



UNIVERSITAS INDONESIA

**KOLAM HANGAT DI SAMUDERA PASIFIK BAGIAN BARAT
DAN PENGARUHNYA TERHADAP PERTUMBUHAN SIKLON
TROPIS**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains**

**A. FACHRI RADJAB
0806477081**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KELAUTAN
DEPOK
AGUSTUS 2011**

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : A.Fachri Radjab
NPM : 0806477081
Program Studi : Ilmu Kelautan
Judul : Kolam Hangat Di Samudera Pasifik dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan siklon Tropis

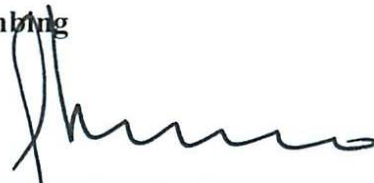
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Edvin Aldrian
Pembimbing I



Dr. Rer.Nat. Eko Kusratmoko
Pembimbing II

2. Komisi Penguji



Dr. Abdul Haris
Penguji I



Dr. A. Harsono Soepardjo, M.Eng.
Penguji II

3. Ketua Program Studi Magister Ilmu Kelautan



Dr. A. Harsono Soepardjo, M.Eng.

Tanggal Lulus : 27 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmatnya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains Jurusan Ilmu Kelautan pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, mulai dari masa perkuliahan hingga penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Kepada semua pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini, saya ucapkan terima kasih. Secara khusus ucapan terima kasih saya sampaikan kepada :

1. **Dr. Edvin Aldrian**, selaku Pembimbing I, yang telah memberikan pengarahan maupun pemeriksaan teknis mulai dari penelitian hingga penulisan tesis ini.
2. **Dr. Rer. Nat. Eko Kusratmoko**, selaku Pembimbing II, yang telah memberikan pengarahan dan pemeriksaan materi dalam tesis ini.
3. **Dr. A. Harsono Soepardjo, M.Eng.** selaku Ketua Program Pascasarjana Ilmu Kelautan Universitas Indonesia yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan selama mengikuti pendidikan di Program Pascasarjana Ilmu Kelautan Universitas Indonesia.
4. Tim Penguji yang terdiri atas **Dr. Abdul Haris** dan **Dr. A. Harsono Soepardjo, M.Eng.** dengan masukan dan saran-saran yang sangat membantu dalam mengarahkan penulisan tesis ini.
5. Ibu **Dr. Ir. Sriworo B. Haridjono, M.Sc.** selaku Kepala Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan segenap pimpinan BMKG yang telah memberikan izin dan dukungan yang begitu besar selama saya mengikuti pendidikan di Program Pascasarjana Ilmu Kelautan Universitas Indonesia.
6. Seluruh staf pengajar Program Pascasarjana Ilmu Kelautan Universitas Indonesia yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dibidang kelautan
7. Rekan-rekan kerja di BMKG yang telah memberikan dukungan dan suasana kerja kerja yang nyaman sehingga saya dapat menjalani pendidikan dengan baik.

8. Rekan-rekan mahasiswa/i Program Pascasarjana Ilmu Kelautan Universitas Indonesia, terima kasih telah menjadi mitra belajar yang sangat mendukung dan juga untuk suasana belajar yang penuh semangat.

Terakhir rasa terima kasih yang tak terhingga saya sampaikan kepada mendiang Bapak dan Emak saya, Istri dan anak-anak tercinta. Tanpa dukungan dan cinta yang mereka berikan, sulit bagi saya untuk bisa meraih semua ini.

Semoga amal baik dan dukungan yang diberikan mendapat imbalan yang berlipat ganda dari Allah SWT.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati, penulis memohon maaf apabila terdapat kekurangan dan kesalahan dalam tesis ini. Semoga tesis ini dapat bermanfaat dan berguna untuk kebaikan kita semua.

Depok, Juni 2011

Penulis,

A. FACHRI RADJAB

ABSTRAK

Nama : A.Fachri Radjab
Program Studi : Ilmu Kelautan
Judul : Kolam Hangat Di Samudera Pasifik dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan siklon Tropis

Siklon tropis merupakan salah satu fenomena alam yang turut berperan dalam mengatur dinamika atmosfer dalam skala meso. Salah satu faktor yang turut berperan dalam pertumbuhan siklon tropis di lautan adalah suhu muka laut yang hangat, yaitu lebih dari 27°C. Diseluruh dunia terdapat 7 (tujuh) daerah pertumbuhan siklon tropis, salah satunya adalah di Samudera Pasifik barat laut. Di perairan ini juga diketahui adanya daerah perairan dengan suhu muka laut tinggi, yang disebut dengan daerah kolam hangat. Melalui data pengamatan suhu laut dan dengan menggunakan metode spasial dan statistik, penelitian ini mencaoba mengungkapkan hubungan antara keberadaan kolam hangat dengan pertumbuhan siklon tropis di Samudera Pasifik barat laut. Dari hasil analisis diketahui bahwa ada korelasi yang cukup kuat antara variabel luasan kolam dengan variabel intensitas siklon tropis. Sementara pada variabel lainnya, yaitu antara kedalaman kolam hangat dan periode hidup siklon tropis, kedalaman kolam hangat dan intensitas siklon tropis serta luasan kolam hangat dan periode hidup siklon tropis tidak terlihat adanya korelasi yang signifikan.

Kata kunci : kolam hangat, siklon tropis, intensitas, periode, luasan, kedalaman

ABSTRACT

Name : A.Fachri Radjab
Study Program : Ilmu Kelautan
Tittle : West Pacific Warm Pool and The Impact to Development of Tropical Cyclone

Tropical cyclone is one of the natural phenomena that have an impact to the atmospheric dynamic in the meso scale. Warm sea surface temperature (27°C) is one of the important factor on the development of tropical cyclone. In all around the world there are 7 (seven) area of tropical cyclone development, one of them is in the Northwest Pacific Ocean. There is an area with the relatively high sea surface temperature in this ocean, the area so called Warm Pool. By using the sea surface temperature observation data and using the spatial and statistical method, this research is trying to reveal the correlation between the warm pool and the development of tropical cyclone in the Northwest Pacific Ocean. From the analysis founded that there is a significant correlation between the size of warm pool with the tropical cyclone intensity. On the other hand there is no significant correlation founded between the depth of warm pool with life time of tropical cyclone, depth of warm pool with tropical cyclone intensity and size of warm pool with life time of tropical cyclone.

Key word : warm pool, tropical cyclone, intensity, period, size, depth

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : A.Fachri Radjab

NPM : 0806477081

Tanda Tangan : 

Tanggal : 27 Juni 2011

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

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : A. Fachri Radjab
NPM : 0806477081
Program Studi : Magister Ilmu Kelautan
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Tesis

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

“Kolam Hangat Di Samudera Pasifik dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan siklon Tropis” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan 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 : Juni 2011

Yang Menyatakan



(A. Fachri Radjab)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	vii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
2. Tinjauan Pustaka	6
2.1. Teori Pembentukan Siklon Tropis	6
2.2. Siklus Hidup Siklon Tropis	8
2.3. Klasifikasi Siklon Tropis	9
2.4. Interaksi Laut Atmosfer Dalam Pembentukan Siklon Tropis	10
2.5. Kolam Hangat	12
2.6. Kolam Hangat dan Siklon Tropis	15
2.7. TAO Triton Buoy dan Drifting Buoy	16
3. Metode Penelitian	19
3.1. Kerangka Teoritis	19
3.2. Data dan Perangkat	20
3.3. Lingkup Penelitian	23
3.4. Pengolahan Data	24
3.5. Analisis Data	27
4. Hasil dan Pembahasan	30
4.1. Gambaran Umum	30
4.2. Hasil Pengolahan Data	31
4.3. Hasil Analisis Korelasi	35
4.4. Kemanfaatan Hasil Penelitian	40
5. Kesimpulan dan saran	41
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1. Citra Satelit Siklon Tropis Sinlaku
- Gambar 2.2. Isoterm 28°C yang mengindikasikan kolam hangat pada bulan September dan Maret
- Gambar 2.3. Kedalaman rata-rata isoterm 28°C pada bulan Januari – Februari - Maret dan Juli – Agustus – September
- Gambar 2.4. Peta sebaran lokasi moored buoy dan drifting buoy yang dikelola oleh Data Buoy Cooperation Panel
- Gambar 2.5. Foto dan Skema Triton Buoy
- Gambar 3.1. Skema alur pengambilan data Drifting Buoy melalui Global Telecommunication System (GTS)
- Gambar 3.2. Peta Wilayah Penelitian
- Gambar 3.3. Alur Pikir Penyaringan Data Siklon Tropis dan data Buoy
- Gambar 4.1. Peta lintasan siklon tropis tahun 2006 – 2008 yang dikaji dalam penelitian ini
- Gambar 4.2. Peta kolam hangat periode siklon tropis Sinlaku dan periode siklon tropis Utor
- Gambar 4.3. Grafik perbandingan antara luasan kolam hangat dan kecepatan angin maksimum, luasan kolam hangat dan periode hidup siklon tropis, Kedalaman kolam hangat dan periode hidup dan Kedalaman kolam hangat dan kecepatan angin maksimum.

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I : Peta Wilayah Penelitian
- Lampiran II : Daftar Siklon Tropis Hasil Penyaringan
- Lampiran III : Peta Lintasan Siklon Tropis
- Lampiran IV. Tabel Hasil Pengolahan dan Analisis Data
- Lampiran V. : Peta Kolam Hangat
- V.1. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Chancu
 - V.2. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Cimaron
 - V.3. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Durian
 - V.4. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Ewiniar
 - V.5. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Jelawat
 - V.6. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Maria
 - V.7. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Saomai
 - V.8. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Shanshan
 - V.9. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Soulik
 - V.10. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Utor
 - V.11. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Xangsane
 - V.12. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Yagi
 - V.13. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Danas
 - V.14. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Fitow
 - V.15. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Francisco
 - V.16. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Hagibis
 - V.17. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Kajiki
 - V.18. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Krosa
 - V.19. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Lekima
 - V.20. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Man-Yi
 - V.21. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Mitag
 - V.22. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Nari
 - V.23. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Pabuk

- V.24.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Peipah
V.25.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Podul
V.26.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Sepat
V.27.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Usagi
V.28.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Wipha
V.29.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Wutip
V.30.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Bavi
V.31.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Fungwong
V.32.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Hagupit
V.33.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Haisen
V.34.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Higos
V.35.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Jangmi
V.36.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Kalmaegi
V.37.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Kammuri
V.38.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Nuri
V.39.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Sinlaku
V.40.Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Vongfong



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sekitar 80 – 90 siklon tropis tumbuh diseluruh dunia ini setiap tahunnya, dan sekitar dua pertiganya dapat mencapai intensitas siklon tropis kuat atau masuk kedalam kategori hurricane atau typhoon (*Gray 1979; Anthes 1982; Frank 1987; McBride, 1995*).

Sebagaimana dilaporkan bahwa lebih dari 460.000 penduduk di Provisini Zhejiang dan Fujian, Cina bagian timur dievakuasi ketika Siklon Tropis Sinlaku mendekati wilayah tersebut pada tanggal 15 September 2008. (http://www.chinadaily.com.cn/china/2008-09/15/content_7028319.htm)

Siklon tropis Sinlaku merupakan siklon tropis ke 13 (tiga belas) yang tumbuh di Samudera Pasifik Barat Laut pada musim siklon 2008. Setidaknya ada 4 (empat) Negara yang terkena dampak siklon tropis ini, yaitu Filipina, Taiwan, Cina dan Jepang. Selama 15 (lima belas) hari periode hidupnya, setidaknya 14 orang meninggal dan 10 orang hilang akibat siklon tropis ini. Total nilai kerugian yang dialami keempat negara tersebut sekitar US\$ 1,1 Miliar ([http://en.wikipedia.org/wiki/Typhoon_Sinlaku_\(2008\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Typhoon_Sinlaku_(2008))).

Gambaran diatas menunjukkan bahwa siklon tropis merupakan salah satu fenomena alam yang dapat menimbulkan bencana alam yang berpotensi menimbulkan korban jiwa maupun harta. Bencana alam akibat adanya siklon tropis dapat disebabkan oleh kondisi angin kencang dan hujan deras yang ditimbulkan oleh siklon tropis.

Pada dasarnya siklon tropis merupakan sebuah system tekanan rendah yang menghasilkan angin berputar yang kencang dan menimbulkan terjadinya hujan deras. Sebuah system tekanan rendah berpotensi untuk tumbuh menjadi siklon tropis ketika berada diatas perairan yang cukup hangat dimana terdapat cukup banyak uap air.

Keadaan cuaca di suatu daerah selain dipengaruhi oleh kondisi atmosfer lokal, juga dipengaruhi oleh kondisi atmosfer ditempat lain, baik dalam skala global, meso maupun mikro. Siklon tropis merupakan salah satu fenomena atmosfer yang turut mengatur keadaan cuaca dalam skala meso.

Dunn & Banner, 1960 mengungkapkan bahwa siklon tropis merupakan sebuah system sirkulasi siklonik yang terjadi di lautan daerah tropis. Ketika sirkulasi siklonik tersebut berkembang secara baik akan menghasilkan angin berputar. Sirkulasi siklonik tersebut searah jarum jam pada belahan bumi selatan dan berlawanan arah jarum jam pada belahan bumi utara.

Pengaruh terhadap kondisi cuaca yang ditimbulkan oleh siklon tropis adalah adanya penurunan tekanan udara disekitar daerah yang dilintasinya, peningkatan kecepatan angin dan pertumbuhan awan-awan konvektif yang dapat mendatangkan hujan.

Salah satu syarat pertumbuhan siklon tropis adalah adanya wilayah perairan yang luas dengan suhu muka laut yang cukup hangat, yaitu lebih dari $27^{\circ} C$ (*Ramage, 1971*). Wilayah perairan yang luas dan suhu muka laut yang hangat sangat diperlukan untuk menghasilkan energy input bagi siklon tropis yang berupa panas laten (*Riehl, 1954*)

Diseluruh dunia terdapat 7 (tujuh) perairan yang merupakan daerah pertumbuhan siklon tropis (*basin*), baik belahan bumi bagian utara maupun belahan bumi bagian selatan. Daerah pertumbuhan siklon tropis yang berada disekitar wilayah Indonesia adalah Samudera Pasifik Barat Laut dan Samudera Hindia bagian Tenggara. Samudera Pasifik bagian barat laut merupakan basin yang memiliki nilai rata-rata pertumbuhan siklon tropis tertinggi didunia, yaitu 27,6 kejadian siklon tropis setiap tahunnya.

Wyrtki, 1987 mendefinisikan kolam hangat sebagai sebuah daerah perairan didaerah tropis yang memiliki suhu hangat dan salinitas yang rendah. Salinitas rendah ini disebabkan karena adanya proses evaporasi yang kuat. Batasan suhu permukaan laut yang digunakan *Wyrtki* untuk menentukan kolam hangat adalah $28^{\circ} C$.

Salah satu wilayah perairan yang terdapat kolam hangat adalah di Samudera Pasifik bagian barat atau yang dikenal dengan Kolam hangat Pasifik Barat (*West Pacific Warm Pool*), dimana perairan ini juga merupakan daerah pertumbuhan siklon tropis.

Benestad, 2009 adalah satu dari sedikit pakar yang meneliti tentang kaitan antara kolam hangat siklon tropis. Penelitiannya berhasil mengungkapkan bahwa terdapat hubungan non linier dengan nilai signifikansi statistik yang tinggi antara wilayah perairan yang memiliki suhu tinggi di samudera Atlantik Utara dan Pasifik Barat Laut dengan jumlah pertumbuhan siklon tropis pada perairan-perairan tersebut.

Berbekal dari pendapat para ahli dan dengan menggunakan metode analisis statistik, penelitian ini mencoba mencari hubungan antara kolam hangat dengan intensitas dan periode hidup siklon tropis. Sepanjang pengetahuan penulis, hingga saat ini belum ada penelitian sejenis yang mencoba mengaitkan antara luasan dan kedalaman kolam hangat dengan intensitas dan periode hidup siklon tropis.

1.2. Perumusan Masalah

Melihat begitu kuatnya hubungan antara suhu muka laut dan pertumbuhan siklon tropis dan ditambah dengan adanya fenomena kolam hangat di Samudera Pasifik Barat Laut, maka penelitian ini mencoba mengungkapkan pengaruh adanya kolam hangat di Samudera Pasifik Barat Laut dengan pertumbuhan siklon tropis dan karakteristiknya di wilayah perairan tersebut. Dari uraian diatas maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pola variabilitas kolam hangat di Samudera Pasifik Barat laut
2. Bagaimana pengaruh dari luasan dan kedalaman kolam hangat terhadap intensitas dan periode hidup siklon tropis yang tumbuh di Samudera Pasifik Barat Laut.

1.3. Batasan Masalah

- a. Siklon tropis yang dibahas adalah siklon tropis yang tumbuh dan melintas didalam wilayah penelitian

- b. Suhu muka laut adalah data suhu laut harian pada lapisan permukaan (1,5m) selama periode siklon tropis hasil pengamatan *TAO Triton Buoy* dan *Drifting Buoy*.
- c. Kolam hangat adalah daerah yang memiliki suhu muka laut $> 28^{\circ} \text{C}$
- d. Variabilitas kolam hangat adalah variasi luasan dan kedalaman kolam hangat selama periode hidup siklon tropis.
- e. Luasan kolam hangat adalah luasan rata-rata selama periode siklon tropis dari perairan diwilayah penelitian yang memiliki suhu muka laut $> 28^{\circ} \text{C}$. Data suhu muka laut diperoleh dari pengamatan *Drifting Buoy* dan *TAO Triton Buoy*.
- f. Kedalaman kolam hangat adalah jarak vertical dari permukaan laut hingga kedalaman tertentu yang memiliki suhu laut $\geq 28^{\circ} \text{C}$. Kedalaman kolam hangat yang diukur adalah kedalaman selama periode hidup siklon tropis. Data kedalaman kolam hangat diperoleh dengan cara interpolasi antara dua level pengamatan *TAO Triton Buoy* dimana diantara kedua level tersebut terdapat isotherm 28°C .
- g. Periode hidup siklon tropis adalah waktu antara tumbuh hingga punahnya siklon tropis. Periode hidup dinyatakan dalam jumlah hari.
- h. Intensitas siklon tropis adalah kekuatan siklon tropis berdasarkan kecepatan angin maksimum yang dihasilkan disekitar pusat siklon tropis.

1.4. Tujuan

1. Mengetahui variabilitas luasan dan kedalaman kolam hangat di Samudera Pasifik Barat Laut
2. Mengetahui pengaruh luasan dan kedalaman kolam hangat terhadap intensitas dan periode hidup siklon tropis di Samudera Pasifik Barat Laut

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

- 1) Memberikan gambaran tentang kondisi kolam hangat di Samudera Pasifik Barat Laut.
- 2) Membantu prakirawan cuaca di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dalam membuat analisis dan prakiraan siklon tropis yang pada akhirnya dapat meningkatkan kualitas informasi peringatan dini siklon tropis yang dikeluarkan oleh BMKG.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Pembentukan Siklon Tropis

Saat ini telah banyak teori yang menjelaskan tentang pembentukan siklon tropis. Teori yang sampai saat ini dianggap paling lengkap adalah yang dikemukakan oleh *Riehl, 1954*. *Riehl* menjelaskan bahwa untuk dapat tumbuh dan berkembang, siklon tropis memerlukan syarat-syarat sebagai berikut :

1. Energi Input

Energi input ini berasal dari uap air yang berupa panas laten. Oleh karena itu siklon tropis hanya dapat tumbuh pada keadaan udara diatas permukaan laut yang luas dan banyak mengandung uap air.

2. Penggerak Awal (Starter)

Starter dalam pembentukan siklon tropis adalah pergerakan massa udara akibat besarnya gradien tekanan yang berfungsi sebagai energy kinetic bagi gerakan ini.

3. Peristiwa Kondensasi

Peristiwa kondensasi sebagai hasil dari gerak naik udara yang merupakan perubahan panas laten menjadi panas yang dapat dirasakan (*sensible heat*). Pada saat terjadi gerakan udara naik, maka pada lapisan atas terjadi arus udara keluar dan pada lapisan bawah terjadi arus udara masuk yang identik dengan tekanan rendah.

4. Gaya Koriolis

Gaya koriolis yang besar akan mengubah angin yang disebabkan oleh panas laten tadi menjadi arus tangensial sehingga menimbulkan gaya-gaya sentrifugal dan pada akhirnya akan menimbulkan energi kinetik tangensial. Gaya koriolis ini menyebabkan siklon tropis tidak dapat tumbuh dan bergerak didaerah lintang rendah ($< 10^{\circ}$ LS atau LU)

5. Sistem Pendingin

Sistem pendingin berfungsi sebagai penerima panas selama pertumbuhan.

Sistem pendingin ini adalah arus keluar pada bagian atas yang kemudian dibawa ketempat lain.

Selanjutnya, menurut *Gray, 1968*, ada 6 (enam) parameter yang dapat digunakan untuk mengindikasikan pertumbuhan siklon tropis, yaitu :

- a. Parameter dinamis :
 1. Nilai parameter Coriolis
 2. Vortisitas pada lapisan bawah
 3. Vertical wind shear yang lemah
- b. Parameter thermal :
 4. Energi panas lautan; $T > 26^{\circ}\text{C}$ hingga kedalaman sekitar 60m
 5. Adanya perbedaan panas potensial antara lapisan permukaan dan lapisan 500 hPa
 6. Kelembaban relatif yang cukup tinggi pada lapisan troposfer menengah.

Dalam studi lain, *Ramage, 1971*, mengungkapkan ada 3 (tiga) syarat penting untuk pertumbuhan siklon tropis, yaitu :

1. Adanya wilayah perairan yang luas dan hangat dengan suhu lebih dari 27°C dari permukaan hingga kedalaman sekitar 60 meter
2. Nilai parameter koriollis yang lebih besar dari nilai minimum tertentu pada daerah lintang $5^{\circ} - 8^{\circ}\text{LU}$ dan $5^{\circ} - 8^{\circ}\text{LS}$.

$$F \text{ (gaya koriolis)} = 2 \Omega \sin \theta$$

Dimana :

$$\theta = \text{Kecepatan sudut perputaran bumi}$$

$$\Omega = \text{Lintang tempat}$$

3. Adanya geser angin (*wind shear*) vertical yang lemah

2.2. Siklus Hidup Siklon Tropis

Menurut *Dunn, 1944*, terdapat 4 (empat) tahap siklus hidup siklon tropis, yaitu :

1. Tahap Tumbuh

Tahap ini dimulai dengan adanya gangguan pada arus udara sehingga terbentuk semacam bulatan dekat pusat arus udara. Selanjutnya bulatan arus udara ini berkembang menjadi lingkaran angin (*vortex*). Pada saat bersamaan disekitar lingkaran angin juga terbentuk daerah pencaran angin (*netral point*). Pada saat awal pertumbuhan lingkaran angin, *netral point* masih berada disekitar batas terluar sirkulasi lingkaran angin. Pada tahap ini mulai terjadi peningkatan kecepatan angin dan penurunan tekanan udara disekitar *vortex*.

2. Tahap Belum Matang

Pada tahap ini pusaran angin semakin jelas terlihat, peningkatan kecepatan angin dan penurunan tekanan udara terus terjadi hingga, sedangkan kecepatan angin disekitar pusat pusaran relatif lemah. Awan-awan jenis *Cumuliform* makin banyak terbentuk disertai dengan hujan yang tidak beraturan.

3. Tahap Matang

Kecepatan angin disekitar pusat pusaran pada tahap ini bias mencapai lebih dari 125 km / jam. Isobar tertutup semakin luas, dengan diameter mencapai 200 mil. Aktifitas cuaca buruk makin meluas dan disekitar pusat siklon, angin makin lemah.

4. Tahap Puhah

Tahap ini biasanya dicapai ketika siklon tropis memasuki daratan atau memasuki laut yang lebih dingin. Hal ini menyebabkan makin berkurangnya suplai uap air yang merupakan sumber energy siklon tropis. Semakin sedikit suplai energy, maka siklon tropis akan memasuki tahap puhah.

2.3. Klasifikasi Siklon Tropis

World Meteorological Organization (WMO) dalam dokumennya, *WMO Tropical Cyclone Operational Plan for South Pacific and Southeast Indian Ocean* mengklasifikasikan siklon tropis menjadi 3 (tiga) kelompok. Pengklasifikasian ini untuk menunjukkan intensitas siklon tropis dan didasarkan pada kecepatan angin dipusat siklon. Klasifikasi tersebut adalah :

1. Tropical Depression
Kecepatan angin disekitar pusat siklon tropis kurang dari 34 knot
2. Tropical Strom/Tropical Cyclone
Kecepatan angin disekitar pusat siklon tropis antara 34 – 64 knot
3. Severe Tropical Cyclone/Hurricane
Kecepatan angin disekita pusat siklon tropis lebih dari 64 knot

Berdasarkan tingkat kerusakan yang dapat diakibatkan, Bureau of Meteorology Australia (BoM) mengklasifikasikan siklon tropis menjadi 5 (lima) kategori, yaitu :

- Kategori I (kecepatan angin 63 – 90 knot)
Kerusakan pada bangunan yang tidak permanen, tanaman, pepohonan dan caravan.
- Kategori II (kecepatan angin 90 – 125 knot)
Kerusakan ringan pada rumah dan bangunan permanen. Pohon-pohon kecil dapat tercabut dari akarnya dan pohon besar dapat tumbang. Kapal-kapal kecil dapat terlepas dari jangkarnya.
- Kategori III (kecepatan angin 125 – 165 knot)
Terjadi kerusakan ringan pada struktur bangunan, sebagian atap terangkat, terjadi kerusakan jaringan listrik.
- Kategori IV (kecepatan angin 165 – 225 knot)
Kerusakan berat pada struktur bangunan, atap terangkat seluruhnya. Banyak material yang terangkat dan beterbangan.
- Kategori V (kecepatan angin lebih dari 225 knot)
Terjadi kerusakan dahsyat.

2.4. Interaksi Laut Atmosfer dalam Pembentukan Siklon Tropis

Salah satu faktor yang paling berperan dalam pembentukan siklon tropis adalah suhu muka laut. *Gray, 1968*, mengungkapkan bahwa energy panas yang ideal untuk membentuk siklon tropis akan dihasilkan pada perairan yang memiliki suhu diatas 26°C pada permukaan hingga kedalaman 60 meter. Sedangkan *Emanuel, 1988*,

mengungkapkan bahwa peningkatan kekuatan siklon tropis seiring dengan meningkatnya suhu muka laut.

Meskipun suhu muka laut berperan penting dalam pembentukan siklon tropis, *Evans, 1991*, mengungkapkan bahwa jika hanya variable suhu muka laut maka belum cukup kuat untuk mempengaruhi intensitas dan frekwensi pertumbuhan siklon tropis, diperlukan variable-variabel atmosfer dinamis lain yang mempengaruhi.

Interaksi laut dan atmosfer membentuk proses kopling (interaksi dua arah) yang terjadi di pergantian energi dan masa di permukaan laut. Proses yang terjadi adalah perpindahan energi dan masa dalam proses neraca energi dalam hal energi radiasi termasuk energi panas dan momentum dalam hal friksi permukaan. Pergantian energi dalam hal neraca masa terjadi dalam hal penguapan dan hujan, perpindahan mineral dan gas

Dalam hal kopling atau interaksi laut dan atmosfer, perlu ditekankan peranan lautan sebagai pemasok uap air dan pelepas energi laten terbesar bagi atmosfer. Penguapan terjadi akibat tidak jenuhnya atmosfer oleh uap dan akibat cukup hangatnya suhu muka laut. Sebaliknya atmosfer mensuplai energi dan masa dalam bentuk curah hujan dan endapan yang juga melibatkan transfer energi (*Aldrian 2008*)

Siklon tropis yang terjadi di laut didorong oleh tenaga berasal dari panas laten yang dilepas ke atmosfer ketika uap air berkondensasi. Uap air tersebut berasal sebagian besar dari penguapan air laut dimana laju penguapannya dikendalikan oleh nilai suhu muka laut. Semakin tinggi suhu muka laut maka akan semakin kuat laju penguapannya.

Sebaliknya udara panas dari lapisan atmosfer bawah akan menambah kemungkinan pergerakan vertikal udara yang dapat mengakibatkan terbentuknya siklon tropis. Daerah dimana suhu muka laut lebih hangat dari suhu udara di atasnya, siklon tropis akan sering terjadi di laut dan daerah pesisir yang menerima angin dari daerah tersebut.

Konsep kopel atmosfer dan lautan banyak digunakan sebagai dasar pengembangan model numerik untuk memprediksi intensitas dan perubahan struktur siklon tropis.

Contoh dari konsep ini adalah ketika terbentuknya siklon tropis Katrina, Rita dan Wilma pada tahun 2005. Arus laut memutar (*Loop current*) yang terbentuk dan meluas hingga ratusan kilometer di utara Selat Yucatan menghasilkan kondisi atmosfer yang mendukung pertumbuhan siklon tropis di Laut Kairibia dan Teluk Meksiko. Ketika ketiga siklon tropis ini bergerak melintasi kolam hangat yang dalam, intensitas ketiganya meningkat dengan pesat. Peningkatan intensitas yang pesat ini sangat berkaitan dengan variasi Kandungan Panas Lautan (*Ocean Heat Content*) dan distribusi suhu muka laut di wilayah tersebut. (Ali *et al.* 2007).



Gambar 2.1. Citra Satelit Siklon Tropis Sinlaku saat mendekati Taiwan pada tanggal 12 September 2008

2.5. Kolam Hangat

Samudera Pasifik, yang merupakan samudera terluas memiliki arus permukaan yang mengalir ke arah barat, yang disebabkan oleh tekanan momentum akibat perputaran bumi pada rotasinya ke arah timur. Arus permukaan di daerah Pasifik yang mengalir ke barat ini akan berkumpul di daerah ekuator sekitar daerah kolam hangat (*warm pool*) atau sebelah utara pulau Papua. Karena tempat ini merupakan tempat mengumpulnya arus permukaan yang notabene hangat akibat radiasi matahari maka panas yang terbawa arus laut ini akan mengumpul dan

menciptakan daerah yang lebih hangat dari sekitarnya atau kolam hangat (*Aldrian, 2008*).

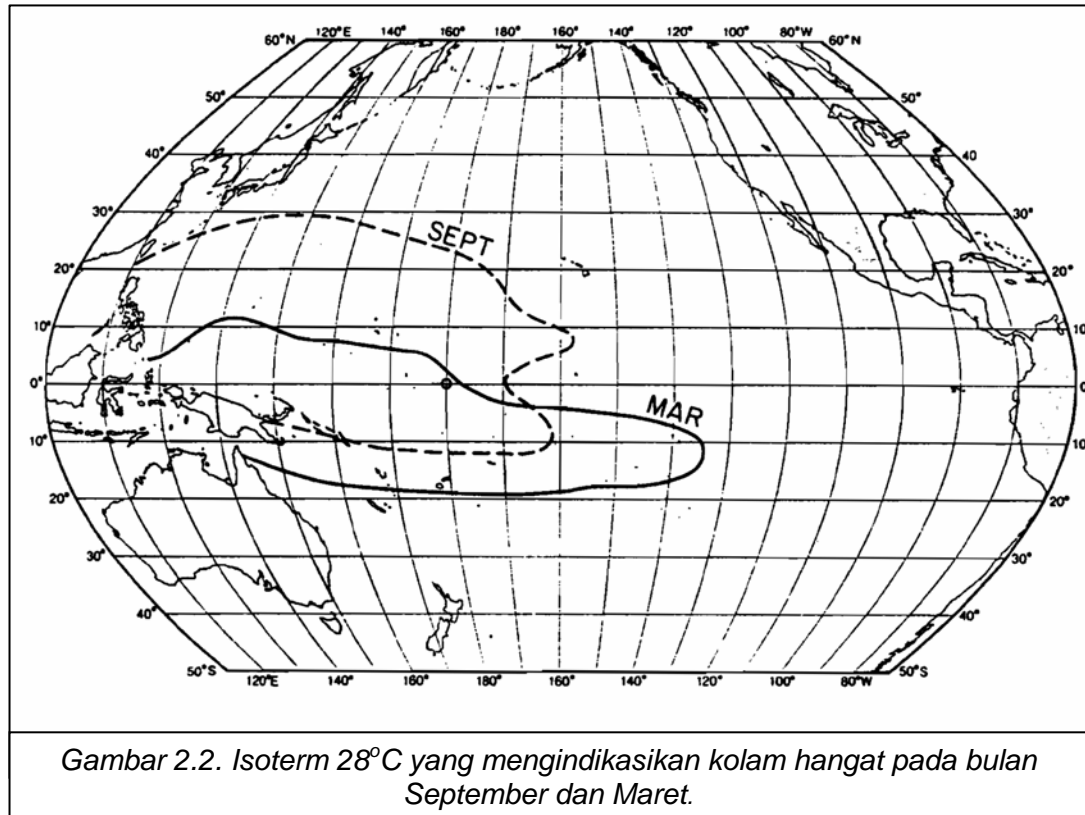
Samudera Pasifik, khususnya Samudera Pasifik bagian barat juga memiliki peran yang sangat penting bagi bumi ini, yaitu sebagai reservoir panas. Dilihat dari variasi suhu permukaan dan suhu lapisan dalam di Samudera Hindia dan Samudera Pasifik bagian barat, dapat disimpulkan bahwa antara Kolam Hangat Samudera Hindia (IOWP) dan Kolam Hangat Samudera Pasifik Barat (WPWP) merupakan bagian dari massa air yang sama. Adanya transport massa air dalam jumlah yang cukup signifikan dari Samudera Pasifik Barat ke Samudera Hindia melalui kepulauan Indonesia turut berperan dalam mengatur variasi suhu di Samudera Hindia. (*Saraswat, et al. 2007*).

Definisi kolam hangat relatif lebih mudah bila dilihat dari variasi suhu secara vertikal dengan menggunakan lapisan isothermal. Definisi kolam hangat akan lebih sulit untuk menggambarkan luasan kolam hangat secara horizontal. Jika batasan suhu yang digunakan adalah isotherm 25°C , maka hanya akan ada satu kolam hangat luas dan hampir meliputi seluruh Samudera Pasifik, sebaliknya jika yang digunakan adalah isotherm 29°C maka hanya akan ada wilayah kolam hangat yang sangat kecil dan bahkan kadang tidak ada. Oleh karenanya, isotherm 28°C cukup tepat digunakan untuk mendefinisikan kolam hangat di Samudera Pasifik (*Wyrski, 1985*).

