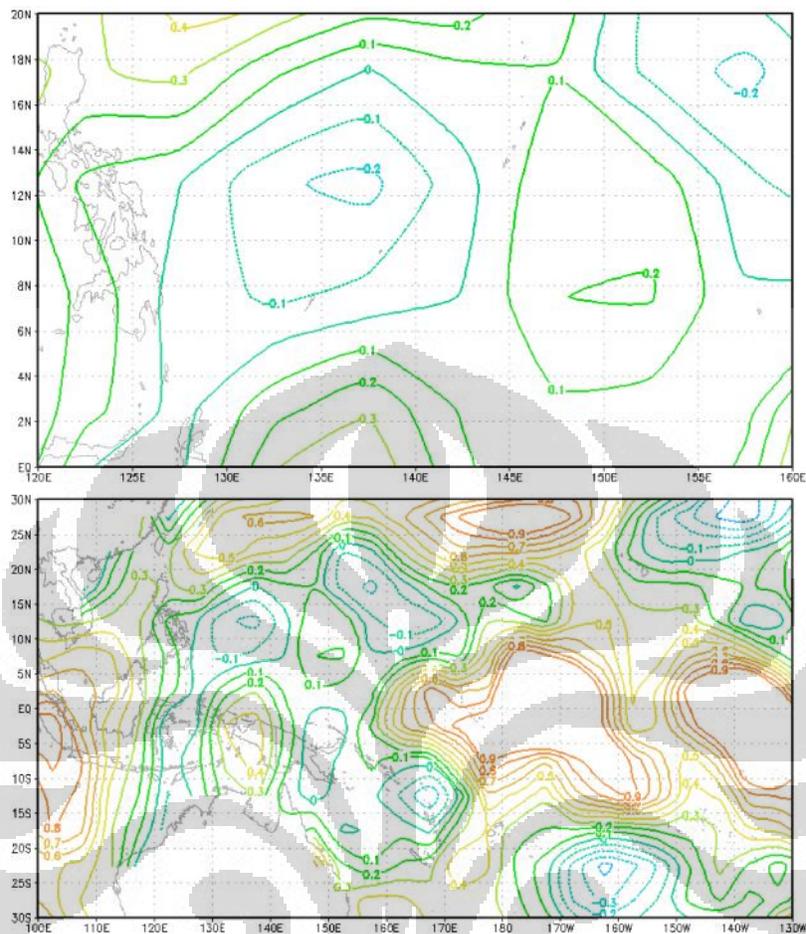


Gambar 64. Peta Anomali Suhu Muka Laut (°C) Bulan Juli 1992

Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

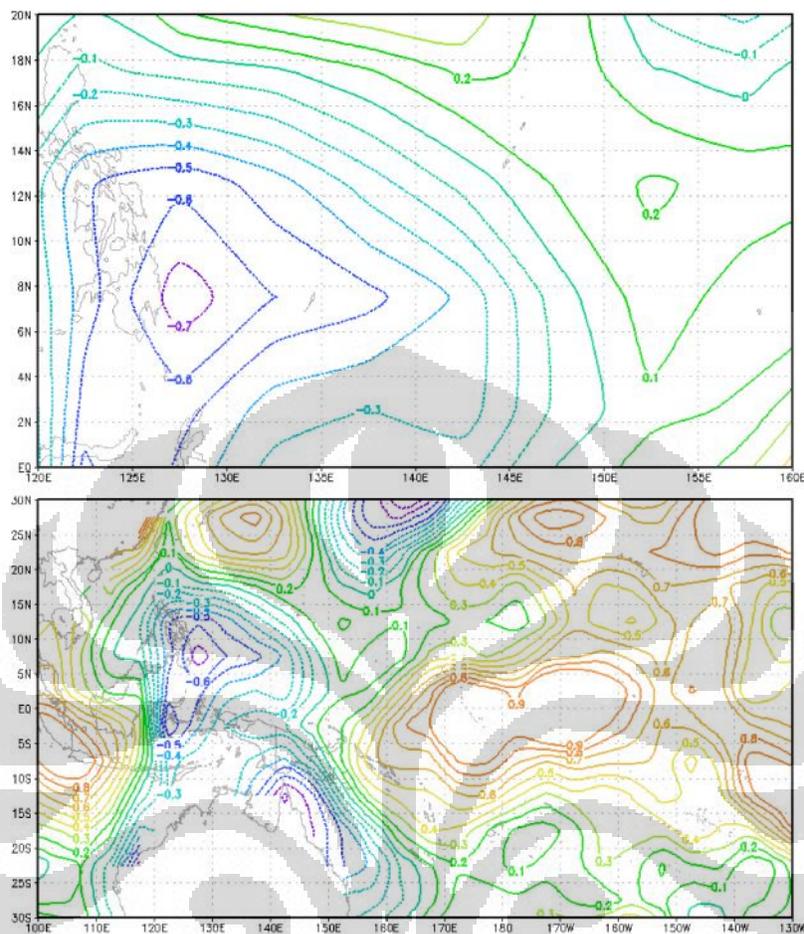
Gambar 65. Peta Anomali Suhu Muka Laut ($^{\circ}\text{C}$) Bulan Agustus 1994

Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

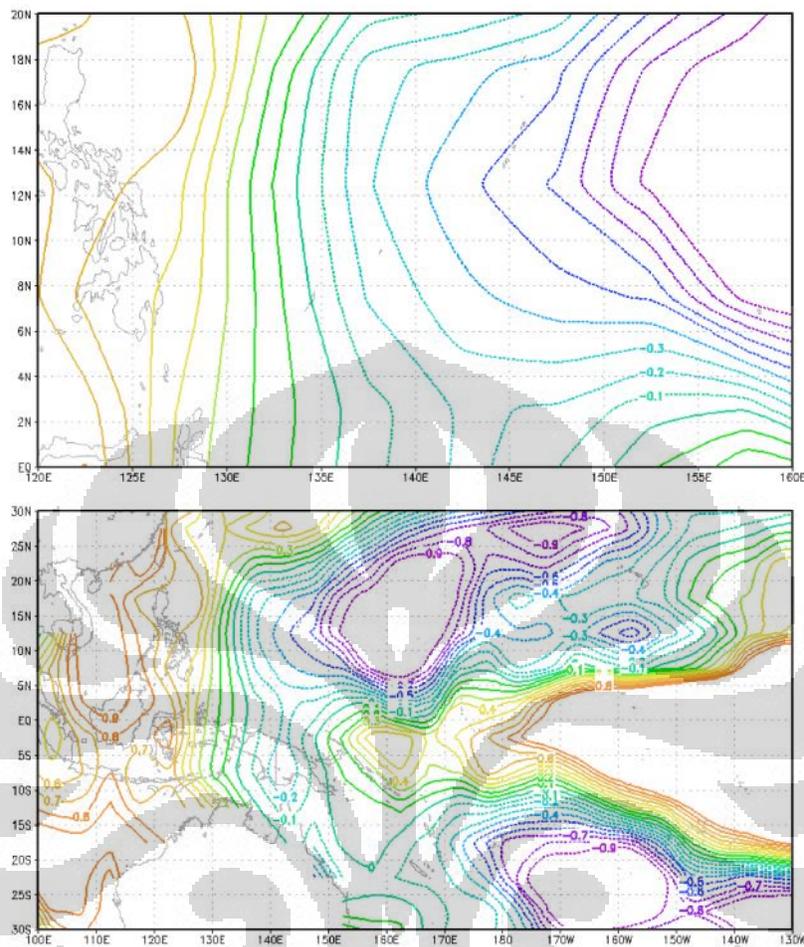


Gambar 66. Peta Anomali Suhu Muka Laut (°C) Bulan Agustus 2002

Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

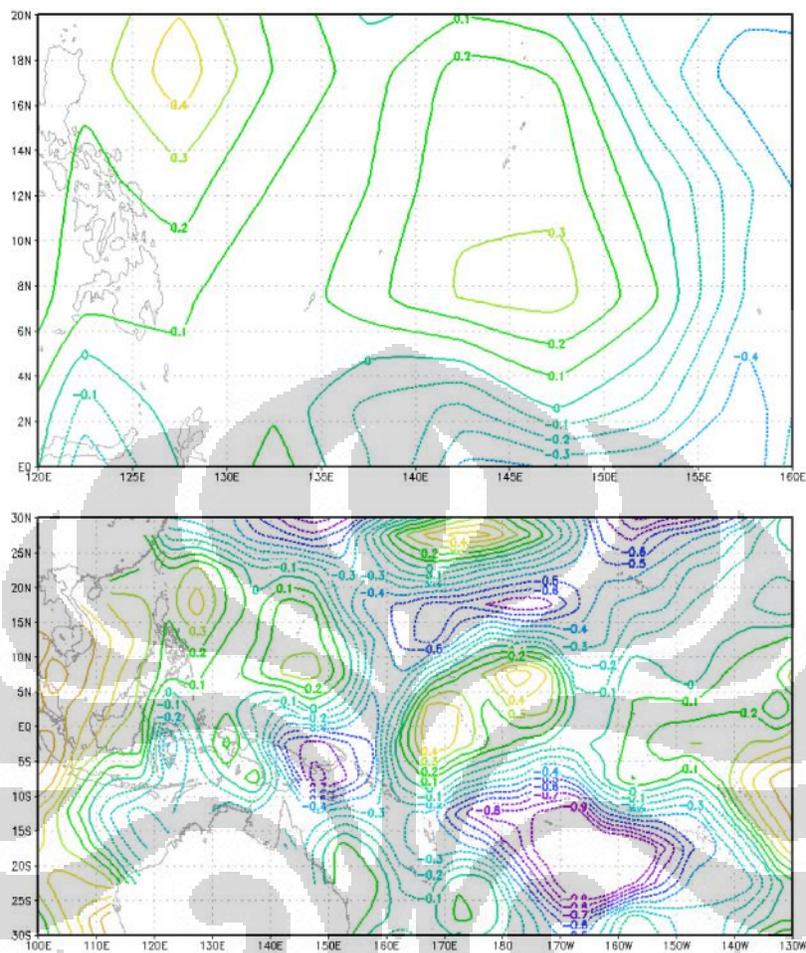
Gambar 67. Peta Anomali Suhu Muka Laut ($^{\circ}\text{C}$) Bulan Agustus 2004

Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



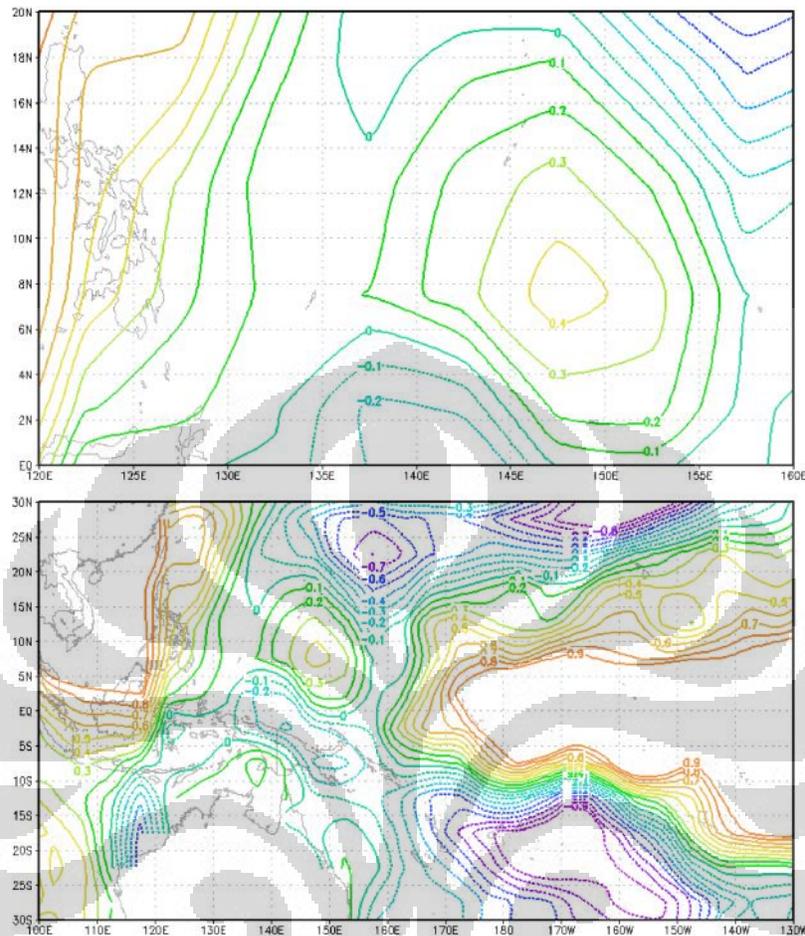
Gambar 68. Peta Anomali Suhu Muka Laut (°C) Bulan Desember 1982

Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



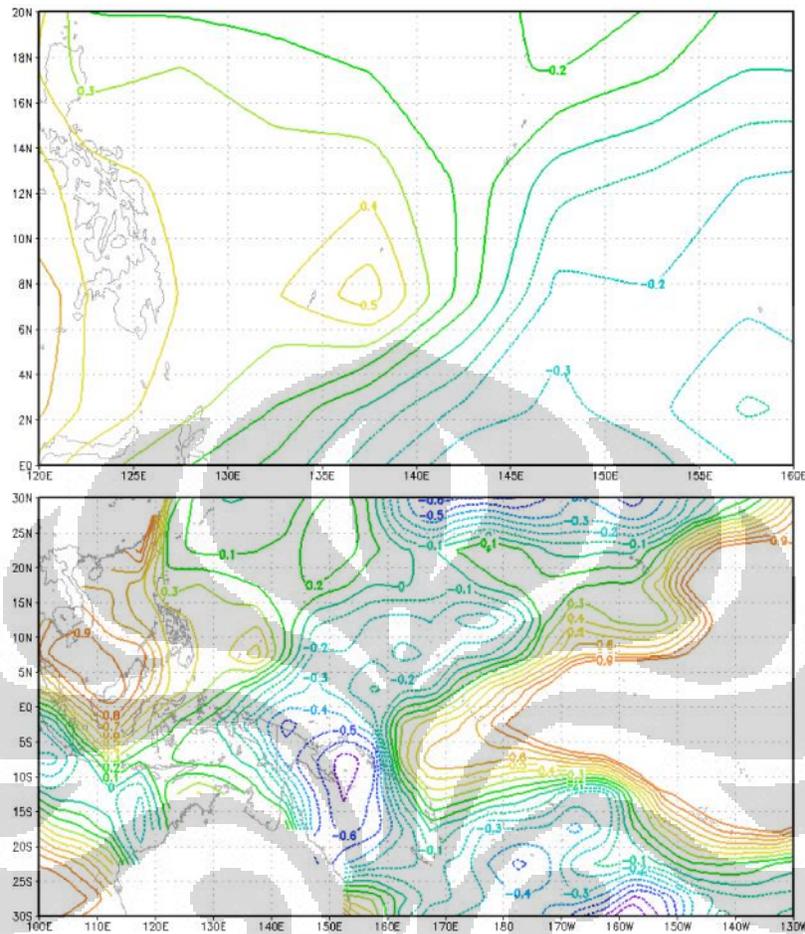
Gambar 69. Peta Anomali Suhu Muka Laut (°C) Bulan Juli 1983

Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



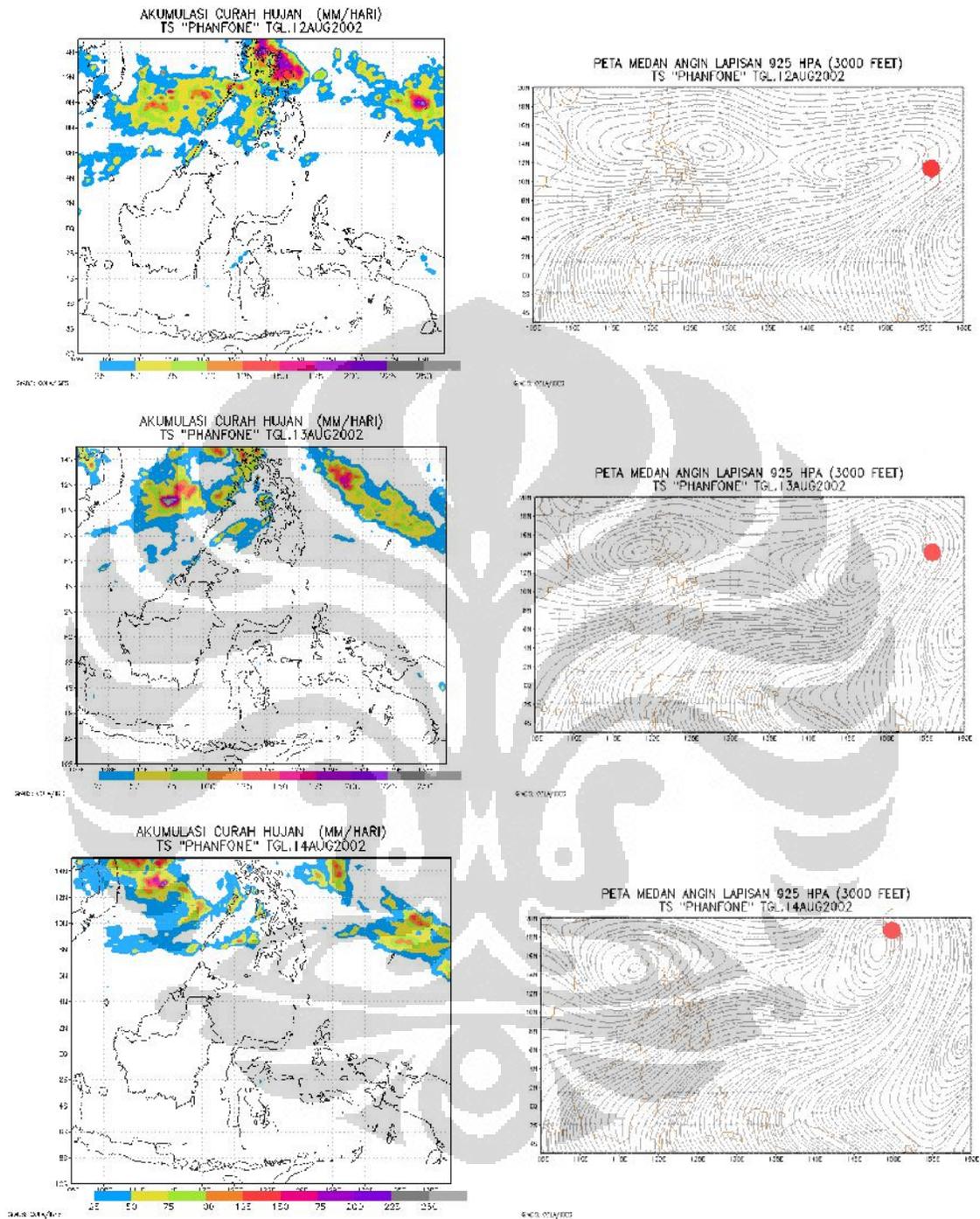
Gambar 70. Peta Anomali Suhu Muka Laut (°C) Bulan Oktober 1987

Lampiran VI. Analisis SST dan Anomali SST tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



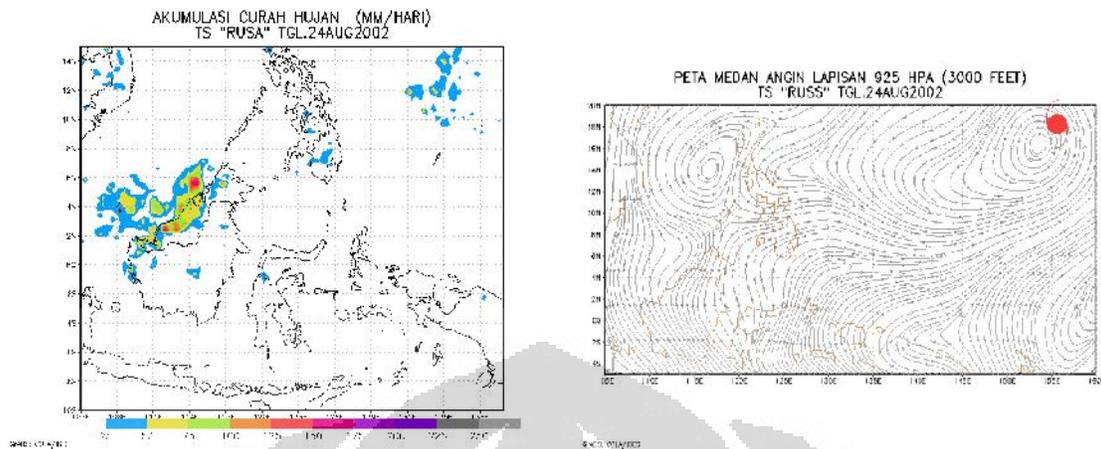
Gambar 71 Peta Anomali Suhu Muka Laut (°C) Bulan November 1997

