

Andung Bayu Sekaranom

# **KEJADIAN HUJAN EKSTREM WILAYAH TROPIS**

**Kombinasi Observasi Permukaan dan  
Satelit Meteorologis serta Karakteristik  
Lingkungan Pembentukannya**



GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

**KEJADIAN HUJAN EKSTREM WILAYAH TROPIS**  
**Kombinasi Observasi Permukaan dan Satelit Meteorologis**  
**serta Karakteristik Lingkungan Pembentukannya**

**Penulis:**

Andung Bayu Sekaranom

**Editor:**

Hadi Prasetyo

**Desain sampul:**

Pram's

**Tata letak isi:**

Abi

**Penerbit:**

Gajah Mada University Press  
Anggota IKAPI dan APPTI

**Ukuran:** 15,5 × 21 cm; xviii + 124 hlm

**ISBN:** 978-602-386-923-7

**Redaksi:**

Jl. Sendok, Karanggayam CT VIII Caturtunggal  
Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta, 55281  
Telp./Fax.: (0274) 561037  
ugmpress.ugm.ac.id | gmupress@ugm.ac.id

**Cetakan Pertama: Desember 2020**

**Hak penerbitan ©2020 Gajah Mada University Press**

*Dilarang mengutip dan memperbanyak tanpa izin tertulis dari penerbit, sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apa pun, baik cetak, photoprint, microfilm, dan sebagainya.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah Swt., atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga buku dengan judul *Kejadian Hujan Ekstrem Wilayah Tropis: Kombinasi Observasi Permukaan dan Satelit Meteorologis serta Lingkungan Pembentukannya* dapat diselesaikan. Buku ini disusun sebagai pedoman bagi peneliti, pengambil kebijakan, mahasiswa, serta masyarakat umum yang tertarik ataupun terlibat dalam kajian meteorologis yang berkaitan dalam bidang kebencanaan. Buku ini memberikan contoh-contoh hasil analisis yang telah dilakukan penulis agar pembaca mendapatkan gambaran secara jelas dalam analisis yang memanfaatkan data hujan sebagai salah satu sumbernya.

Perlu diketahui bahwa hujan ekstrem merupakan salah satu faktor utama pemicu kejadian bencana hidrometeorologis di Indonesia. Kejadian bencana hidrometeorologis yang semakin lama semakin meningkat pada saat ini menunjukkan pentingnya pemahaman mengenai karakteristik terjadinya hujan ekstrem. Pemahaman tersebut mencakup identifikasi berdasarkan stasiun meteorologis, karakteristik probabilitas, distribusi spasial, analisis berbasis satelit meteorologis, dan faktor penentu terjadinya hujan ekstrem.

Isi buku ini, terutama, ditujukan kepada pembaca level menengah yang telah memahami konsep-konsep dalam meteorologi, klimatologi, serta hidrometeorologi. Pemahaman atas konsep-konsep dasar fisika dan statistika juga disarankan bagi pembaca untuk dipelajari sebelum membaca buku ini. Sebagai tambahan, disarankan agar pembaca juga memahami konsep-konsep dalam estimasi data meteorologis berbasis satelit, terutama terkait dengan perbedaan sensor aktif dan pasif.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyelesaian buku ini. Buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan pada masa mendatang. Oleh karena itu, penulis mengundang para pembaca untuk memberikan kritik, saran, dan masukan guna perbaikan dan penyempurnaan buku ini. Atas kontribusi tersebut, penulis mengucapkan terima kasih. Mudah-mudahan

kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan ilmu pengetahuan di Indonesia, terutama dalam bidang hidrometeorologi dan kebencanaan.

Yogyakarta, Maret 2020

Penulis,

Dr. Sc. Andung Bayu Sekaranom, M.Sc.

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
<b>BAB I Hujan Ekstrem di Indonesia .....</b>	<b>1</b>
1.1 Dinamika Atmosfer, Curah Hujan, dan Perubahan Iklim dan Kaitannya dengan Bencana Hidrometeorologis di Indonesia .....	1
1.2 Identifikasi Curah Hujan Ekstrem.....	3
1.3 Perkembangan Teknologi dalam Observasi dan Pemantauan Curah Hujan.....	7
1.4 Estimasi Curah Hujan pada Satelit Meteorologis dan Model Atmosfer di Indonesia.....	9
1.4 Studi Komparasi Estimasi Curah Hujan dan Validasi di Lapangan.....	14
1.5 Pengaruh Topografi terhadap Distribusi Hujan dan Hujan Ekstrem: Contoh Kombinasi Data.....	19
<b>BAB II Konsep Estimasi Curah Hujan Berbasis Satelit dan Aplikasinya untuk Hujan Ekstrem .....</b>	<b>27</b>
2.1 Latar Belakang Pemanfaatan Teknologi Satelit untuk Estimasi Curah Hujan .....	27
2.2 Perkembangan Satelit Meteorologis .....	28
2.3 Estimasi Curah Hujan Menggunakan Radar Presipitasi (Sistem Aktif) .....	29
2.4 Konsep Estimasi Curah Hujan Menggunakan Gelombang Mikro (Sistem Pasif).....	31
2.5 Perbedaan Estimasi Curah Hujan pada Sistem Aktif dan Pasif.....	32