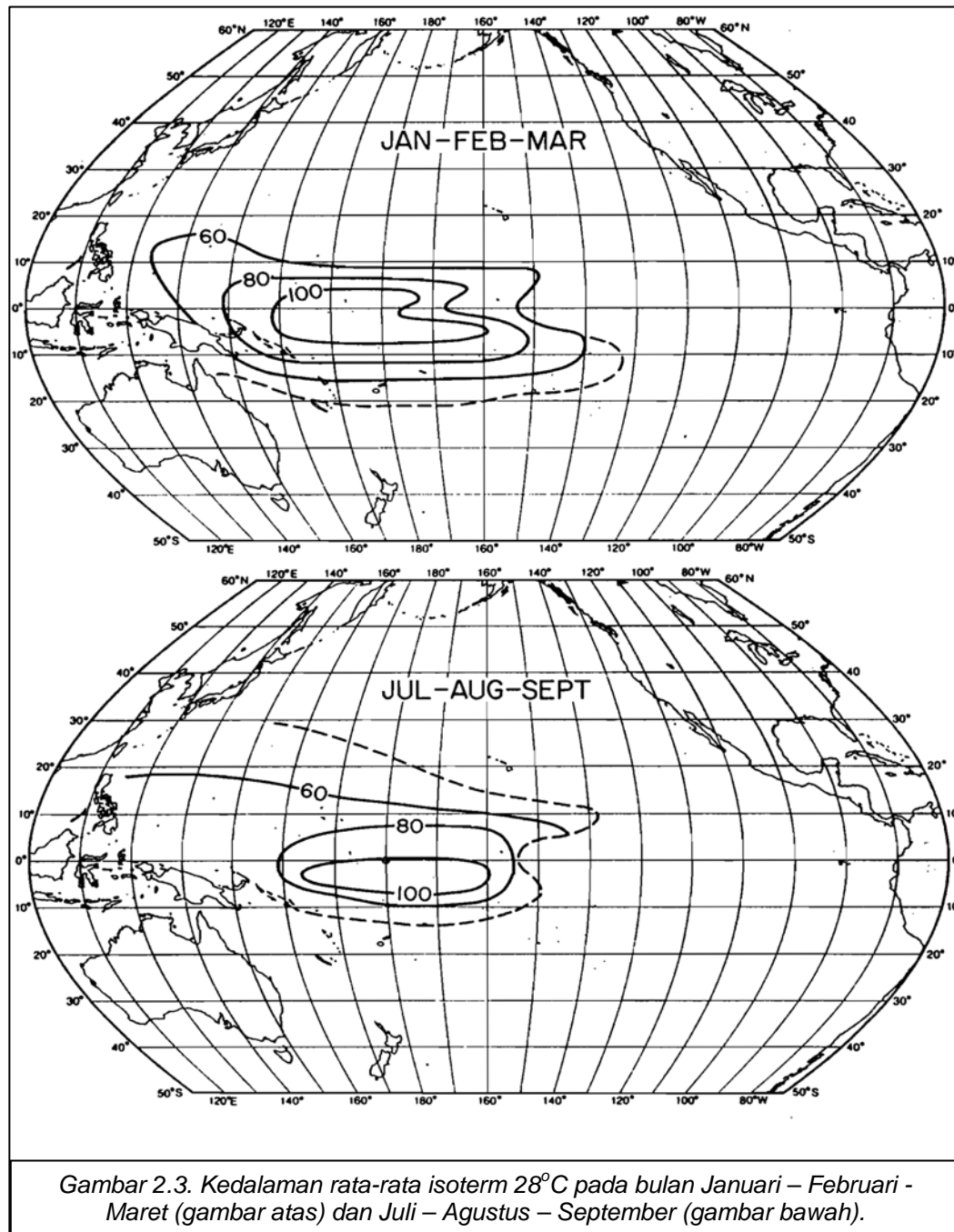
Dengan menggunakan definisi diatas, *Wyrski, 1985*, mendapati bahwa posisi paling utara kolam hangat terjadi pada bulan September dan pada bulan Maret bergerak ke selatan hingga mencapai 10°LU . Wilayah yang secara permanen memiliki kolam hangat relatif kecil, yaitu dari 10°LU hingga 10°LS dan dari Indonesia hingga 170°BT , atau luasnya hanya sekitar separuh dari rata-rata luasan kolam hangat.

Dilihat dari kedalamannya, *Wyrski, 1985*, mendapati bahwa posisi terdalam kolam hangat adalah sekitar 100 meter, terdapat didekat ekuator disekitar bujur 180° . Pada wilayah dimana kolam hangat dapat ditemukan secara permanen, kedalamannya berkisar antara 60 – 100 meter. Berbeda dengan luasan secara horizontal yang

bervariasi secara musiman, variabilitas kedalaman kolom hangat berdasarkan musim tidak terlalu besar.



Periode pemanasan kolom hangat Pasifik Barat dimulai pada bulan April dan berlanjut hingga bulan Agustus, dimana saat itu kolom hangat meluas hingga 30°LU (Gambar 3). Kondisi seperti ini bertahan hingga bulan Maret, namun paling jelas terlihat pada bulan September hingga Januari.



2.6. Kolam Hangat dan Siklon Tropis

Hingga saat ini belum banyak penelitian yang coba mengaitkan antara kolam hangat dan siklon tropis. Pertanyaan apakah ada hubungan yang sistematis antara

daerah yang memiliki suhu muka laut tinggi dengan jumlah pertumbuhan siklon tropis hingga saat belum sepenuhnya terpecahkan (*Benestad, 2009*).

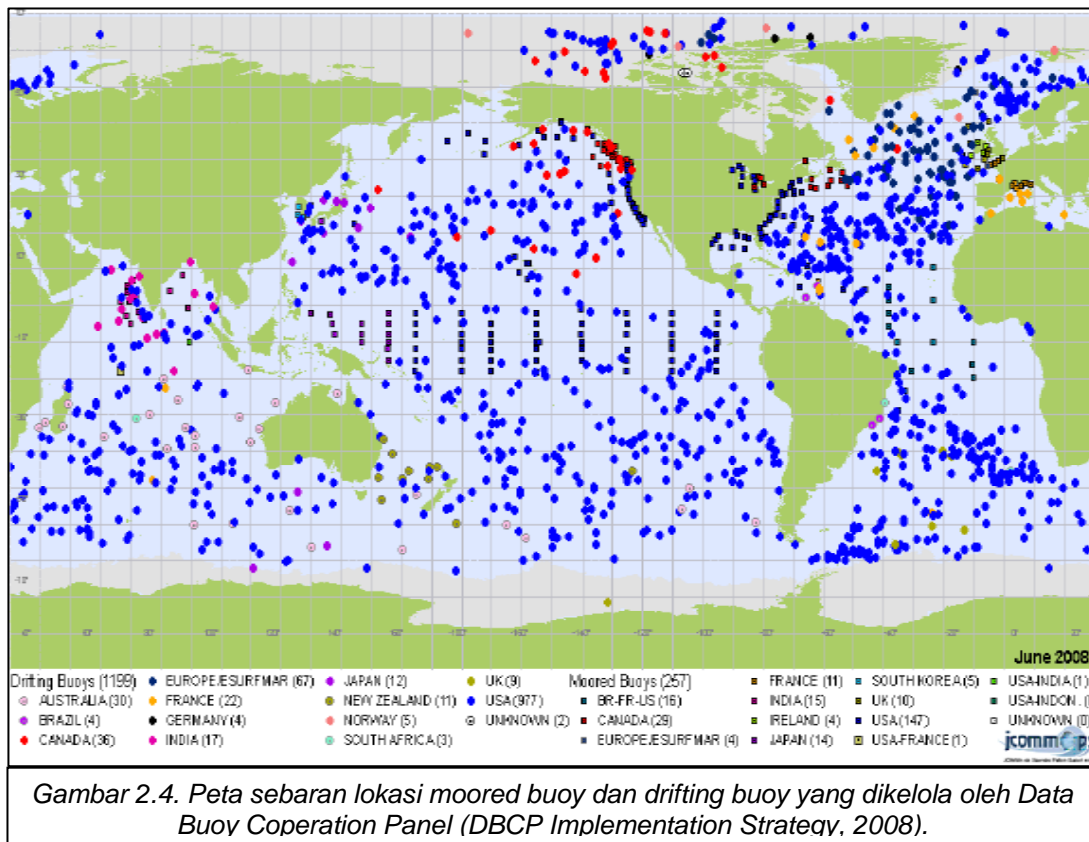
Knaff, 1997, mengungkapkan bahwa ketika kolam hangat terbentuk di Teluk Meksiko, Laut Karibia dan Atlantik utara maka disekitar wilayah tersebut terjadi penurunan tekanan udara, kondisi angin passat timur yang lemah, *vertical windshear* yang makin berkurang dan subsidensi udara yang lemah. Kondisi-kondisi seperti ini merupakan faktor yang mendukung untuk pertumbuhan siklon tropis.

Sementara itu *Hendersen-Sellers et al., 1998*, memberikan pendapat yang berbeda, melalui aplikasi teknik termodinamik yang dikembangkan oleh *Holland, 1997*, diketahui bahwa adanya wilayah perairan dengan suhu muka laut lebih dari 26°C belum tentu berakibat pada peningkatan frekwensi pertumbuhan siklon tropis. Namun teknik ini cukup relevan untuk mengungkapkan adanya peningkatan intensitas siklon tropis. Jadi dapat disimpulkan bahwa keberadaan wilayah perairan yang hangat belum tentu berakibat pada meningkatnya pertumbuhan siklon tropis, namun berpotensi untuk meningkatkan intensitas siklon tropis yang telah tumbuh.

Benestad, 2009, mengungkapkan bahwa terdapat hubungan non linier dengan nilai signifikansi statistik yang tinggi antara wilayah perairan yang memiliki suhu tinggi di samudera Atlantik Utara dan Pasifik Barat Laut dengan jumlah pertumbuhan siklon tropis pada perairan-perairan tersebut, namun hal ini tidak ditemui di Samudera Hindia. Dari penelitian tersebut dapat terlihat bahwa pada setiap wilayah pertumbuhan siklon tropis (*basin*) memiliki karekteristik yang berbeda-beda dalam hal hubungan antara wilayah perairan hangat dan frekuensi pertumbuhan siklon tropis.

2.7. TAO Triton Buoy dan Drfiting Buoy

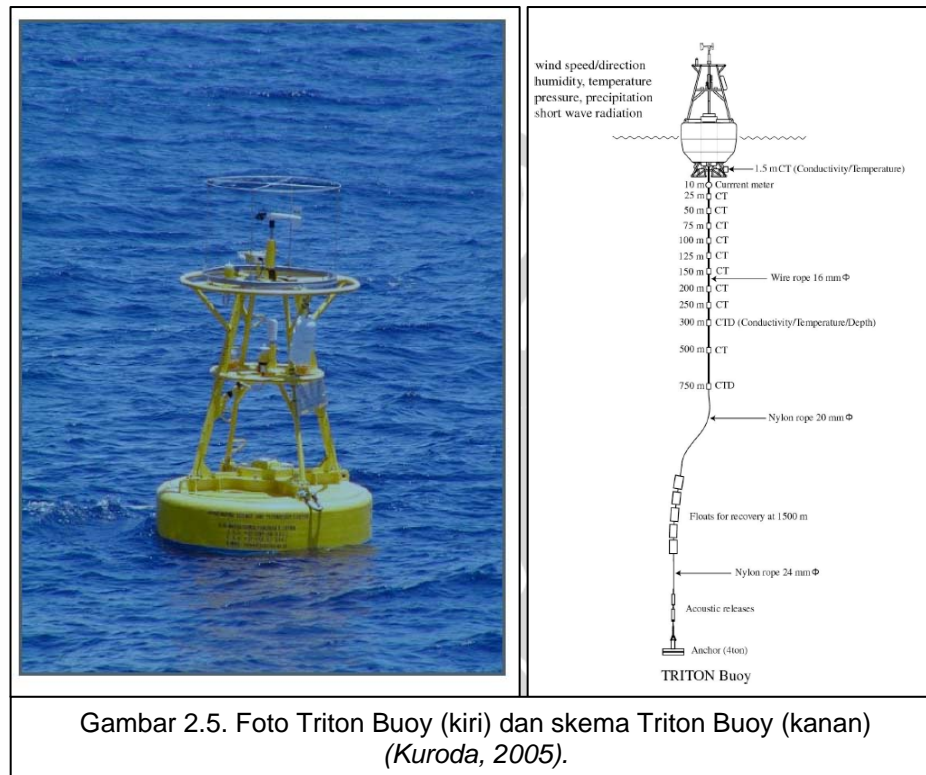
Dalam penelitian ini, data suhu muka laut yang digunakan berasal dari 2 (dua) macam wahana pengamatan, yaitu TAO Triton Buoy dan Drifting Buoy.



Tropical Atmospheric Ocean project (TAO) merupakan sebuah proyek penelitian hasil kerjasama antara United States National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) dan Japan Agency for Marine-earth Science and Technology (JAMSTEC). Saat ini telah terpasang 70 (tujuh puluh) buoy di Samudera Pasifik ekuator. Buoy ini melakukan pengamatan meteorology dan oseanografi dan mengirimkan datanya via system satelit ARGOS. Salah satu parameter yang diamati buoy ini adalah suhu laut pada berbagai lapisan kedalaman. Jaringan buoy ini merupakan salah satu komponen utama dari El Niño/Southern Oscillation (ENSO) Observing System, Global Climate Observing System (GCOS) dan the Global Ocean Observing System (GOOS).

Berbeda dengan Triton Buoy yang bersifat tetap (moored), Drifting Buoy bersifat mengapung sehingga buoy ini selalu bergerak mengikuti gelombang dan arus laut. Karena sifatnya yang selalu bergerak ini maka lokasi pengamatan drifting buoy-

pun tidak selalu tetap dan menjangkau daerah pengamatan yang cukup luas. Selain itu drifting buoy juga hanya melakukan pengamatan pada lapisan permukaan laut hingga maksimal kedalaman 15 meter, berbeda dengan *moored buoy* yang dapat melakukan pengamatan hingga kedalaman 750 meter.



Gambar 2.5. Foto Triton Buoy (kiri) dan skema Triton Buoy (kanan) (Kuroda, 2005).

Drifting buoy yang saat ini beroperasi memiliki karakteristik masing-masing. Tiap jenis buoy tersebut memiliki karakteristik masing-masing sesuai dengan misi dan aplikasinya. Namun pada umumnya Drifting Buoy ini digunakan untuk melakukan pengamatan unsur-unsur meteorologi dan oseanografi. Drifting buoy yang digunakan untuk mengamati unsur-unsur meteorologi pertama kali diluncurkan sekitar tahun 1970 melalui kegiatan yang disebut *First GARP Global Experiment (FGGE)*.

Data Buoy yang digunakan dalam penelitian ini, baik TAO Triton Buoy maupun Drifting Buoy adalah data buoy yang dikelola oleh *Data Buoy Cooperation*

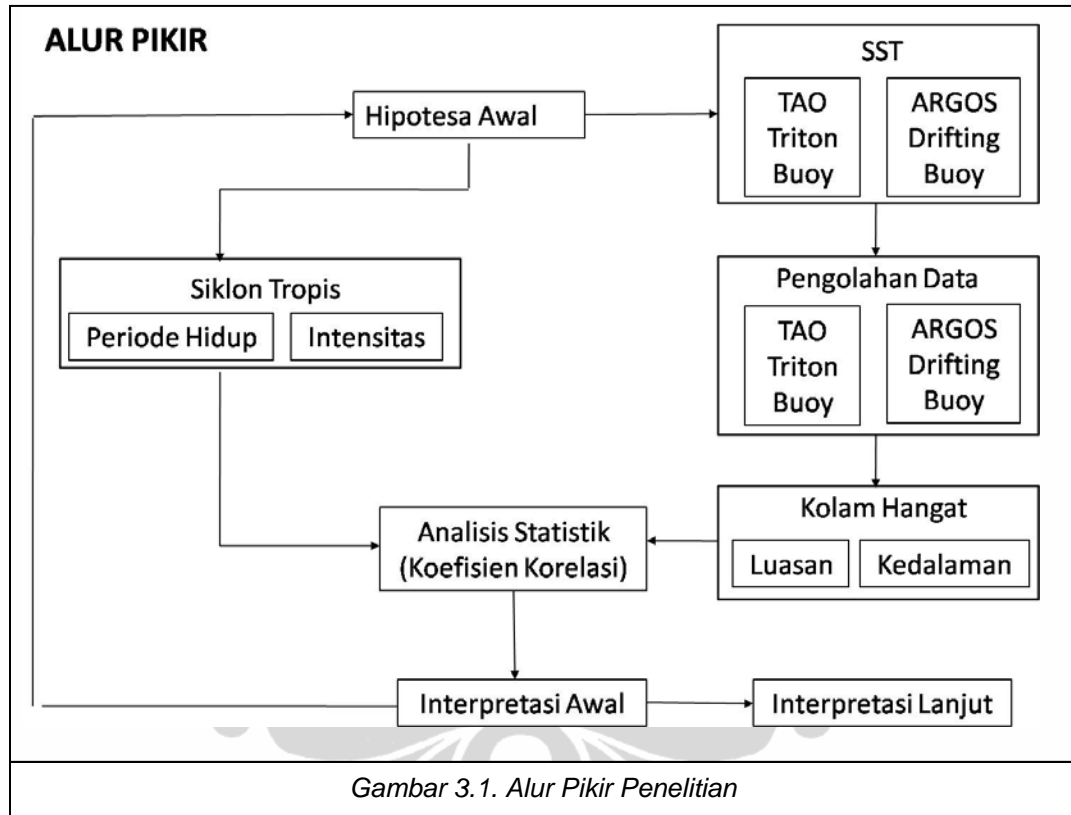
Panel (DBCP), sebuah lembaga resmi hasil kerjasama antara *World Meteorological Organization (WMO)* dan *Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC)*.

Hingga saat ini DBCP mengelola sekitar 1119 drifting buoy dan 257 moored buoy (*DBCP Implementation Strategy, 2008*). Data hasil pengamatan buoy yang dikelola DBCP dikirim ke *Global Telecommunication System (GTS)* melalui satelit Argos. Setelah data terkirim ke GTS, maka data tersebut dapat diakses oleh berbagai pihak termasuk lembaga meteorologi resmi diseluruh dunia.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Kerangka Teoritis

3.1.1. Alur Pikir



3.1.2. Pendekatan Studi

Pendekatan dalam penelitian ini dilakukan melalui analisis deskriptif atas dasar teori tentang siklon tropis dan teori tentang kolam hangat yang telah diungkapkan oleh para ahli. Pendekatan statistik dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabilitas kolam hangat di Samudera Pasifik barat laut terhadap siklon tropis diperairan tersebut.

3.1.3. Variabel Penelitian

1. Variabel Siklon Tropis

a. Periode hidup siklon tropis

Data periode hidup siklon tropis dapat diketahui dari data tanggal dan jam pertumbuhan siklon tropis hingga tanggal dan jam punahnya.

b. Intensitas siklon tropis

Intensitas siklon tropis diperoleh dari data kecepatan angin dan selanjutnya dibuat klasifikasi berdasarkan kecepatan angin maksimum disekitar pusat siklon.

2. Variabel data kolam hangat :

a. Luasan kolam hangat

Data luasan kolam hangat didapat dengan cara menggambar isotherm 28°C suhu muka laut harian *Buoy* selama periode siklon, setelah poligon isotherm didapat selanjutnya dihitung luasannya. Kemudian data luasan kolam hangat harian ini dirata-ratakan selama periode siklon tropis, selanjutnya data ini disebut sebagai luasan kolam hangat.

b. Kedalaman kolam hangat

Data kedalaman kolam hangat didapat dengan cara menginterpolasi data suhu muka laut *Triton Buoy* pada beberapa kedalaman sehingga didapat kedalaman isotherm suhu 28°C .

3.2. Data dan Perangkat

3.2.1. Data Siklon Tropis

Data harian siklon tropis di Samudera Pasifik Barat Laut selama 3 tahun (2006 – 2008) yang diperoleh dari *Regional Specialized Meteorological Centre (RSMC) Tokyo*.

3.2.2. Data Suhu Laut

Data suhu laut yang digunakan penelitian ini berasal dari 2 (dua) wahana pengamatan yang berbeda, yaitu :

3.2.2.1. Drifting Buoy

Buoy ini melakukan pengamatan suhu muka laut harian pada 1 (satu) lapisan kedalaman, yaitu pada lapisan permukaan laut. Mengingat perangkat *Drifting Buoy* ini terus bergerak, maka jumlah data pengamatan didalam wilayah penelitian juga bervariasi, bergantung pada lamanya periode hidup siklon tropis dan jumlah *Drifting Buoy* yang berada didalam wilayah penelitian.

Data *Drifting Buoy* ini sudah terdaftar di sistem komunikasi data global yang diatur oleh *World Meteorological Organization (WMO)*. Pengambilan data dilakukan melalui sarana *Automatic Message Switching System (AMSS)* yang tersedia di kantor pusat Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

Berhubung BMKG baru mulai menggunakan sistem ini pada pertengahan tahun 2006, maka data yang tersedia mulai dari bulan mei 2006 hingga saat ini. Data suhu muka laut dari *Drifting Buoy* ini digunakan untuk menghitung luasan kolam hangat.

3.2.2.2. TAO Triton Bouy

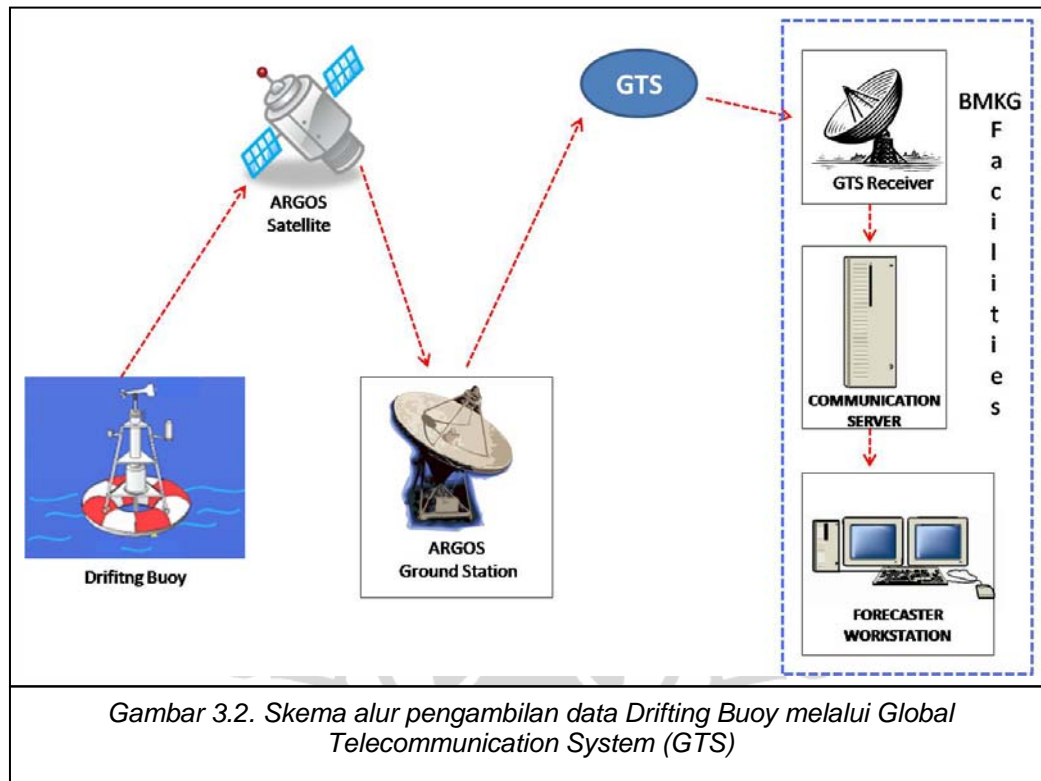
Buoy ini melakukan pengamatan suhu muka laut pada beberapa lapisan kedalaman, yaitu 1.5, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300 dan 500 meter. Terdapat 7 (tujuh) buah TAO Triton Buoy yang datanya digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Buoy 1 pada posisi 5° LU dan 137° BT
2. Buoy 2 pada posisi 5° LU dan 147° BT
3. Buoy 3 pada posisi 5° LU dan 156° BT
4. Buoy 4 pada posisi 5° LU dan 165° BT
5. Buoy 5 pada posisi 8° LU dan 137° BT
6. Buoy 6 pada posisi 8° LU dan 156° BT
7. Buoy 7 pada posisi 8° LU dan 165° BT

Data diperoleh dengan cara mengunduh dari website TAO Triton buoy :

http://www.pmel.noaa.gov/tao/data_deliv/deliv.html

Data yang digunakan adalah data suhu muka laut harian pada kedalaman 1,5 meter hasil pengamatan jam 12.00 UTC dari tahun 2006 hingga 2008. Data suhu muka laut dari TAO Triton Buoy ini digunakan untuk menghitung kedalaman isoterm 28°C yang merupakan isoterm kolom hangat.



3.2.3. Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

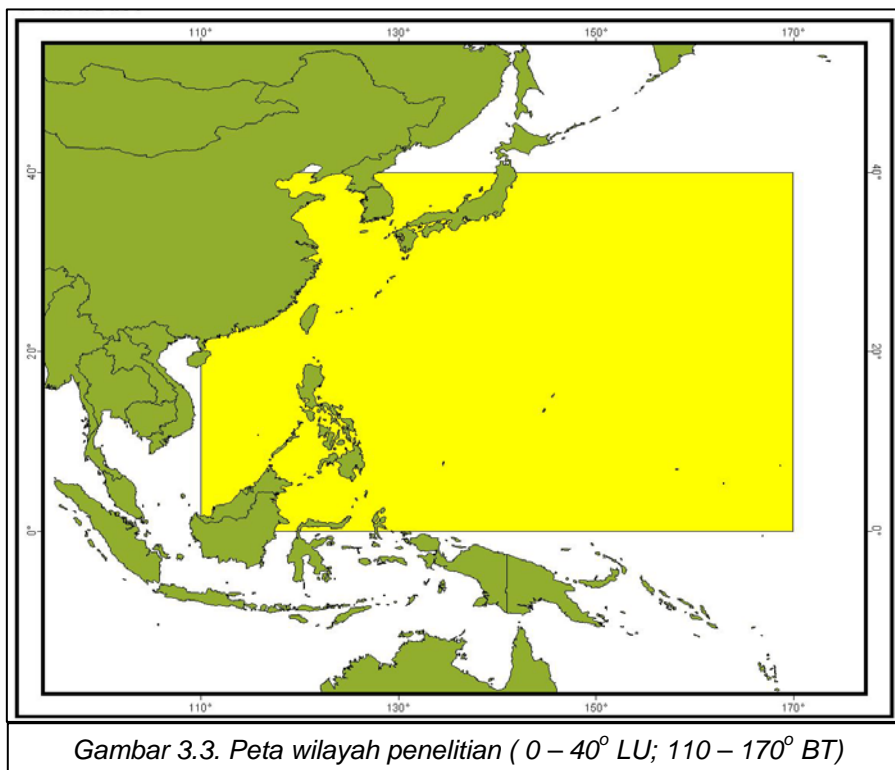
1. Perangkat keras :

- a. Server komunikasi data yang disebut *Automatic Message Switching System (AMSS)*, digunakan untuk melakukan koneksi dengan jaringan *Global Telecommunication System (GTS)* *World Meteorological Organization (WMO)*, dimana didalamnya terdapat data *Drifting Buoy* yang akan diunduh.

- b. Komputer Fotrecaster Workstation, digunakan untuk menampilkan dan mengunduh data *Drifting Buoy* dari GTS melalui server AMSS.
 - c. Komputer Pengolah Data, digunakan untuk mengunduh data TAO Triton Buoy, membuat peta kolam hangat, mengolah dan menganalisa data.
2. Perangkat lunak :
- a. Synergie 4.3, digunakan untuk menampilkan dan mengunduh data *Drifting Buoy* dari GTS. Selain itu Synergie 4.3. juga digunakan untuk melakukan proses filter awal data suhu muka laut dari *Drifting Buoy*.
 - b. ArcView 3.2, digunakan untuk memetakan suhu muka laut dan menghitung luasan kolam hangat. Selain itu ArcView 3.2. juga digunakan untuk melakukan proses filter awal data siklon tropis, yaitu untuk memilih siklon tropis yang tumbuh didalam wilayah penelitian.
 - c. Microsoft Excell 2007, digunakan untuk memfilter (memilah) data suhu muka laut, mengolah data dan melakukan analisis statistik. Untuk melakukan Penyaringan data dibuat suatu *command line* sehingga proses Penyaringan dapat berlangsung secara otomatis.

3.3. Lingkup Penelitian

Wilayah penelitian adalah Samudera Pasifik bagian barat laut, tepatnya antara 110° BT – 170° BT dan 0° – 40° LU. Domain ini dipilih karena beberapa alasan, antara lain pada daerah tersebut merupakan daerah pertumbuhan dan lintasan siklon tropis, merupakan daerah kolam hangat seperti yang diungkapkan oleh Wyrcki, 1985 dan pada daerah tersebut terdapat moored buoy dan drifting buoy yang datanya dapat digunakan untuk menentukan luasan dan kedalaman kolam hangat.



3.4. Pengolahan Data

3.4.1. Penyaringan Data

a. Penyaringan data siklon tropis

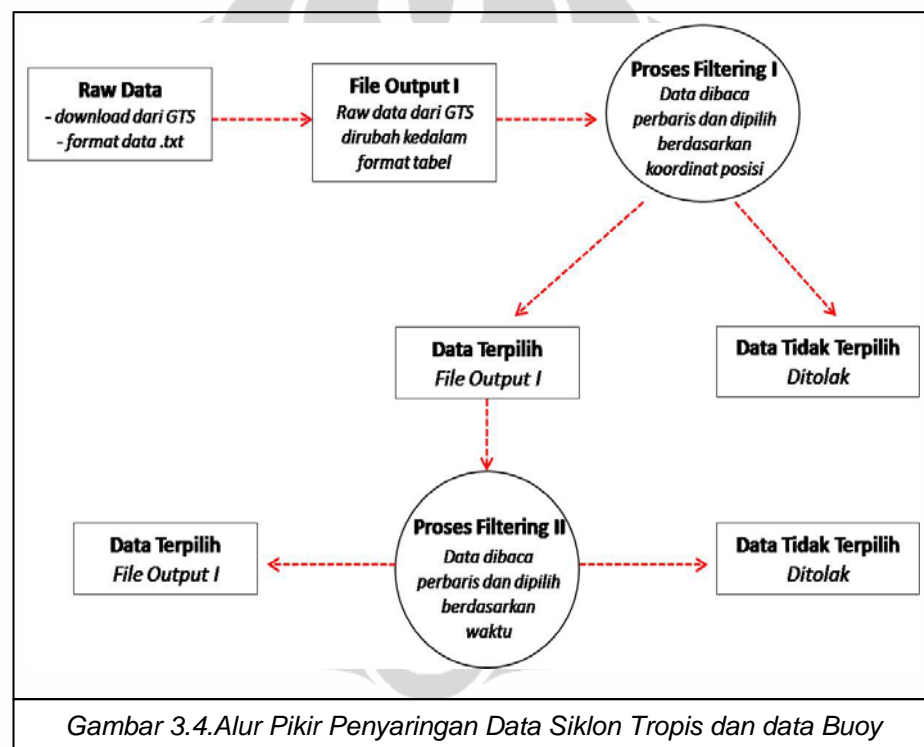
Penyaringan data siklon tropis dilakukan secara 3 (tiga) tahap, yaitu :

- 1) Penyaringan secara spasial, yaitu dengan melakukan plotting data posisi siklon tropis, hanya siklon tropis yang tumbuh didalam wilayah penelitian saja yang diteliti.
- 2) Mengecek ketersediaan data suhu muka laut dari TAO Triton Buoy dan Drfiting Buoy. Data siklon tropis yang diteliti hanya yang pada periode hidupnya tersedia data suhu muka laut dari TAO Triton Buoy dan Drfiting Buoy. Khusus untuk data suhu laut Drifiting Buoy, siklon tropis akan dipilih untuk diteliti lebih lanjut apabila selama

periode hidupnya terdapat minimal 1 (satu) hari data suhu muka laut dari Drifting Buoy.

b. Penyaringan data TAO Triton Buoy

Sebagaimana disebutkan dalam Bab 3.1.2.2 diatas, ada 7 (tujuh) TAO Triton Buoy yang datanya akan digunakan dalam penelitian ini. Selanjutnya pemilihan data didasarkan tanggal periode hidup siklon tropis. Data yang digunakan hanya data harian suhu muka laut selama periode siklon tropis.



c. Penyaringan data Drifting Buoy

Penyaringan data siklon tropis dilakukan secara 2 (dua) tahap, yaitu :

- 1) Penyaringan secara spasial, yaitu dengan melakukan plotting data posisi Drifting Buoy, hanya buoy yang berada didalam wilayah penelitian saja yang diteliti.
- 2) Pemilihan data Drifting Buoy berdasarkan tanggal periode hidup siklon tropis. Data awal yang diperoleh adalah data pengamatan

suhu muka laut tiap jam, selanjutnya data yang dipilih hanya data pengamatan jam 12.00 UTC, untuk menyesuaikan dengan data hasil pengamatan TAO Triton Buoy. Setelah itu difilter lagi untuk memilih data pengamatan pada tanggal-tanggal selama periode siklon tropis. Data yang dipilih adalah data yang pada tanggal tersebut terdapat kejadian siklon tropis.

3.4.2. Penghitungan kedalaman kolam hangat

Data yang digunakan untuk menghitung kedalaman kolam hangat adalah data suhu laut dari TAO Triton Buoy yang telah difilter. Dari data tersebut kemudian dicari lapisan pengamatan mana saja yang diantaranya terdapat isotherm 28°C. Setelah diketahui dua lapisan pengamatan yang diantaranya terdapat isotherm 28°C, selanjutnya dilakukan proses interpolasi untuk mengetahui kedalaman kolam hangat. Interpolasi dilakukan dengan menggunakan rumus interpolasi :

$$h_{28} = h_1 \left[\frac{(h_1 - h_2) \times (t_1 - 28)}{(t_1 - t_2)} \right]$$

Dimana :

h_{28} = Kedalaman isotherm 28°C

h_1 = Kedalaman lapisan pengamatan dengan suhu > 28°C

h_2 = Kedalaman lapisan pengamatan dengan suhu < 28°C

t_1 = Suhu hasil pengamatan pada lapisan h_1

t_2 = Suhu hasil pengamatan pada lapisan h_2

3.4.3. Pengolahan data secara spasial

- a. Plotting data suhu muka laut dari Drifting buoy dan TAO Triton buoy yang telah difilter dan diinterpolasi.