Lampiran VII. Analisis dampak tahun EM dan El Nino

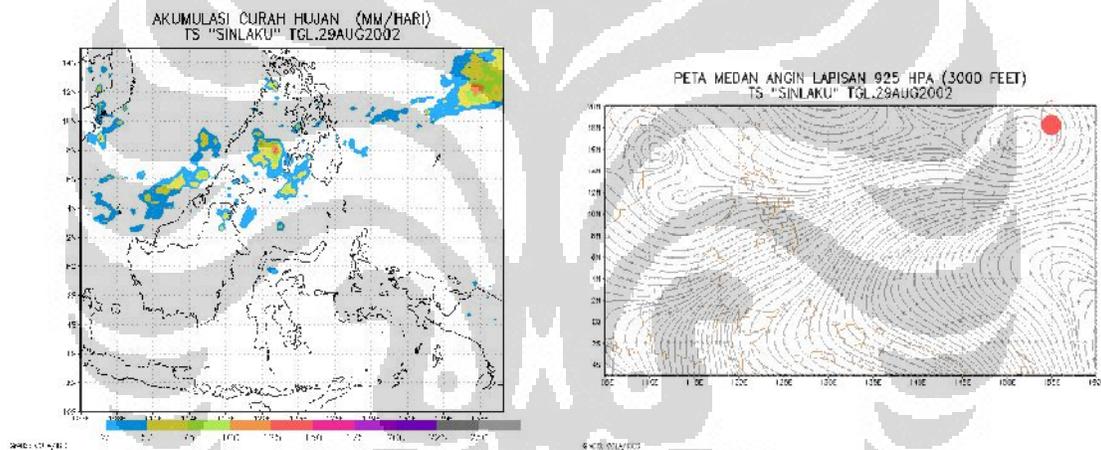


Gambar 72. Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS "PHANFONE" tahun 2002

Lampiran VII. Analisis dampak tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