2.6	Faktor-Faktor Penentu Bias pada Estimasi Curah Hujan Ekstrem.....	33
BAB III	INTEGRASI DATA ESTIMASI CURAH HUJAN SATELIT, PROFIL AWAN, DAN MODEL METEOROLOGIS .....	39
3.1	Manfaat Integrasi Data .....	39
3.2	Proses Integrasi Data.....	40
3.3	Contoh Integrasi Data Estimasi Curah Hujan, Awan, dan Karakteristik Atmosfer .....	41
3.4	Proses Integrasi Secara Spasial dan Temporal .....	43
3.5	Pembuatan Basis Data Curah Hujan Ekstrem.....	45
3.6	Contoh Lengkap Metode Integrasi Data untuk Analisis Hujan Ekstrem.....	46
BAB IV	ESTIMASI CURAH HUJAN EKSTREM DI BENUA MARITIM INDONESIA.....	50
4.1	Curah Hujan Ekstrem di Benua Maritim Indonesia..	50
4.2	Interkomparasi Statistik Estimasi Curah Hujan di Indonesia .....	53
4.3	Perbandingan Distribusi Probabilitas Intensitas Hujan.....	58
4.4	Perbandingan Statistik Hasil Estimasi Curah Hujan Ekstrem .....	60
4.5	Pengaruh Partikel Es Pada Awan terhadap Identifikasi Hujan Ekstrem.....	65
BAB V	PERBANDINGAN CURAH HUJAN EKSTREM PADA TINGKAT REGIONAL DAN PERBEDAAN PROSES FISISNYA.....	67
5.1	Gambaran Global Bias pada Estimasi Hujan Klimatologis dan Ekstrem.....	67
5.2	Siklus Diurnal dan Perbedaan Estimasi Curah Hujan.....	75
5.3	Struktur Vertikal Hujan dan Perbedaan Estimasi Curah Hujan .....	80
5.4	Emisi Gelombang Mikro Oleh Partikel Air dan Hamburan Oleh Partikel Es pada Awan .....	84
5.5	Perkembangan Sistem Konvektif dan Perbedaan	

Estimasi Curah Hujan .....	88
BAB VI KARAKTERISASI LINGKUNGAN PEMBENTUKAN HUJAN EKSTREM .....	91
6.1 Struktur Komposit Awan dan Fraksi Konvektif Hujan Ekstrem .....	91
6.2 Ketidakstabilan Atmosfer ( <i>Atmospheric Instability</i> ) dan Perbedaan Estimasi Hujan Ekstrem .....	96
6.3. Organisasi Presipitasi dan Perbedaan Estimasi Curah Hujan.....	100
6.4. Homogenitas Hujan dan Perbedaan Estimasi Curah Hujan .....	104
BAB VII KESIMPULAN DAN PENUTUP.....	107
DAFTAR PUSTAKA.....	110
INDEKS.....	121
TENTANG PENULIS.....	123

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Jumlah stasiun berdasarkan ketinggian di Jawa Tengah–DIY menunjukkan distribusi yang lebih dominan pada topografi datar. ....	11
Tabel 2.	Jumlah total <i>grid</i> (termasuk <i>grid</i> tidak-hujan), rata-rata tidak bersyarat (rata-rata semua <i>grid</i> $\geq 0$ mm/jam), dan rata-rata bersyarat (rata-rata semua <i>grid</i> untuk $> 0,5$ mm/jam) berdasarkan jenis permukaan .....	54
Tabel 3.	Persentase <i>grid</i> untuk intensitas hujan $>0,5$ mm/jam hingga $>40$ mm/jam berdasarkan algoritma dan jenis permukaan. Nilai maksimum permukaan ditampilkan dengan cetak tebal .....	55
Tabel 4.	Jumlah profil CloudSat yang berkolokasi dan diobservasi untuk $>10\%$ teratas dari total data estimasi intensitas hujan TRMM .....	72