- b. Pembuatan kontur isotherm suhu muka laut yang dikelompokkan menjadi 7 (tujuh) kelas,
- c. Menghitung rata-rata luasan isotherm 28°C yang merupakan isotherm kolam hangat selama periode siklon tropis. Penghitungan rata-rata luasan dilakukan secara spasial karena kondisi Drifiting Buoy yang selalu bergerak mengikuti gelombang dan arus laut. Hal ini menyebabkan jumlah data Drifiting Buoy selama periode siklon tropis tidak selalu sama. Penghitungan rata-rata dilakukan dengan cara :
 - 1) Menampalkan seluruh peta harian kolam hangat selama periode siklon tropis dan kemudian merata-ratakannya secara spasial sehingga dihasilkan satu peta luasan rata-rata. Proses perataan secara spasial dilakukan dengan menggunakan fungsi Map Calculator yang ada di perangkat lunak ArcView.
 - 2) Dari peta rata-rata kolam hangat tersebut dapat diketahui jumlah sel dari isotherm 28°C. Jumlah sel ini dapat diketahui dengan menggunakan fungsi Reclassification pada perangkat lunak ArcView.
 - 3) Dari informasi properties perangkat lunak ArcView diketahui bahwa ukuran satu sel adalah $0,02^\circ \approx 2,222 \text{ Km}$, jadi ukuran luasan satu sel adalah $4,937 \text{ Km}^2$.
 - 4) Dengan mengetahui ukuran sel maka dapat dihitung luasan isotherm 28°C, yaitu dengan cara mengkalikan jumlah sel dengan ukuran sel.

3.5. Analisis Data

Untuk menjawab pertanyaan nomor 1 (satu) digunakan metode spasial, yaitu dengan cara membuat peta kolam hangat untuk selanjutnya dilihat variabilitas luasannya, sedangkan untuk mengetahui variabilitas kedalaman dapat diketahui dari hasil pengolahan data. Sementara untuk menjawab

pertanyaan nomor 2 (dua) digunakan metode statistic, yaitu Analisis Korelasi Product Moment dan Analisis Uji Signifikansi.

3.5.1. Analisis Korelasi Product Moment

Analisis data dilakukan secara statistic, yaitu metode hipotesis asosiatif untuk menghitung koefisien korelasi. Metode korelasi yang digunakan adalah korelasi Product Moment, yang memiliki rumus :

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 y^2}}$$

Adapun variable penelitian yang akan dikorelasikan adalah :

- a. Luasan kolam hangat terhadap intensitas hidup siklon tropis
- b. Luasan kolam hangat terhadap periode siklon tropis
- c. Kedalaman kolam hangat terhadap periode hidup siklon tropis
- d. Kedalaman kolam hangat terhadap intensitas siklon tropis

Untuk mengetahui tingkat hubungan antara variable-variable diatas, digunakan table pedoman berikut :

Tabel 3.1. Pedoman Interpretasi Terhadap Koefisien Korelasi (Sugiyono, 2009).

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

3.5.2. Analisis Uji Signifikansi Koefisien Korelasi

Setelah koefisien korelasi dari keempat hubungan diatas diketahui, selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi korelasi. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah koefisien korelasi hasil perhitungan tersebut signifikan atau tidak.

Rumus uji signifikansi yang digunakan adalah :

$$t = \frac{r \sqrt{n-2}}{r \sqrt{1-r^2}}$$

dimana :

t = nilai uji signifikansi hasil perhitungan

r = koefisien korelasi

n = jumlah data.

Selanjutnya hasil perhitungan uji signifikansi (t hitung) diatas dibandingkan dengan nilai t Tabel Product Moment dengan menggunakan taraf signifikansi 5%. Dari hasil perbandingan ini dapat terlihat apakah tingkat hubungan kedua variable tersebut signifikan atau tidak.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum

Dari hasil Penyaringan data siklon tropis, terdapat 40 (empat puluh) siklon tropis yang terpilih untuk diteliti lebih lanjut. Pada umumnya keempat puluh siklon tropis ini memiliki pola gerakan baratan dengan beberapa siklon tropis memiliki variasi gerakan berbelok ke arah barat laut dan utara. Siklon tropis yang tumbuh pada posisi paling selatan adalah siklon tropis Ewiniar, yaitu pada posisi $7,5^{\circ}$ LS, sedangkan yang tumbuh paling utara adalah siklon tropis Maria, yaitu pada posisi $25,6^{\circ}$ LS.

Dilihat dari intensitasnya, diketahui bahwa siklon tropis yang memiliki kecepatan angin maksimum paling kuat adalah siklon tropis Jangmi, yaitu 115 knot dan yang paling lemah adalah siklon tropis Wutip dan Higos, yaitu 35 knot. Sedangkan bila dilihat dari periode hidupnya, siklon tropis yang memiliki periode hidup paling lama adalah siklon tropis Sinlaku, yaitu selama 294 jam, dan yang tersingkat adalah siklon tropis Francisico, yaitu selama 24 jam. Gambaran jumlah dan prosentase kejadian siklon tropis berdasarkan intensitas dan periode hidupnya dapat dilihat pada tabel 3.1. dibawah ini :

Tabel 4.1. Jumlah dan prosentase kejadian Siklon Tropis berdasarkan intensitas dan periode hidupnya

		Jumlah	Prosentase (%)
Intensitas	Sangat Kuat	12	30,0
	Kuat	7	17,5
	Sedang	8	20,0
	Lemah	7	17,5
	Sangat Lemah	6	15,0
Periode Hidup	Sangat Lama	1	2,5
	Lama	3	7,5
	Sedang	15	37,5
	Singkat	11	27,5
	Sangat Singkat	10	25,0

Dari hasil pengolahan data suhu muka laut didapati bahwa luasan dan kedalaman kolom hangat cukup bervariasi. Luasan kolom hangat terbesar terjadi selama periode siklon tropis Sinlaku, yaitu sebesar 21.445.527,5 Km², sedangkan luasan terkecil terjadi pada saat periode siklon tropis Utor, yaitu sebesar 11.223.048,6 Km². Sedangkan dari kedalaman kolom hangat, diketahui bahwa kolom hangat terdalam terjadi pada saat periode siklon tropis Peipah, yaitu sebesar 102,5 meter dan kolom hangat ter dangkal terjadi saat periode siklon tropis Utor, yaitu 56,3 meter. Dilihat dari batas utaranya, diketahui bahwa batas kolom hangat paling utara terjadi pada saat periode siklon tropis Fitow, yaitu pada 40° LU dan paling selatan adalah pada saat periode siklon tropis Utor, yaitu pada 11° LS.

4.2. Hasil Pengolahan Data

4.2.1. Pengklasifikasian Data

Untuk menunjukkan intensitas siklon tropis digunakan data kecepatan angin di pusat siklon tropis. Berdasarkan kecepatan angin maksimum disekitar pusat siklon, intensitas siklon tropis diklasifikasikan menjadi 5 (lima) kategori, yaitu :

- Siklon tropis sangat kuat, dengan kecepatan angin maksimum > 95 knots
- Siklon tropis kuat, dengan kecepatan angin maksimum $\leq 80,1$ hingga ≥ 95 knots
- Siklon tropis sedang, dengan kecepatan angin maksimum $\leq 65,1$ hingga ≥ 80 knots
- Siklon tropis lemah, dengan kecepatan angin maksimum $\leq 50,1$ hingga ≥ 65 knots
- Siklon tropis sangat lemah, dengan kecepatan angin maksimum < 50 knots

Sedangkan berdasarkan periode hidupnya, siklon tropis diklasifikasikan menjadi 5 (lima) kelompok, yaitu :

- siklon tropis dengan periode hidup sangat lama, yaitu siklon tropis dengan periode hidup > 288 jam,
- siklon tropis dengan periode hidup lama, yaitu siklon tropis dengan periode hidup ≤ 222 hingga ≥ 288 jam,
- siklon tropis dengan periode hidup sedang, yaitu siklon tropis dengan periode ≤ 150 hingga ≥ 216 jam,
- siklon tropis dengan periode hidup singkat, yaitu siklon tropis dengan periode hidup ≤ 72 hingga ≥ 144 jam,
- siklon tropis dengan periode hidup sangat singkat, yaitu siklon tropis dengan periode hidup < 72 jam

4.2.2. Penyaringan/filtering Data

Jumlah data mulai dari data mentah hingga proses Penyaringan II dapat dilihat pada table 4.2. dibawah ini :

Tabel 4.2. Jumlah data hasil Penyaringan

Jenis Data	Raw Data	Penyaringan I	Penyaringan II
Siklon Tropis	69	61	40
Triton Buoy	16.425	4.417	1.383
Drifiting Buoy	9.417.000	220.840	7.820

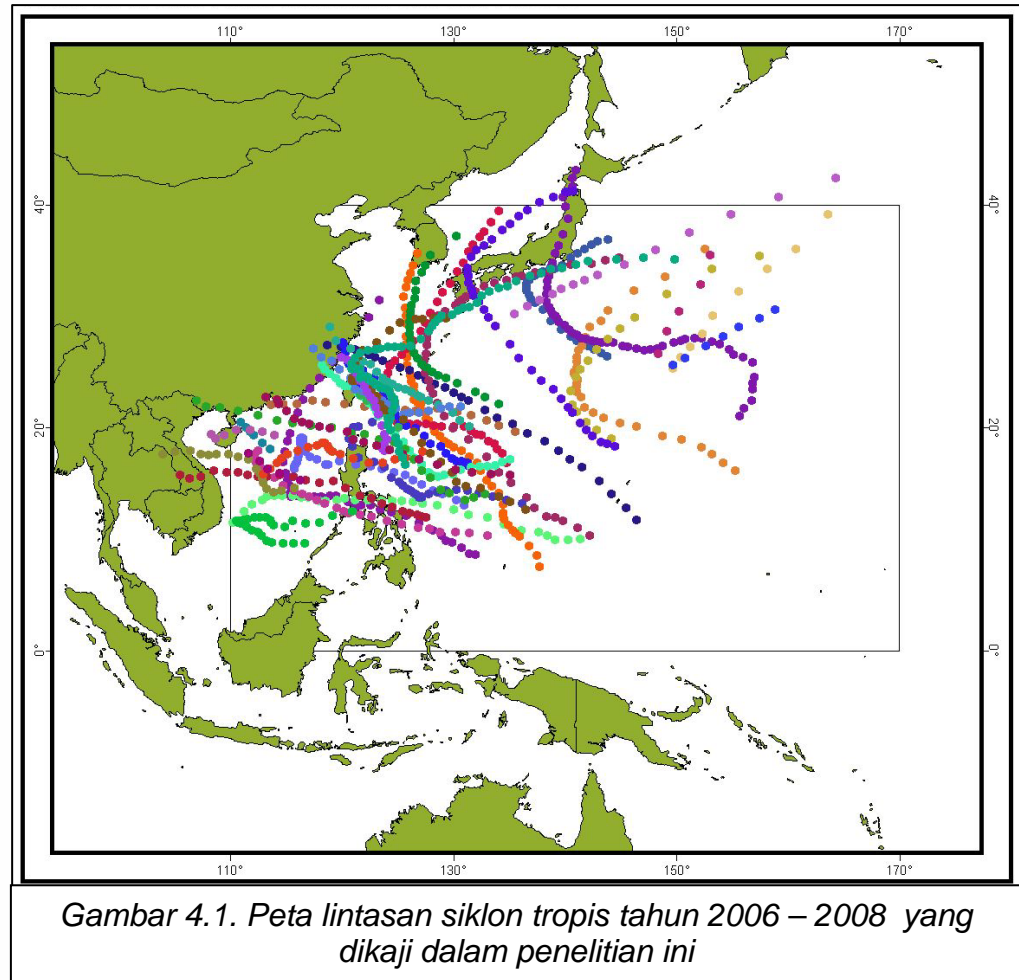
a. Filtering Data Siklon Tropis

Setelah dilakukan filtering secara spasial dan pengecekan ketersediaan data suhu muka laut, maka didapati ada 40 (empat puluh) siklon tropis yang akan diteliti, yaitu 12 (dua belas) siklon tropis tahun 2006, 17 (tujuh belas) siklon tropis tahun 2007 dan 11 (sebelas) siklon tropis tahun 2008. Data lengkap dapat dilihat pada Lampiran III.

b. Filtering Data TAO Triton Buoy

Dari 7 (tujuh) buoy yang digunakan didapati bahwa seluruhnya memiliki data yang diperlukan berdasarkan tanggal kejadian siklon tropis. Terdapat

280 (dua ratus delapan puluh) data suhu laut TAO Triton Buoy yang digunakan dalam penelitian ini. Data lengkap dapat dilihat pada Lampiran IV.



c. Filtering Data Argos Drifting Buoy

Argos Drifting Buoy merupakan wahana pengamatan suhu laut yang mengapung. Dengan kondisi yang mengapung ini, maka Argos Drifting Buoy selalu bergerak mengikuti gelombang dan arus laut, hal ini menyebabkan jumlah data Argos Drifting Buoy selama periode siklon tropis tidak selalu sama. Dari hasil filtering didapati jumlah data Argos Drifting Buoy cukup bervariasi dari puluhan hingga ratusan data

perharinya. Jumlah data terbanyak, yaitu 210 data terdapat pada tanggal 8 Agustus 2007 ketika terjadi siklon tropis Wutip dan data paling sedikit pada tanggal 26 Nopember 2006 ketika terjadi siklon tropis Durian. Data lengkap Argos Drifting Buoy dapat dilihat pada Lampiran V.

4.2.3. Kedalaman Kolam Hangat

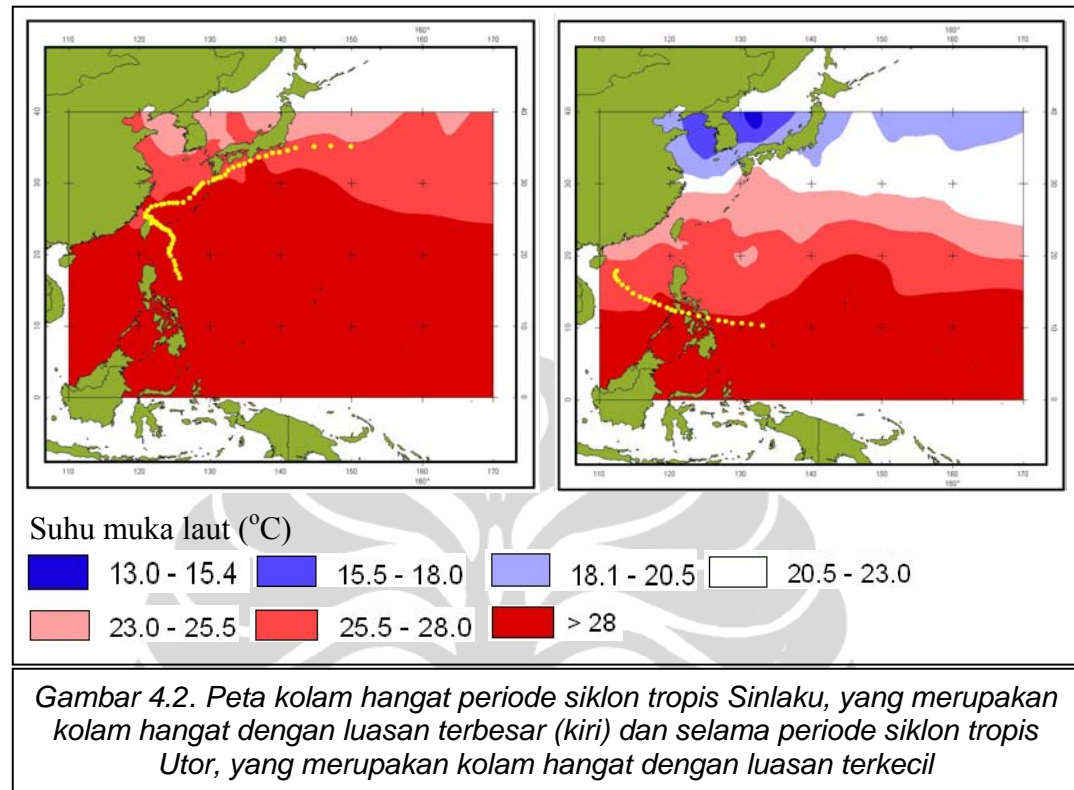
Dari hasil filtering secara spasial diketahui bahwa ada 7 (tujuh) buah TAO Triton Buoy yang masuk didalam wilayah penelitian, sehingga datanya dapat digunakan untuk menentukan kedalaman isoterm 28°C yang merupakan isoterm kedalaman kolam hangat.

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa kedalaman isoterm 28°C cukup bervariasi. Kondisi terdalam adalah 130,24 meter terjadi pada tanggal 19 Oktober 2007 pada saat terjadinya siklon tropis Kajiki yang teramati oleh buoy t5n165e, sedangkan kondisi terdangkal adalah 36,25 meter, terjadi pada tanggal 10 Juli 2007 yaitu pada saat terjadinya siklon tropis Man Yi. Sedangkan bila dilihat dari rata-ratanya, isoterm terdalam adalah 102,5 meter yang terjadi selama periode siklon tropis Peipah dan isoterm terdangkal adalah 56,3 meter yang terjadi selama periode siklon tropis UTOR. Data rata-rata kedalaman isoterm 28°C selama periode siklon tropis dapat dilihat pada Lampiran VII, sedangkan data lengkap harian dapat dilihat pada Lampiran IV.

4.2.4. Luasan Kolam Hangat

Luasan kolam hangat dapat diketahui dengan melakukan pengolahan data secara spasial. Luasan kolam hangat yang dianalisis adalah luasan rata-rata selama periode siklon tropis.

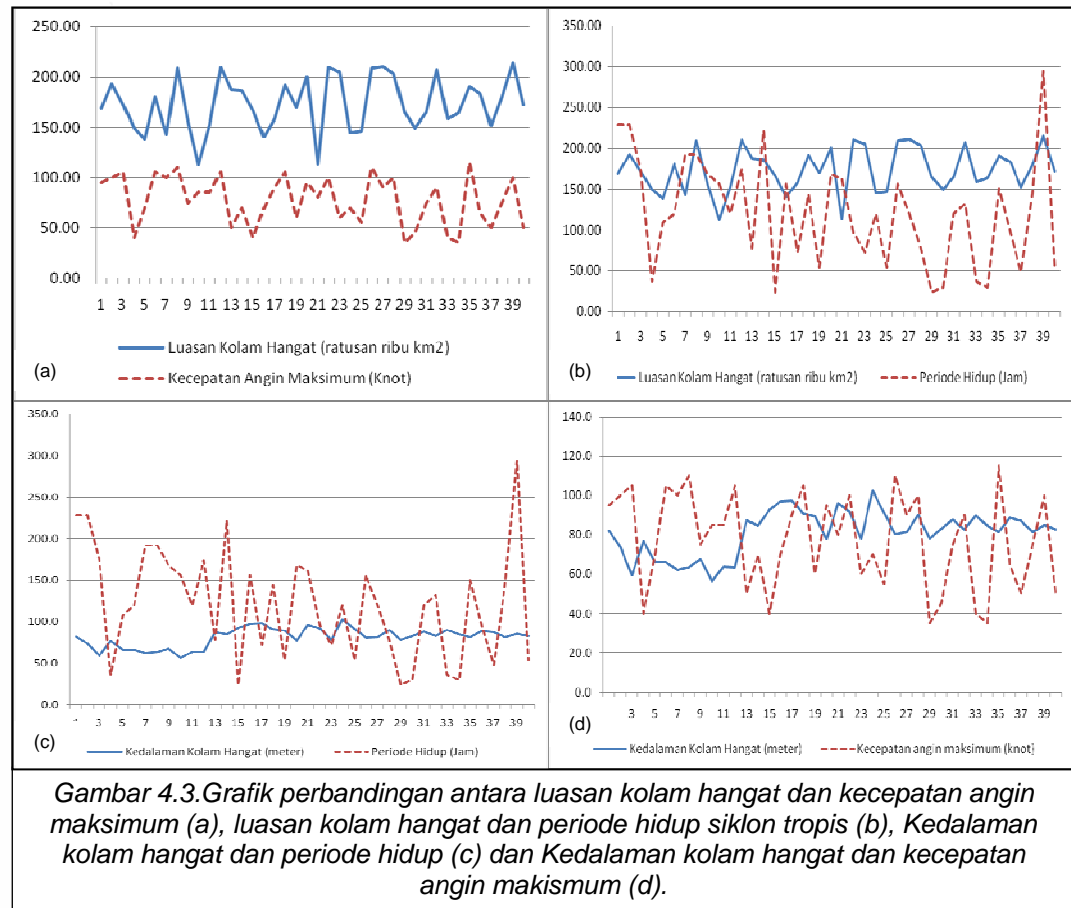
Dari hasil pengolahan data terlihat bahwa luasan rata-rata kolam hangat untuk tiap periode siklon tropis cukup bervariasi. Kolam hangat terluas adalah $21.445.527,5 \text{ Km}^2$ yang terjadi selama periode siklon tropis Sinlaku. Sedangkan luasan terkecil adalah $11.223.048,6 \text{ Km}^2$ yang terjadi selama periode siklon tropis Utor.



4.3. Hasil Analisis Korelasi

Analisis korelasi dengan menggunakan metode analisis koefisien korelasi Product Momen menunjukkan hasil yang cukup menarik, yaitu tidak adanya hubungan korelasi yang kuat secara satu persatu antar variabel. Contohnya adalah pada saat periode siklon tropis Utor, dari intensitasnya, siklon tropis ini masuk kedalam kategori siklon tropis kuat, namun dilihat dari luasan kolam hangatnya diketahui bahwa luasannya merupakan yang paling kecil dan kedalaman kolam hangatnya merupakan yang paling dangkal. Sementara itu kondisi berkebalikan terlihat pada saat kejadian siklon tropis Sinlaku. Dilihat dari intensitas dan periode hidupnya, siklon tropis ini merupakan yang paling kuat dan paling lama, kondisi ini berhubungan dengan kondisi luasan kolam hangat, yang merupakan luasan terbesar. Hal ini

menunjukkan bahwa tidak ada hubungan korelasi kuat secara satu persatu antara variabel kolam hangat dan variabel siklon tropis.



Hasil analisis ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh *Benestad, 2009* yang mengungkapkan bahwa tidak ada hubungan secara satu persatu antara kolam hangat dengan frekwensi pertumbuhan siklon tropis. Selain itu hasil analisis ini juga sejalan dengan hasil yang diungkapkan oleh *Evans, 1991* bahwa jika hanya variable suhu muka laut maka belum cukup kuat untuk mempengaruhi intensitas dan frekwensi pertumbuhan siklon tropis, diperlukan variable-variabel atmosfer dinamis lain yang mempengaruhi. Secara umum dapat dikatakan bahwa, diantara 4 (empat) variabel penelitian, hanya korelasi antara luasan kolam hangat dan intensitas iklon tropis saja yang

memiliki tingkat hubungan yang cukup kuat, sementara pada tiga variabel lain tidak terlihat adanya korelasi yang cukup kuat.

Korelasi yang tidak cukup kuat terutama terlihat pada variabel kedalaman kolam hangat, baik dalam korelasinya dengan intensitas maupun periode hidup. Kondisi ini mungkin terjadi karena posisi Triton Buoy yang merupakan sumber data kedalaman kolam hangat tidak tersebar secara merata di wilayah penelitian. Triton Buoy hanya terdapat dibagian selatan wilayah penelitian, yaitu pada paling utara pada lintang 8° , lebih utara dari itu tidak terdapat Triton Buoy.

Nilai koefisien korelasi dengan menggunakan metode koefisien korelasi product momen dan uji signifikansi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.3. Hasil penghitungan koefisien korelasi dan uji signifikansi.

	Koefisien korelasi	Nilai Uji Sginifikansi	
		t hitung	t tabel
Luasan kolam hangat dan intensitas siklon tropis	0,438	3,003	0,312
Luasan kolam hangat dan periode hidup siklon tropis	0,251	1,598	
Kedalaman kolam hangat dan intensitas siklon tropis	-0,331	-2,612	
Kedalaman kolam hangat dan periode hidup siklon tropis	-0,326	-2,126	

Dari tabel 4.3. diatas dapat dijelaskan analisis korelasi antar variabel penelitian sebagai berikut :

4.3.1. Pengaruh Luasan Kolam Hangat Terhadap Intensitas Hidup Siklon Tropis

Dari hasil analisis korelatif didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,438. Hal ini menunjukkan bahwa ada korelasi positif antara luasan kolam hangat dan intensitas siklon tropis dengan tingkat hubungan sedang.

Sementara dari hasil perhitungan uji signifikansi didapatkan angka t hitung sebesar 3,003. Dengan menggunakan taraf signifikansi 5%, dari table r Product moment didapatkan angka t table sebesar 0,312.

Jika kedua nilai tersebut dibandingkan, diketahui bahwa t hitung $>$ t table ($3,003 > 0,312$), hal ini dapat diartikan bahwa koefisien korelasi tersebut adalah signifikan.

Dapat disimpulkan bahwa antara variable luasan kolam hangat dan intensitas siklon tropis terdapat korelasi positif yang signifikan, yaitu ketika luasan kolam hangat semakin besar maka intensitas siklon tropis juga semakin tinggi, dengan tingkat kekuatan hubungan sedang.

4.3.2. Pengaruh Luasan Kolam Hangat Terhadap Periode Hidup Siklon Tropis

Dari hasil analisis korelatif didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,251. Hal ini menunjukkan bahwa ada korelasi positif antara luasan kolam hangat dan periode hidup siklon tropis dengan tingkat hubungan rendah.

Sementara dari hasil perhitungan uji signifikansi didapatkan angka t hitung sebesar 1,598. Dengan menggunakan taraf signifikansi 5% dari table r Product moment didapatkan angka t table sebesar 0,312.

Jika kedua nilai tersebut dibandingkan, diketahui bahwa t hitung $>$ t table ($1,598 > 0,312$), hal ini dapat diartikan bahwa koefisien korelasi tersebut adalah signifikan.

Dapat disimpulkan bahwa antara variable luasan kolam hangat dan periode hidup siklon tropis terdapat korelasi positif yang signifikan dengan tingkat hubungan rendah.

4.3.3. Pengaruh Kedalaman Kolam Hangat Terhadap Intensitas Siklon Tropis

Dari hasil analisis korelatif didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar -0,331. Hal ini menunjukkan bahwa ada korelasi negatif antara kedalaman kolam hangat dan intensitas siklon tropis dengan tingkat hubungan rendah.

Sementara dari hasil perhitungan uji signifikansi didapatkan angka t hitung sebesar $-2,612$. Dengan menggunakan taraf signifikansi 5% dari table r Product moment didapatkan angka t table sebesar $0,312$.

Jika kedua nilai tersebut dibandingkan, diketahui bahwa t hitung $>$ t table ($-2,612 < 0,312$), hal ini dapat diartikan bahwa koefisien korelasi tersebut adalah tidak signifikan.

Dapat disimpulkan bahwa antara variable kedalaman kolom hangat dan intensitas siklon tropis terdapat korelasi negatif yang tidak signifikan dengan tingkat hubungan rendah.

4.3.4. Pengaruh Kedalaman Kolam Hangat Terhadap Periode Hidup Siklon Tropis

Dari hasil analisis korelatif didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar $-0,326$. Hal ini menunjukkan bahwa ada korelasi negatif antara kedalaman kolom hangat dan periode hidup siklon tropis dengan tingkat hubungan rendah.

Sementara dari hasil perhitungan uji signifikansi didapatkan angka t hitung sebesar $-2,126$. Dengan menggunakan taraf signifikansi 5% dari table r Product moment didapatkan angka t table sebesar $0,312$.

Jika kedua nilai tersebut dibandingkan, diketahui bahwa t hitung $>$ t table ($-2,126 < 0,312$), hal ini dapat diartikan bahwa koefisien korelasi tersebut adalah tidak signifikan.

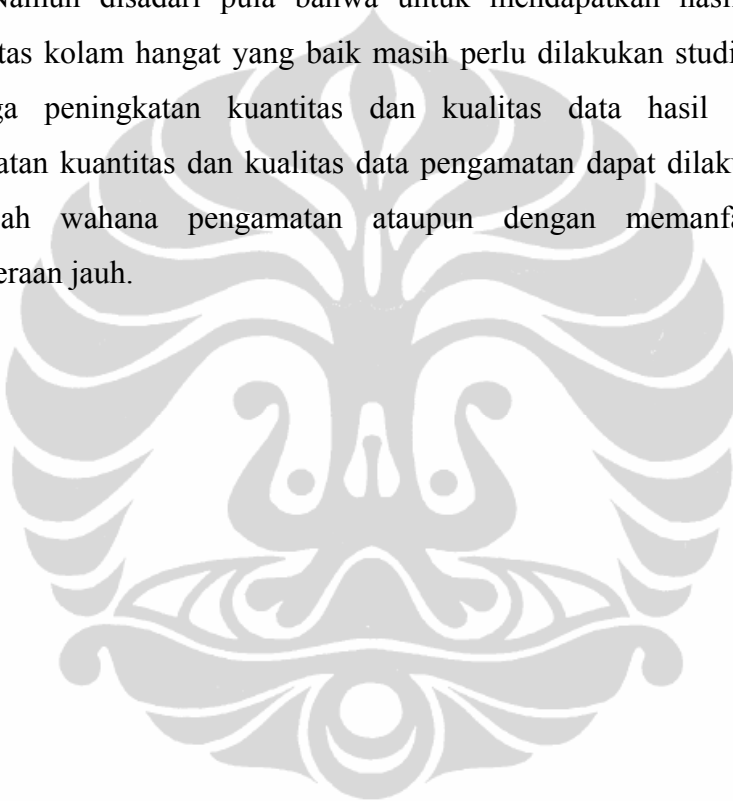
Dapat disimpulkan bahwa antara variable kedalaman kolom hangat dan periode hidup siklon tropis terdapat korelasi negatif yang tidak signifikan dengan tingkat hubungan rendah.

4.4. **Kemanfaatan Hasil Penelitian**

Sebagaimana diketahui bahwa suhu muka laut merupakan salah satu faktor yang turut berperan dalam pertumbuhan siklon tropis. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa variabilitas luasan kolom hangat turut berpengaruh dalam menentukan intensitas siklon tropis.

Hasil ini dapat digunakan salah satu referensi bagi para petugas prakirawan di Tropical Cyclone Warning Centre (TCWC) Jakarta, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Dengan memantau variabilitas kolam hangat, diharapkan akan dapat meningkatkan kemampuan prakirawan BMKG dalam memprediksi pertumbuhan dan perkembangan siklon tropis pada khususnya dan kondisi cuaca ekstrim pada umumnya.

Namun disadari pula bahwa untuk mendapatkan hasil pemantauan variabilitas kolam hangat yang baik masih perlu dilakukan studi lebih lanjut dan juga peningkatan kuantitas dan kualitas data hasil pengamatan. Peningkatan kuantitas dan kualitas data pengamatan dapat dilakukan dengan menambah wahana pengamatan ataupun dengan memanfaatkan data penginderaan jauh.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil pengolahan data suhu muka laut menunjukkan bahwa luasan dan kedalaman kolom hangat cukup bervariasi. Luasan kolom hangat terbesar terjadi selama periode siklon tropis Sinlaku, yaitu sebesar 21.445.527,5 Km², sedangkan luasan terkecil terjadi pada saat periode siklon tropis Utor, yaitu sebesar 11.223.048,6 Km². Sedangkan dari kedalaman kolom hangat, diketahui bahwa kolom hangat terdalam terjadi pada saat periode siklon tropis Peipah, yaitu sebesar 102,5 meter dan kolom hangat ter dangkal terjadi saat periode siklon tropis Utor, yaitu 56,3 meter. Dilihat dari batas utaranya, diketahui bahwa batas kolom hangat paling utara terjadi pada saat periode siklon tropis Fitow, yaitu pada 40° LU dan paling selatan adalah pada saat periode siklon tropis Utor, yaitu pada 11° LS.

Sedangkan dari hasil analisis korelasi diketahui bahwa variabel luasan kolom hangat mempunyai korelasi positif dengan intensitas siklon tropis dan periode hidup siklon tropis. Namun diantara kedua variabel siklon tropis tersebut, variabel intensitas siklon tropis memiliki tingkat kekuatan hubungan yang lebih besar, yaitu sedang, sementara tingkat kekuatan hubungan antara luasan kolom hangat dengan periode hidup siklon tropis adalah rendah. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin luas kolom hangat, berpotensi sedang untuk meningkatkan intensitas siklon tropis. Sementara itu dari variabel kedalaman kolom hangat ditemukan adanya korelasi negatif dengan intensitas dan periode hidup siklon tropis, dengan tingkat kekuatan hubungan yang rendah. Jadi dapat disimpulkan bahwa makin dangkal kolom hangat, berpotensi rendah untuk meningkatkan intensitas dan periode hidup siklon tropis.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa variabilitas luasan kolom hangat dapat dimanfaatkan sebagai salah satu acuan dalam melakukan analisis dan prakiraan siklon tropis. Diharapkan dengan melakukan pemantauan variabilitas kolom hangat, prakirawan cuaca makin memiliki sumber acuan sehingga pada

akhirnya dapat meningkatkan kualitas hasil analisis dan prakiraan siklon tropis pada secara khusus dan cuaca secara umum.

5.2. Saran

Sebagaimana diketahui, penelitian ini lebih bersifat analisis musiman siklon tropis dengan hanya melihat variabel suhu muka laut secara rata-rata untuk tiap periode hidup siklon tropis. Mengingat masih ada faktor dinamika laut dan atmosfer lainnya yang turut berpengaruh dalam proses pembentukan siklon tropis, maka perlu dilakukan penelitian lebih mendalam dengan memasukkan variabel dinamika laut dan atmosfer sebagai variabel penelitian. Diharapkan dengan penambahan variabel ini akan dapat dihasilkan metode prakiraan jangka pendek (*nowcasting*) intensitas siklon tropis. Selain itu untuk meningkatkan kualitas hasil penelitian perlu dilakukan penambahan kuantitas dan kualitas data pengamatan. Hal ini dapat diwujudkan dengan menambah wahana pengamatan ataupun menggunakan data penginderaan jauh.