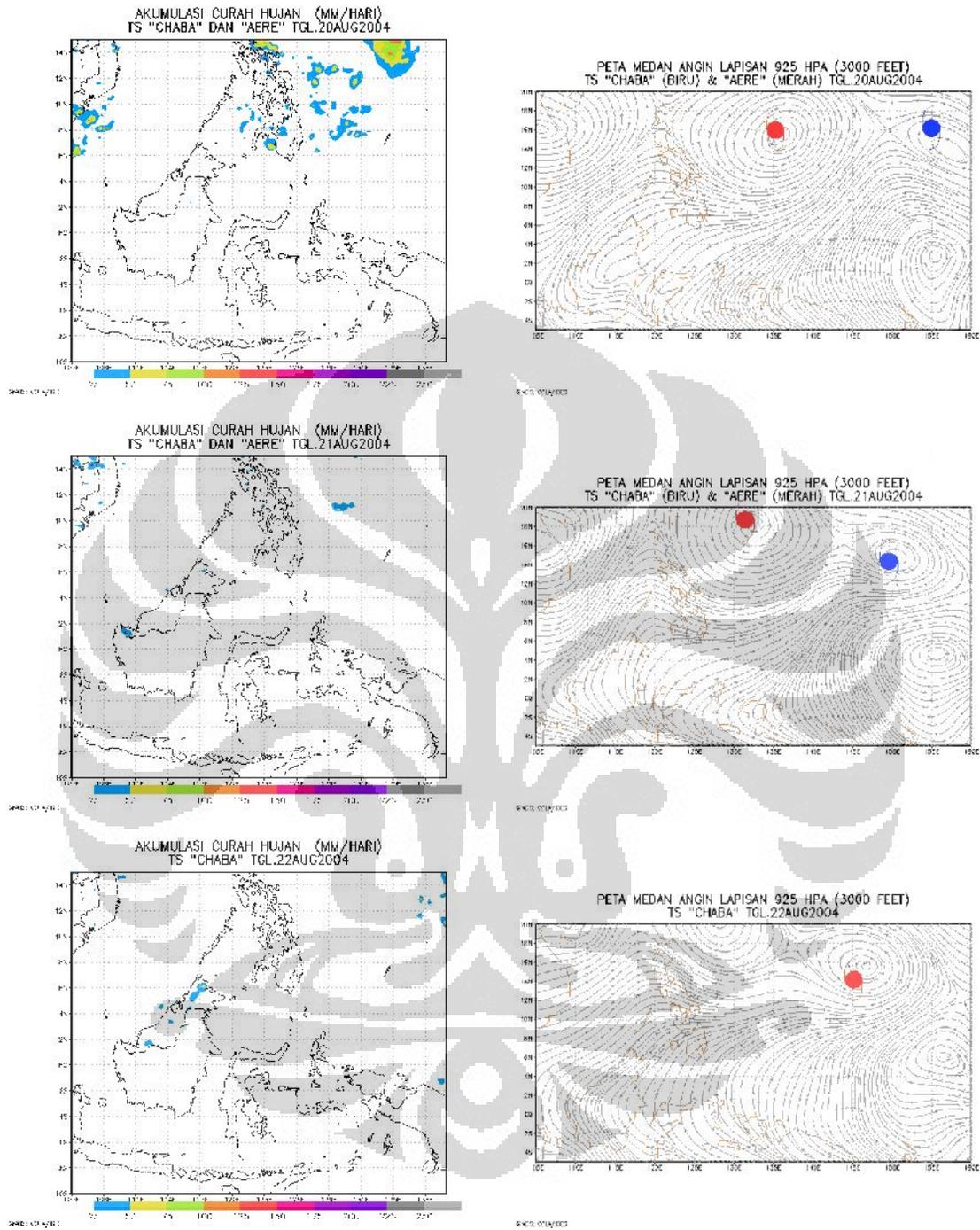


Gambar 73. Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS "RUSA" tahun 2002

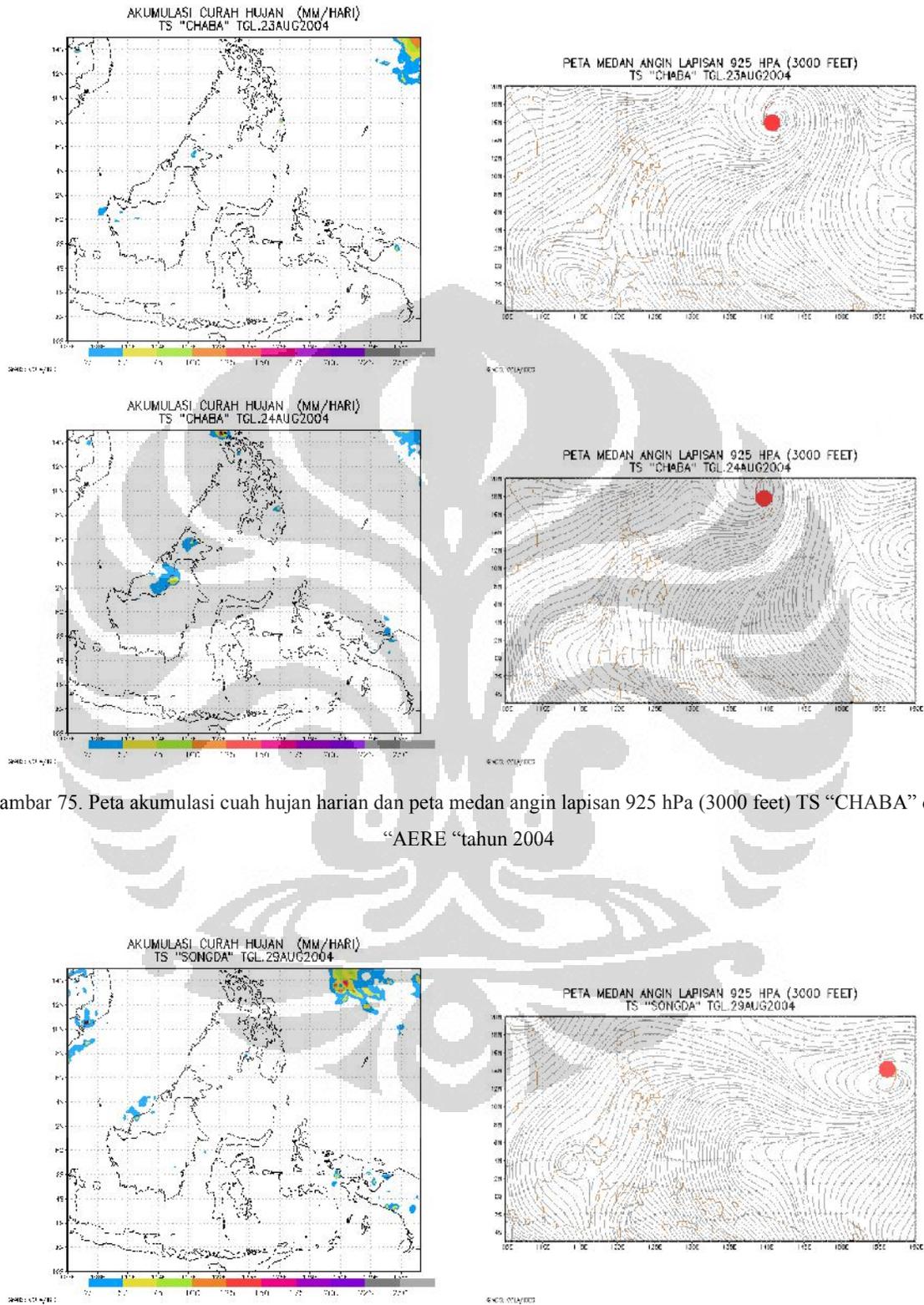


Gambar 74. Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS "SINLAKU" tahun 2002

Lampiran VII. Analisis dampak tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

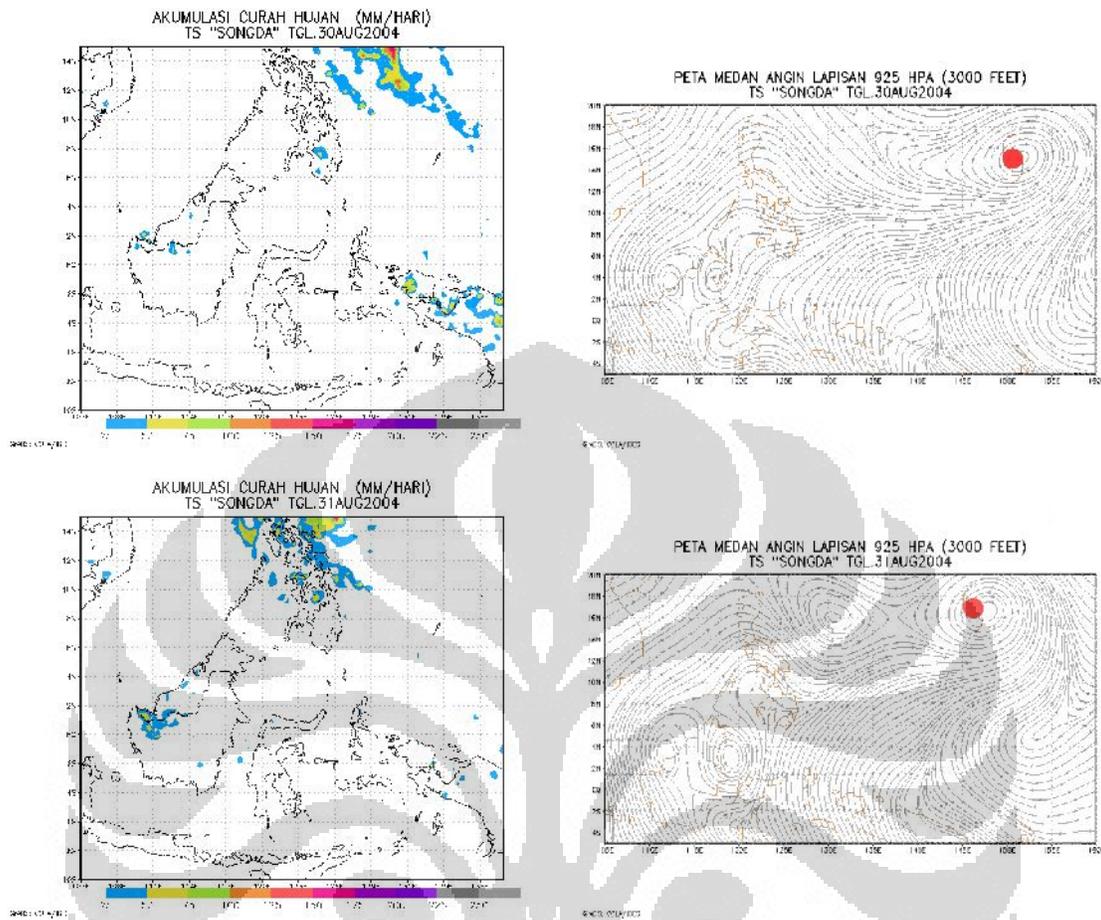


Lampiran VII. Analisis dampak tahun EM dan El Nino (Lanjutan)

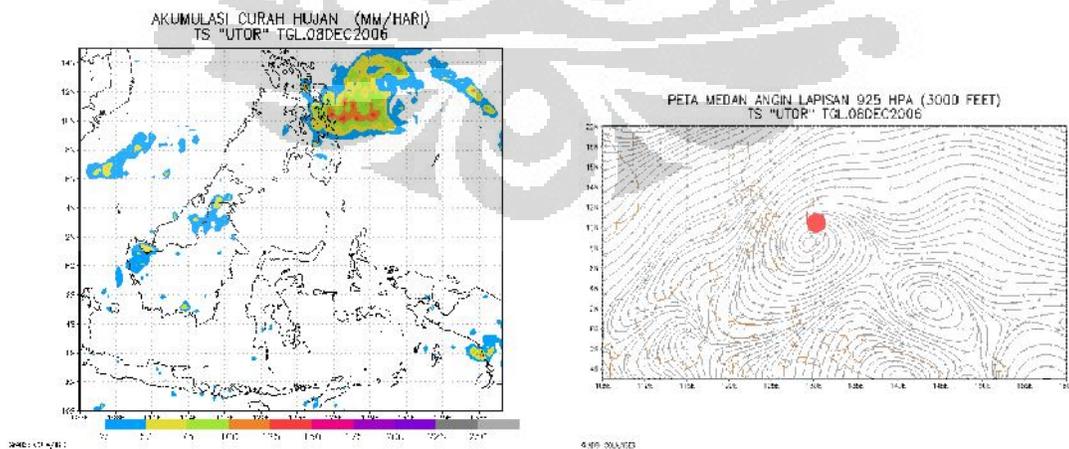


Gambar 75. Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS "CHABA" dan "AERE" tahun 2004