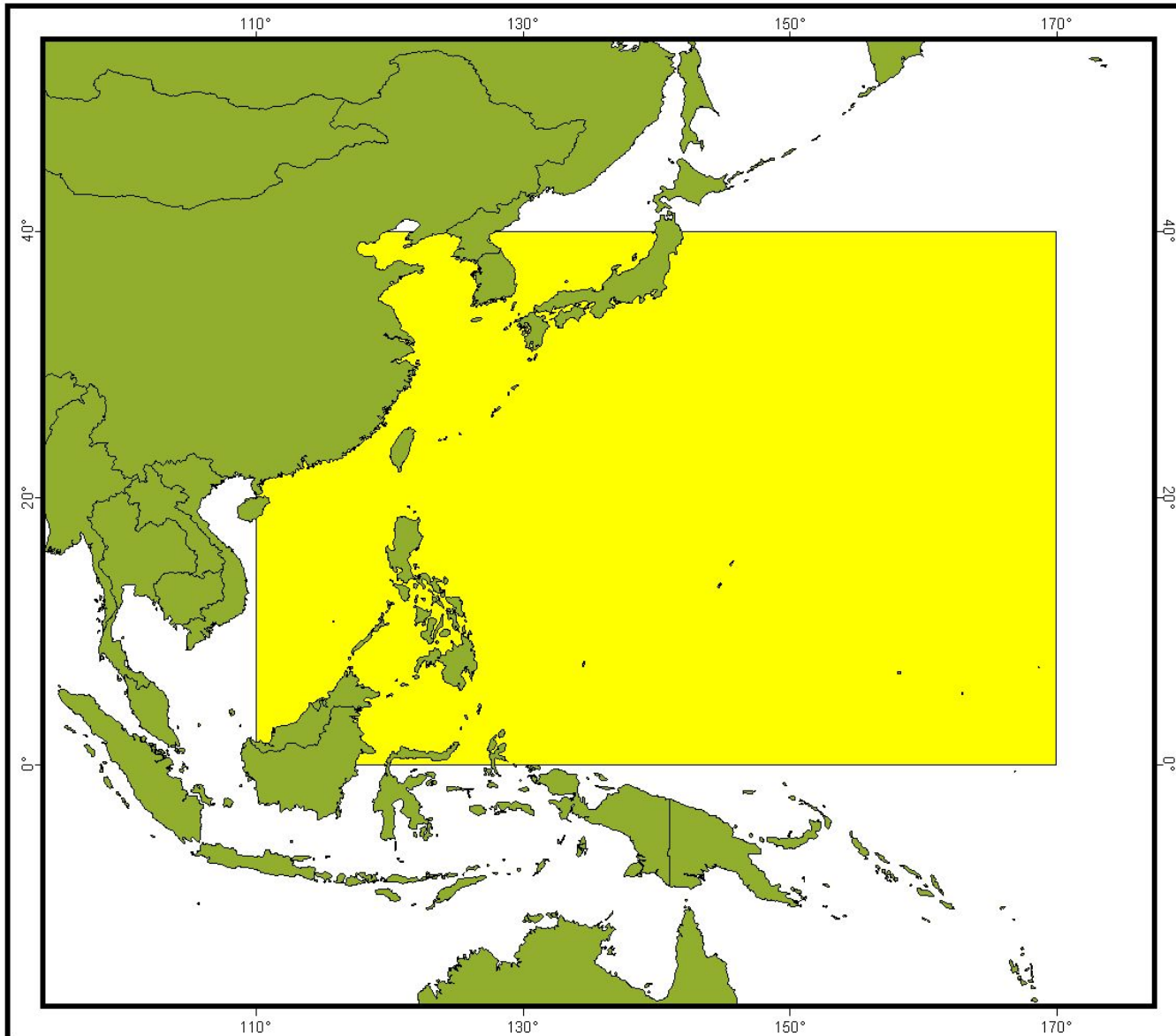
Kedepan diharapkan penelitian tentang kolam hangat ini semakin banyak dilakukan dan fokus penelitian perlu diarahkan kepada analisis dinamika harian dan musiman kolam hangat serta perlu pula mengaitkan dengan fenomena atmosfer global seperti pemanasan global maupun El Nino dan La Nina.

DAFTAR ACUAN

- Adrian, E., 2008, *Meteorologi Laut Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG, Jakarta
- Benestad, R.E., On *Tropical Cyclone Frequency and the Warm Pool Area*, 2009, *Natural Hazard and Earth system Science* Vol. 9.
- Byers, H.R., 1937. *General Meteorology*, Mc.Graw Hill Book Company, New York, Toronto, London
- Cline, I.M., 1926, *Tropical Cyclones*, New York, Macmillan
- Dunn, G., & Banner I.M., 1960, *Atlantic Hurricane*, Louisiana State University Press
- Emanuel, K.A., 1988, *The Maximum Intensity of Troical Cyclones*, *Journal of Atmospheric Science* Vol.45.
- Evans, J.L., 1993, *Sensitivity of Tropical Cyclone Intensity to Sea Surface Temperature*, *Journal of Climate* Vol.6
- Gray, W.M., 1968, *Global View of The Origin of the Tropical Disturbance and Storms*, *Monthly Weather Review* Vol.96.
- Henderson-Sellers, A., Zhang, H., Berz, G., Emanuel, K., Gray, w., Landsea, C., Holland, G., Lighthill, J., Shieh, S-L., Webster, P., Mc.Guffie, K., 1998, *Tropical cyclones and Global Climate Change : A Post-IPCC Assesment*, *Bulletin of the American Meteorological Society* Vol.79
- Knaff, J.A., 1997, *Implications of Summertime Sea Level Pressure Anomalies In The Tropical Atlantic Region*, *Journal of Climate*, American Meteorological Society Vol.10
- Kuroda, Y., 2004, *Present Status of TRITON Surface Mooring Array in the Indo-Pacific Warm Pool*, Ninth Session of the Joint GCOS-GOOS-WCRP Ocean Observations Panel for Climate, 7-10 June 2004, Southampton Oceanography Centre, Southampton,
- Nieuwolt, S., 1977, *Tropical Climatology*, John Wiley & Son Inc., New York, Brisbane, Toronto.

- Ramage, C.S., 1971, *Monsoon Meteorology*, Academic Press. Inc., London
- Riehl, H., 1954, *Tropical Meteorology*, Mc.Graw Hill Book Company, New York, Toronto, London.
- Riehl, H., 1979, *Climate and Weather In The Tropic*,. Academic Press Inc., London.
- Saraswat, R., Nigami, r., Weldeab, S., Mackensen, A., 2007, *The Tropical Warm Pool in the Indian Ocean and its Influence on ENSO over the past 137.000 year BP*, Current Science Vol 92.
- Sugiyono, 2009, *Statistika Untuk Penelitian*, Alfabeta, Bandung
- Sverdrup, H.U., 1943, *Oceanography fo Meteorologist*, Prentice Hall Inc., New York
- Tanheill, I.R., 1938, *Hurricanes, Their Nature and History*, Princeton University Press.
- World Meteorological Organization RA-V Tropical Cyclone Committee, 2010, *Tropical Cyclone Operational Plan for South Pacific and South East Indian Ocean*.
- World Meteorological Organization, 2008, *Data Buoy Cooperation Panel (DBCP) Implementation Strategy*, Twenty Fourth Session Of DBCP Meeting, Cape Town 13 – 16 October 2008
- Wyrcki, K., 1989, *Some Thoughts About The West Pacific Warm Pool*, Proceeding on Western pacific meeting and Workshop on TOGA COARE, Noumea.
- Australian Bureau of Meteorology, www.bom.gov.au
- China Daily, http://www.chinadaily.com.cn/china/2008-09/15/content_7028319.htm)
- Japan Meteorological Agency, www.jma.go.jp
- Wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Typhoon_Sinlaku_\(2008\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Typhoon_Sinlaku_(2008)) .

LAMPIRAN I

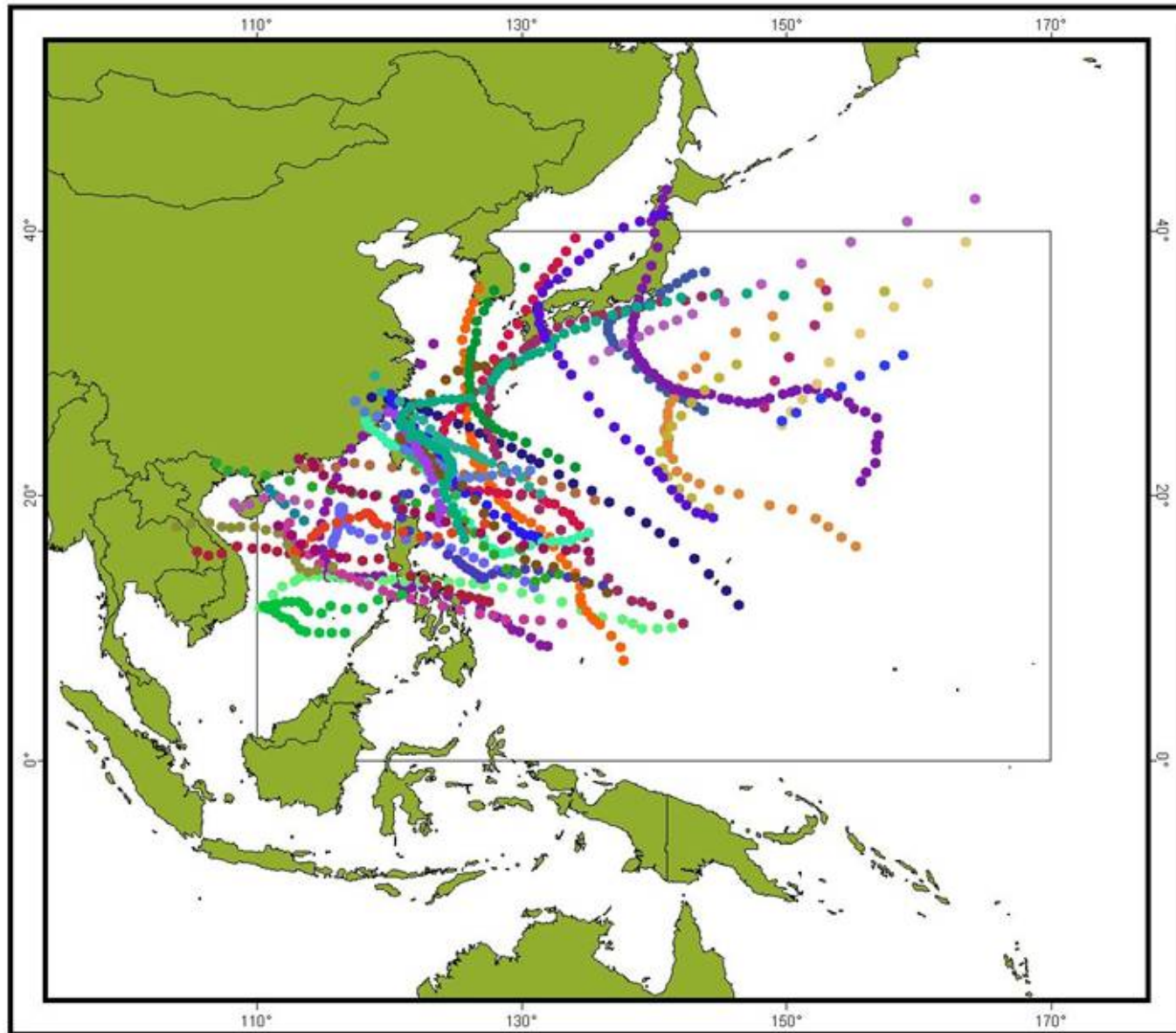


WILAYAH PENELITIAN (110 - 170 BT; 0 - 40 LU)

Lampiran II. Daftar Siklon Tropis Hasil Penyaringan

No.	Nama Siklon Tropis	Periode Hidup	Kec. Angin Maks. (Knot)
1	CHANCHU	9 - 18 Mei 2006	95
2	EWINIAR	30 Juni - 10 Juli 2006	100
3	DURIAN	26 Nopember - 4 Desember 2006	105
4	JELAWAT	27 - 28 Juni 2006	40
5	MARIA	5 - 10 Agustus 2006	70
6	SAOMAI	5 - 10 Agustus 2006	105
7	CIMARON	27 Oktober - 4 Nopember 2006	100
8	SHANSHAN	10 - 18 September 2006	110
9	SOULIK	9 - 16 Oktober 2006	75
10	UTOR	7 - 14 Desember 2006	85
11	XANGSANE	26 - 30 September 2006	85
12	YAGI	17 - 24 September 2006	105
13	DANAS	7 - 10 September 2007	50
14	FITOW	29 Agustus - 7 September 2007	70
15	FRANCISCO	23 - 24 September 2007	40
16	HAGIBIS	20 - 27 Nopember 2007	70
17	KAJIKI	19 - 22 Oktober 2007	90
18	KROSA	1 - 7 Oktober 2007	105
19	LEKIMA	30 September - 2 Oktober 2007	60
20	MAN-YI	9 - 15 Juli 2007	95
21	MITAG	20 - 27 November 2007	80
22	NARI	13 - 16 September 2007	100
23	PABUK	5 - 9 Agustus 2007	60
24	PEIPAH	3 - 8 Nopember 2007	70
25	PODUL	5 - 7 Oktober 2007	55
26	SEPAT	12 - 19 Agustus 2007	110
27	USAGI	29 Juli - 3 Agustus 2007	90
28	WIPHA	16 - 19 September 2007	100
29	WUTIP	8 Agustus 2007	35
30	BAVI	19 - 20 Oktober 2008	45
31	FUNG-WONG	25 - 29 Juli 2008	75
32	HAGUPIT	19 - 24 September 2008	90
33	HAISEN	15 - 17 Nopember 2008	40
34	HIGOS	2 - 3 Oktober 2008	35
35	JANGMI	24 - 30 September 2008	115
36	KALMAEGI	15 - 18 Juli 2008	65
37	KAMMURI	5 - 6 Agustus 2008	50
38	NURI	17 - 22 Agustus 2008	75
39	SINLAKU	8 - 20 September 2008	100
40	VONGFONG	15 - 17 Agustus 2008	50

Lampiran III. Peta Lintasan Siklon Tropis



WILAYAH PENELITIAN (110 - 170 BT; 0 - 40 LU)

Kolam hangat..., A.Fachri Radjab, FMIPAUI, 2011

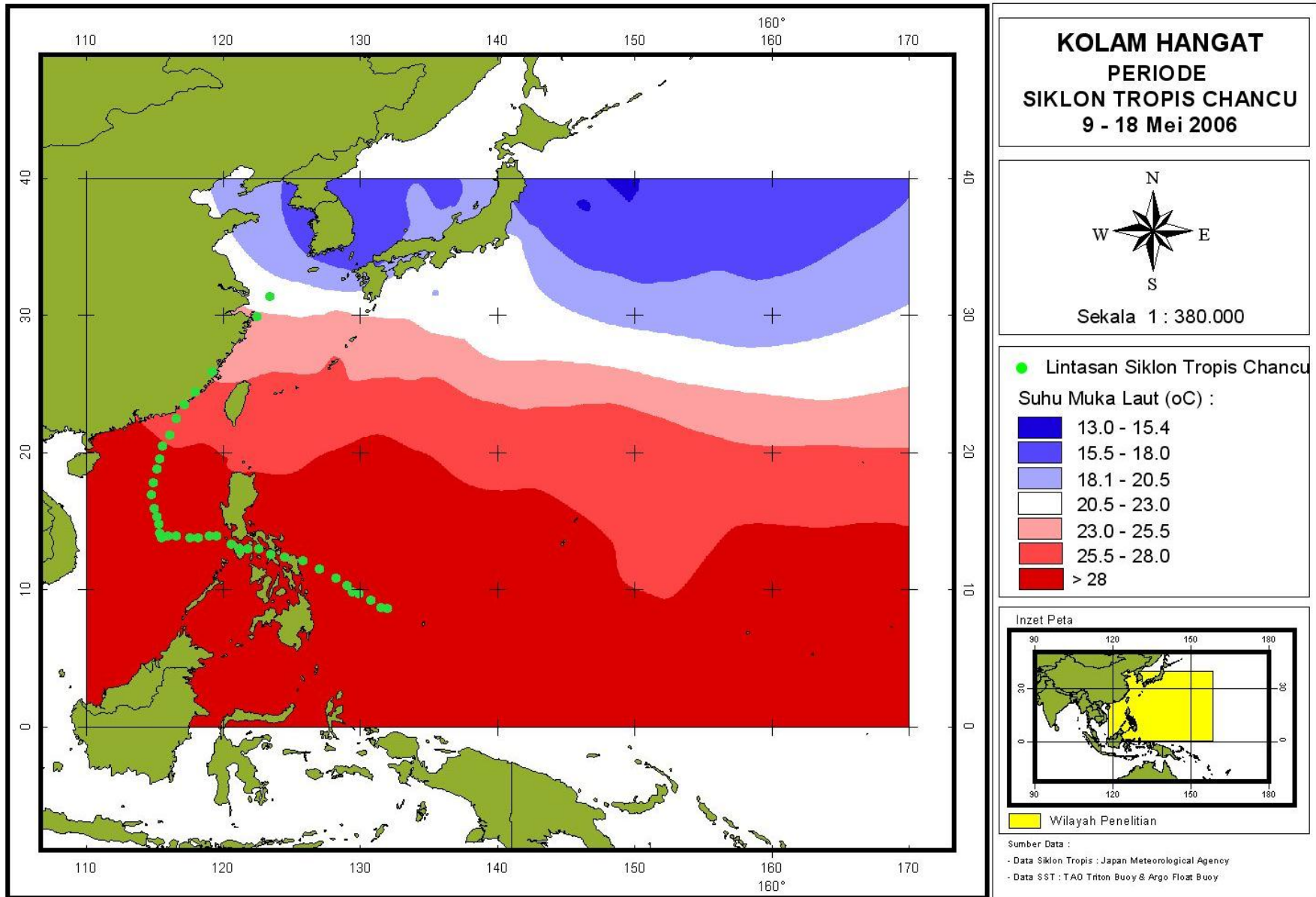
Lampiran IV. Tabel Hasil Pengolahan dan Analisis Data

No.	SIKLON TROPIS						Kolam Hangat	
	Nama Siklon	Periode Hidup			Intensitas		Kedalaman (m)	Luasan (Km ²)
		Tanggal/Bln/Thn	Durasi (Jam)	Kategori	Kec. Angin Maks. (Knot)	Kategori		
1	CHANCHU	9 - 18 Mei 2006	228	Lama	95	Kuat	81.9	16,880,570.0
2	EWINIAR	30 Juni - 10 Juli 2006	228	Lama	100	Sangat Kuat	73.7	19,232,849.1
3	DURIAN	26 Nopember - 4 Desember 2006	174	Sedang	105	Sangat Kuat	59.2	17,179,872.3
4	JELAWAT	27 - 28 Juni 2006	36	Sangat Singkat	40	Sangat Lemah	76.8	14,963,456.2
5	MARIA	5 - 10 Agustus 2006	108	Singkat	70	Sedang	66.0	13,832,709.6
6	SAOMAI	5 - 10 Agustus 2006	120	Singkat	105	Sangat Kuat	66.0	17,967,956.5
7	CIMARON	27 Oktober - 4 Nopember 2006	192	Sedang	100	Sangat Kuat	62.1	14,299,852.6
8	SHANSHAN	10 - 18 September 2006	192	Sedang	110	Sangat Kuat	63.3	20,899,219.7
9	SOULIK	9 - 16 Oktober 2006	168	Sedang	75	Sedang	67.8	15,532,797.9
10	UTOR	7 - 14 Desember 2006	156	Sedang	85	Kuat	56.3	11,223,048.6
11	XANGSANE	26 - 30 September 2006	120	Singkat	85	Kuat	63.8	15,245,389.8
12	YAGI	17 - 24 September 2006	174	Sedang	105	Sangat Kuat	63.3	20,972,013.2
13	DANAS	7 - 10 September 2007	78	Singkat	50	Lemah	87.3	18,744,935.0
14	FITOW	29 Agustus - 7 September 2007	222	Lama	70	Sedang	84.9	18,596,550.7
15	FRANCISCO	23 - 24 September 2007	24	Sangat Singkat	40	Sangat Lemah	92.8	16,653,576.1
16	HAGIBIS	20 - 27 Nopember 2007	156	Sedang	70	Sedang	97.2	14,032,953.1
17	KAJIKI	19 - 22 Oktober 2007	72	Singkat	90	Kuat	97.6	15,821,043.5
18	KROSA	1 - 7 Oktober 2007	144	Sedang	105	Sangat Kuat	90.7	19,152,451.5
19	LEKIMA	30 September - 2 Oktober 2007	54	Sangat Singkat	60	Lemah	89.5	16,943,792.3
20	MAN-YI	9 - 15 Juli 2007	168	Sedang	95	Kuat	77.6	19,965,842.5
21	MITAG	20 - 27 November 2007	162	Sedang	80	Sedang	96.2	11,328,898.5
22	NARI	13 - 16 September 2007	96	Singkat	100	Sangat Kuat	91.8	20,956,679.7
23	PABUK	5 - 9 Agustus 2007	72	Singkat	60	Lemah	77.9	20,471,431.1
24	PEIPAH	3 - 8 Nopember 2007	120	Sedang	70	Sedang	102.5	14,459,863.1
25	PODUL	5 - 7 Oktober 2007	54	Sangat Singkat	55	Lemah	91.3	14,632,835.9
26	SEPAT	12 - 19 Agustus 2007	156	Sedang	110	Sangat Kuat	80.5	20,884,778.0
27	USAGI	29 Juli - 3 Agustus 2007	120	Singkat	90	Kuat	81.5	21,078,756.5
28	WIPHA	16 - 19 September 2007	78	Singkat	100	Sangat Kuat	90.3	20,357,814.2
29	WUTIP	8 Agustus 2007	24	Sangat Singkat	35	Sangat Lemah	77.9	16,443,199.7
30	BAVI	19 - 20 Oktober 2008	30	Sangat Singkat	45	Sangat Lemah	83.0	14,950,426.7
31	FUNG-WONG	25 - 29 Juli 2008	120	Singkat	75	Sedang	87.7	16,439,235.1
32	HAGUPIT	19 - 24 September 2008	132	Sedang	90	Kuat	82.7	20,710,686.9
33	HAISEN	15 - 17 Nopember 2008	36	Sangat Singkat	40	Sangat Lemah	89.7	15,827,969.7
34	HIGOS	2 - 3 Oktober 2008	30	Sangat Singkat	35	Sangat Lemah	84.6	16,363,131.8
35	JANGMI	24 - 30 September 2008	150	Sedang	115	Sangat Kuat	81.5	19,049,132.8

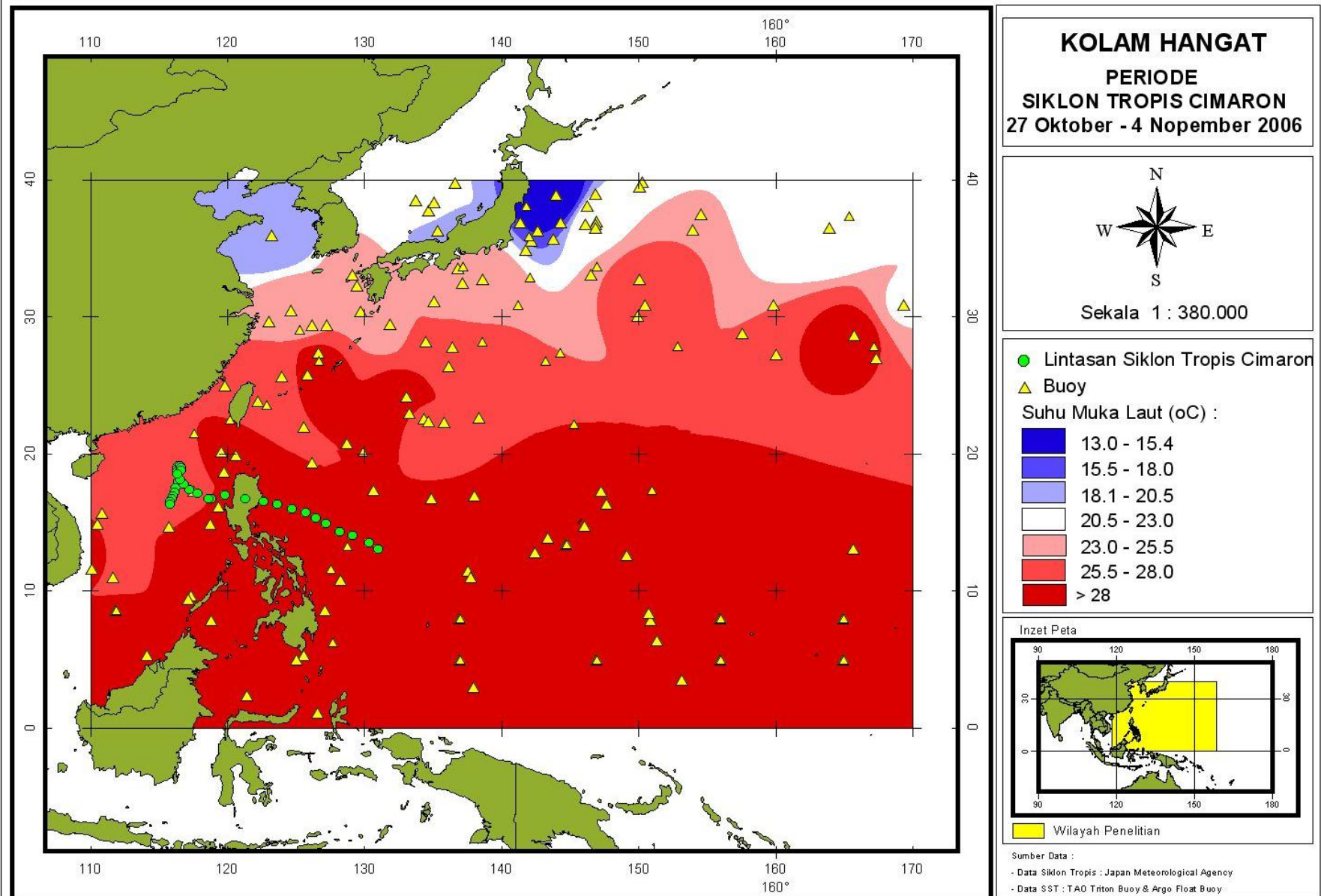
Lampiran IV. Tabel Hasil Pengolahan dan Analisis Data

No.	SIKLON TROPIS						Kolam Hangat		
	Nama Siklon	Periode Hidup			Intensitas		Kedalaman (m)	Luasan (Km ²)	
		Tanggal/Bln/Thn	Durasi (Jam)	Kategori	Kec. Angin Maks. (Knot)	Kategori			
36	KALMAEGI	15 - 18 Juli 2008	96	Singkat	65	Lemah	88.7	18,308,599.4	
37	KAMMURI	5 - 6 Agustus 2008	48	Sangat Singkat	50	Lemah	87.2	15,207,319.4	
38	NURI	17 - 22 Agustus 2008	144	Sedang	75	Sedang	81.4	17,923,925.8	
39	SINLAKU	8 - 20 September 2008	288	Lama	100	Sangat Kuat	85.2	21,445,527.5	
40	VONGFONG	15 - 17 Agustus 2008	54	Sangat Singkat	50	Lemah	82.6	17,200,277.9	
	Koefisien Korelasi antara luasan kolam hangat dengan intensitas								0.438
	Koefisien Korelasi antara luasan kolam hangat dengan periode hidup								0.251
	Koefisien Korelasi antara kedalaman kolam hangat dengan intensitas								-0.331
	Koefisien Korelasi antara kedalaman kolam hangat dengan periode hidup								-0.326

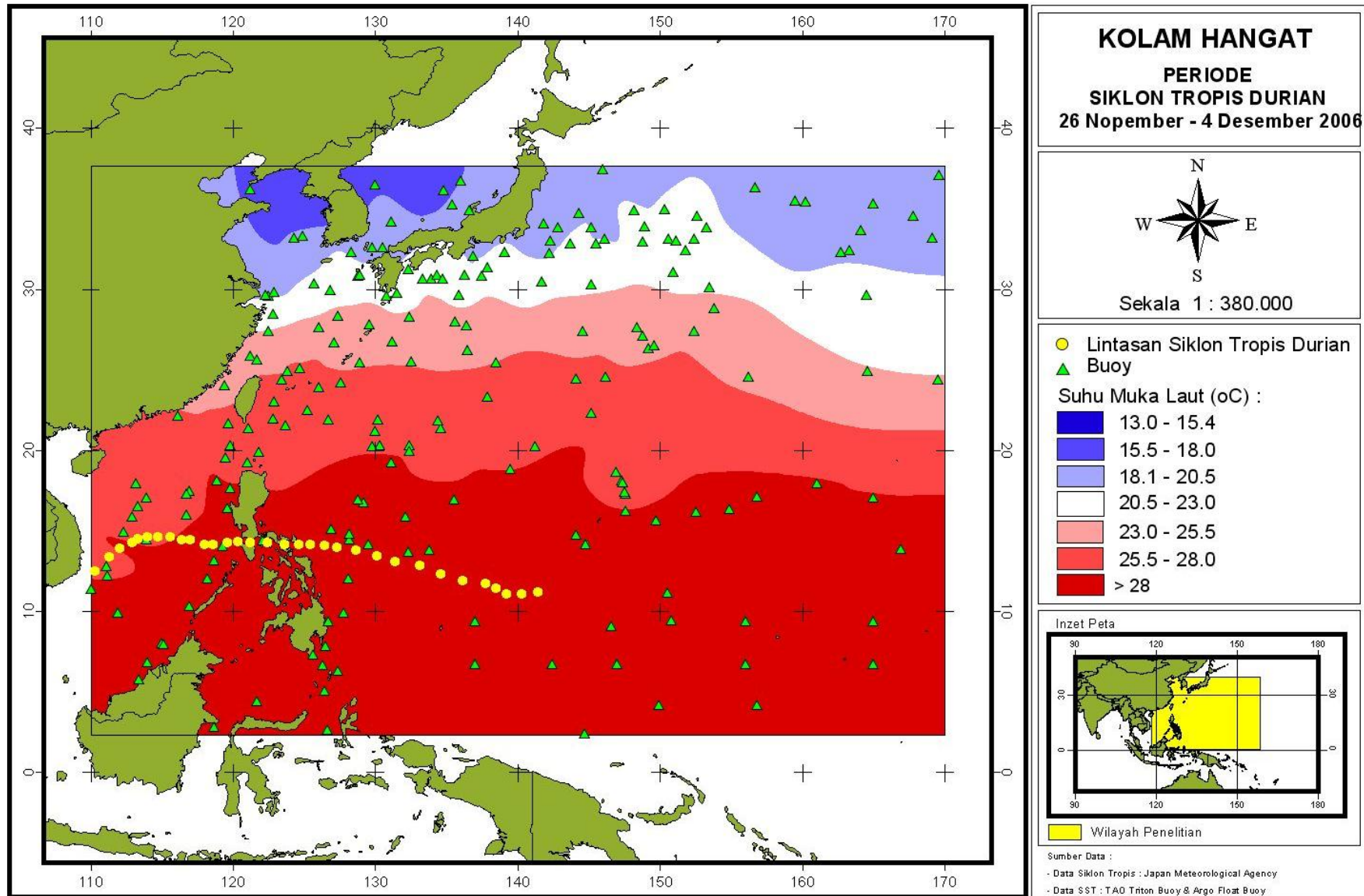
Lampiran V.1. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Chancu



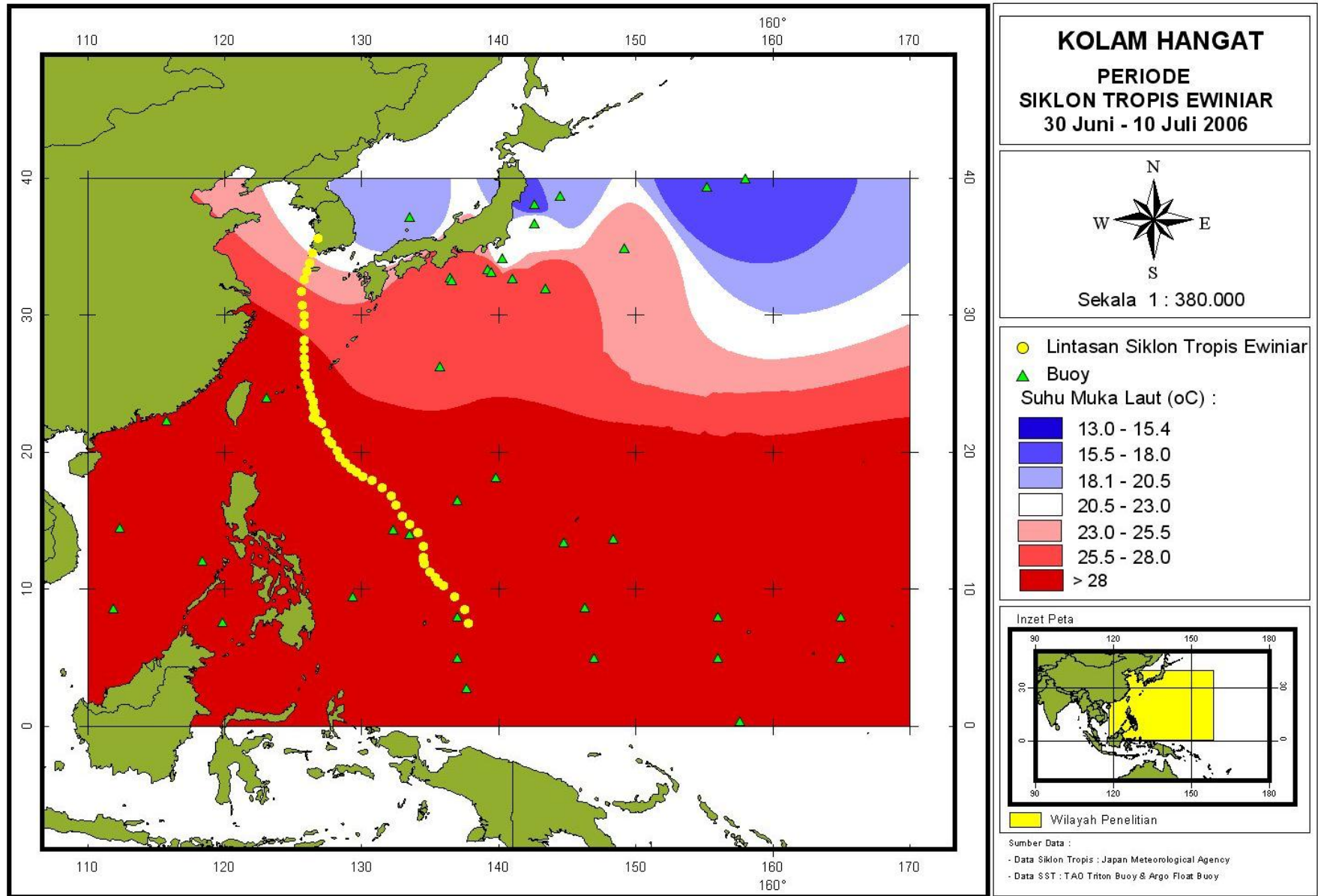
Lampiran V.2. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Cimaron



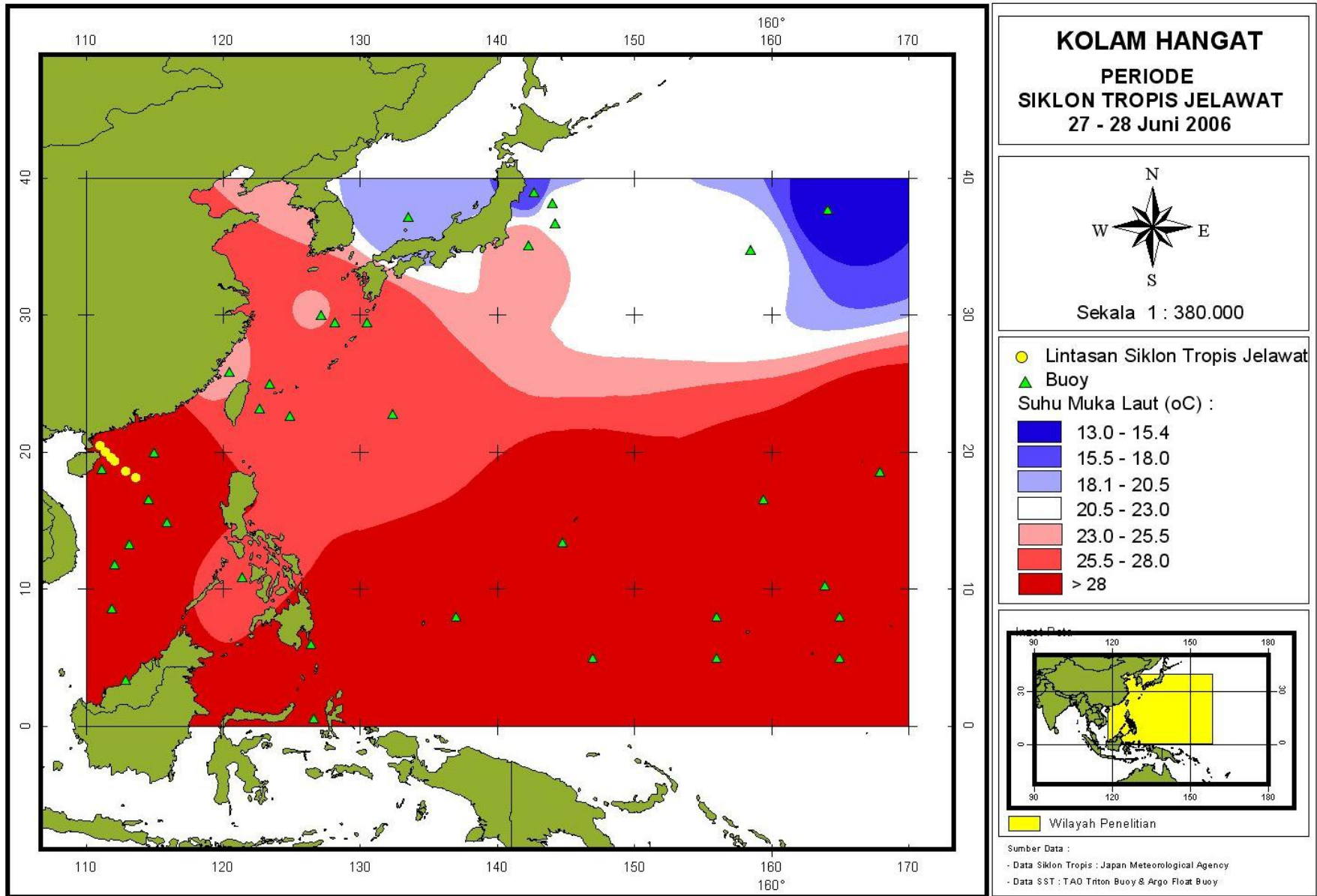
Lampiran V.3. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Durian



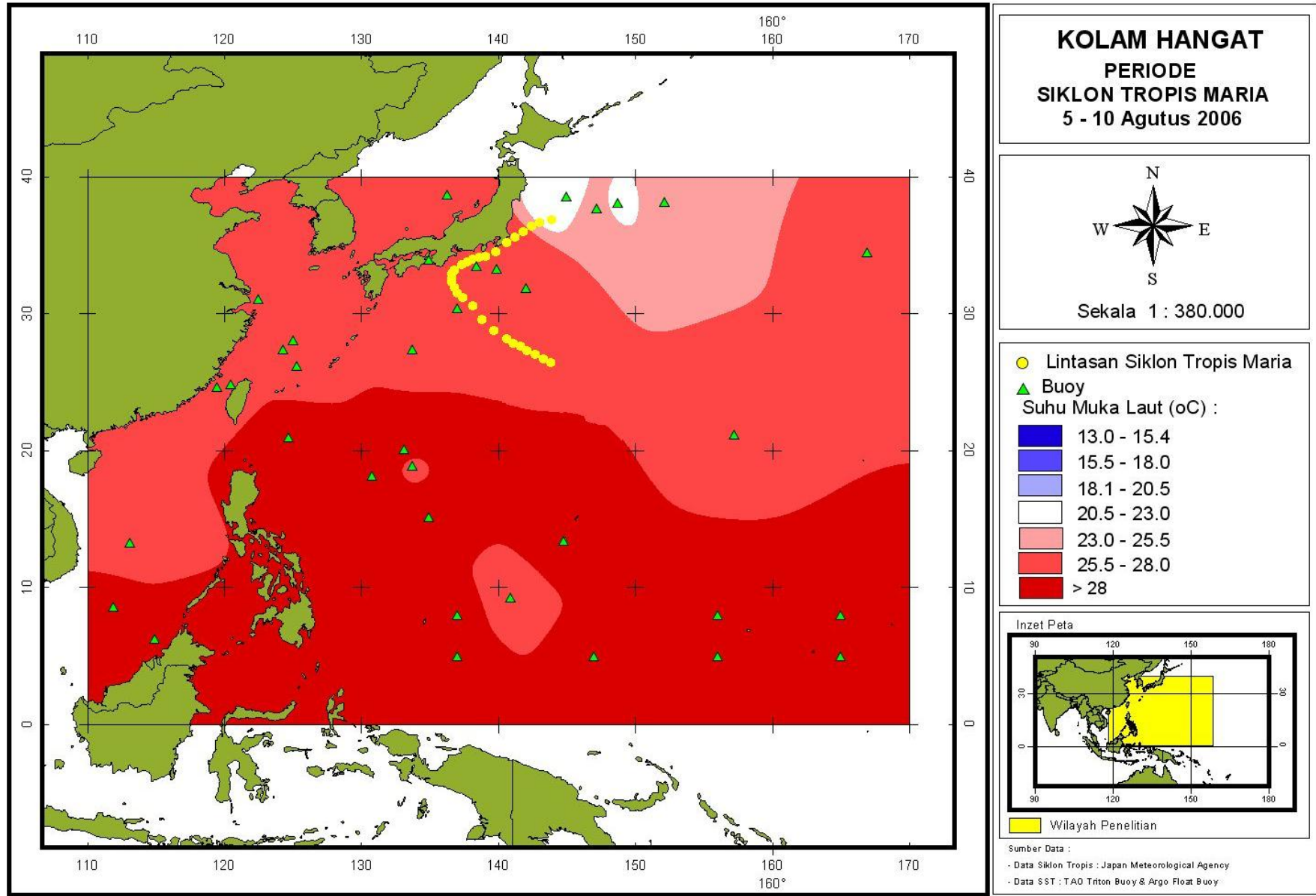
Lampiran V.4. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Ewiniar



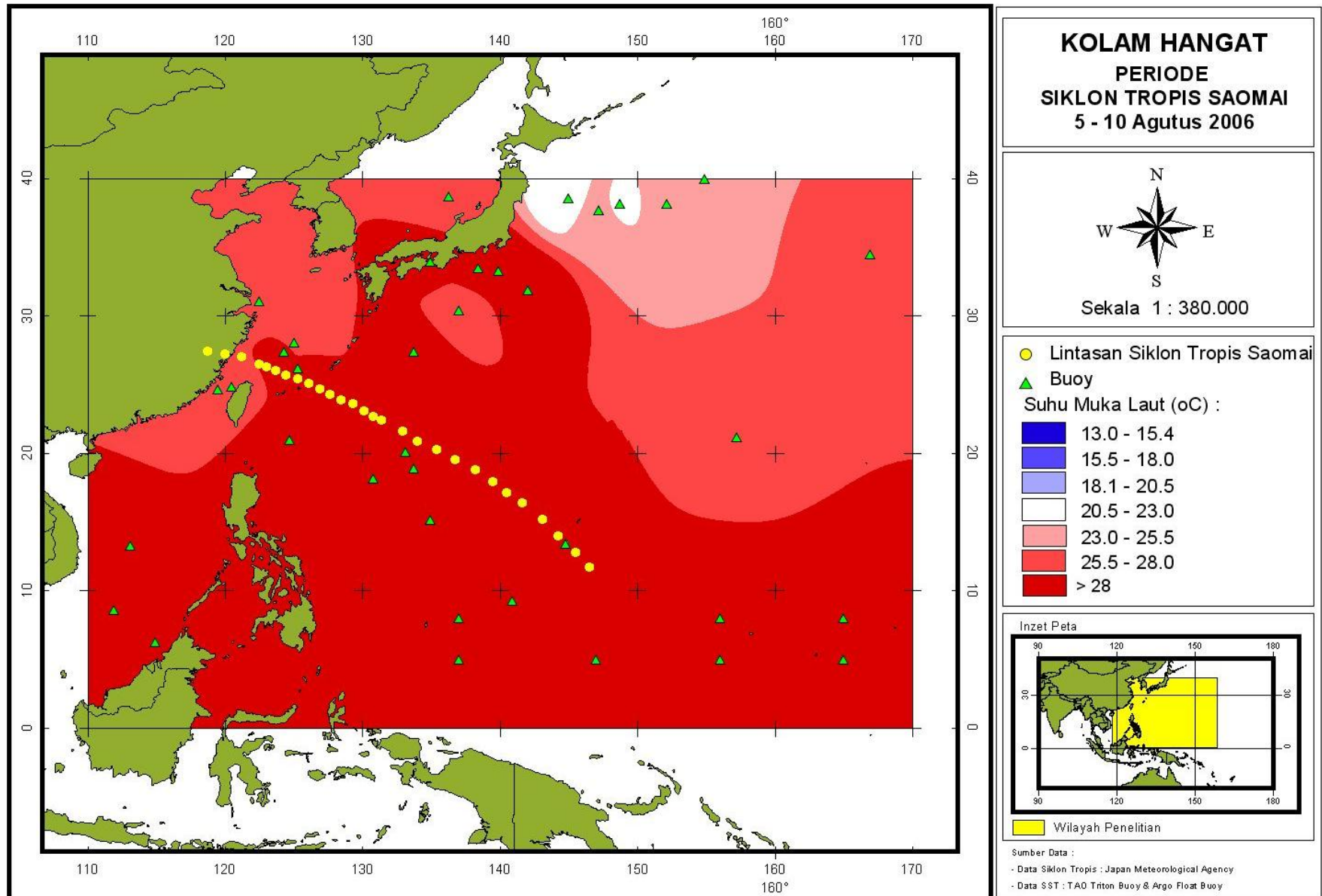
Lampiran V.5. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Jelawat



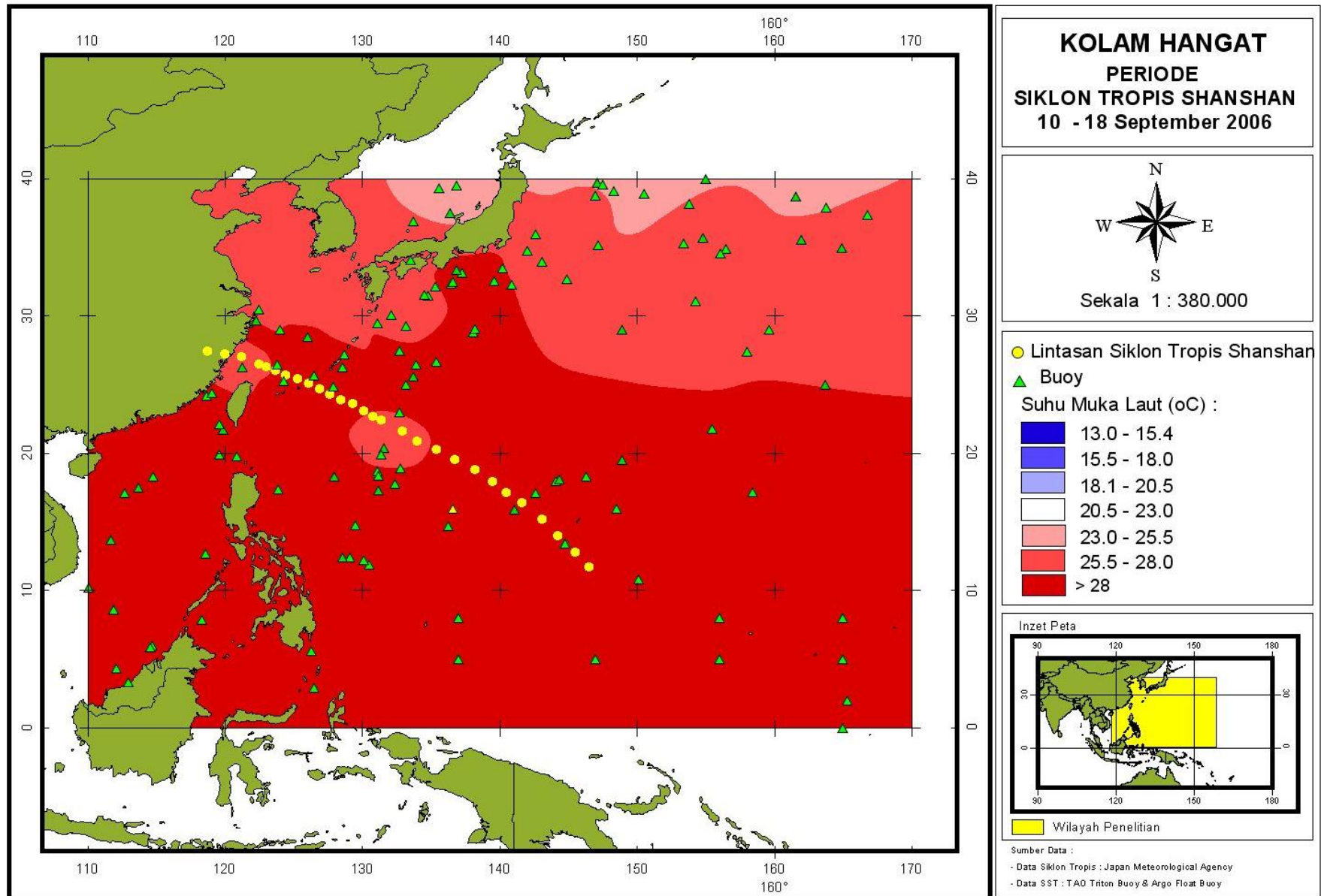
Lampiran V.6. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Maria



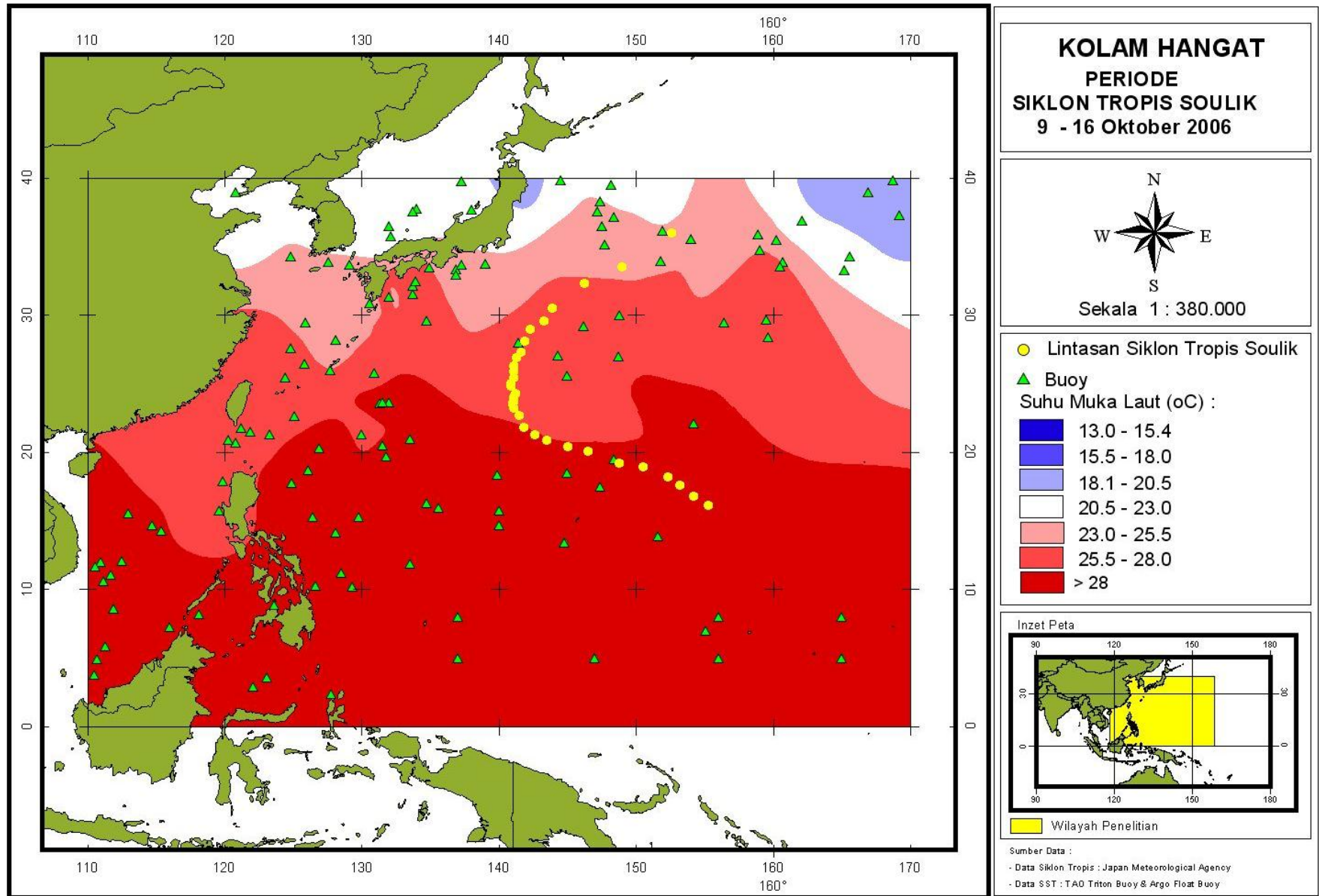
Lampiran V.7. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Saomai



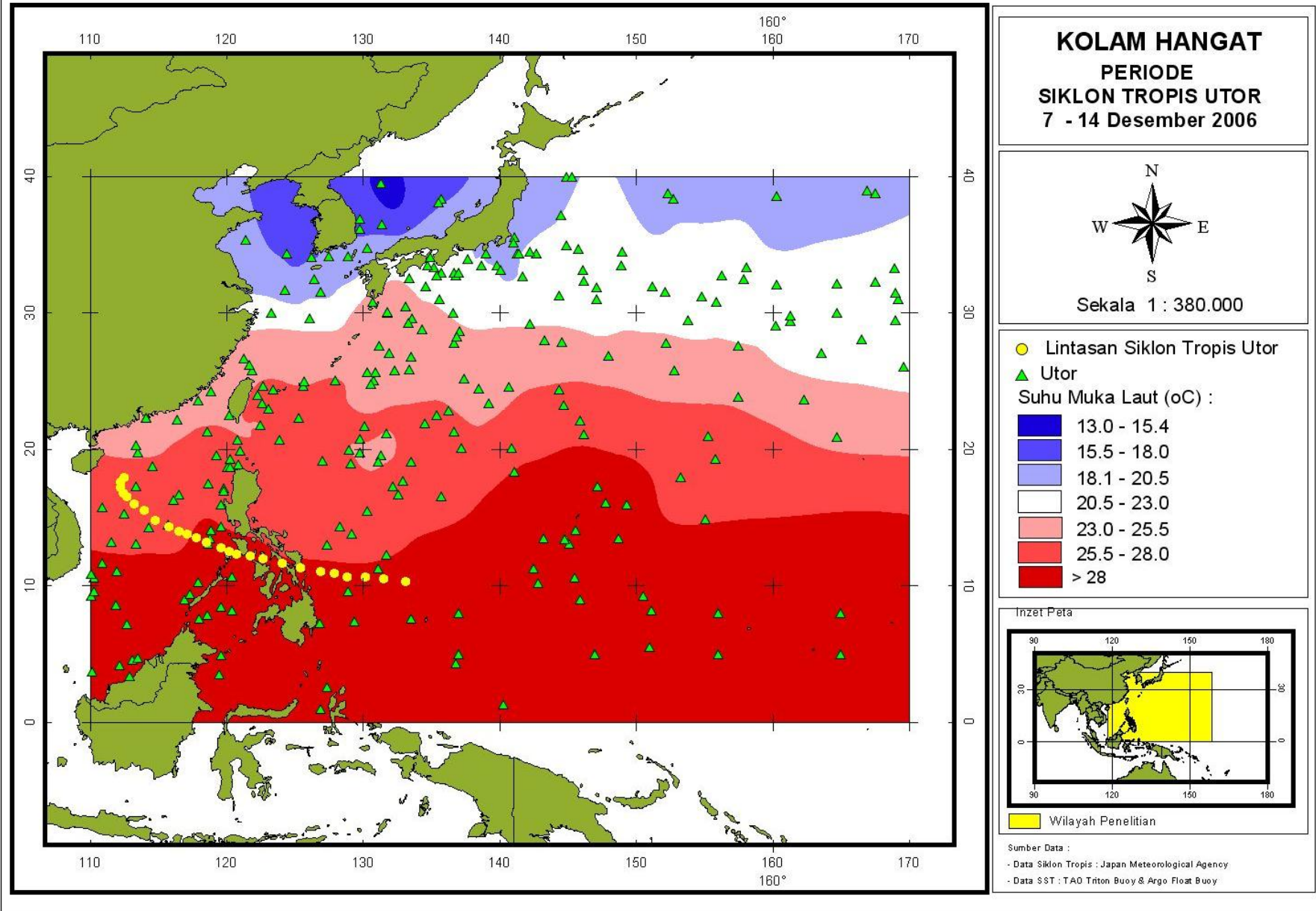
Lampiran V.8. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Shanshan



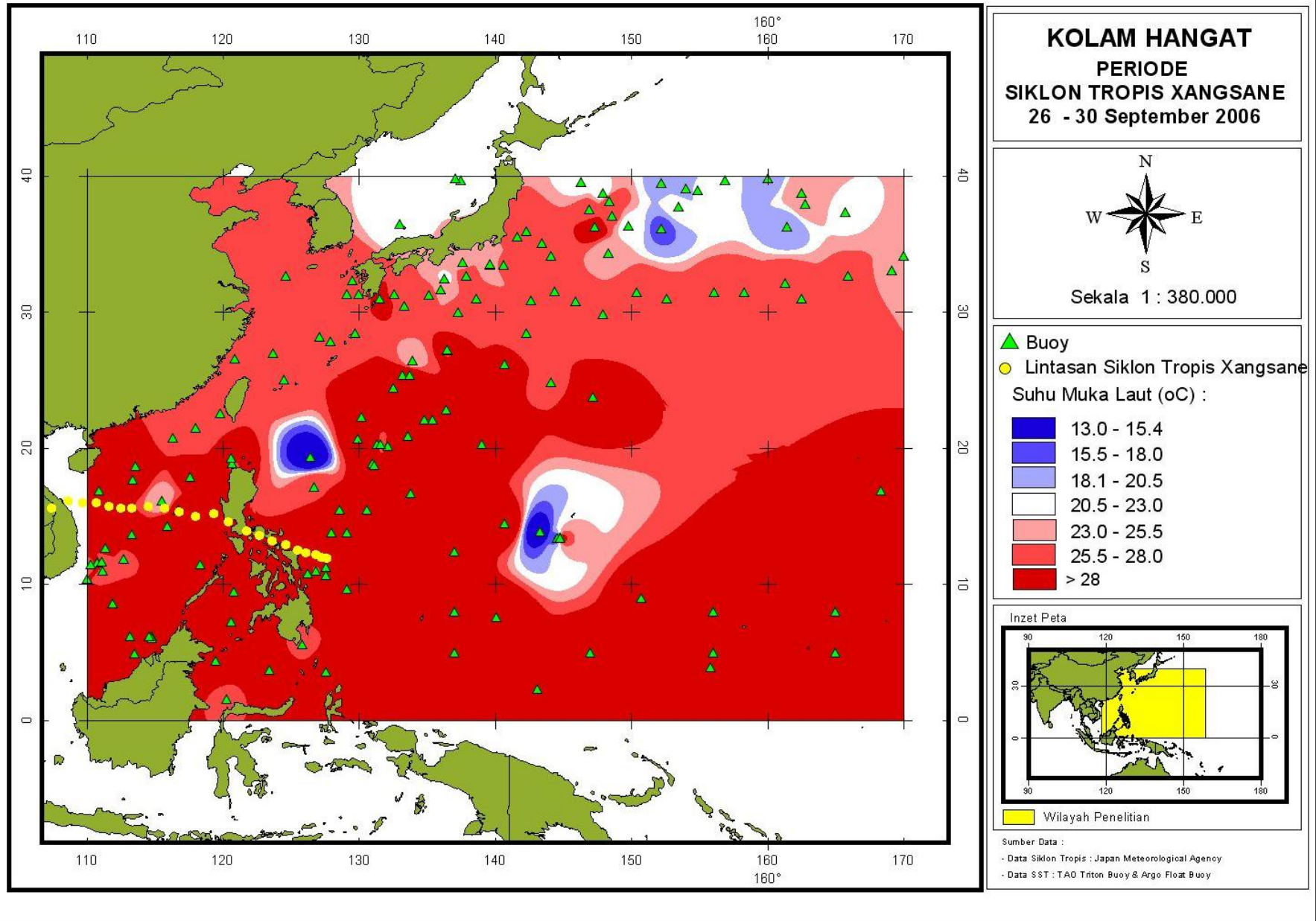
Lampiran V.9. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Soulik



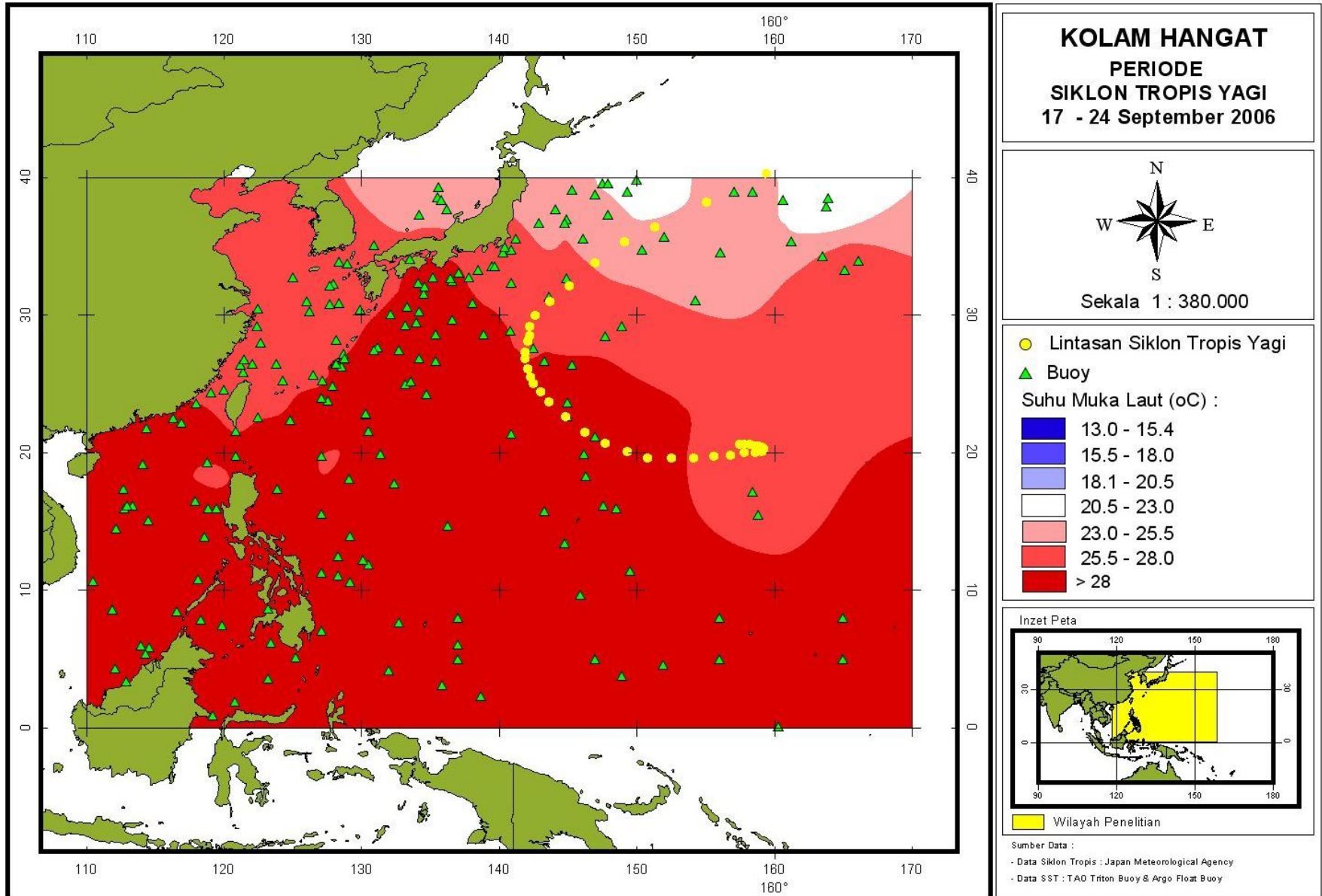
Lampiran V.10. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Utor



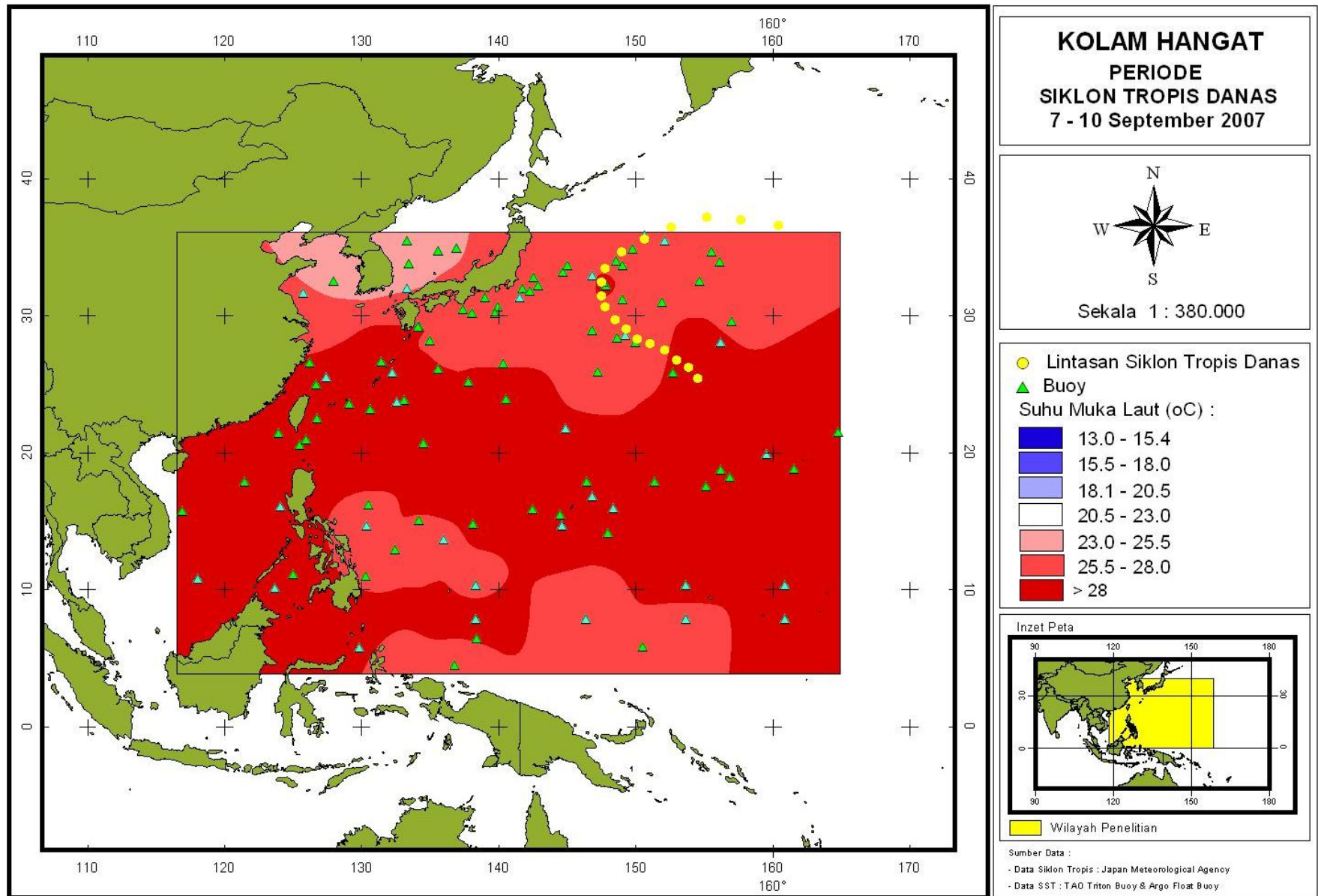
Lampiran V.11. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Xangsane