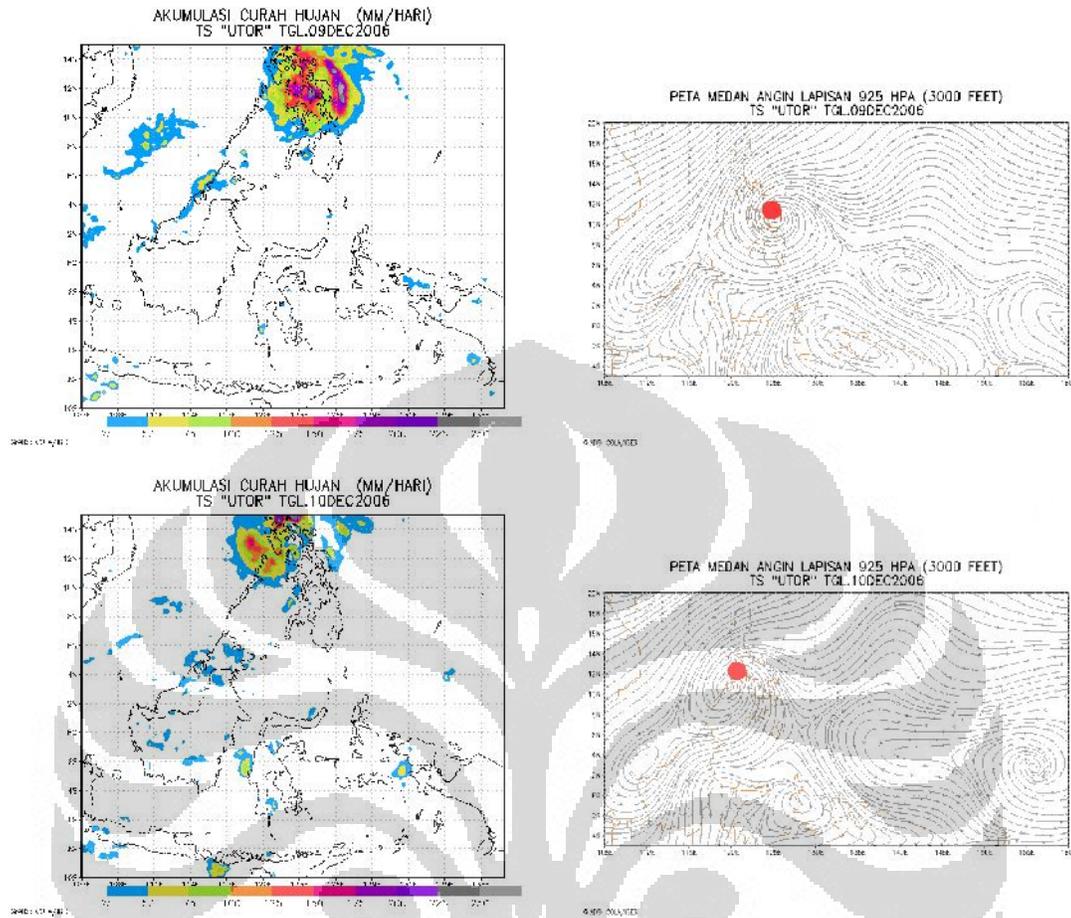
Lampiran VII. Analisis dampak tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



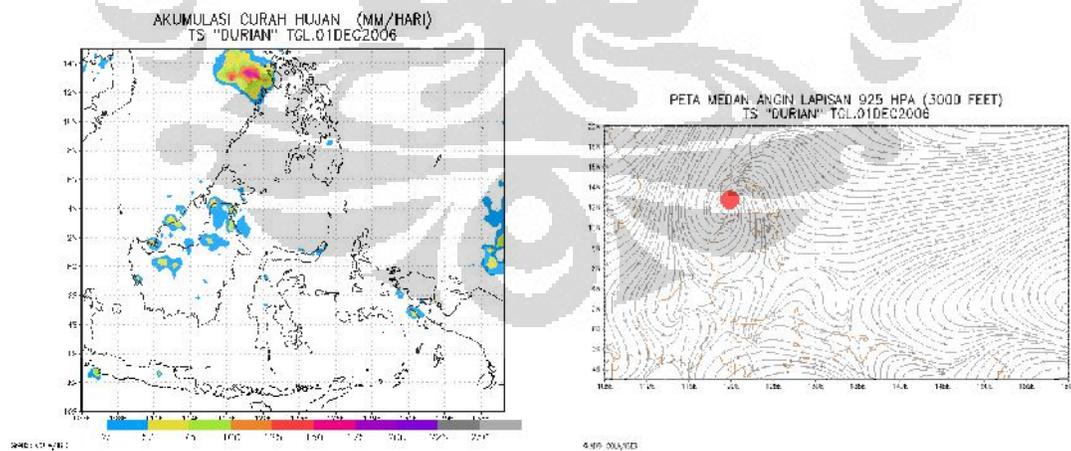
Gambar 76. Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS "SONGDA" tahun 2004



Lampiran VII. Analisis dampak tahun EM dan El Nino (Lanjutan)



Gambar 77. Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS "UTOR" tahun 2006



Gambar 78. Peta akumulasi cuah hujan harian dan peta medan angin lapisan 925 hPa (3000 feet) TS "DURIAN" tahun 2006