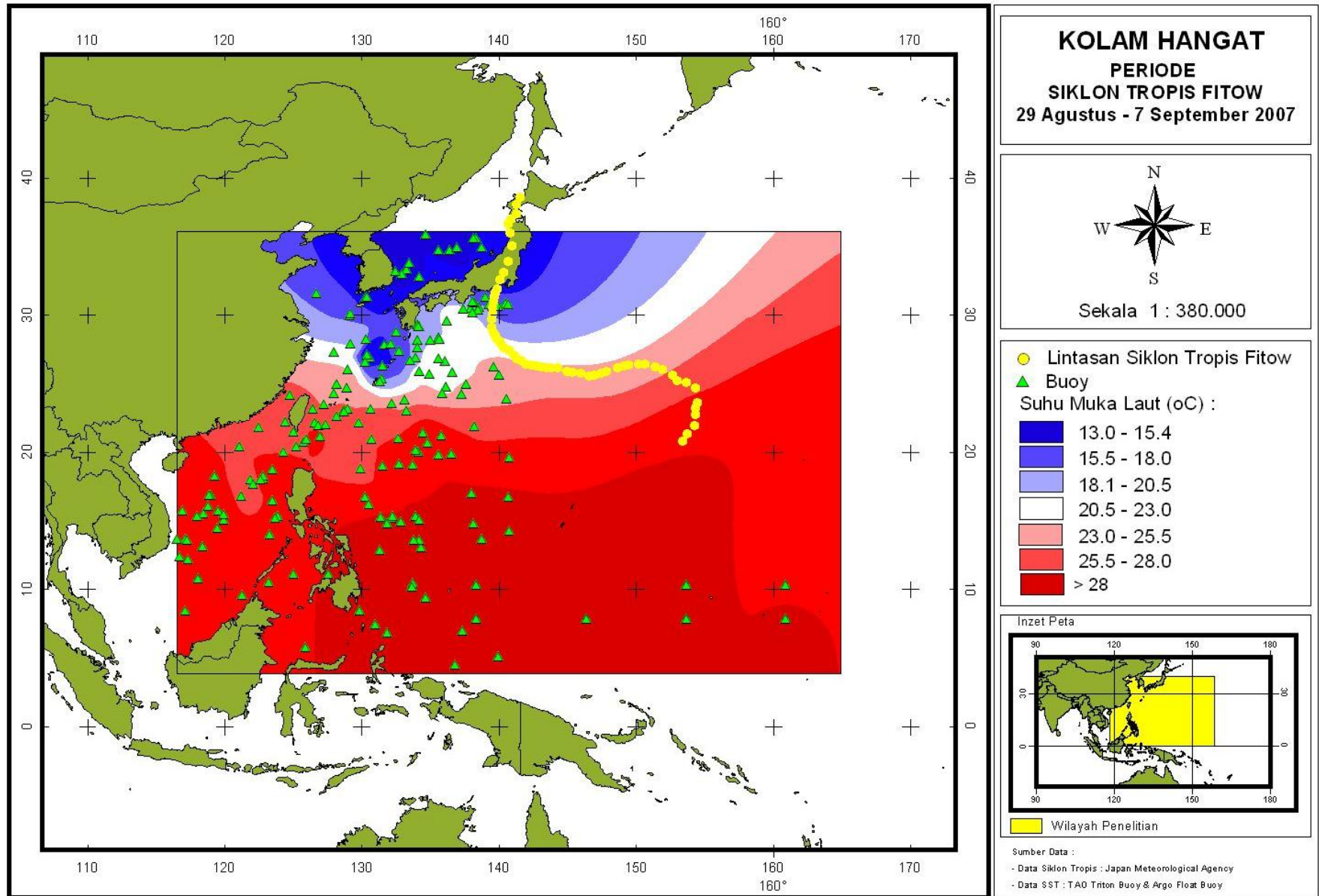
Lampiran V.12. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Yagi



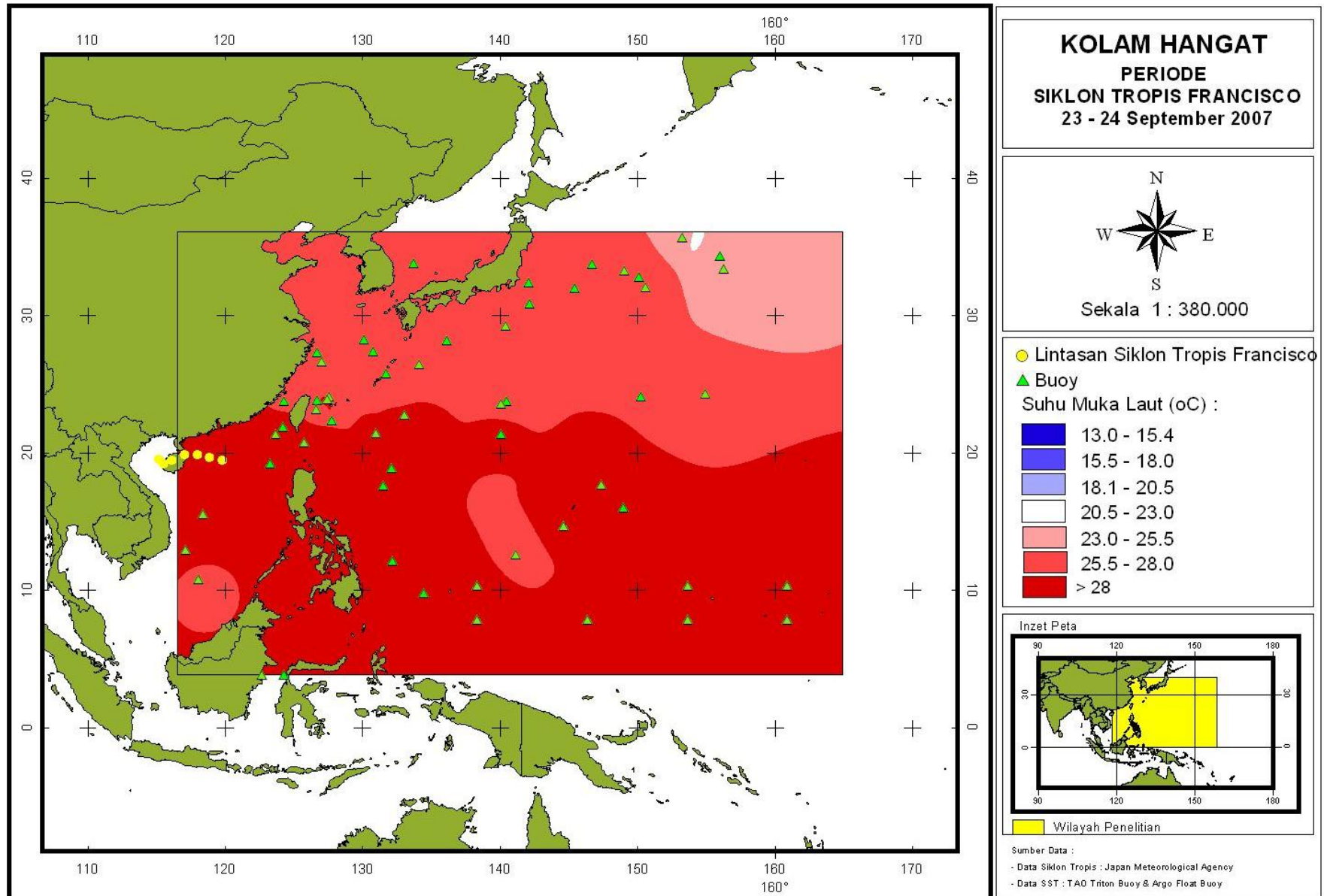
Lampiran V.13. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Danas



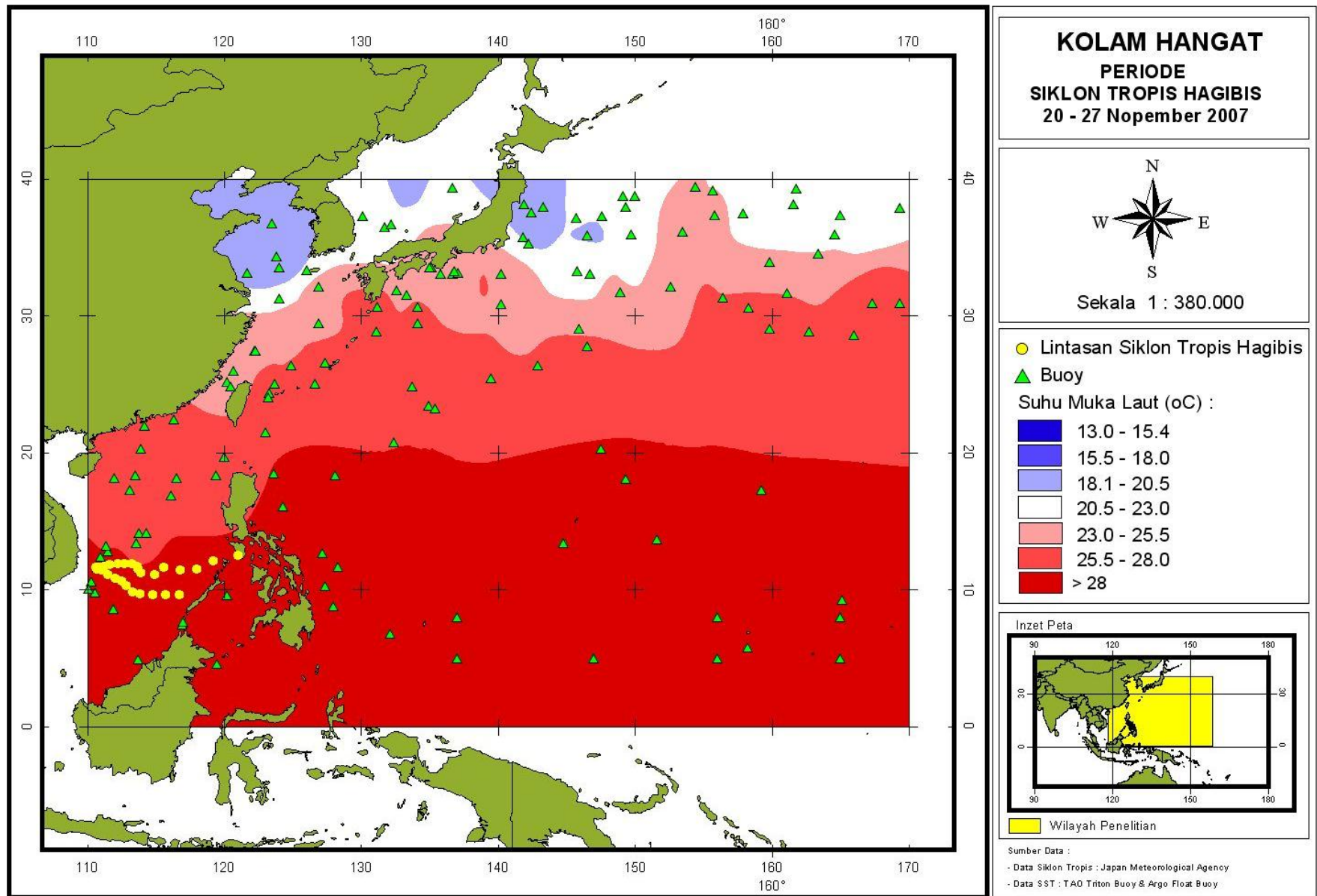
Lampiran V.14. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Fitow



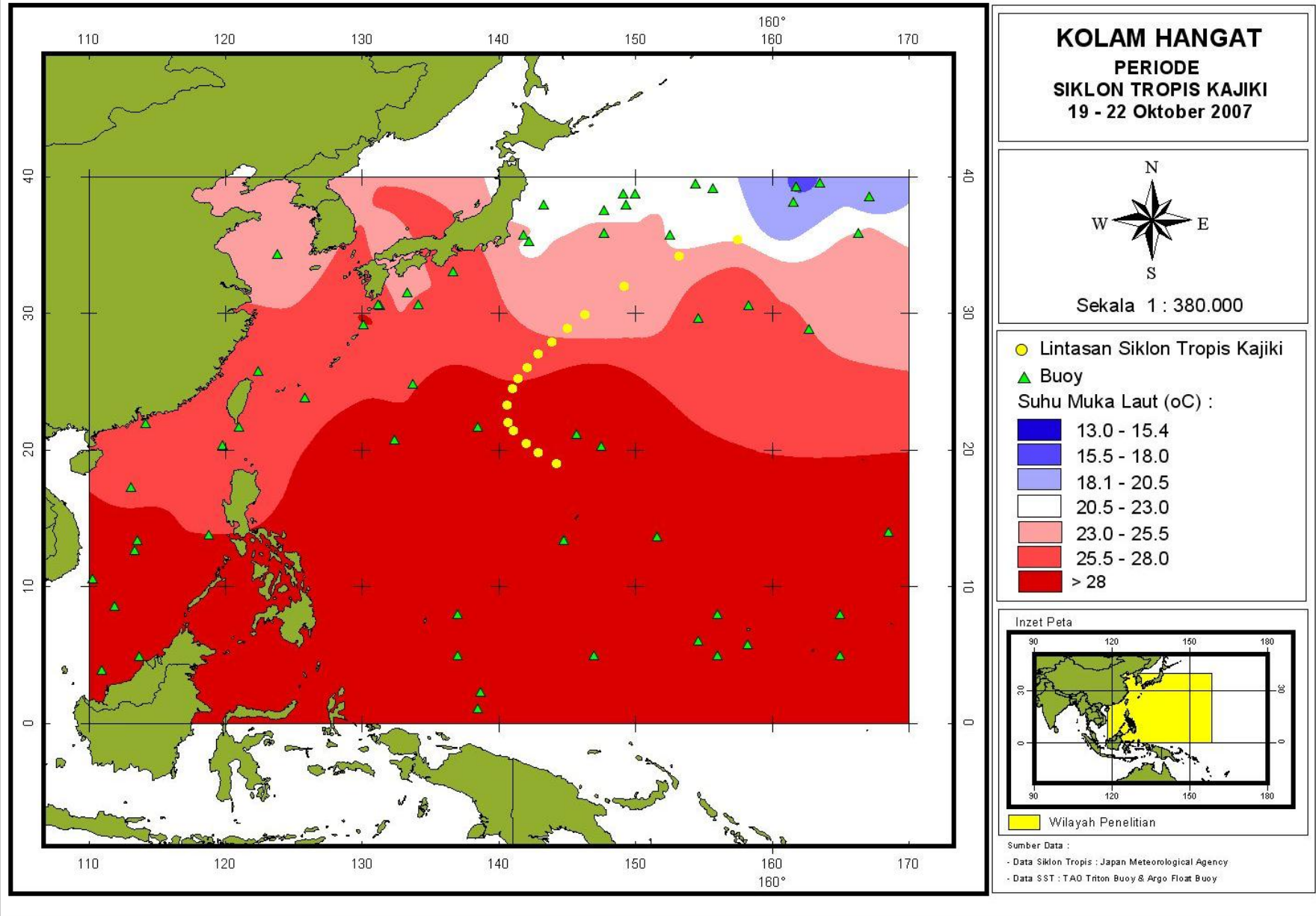
Lampiran V.15. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Francisco



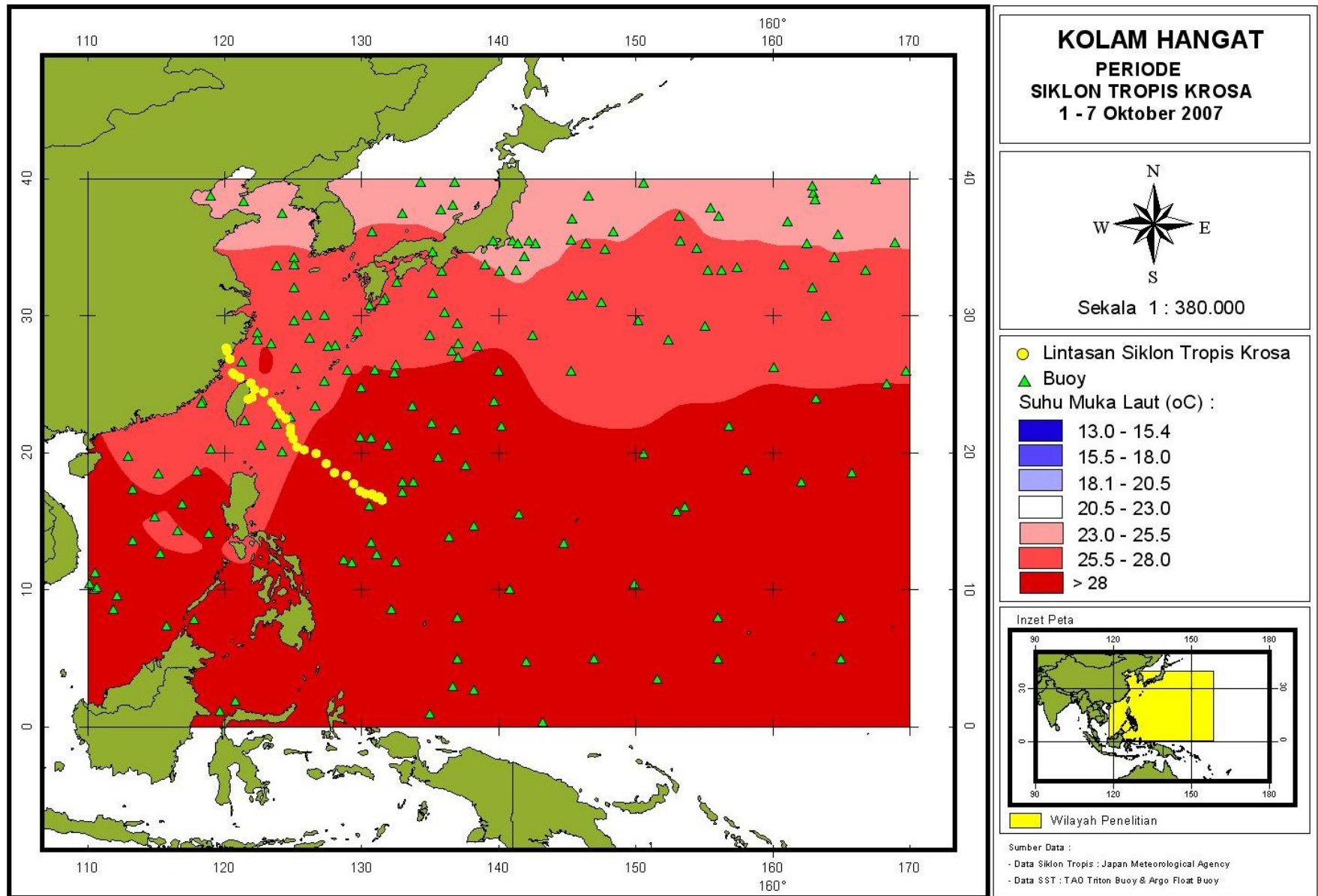
Lampiran V.16. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Hagibis



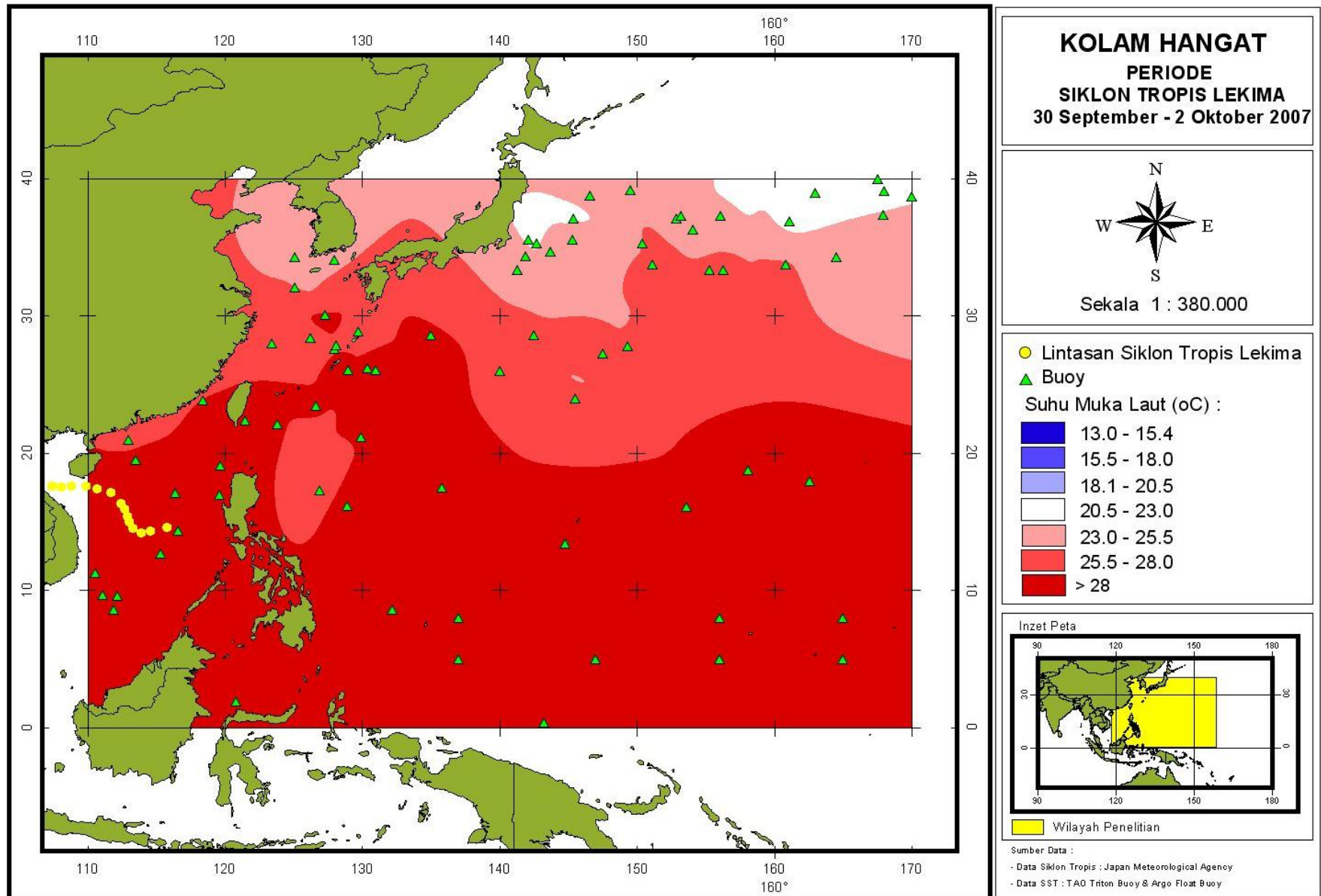
Lampiran V.17. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Kajiki



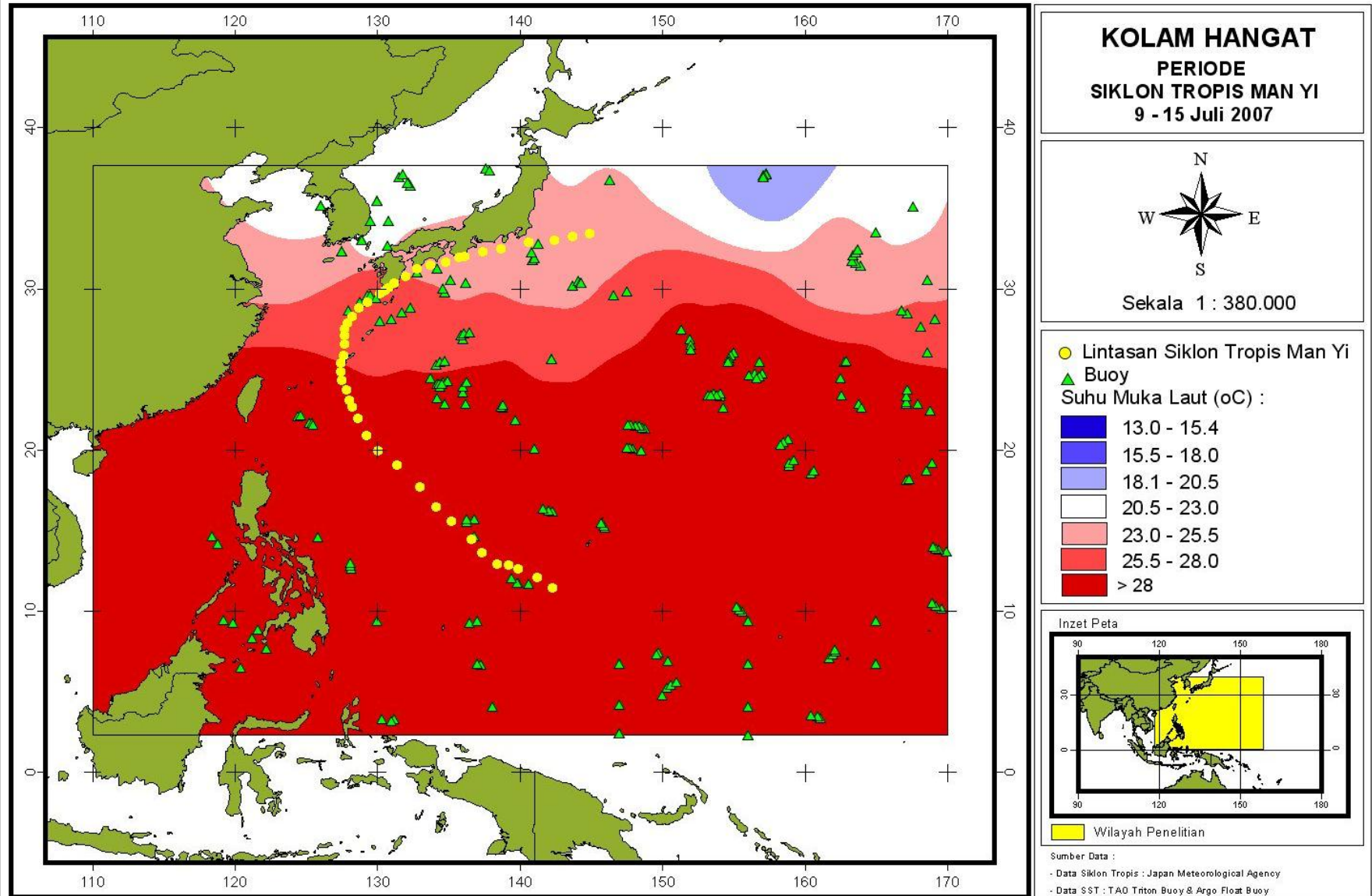
Lampiran V.18. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Krosa



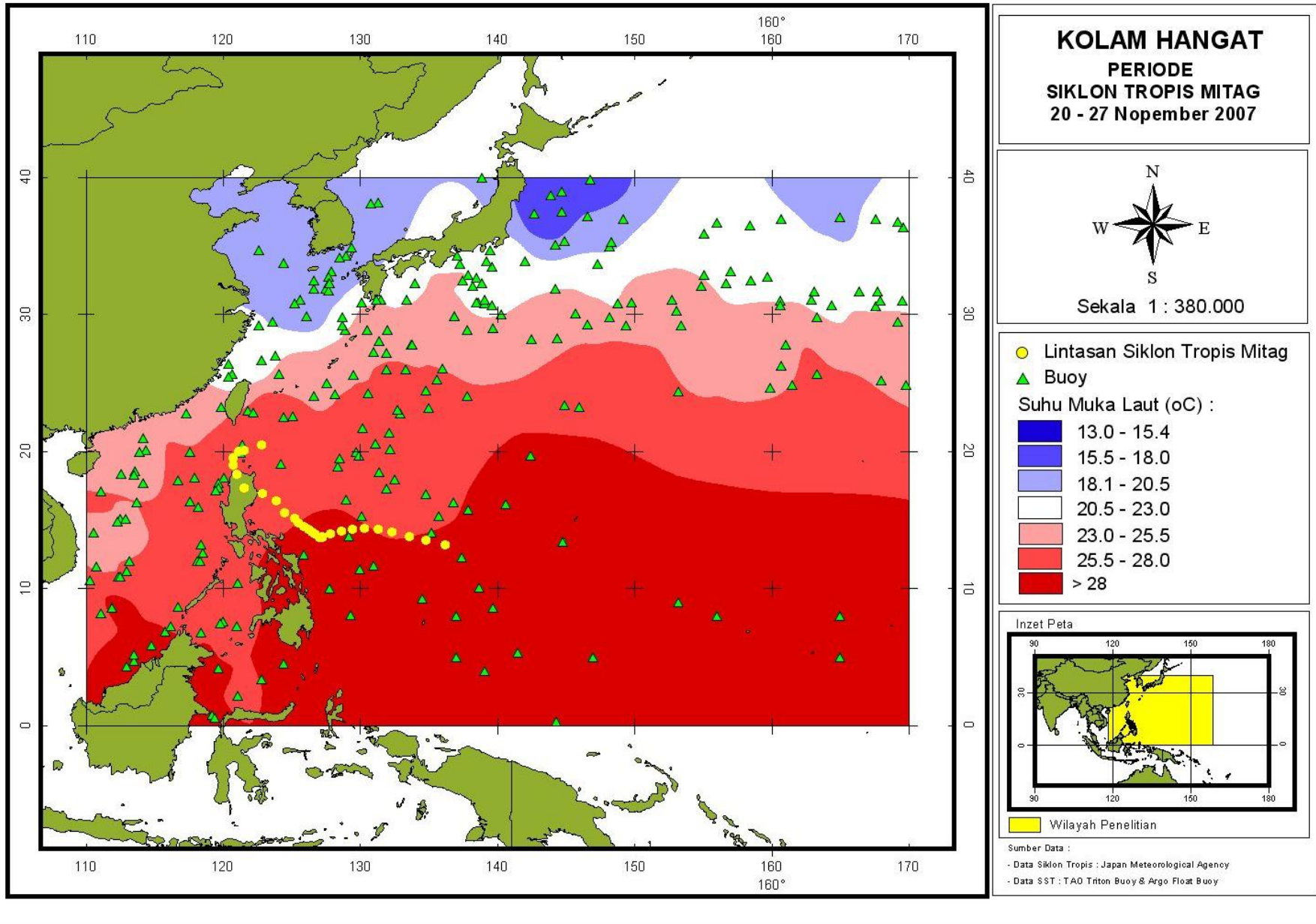
Lampiran V.19. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Lekima



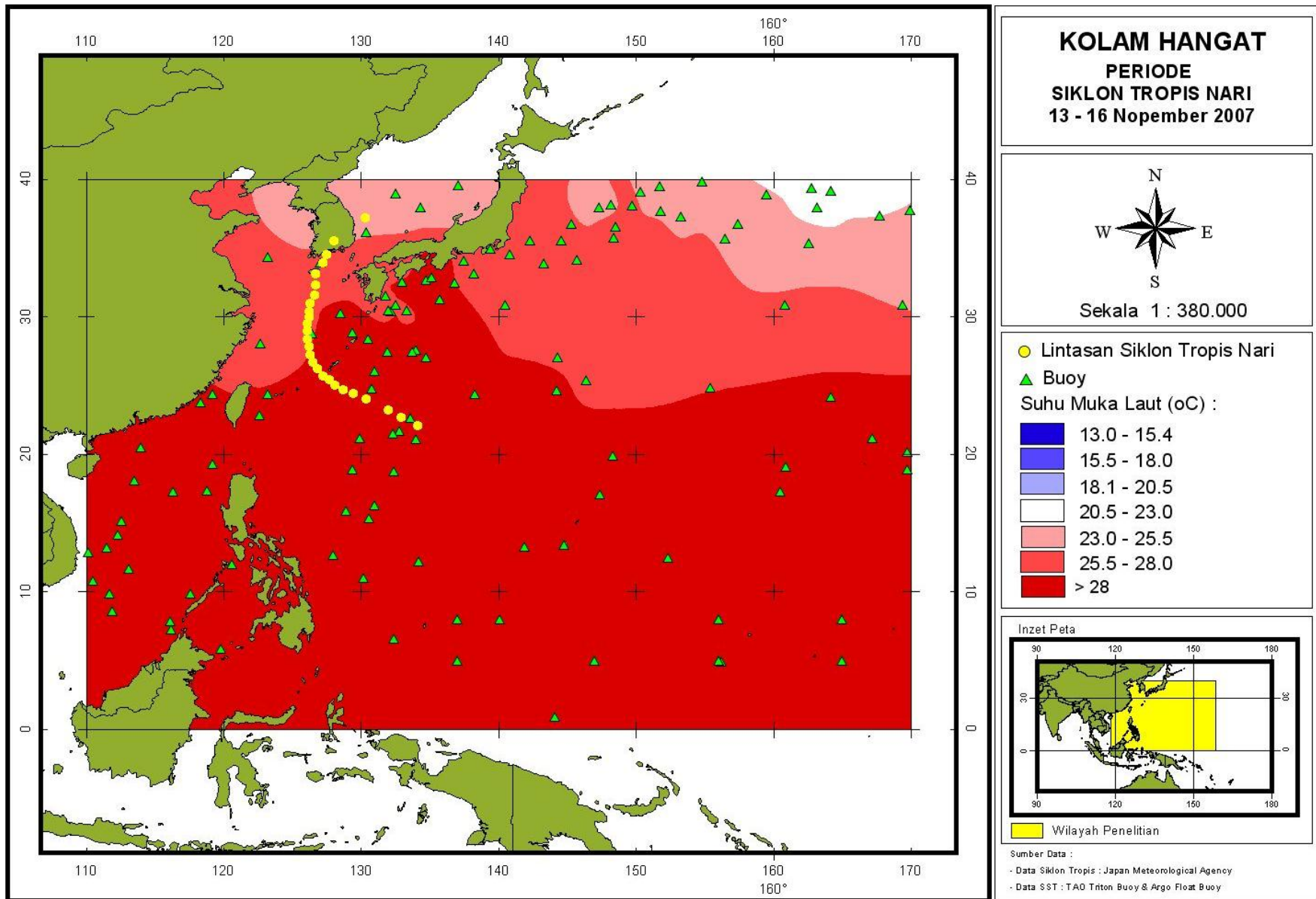
Lampiran V.20. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Man Yi



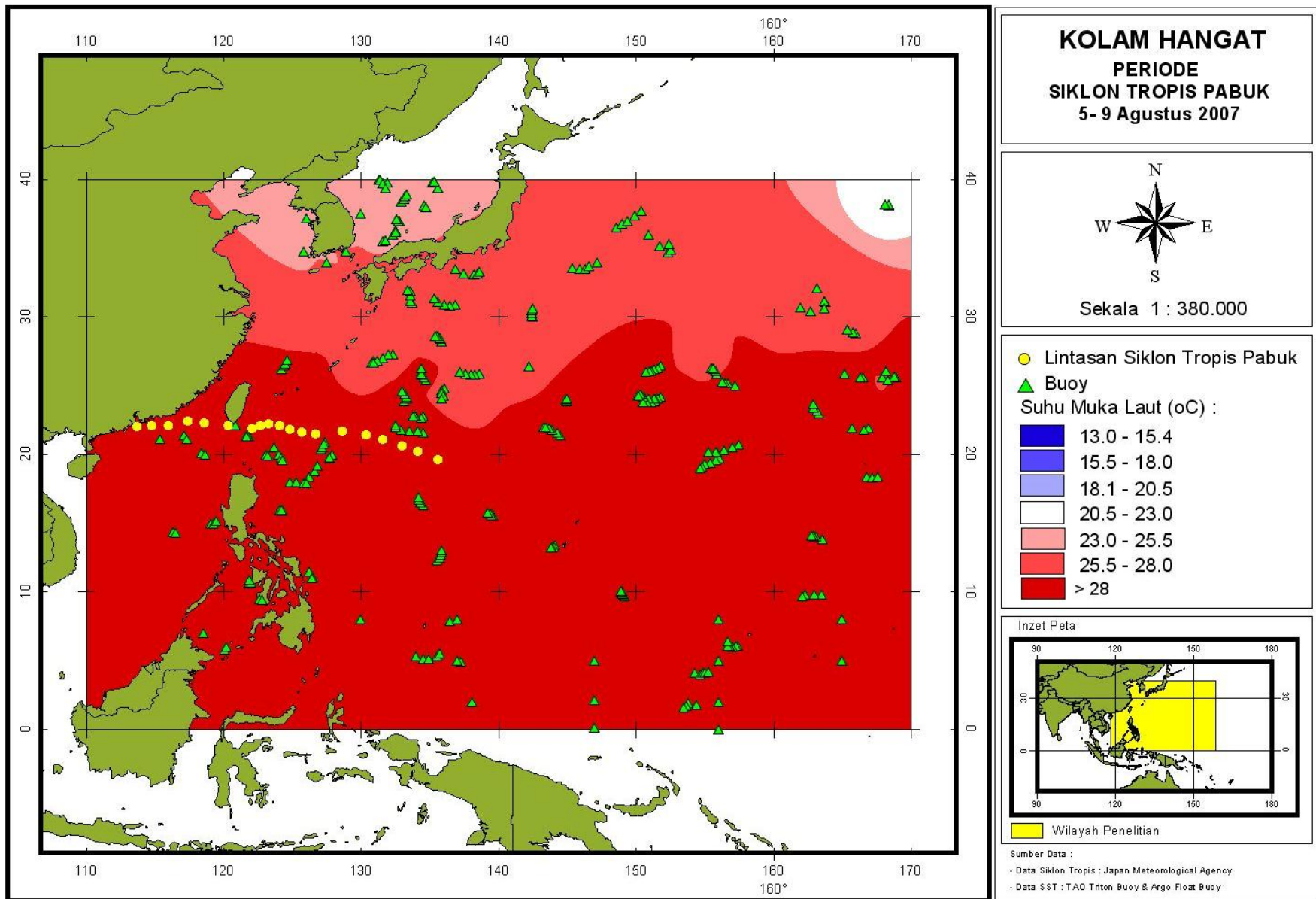
Lampiran V.21. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Mitag



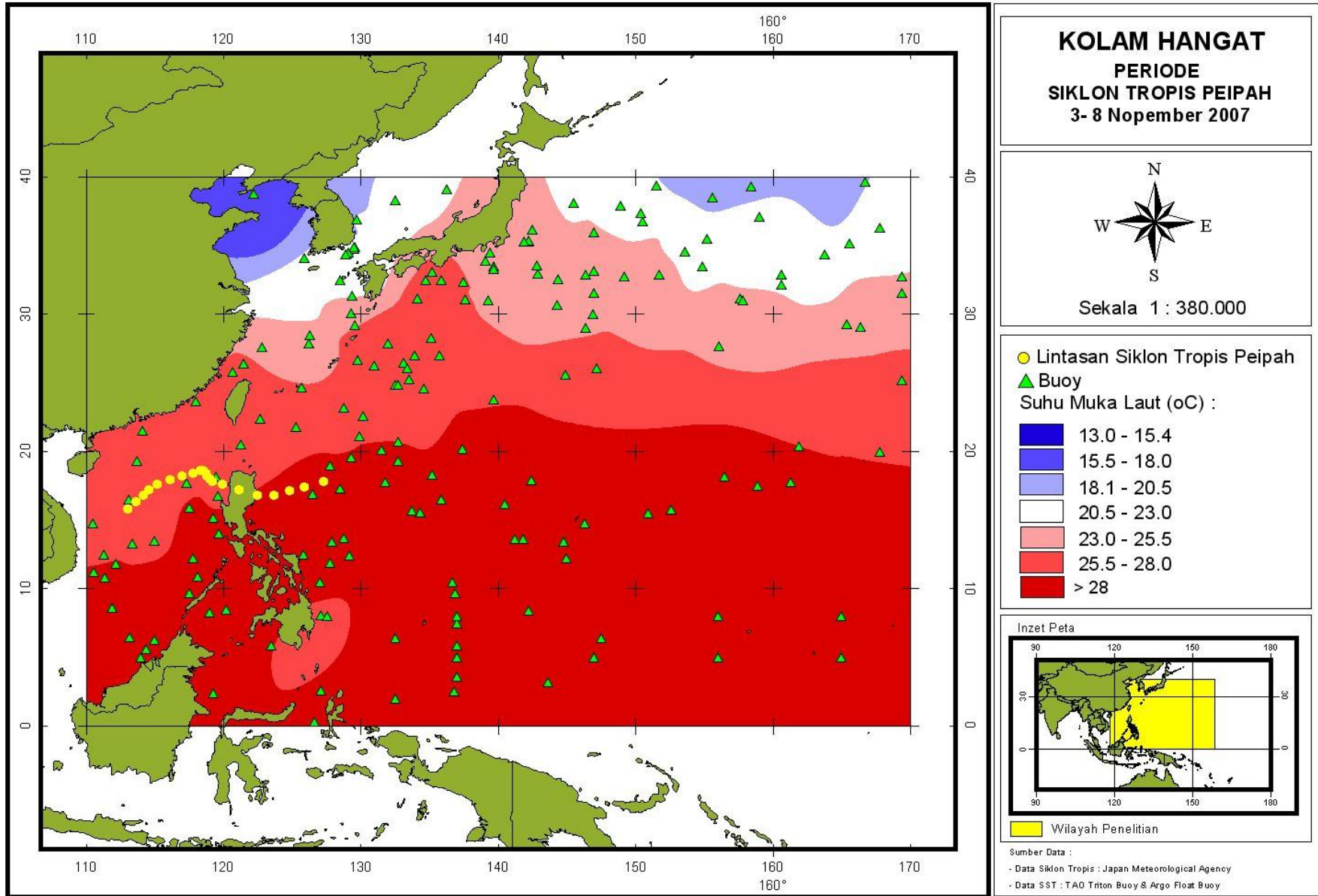
Lampiran V.22. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Nari



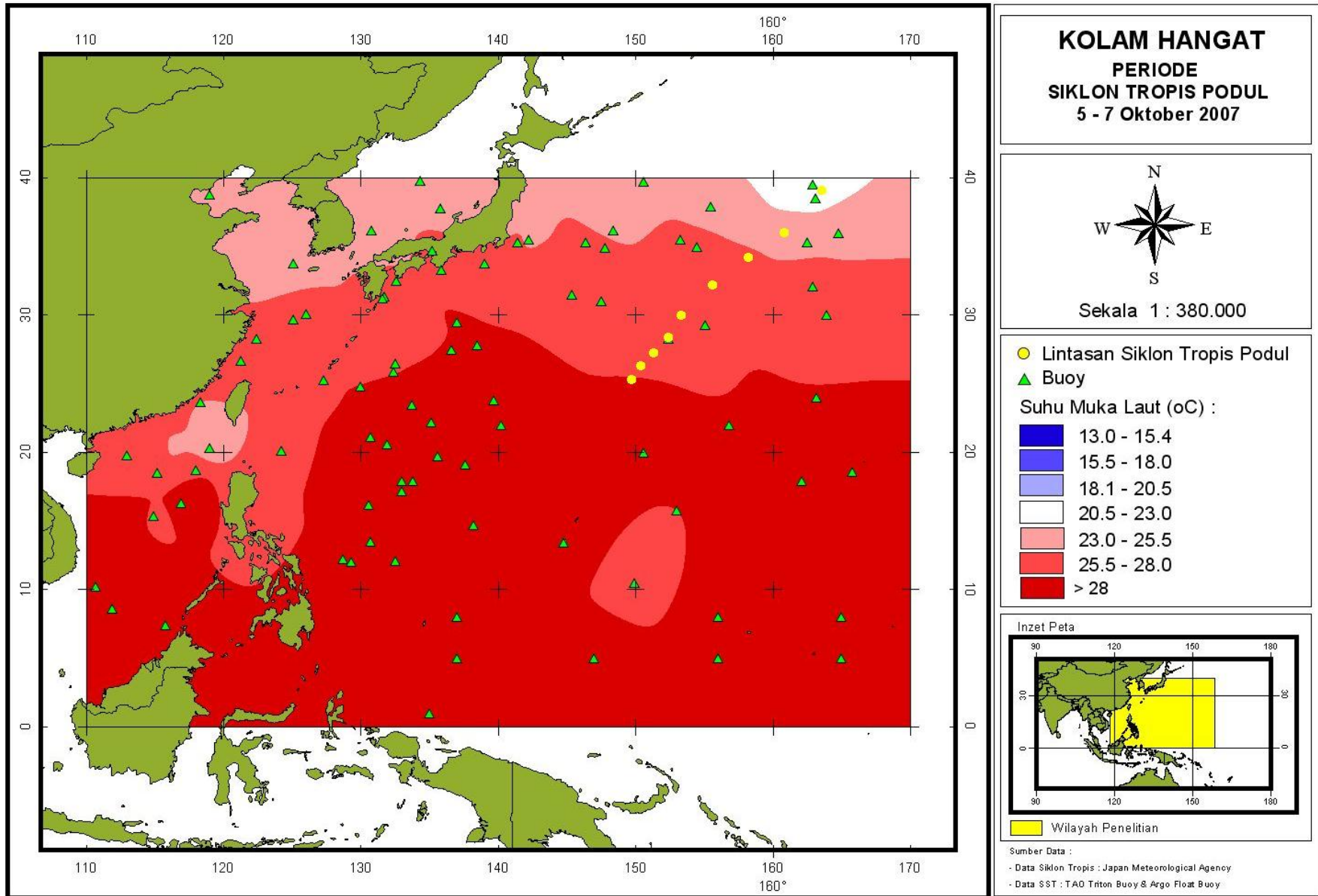
Lampiran V.23. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Pabuk



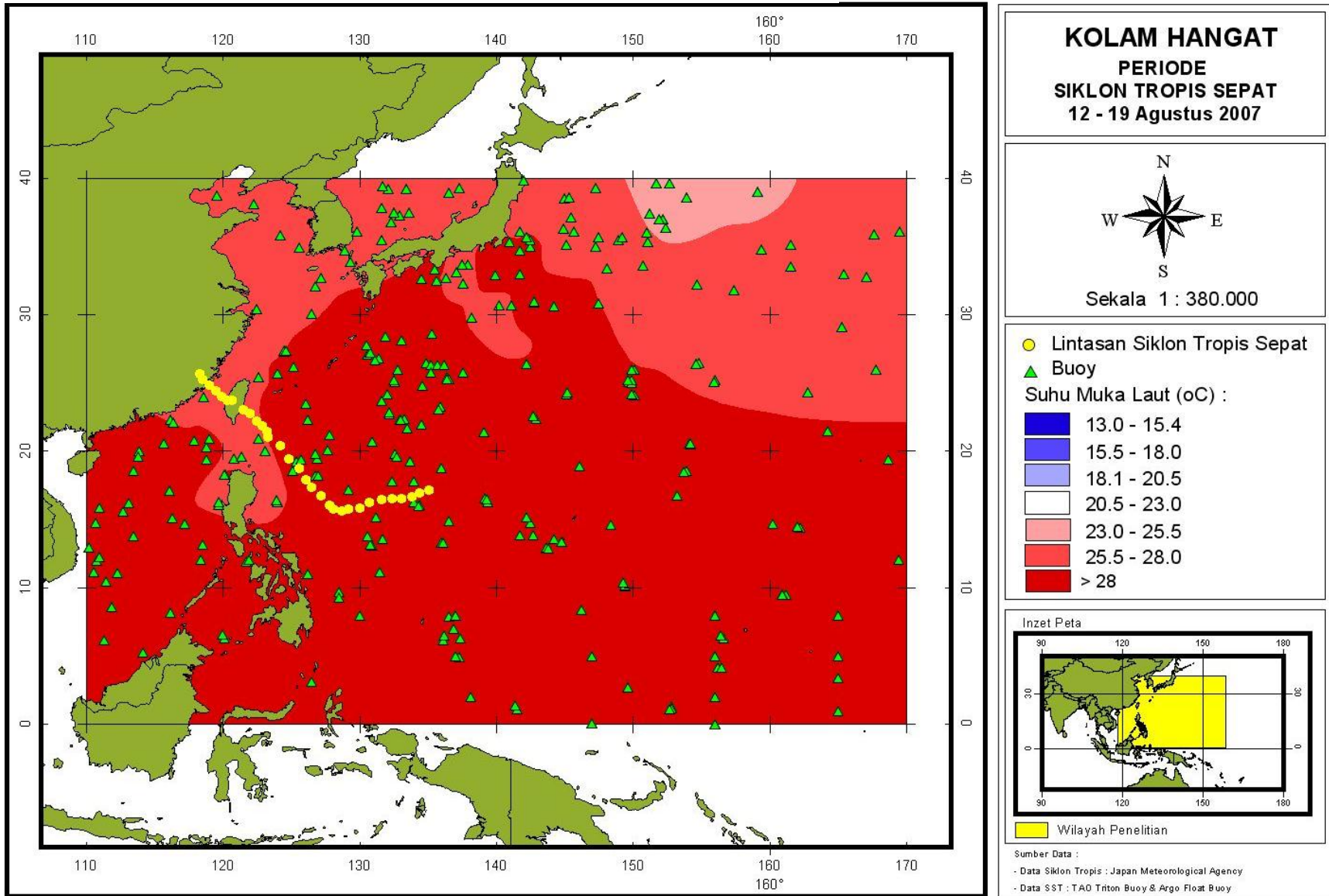
Lampiran V.24. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Peipah



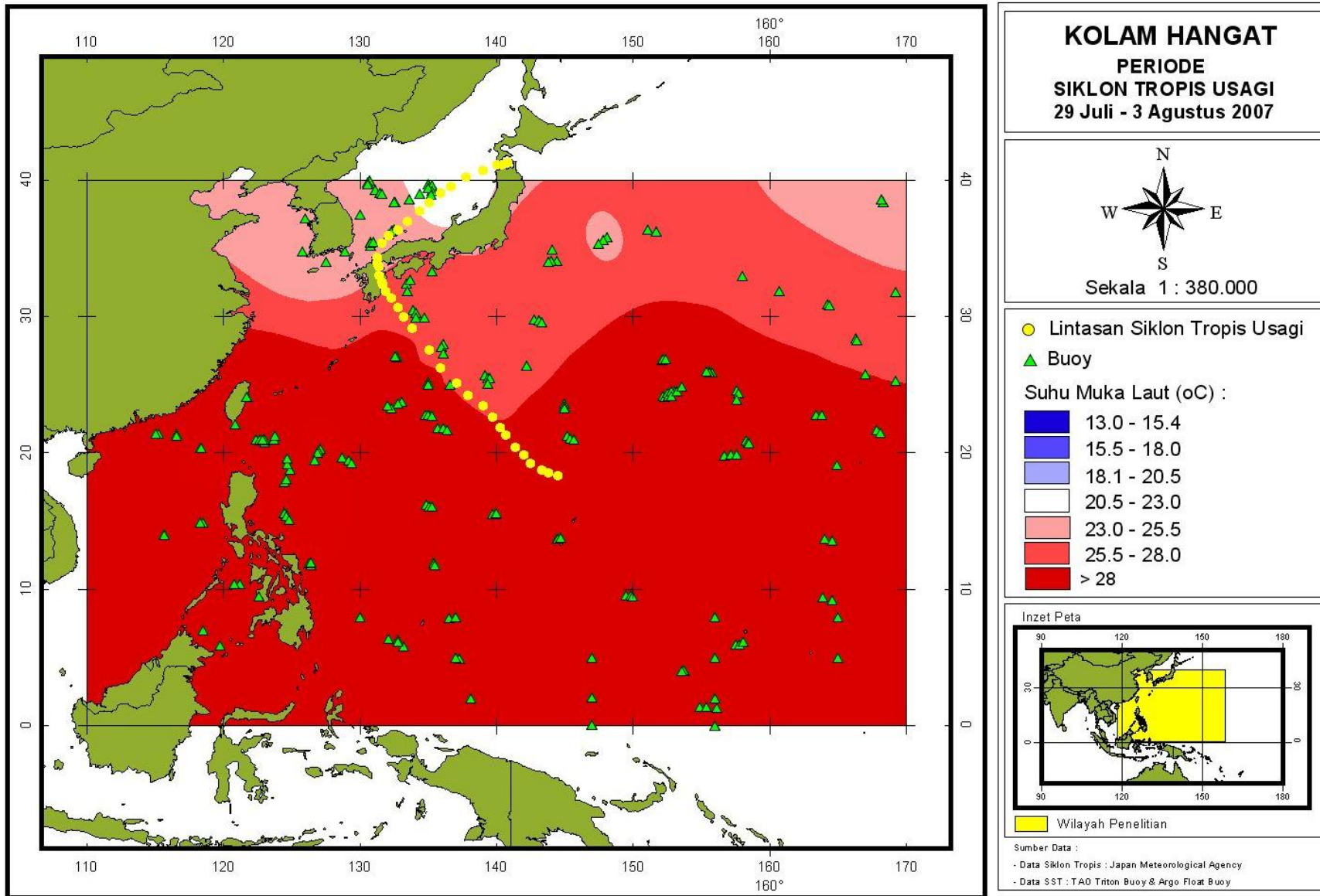
Lampiran V.25. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Podul



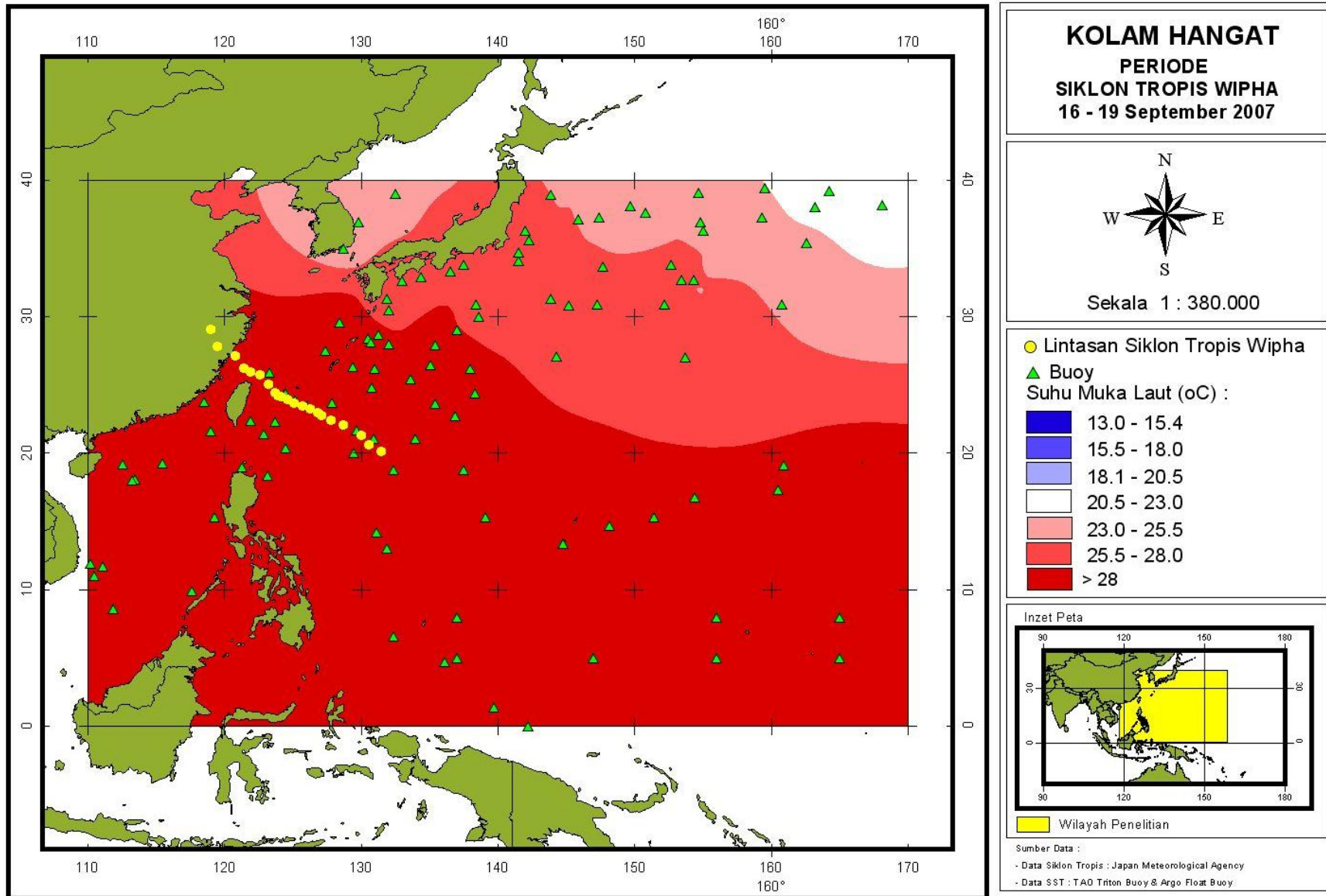
Lampiran V.26. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Sepat



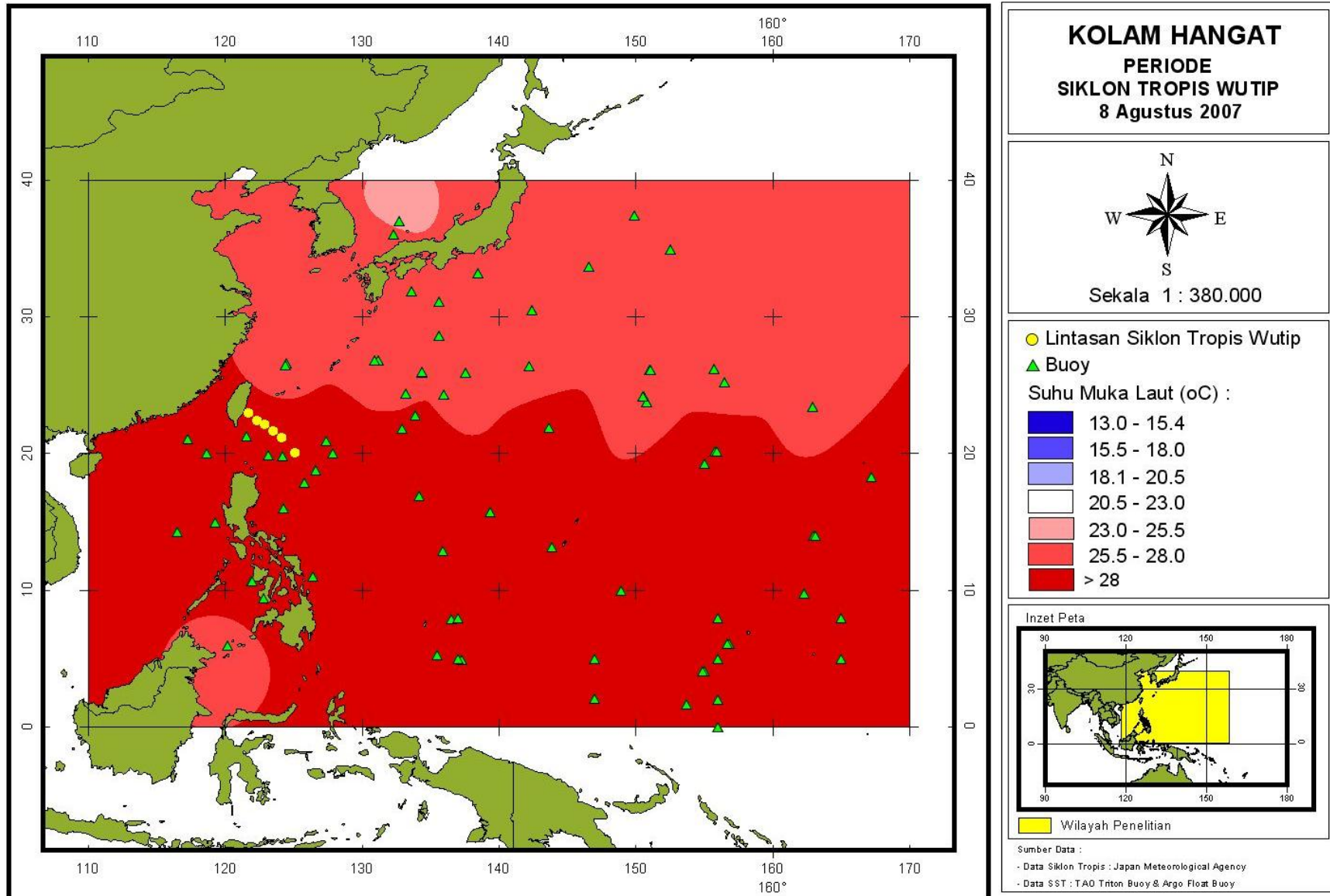
Lampiran V.27. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Usagi



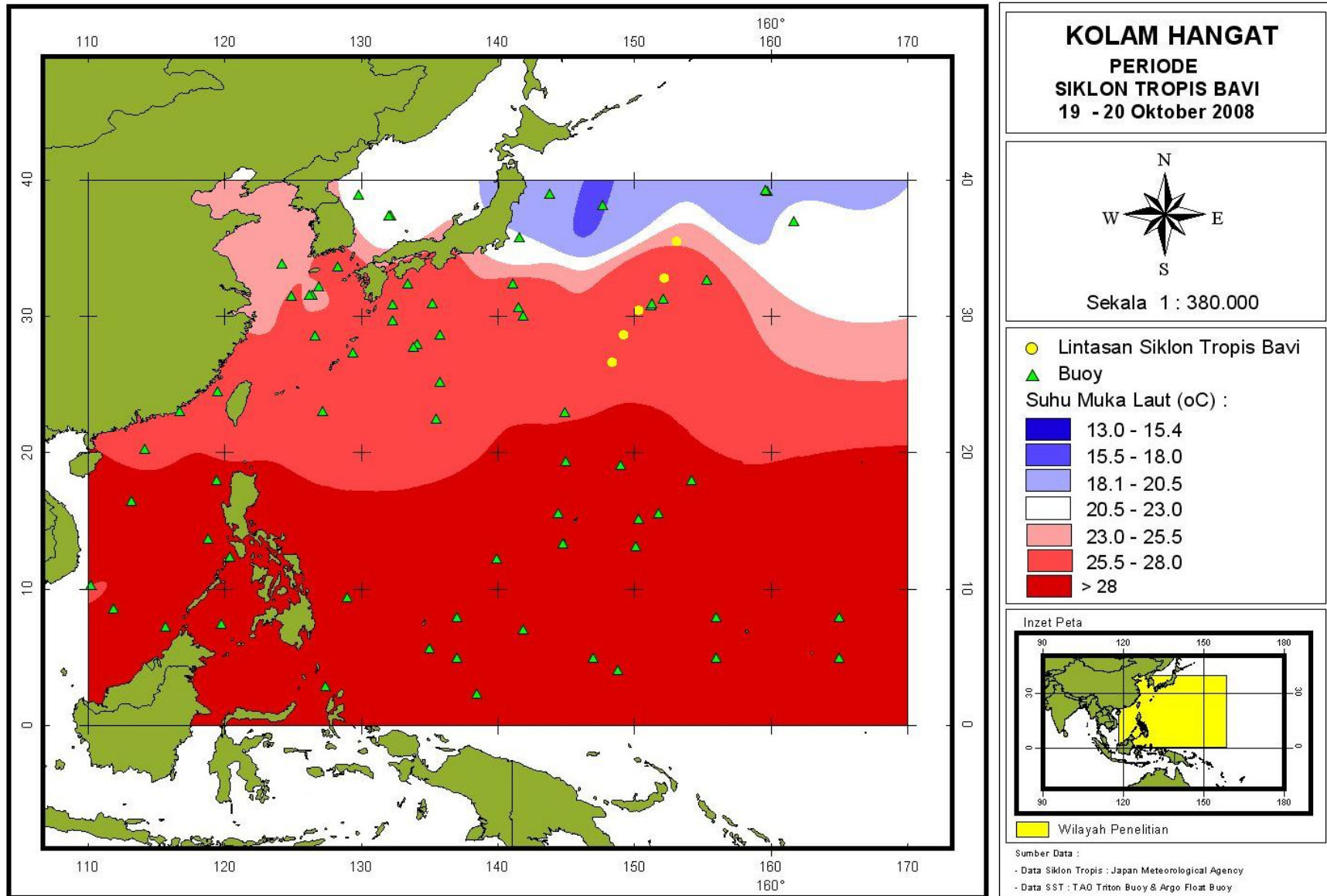
Lampiran V.28. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Wipha



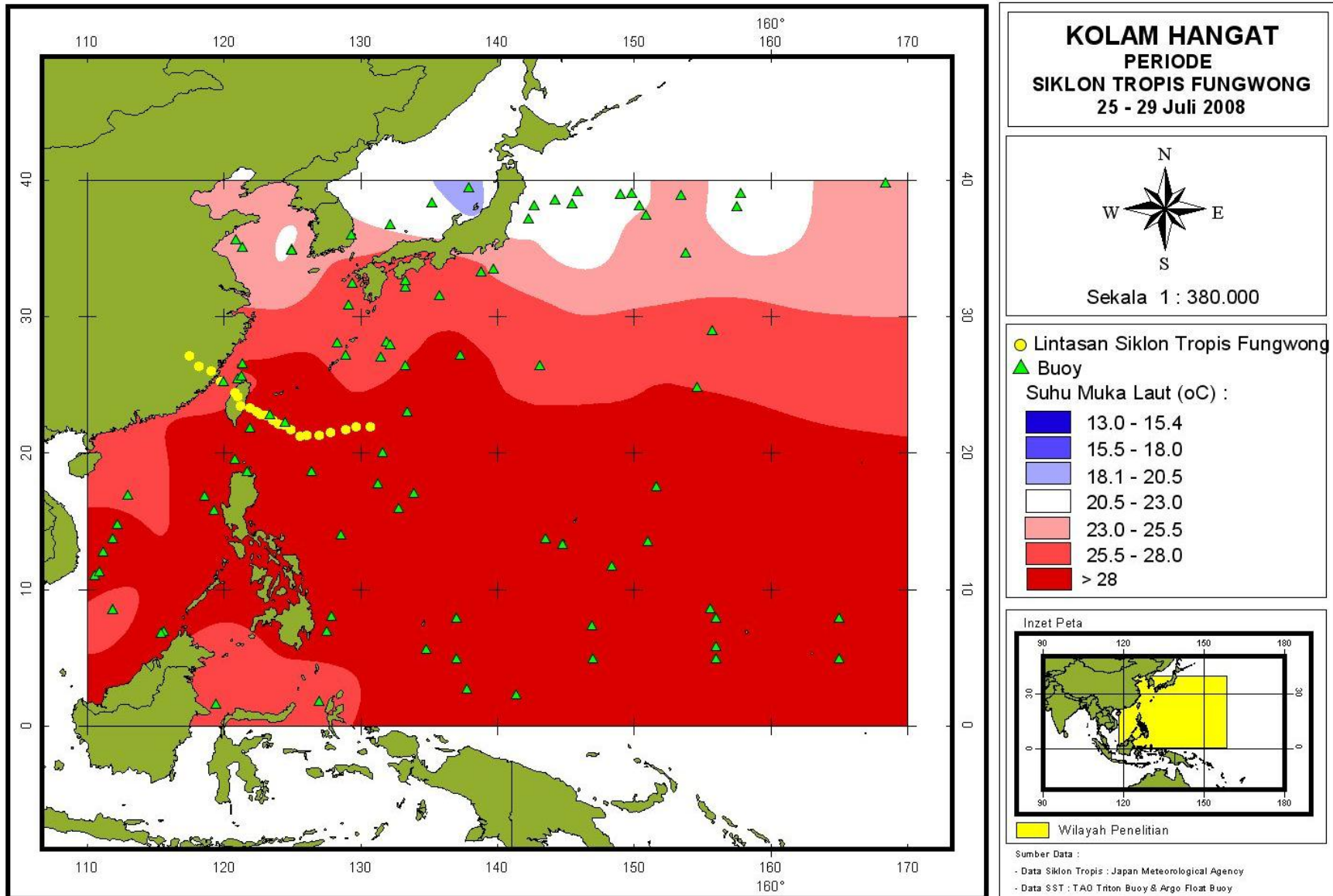
Lampiran V.29. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Wutip



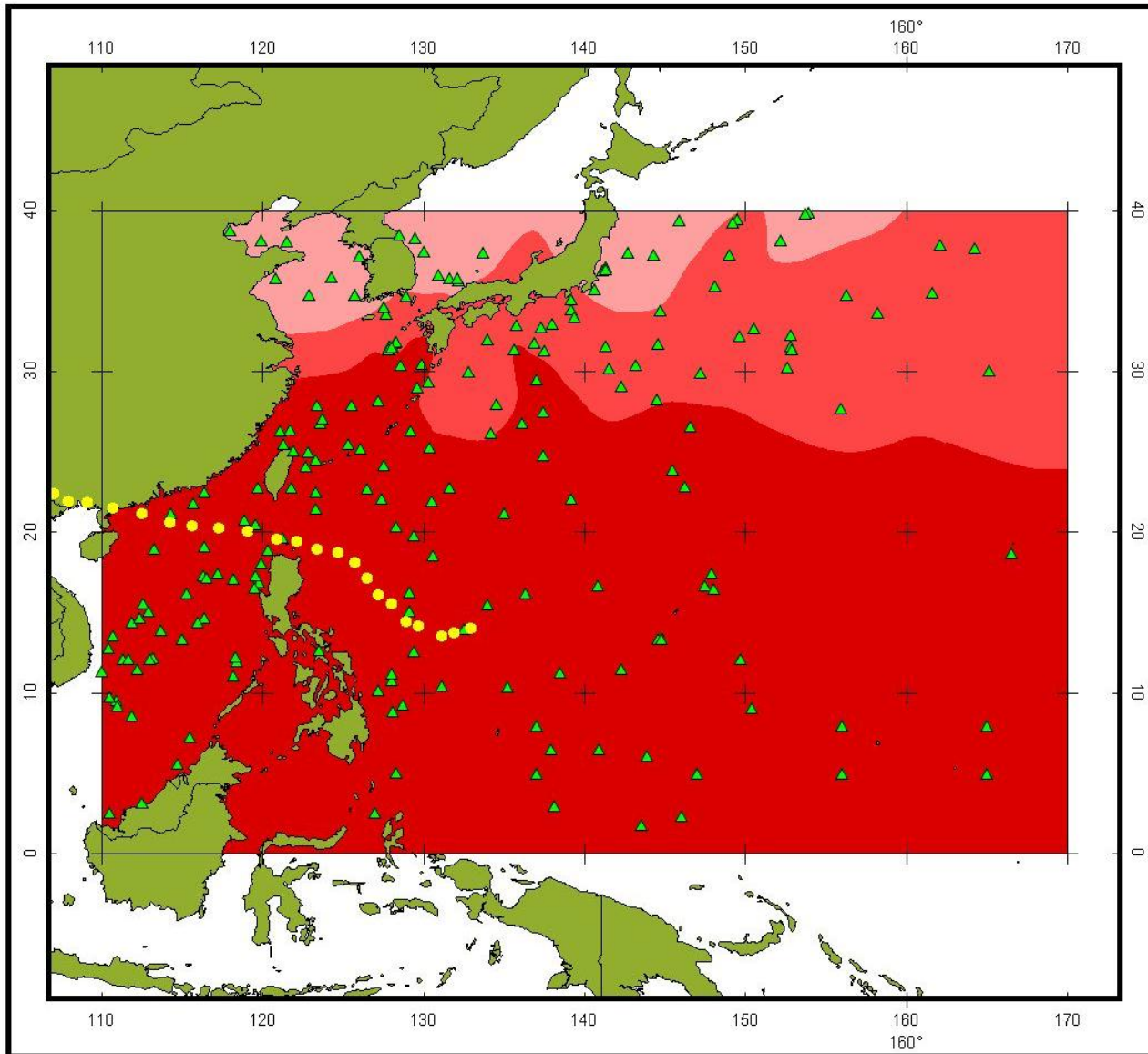
Lampiran V.30. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Bavi



Lampiran V.31. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Fungwong



Lampiran V.32. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Hagupit



**KOLAM HANGAT
PERIODE
SIKLON TROPIS HAGUPIT
19 - 24 September 2008**

Sekala 1 : 380.000

● Lintasan Siklon Tropis Hagupit
▲ Buoy
 Suhu Muka Laut (oC) :

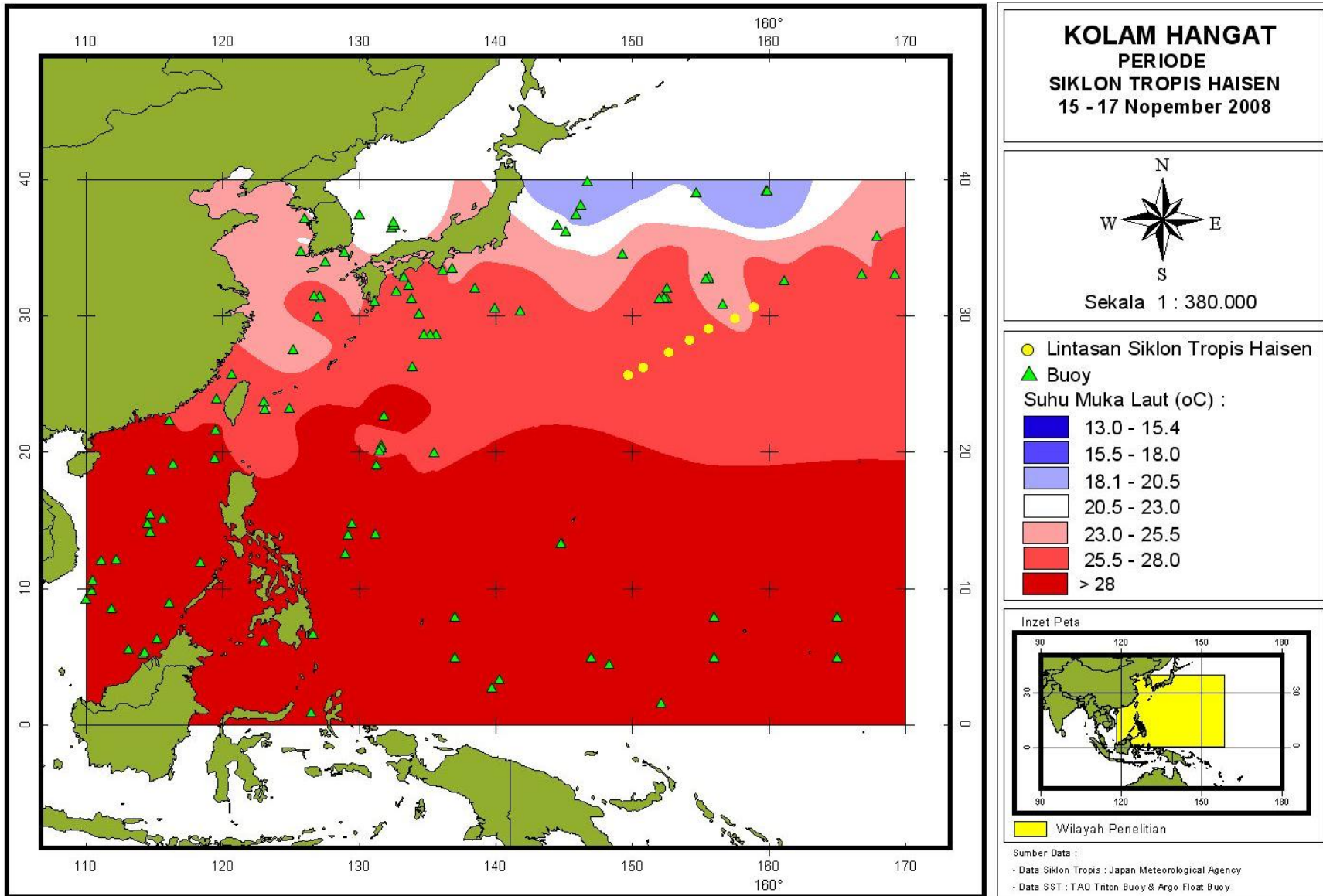
	13.0 - 15.4
	15.5 - 18.0
	18.1 - 20.5
	20.5 - 23.0
	23.0 - 25.5
	25.5 - 28.0
	> 28

Inzet Peta

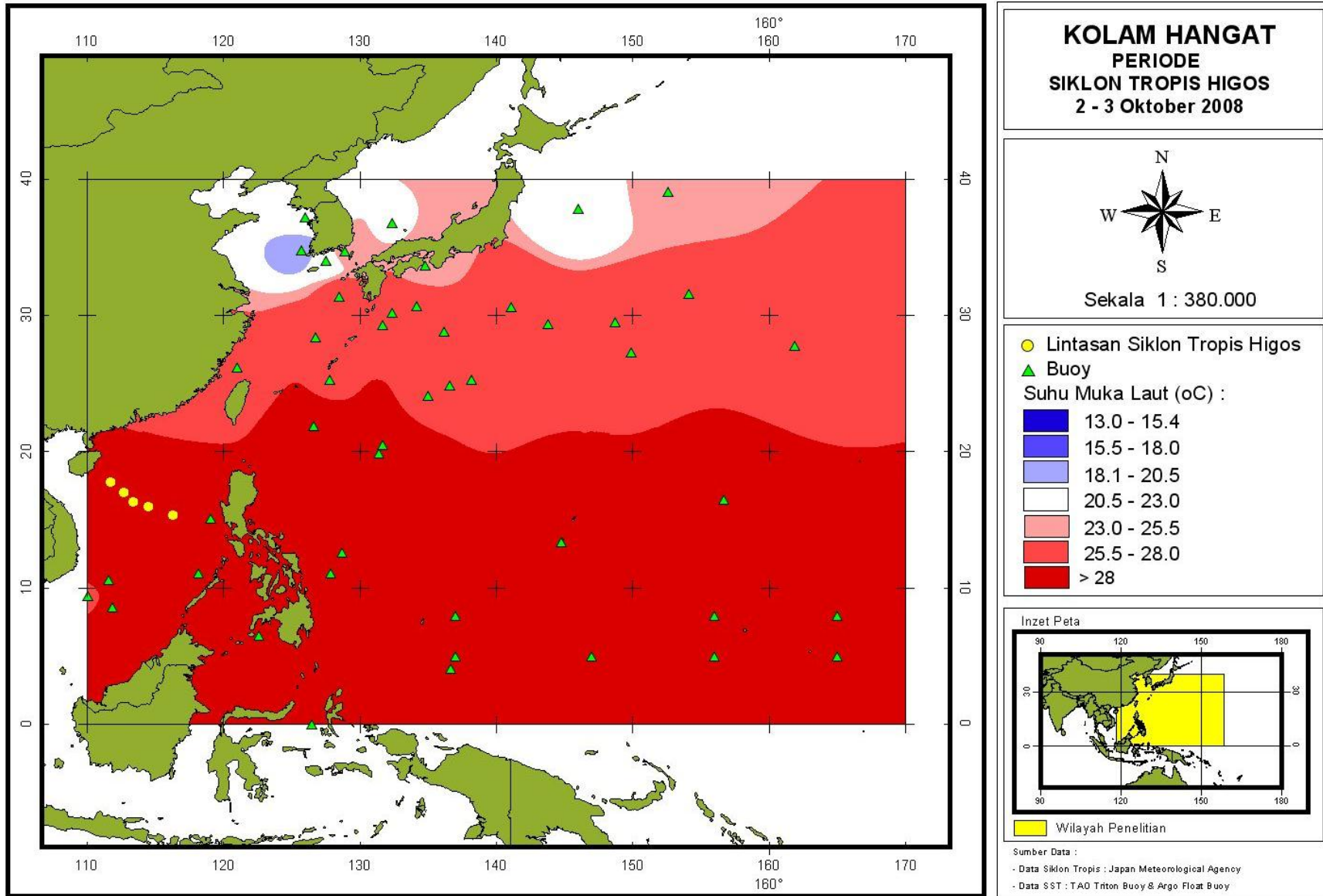
Wilayah Penelitian

Sumber Data :
 - Data Siklon Tropis : Japan Meteorological Agency
 - Data SST : TAO Triton Buoy & Argo Float Buoy

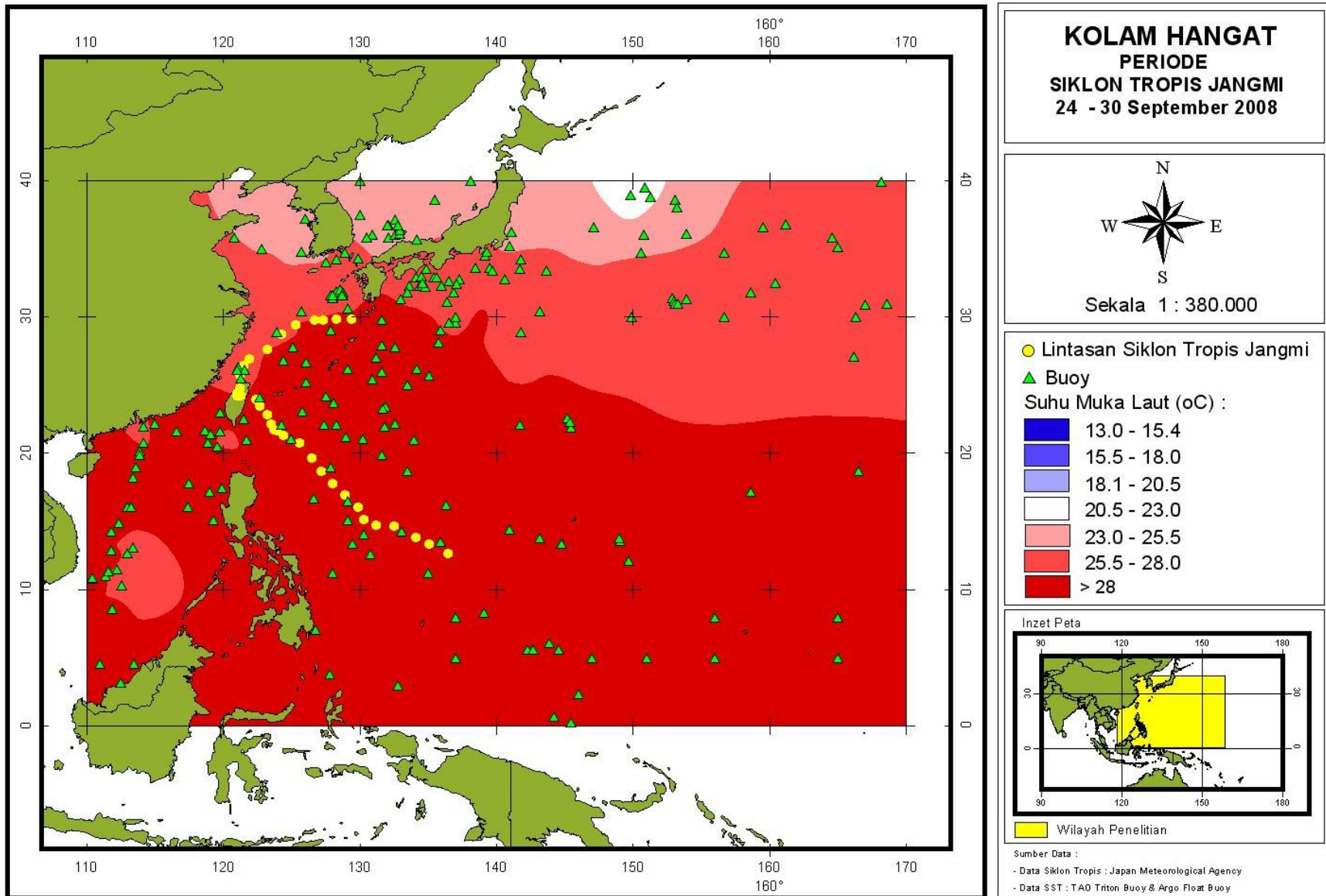
Lampiran V.33. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Haisen



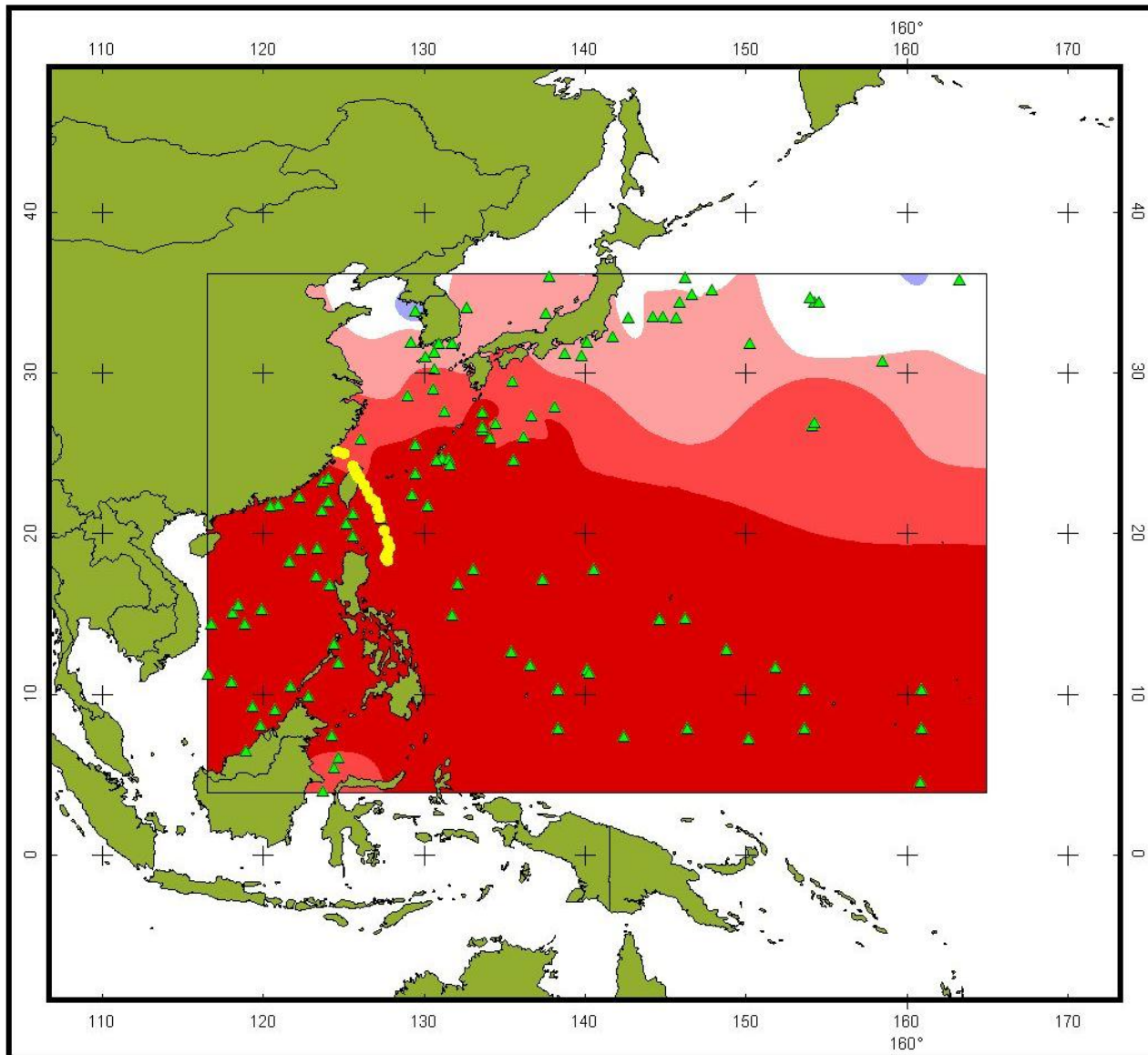
Lampiran V.34. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Higos



Lampiran V.35. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Jangmi



Lampiran V.36. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Kalmaegi



KOLAM HANGAT
PERIODE
SIKLON TROPIS KALMAEGI
15 - 18 Juli 2008

N
W E
S

Sekala 1 : 380.000

● Lintasan Siklon Tropis Kalmaegi
▲ Buoy

Suhu Muka Laut (oC) :

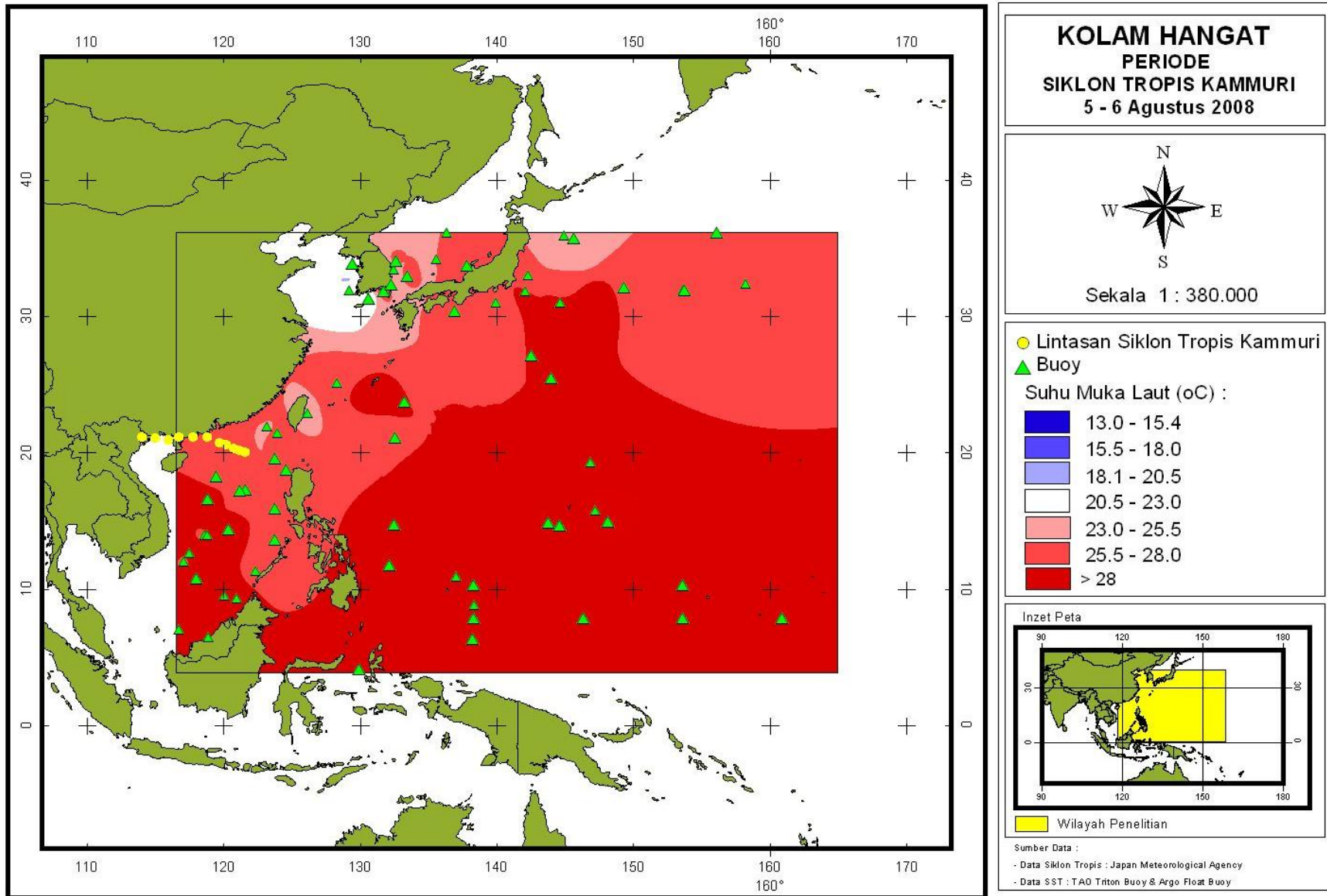
	13.0 - 15.4
	15.5 - 18.0
	18.1 - 20.5
	20.5 - 23.0
	23.0 - 25.5
	25.5 - 28.0
	> 28

Inzet Peta

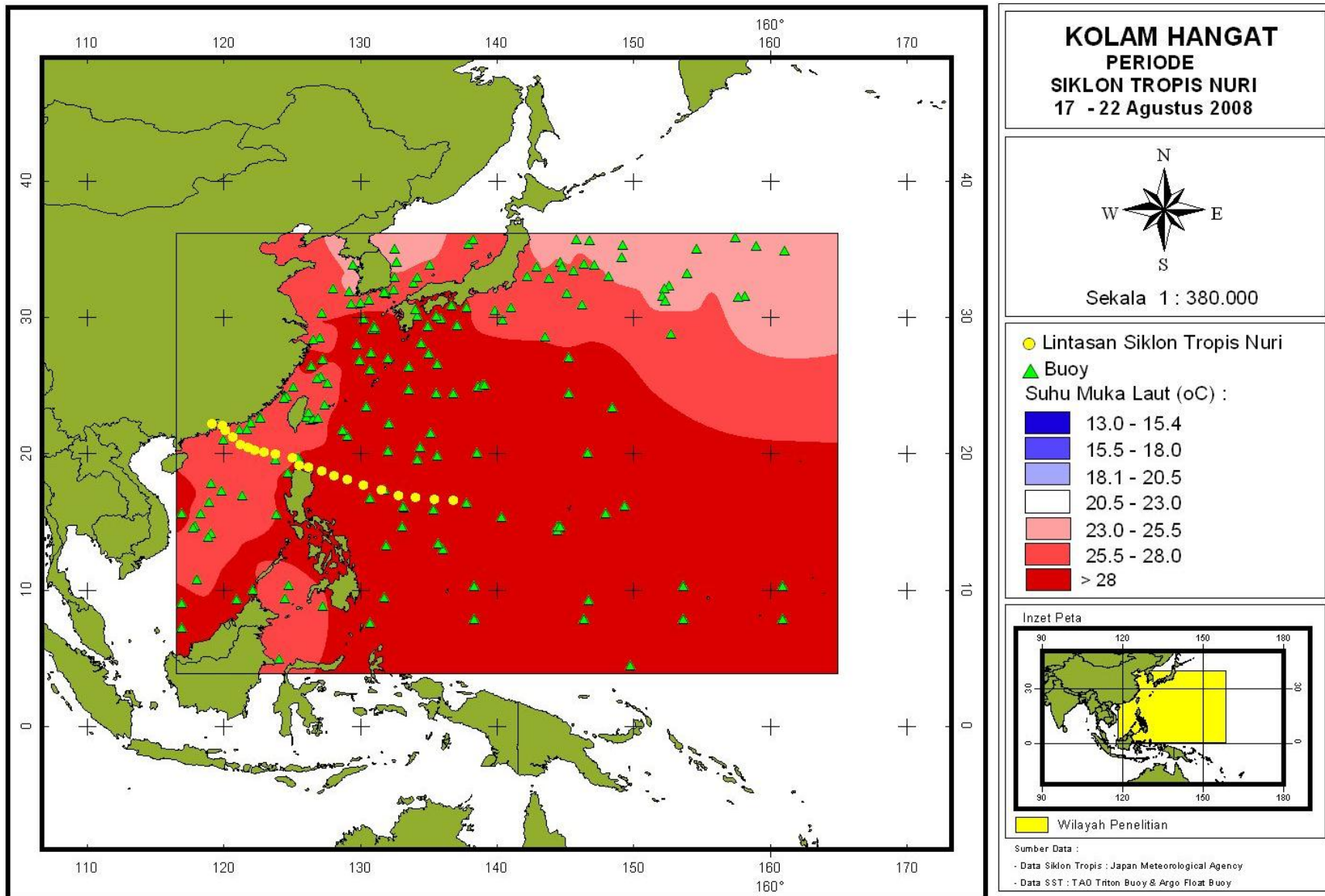
■ Wilayah Penelitian

Sumber Data :
- Data Siklon Tropis : Japan Meteorological Agency
- Data SST : TAO Triton Buoy & Argo Float Buoy

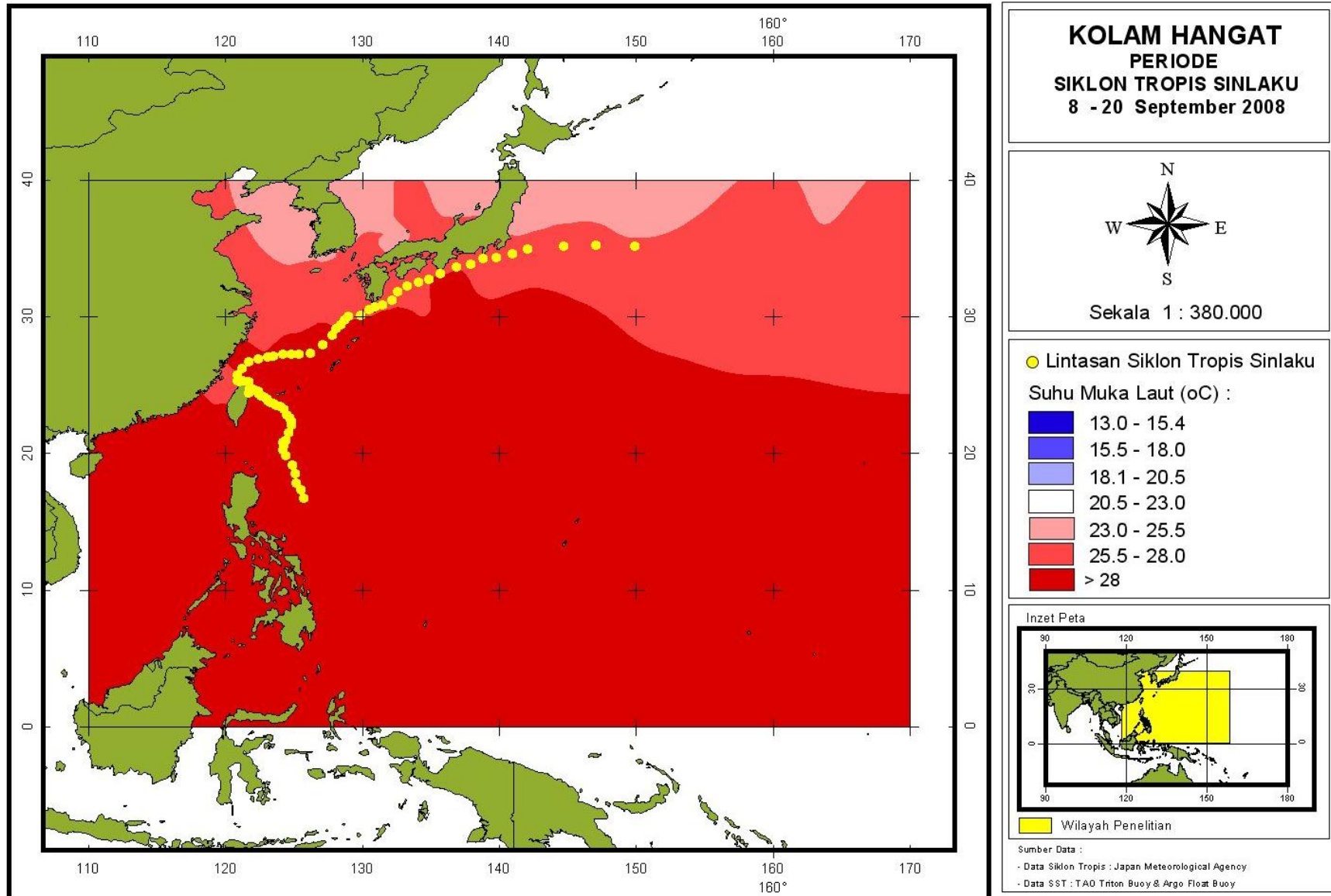
Lampiran V.37. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Kammuri



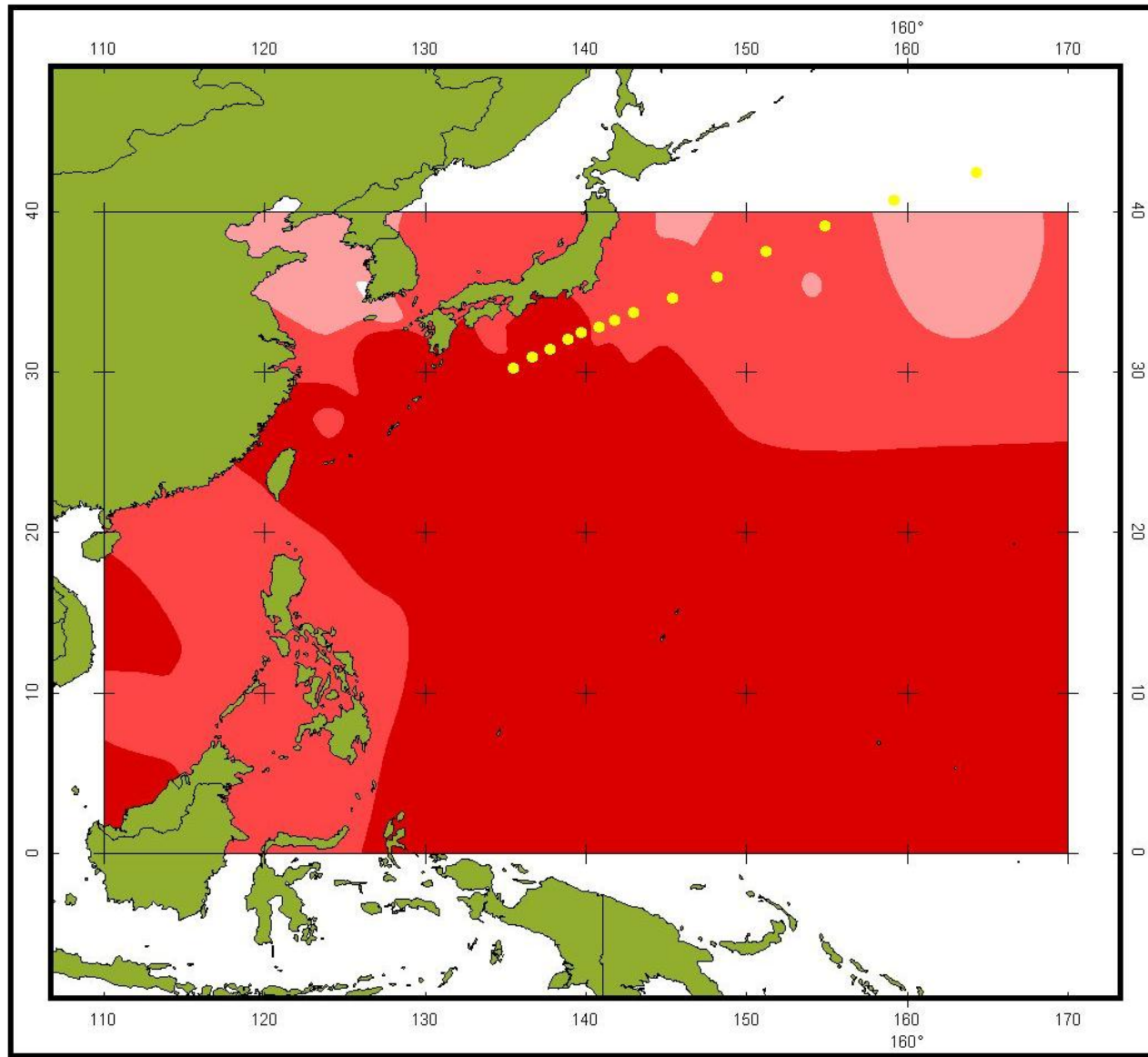
Lampiran V.38. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Nuri



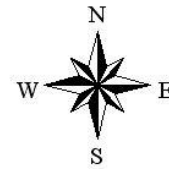
Lampiran V.39. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Sinlaku



Lampiran V.40. Peta Kolam Hangat Periode Siklon Tropis Vongfong



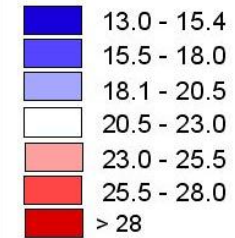
KOLAM HANGAT
PERIODE
SIKLON TROPIS VONGFONG
15 - 17 Agustus 2008



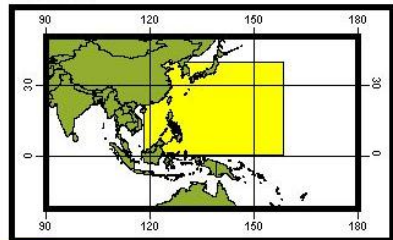
Sekala 1 : 380.000

● Lintasan Siklon Tropis Vongfong

Suhu Muka Laut (oC) :



Inzet Peta



■ Wilayah Penelitian

Sumber Data :

- Data Siklon Tropis : Japan Meteorological Agency
- Data SST : TAO Triton Buoy & Argo Float Buoy