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Skema prediksi pola perubahan presipitasi di Pulau Jawa serta hubungannya dengan banjir dan kekeringan .....	3
Gambar 2.	Contoh jenis distribusi data dan penentuannya .....	5
Gambar 3.	Contoh variasi distribusi data berdasarkan koefisien kecondongan ( <i>skewness</i> ) dan kurtosis .....	6
Gambar 4.	Distribusi stasiun pengukur hujan di Jawa Tengah-DIY (Data berasal dari BMKG) .....	10
Gambar 5.	a) Contoh metode pencampuran berbasis residu menggunakan data estimasi satelit ataupun model atmosfer sebagai nilai awal ( <i>background field</i> ) dan alat pengukur hujan untuk penyesuaian estimasi curah hujan; b) Contoh penentuan radius pengaruh dari titik grid tertentu ke stasiun pengukur hujan terdekat .....	13
Gambar 6.	Contoh pemilihan teknik interpolasi, a) IDW, b) MA, dan c) NN menghasilkan hasil interpolasi yang berbeda dan memengaruhi validitas terhadap data pengamatan .....	16
Gambar 7.	Contoh nilai a) Korelasi, b) MBE, dan c) RMSE estimasi curah hujan di Jawa Tengah dibandingkan dengan stasiun pencatatan hujan menunjukkan variasi kualitas data hasil estimasi terhadap data hasil pencatatan di lapangan .....	18
Gambar 8.	Peta curah hujan tahunan wilayah Jawa Tengah–DIY periode 1998–2010. Curah hujan tertinggi terjadi pada bagian tengah yang merupakan daerah pegunungan .....	20
Gambar 9.	Hujan ekstrem periode kala ulang 5 tahun, 10 tahun, dan <i>probable maximum precipitation</i> untuk wilayah Jawa Tengah dan DIY berdasarkan pengolahan data TRMM dan data pencatatan lapangan. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa meskipun curah hujan kumulatif lebih tinggi pada wilayah pegunungan, curah hujan ekstrem lebih tinggi intensitasnya pada wilayah dekat laut .....	21

Gambar 10. Profil topografi beberapa gunung di wilayah Jawa Tengah-DIY berdasarkan jarak dari lautan .....	22
Gambar 11. Profil curah hujan periode kala ulang lima tahunan dibandingkan dengan jarak dari lautan ke beberapa pegunungan di wilayah Jawa Tengah–DIY .....	24
Gambar 12. Profil curah hujan periode kala ulang 10 tahunan dibandingkan dengan jarak dari lautan ke beberapa pegunungan di wilayah Jawa Tengah–DIY .....	24
Gambar 13. Profil PMP dibandingkan dengan jarak dari lautan ke beberapa pegunungan di wilayah Jawa Tengah .....	25
Gambar 14. Skema proses yang memengaruhi distribusi curah hujan ekstrem antara daerah pesisir dan pegunungan di wilayah Jawa Tengah–DIY .....	26
Gambar 15. Ilustrasi perbedaan konsep fisik antara sistem aktif dan pasif dengan PR dan TMI sebagai contoh dalam memperkirakan intensitas hujan. Sensor aktif pada TRMM PR (kiri) mengukur reflektivitas radar partikel hidrometeor berukuran besar, sedangkan sensor pasif pada TMI (kanan) mengukur emisi gelombang mikro partikel hidrometeor cair dan hamburan dari partikel es pada lautan (atas), dan hanya hamburan partikel es saja pada daratan (bawah) .....	30
Gambar 16. Ilustrasi proses estimasi curah hujan pada sistem aktif (contoh untuk PR) .....	31
Gambar 17. Ilustrasi proses estimasi curah hujan pada sistem pasif (Contoh pada TMI).....	32
Gambar 18. Konsep identifikasi hujan ekstrem pada sistem sensor pasif berdasarkan kanal hamburan es (misal pada TRMM TMI). Hujan ekstrem terbentuk akibat gerakan udara ke atas yang bergerak cepat dan menghasilkan sejumlah besar partikel es pada puncak awan .....	35
Gambar 19. Struktur vertikal dari profil reflektivitas radar pada hujan konvektif berdasarkan Hamada dkk. (2015). Hujan ekstrem diidentifikasi berdasarkan reflektivitas radar > 40 dBz. Temuan di atas menunjukkan adanya hujan ekstrem dengan tinggi puncak awan yang lebih rendah dibandingkan ketinggian yang diasumsikan. ....	36

Gambar 20.	Evolusi temporal dari pembentukan hujan ekstrem menurut Song dkk. (2017). Eksperimen 1 merupakan model untuk kondisi kelembapan rerata dan Eksperimen 2 untuk peningkatan kelembapan empat kali lipat dari Eksperimen 1. Hasil simulasi menghasilkan pembentukan awan yang lebih cepat dan hujan ekstrem yang terjadi lebih awal disertai dengan ketinggian awan yang lebih rendah .....	37
Gambar 21.	Karakteristik tipe hujan berdasarkan satelit meteorologis: (a) hujan konvektif, (b) hujan stratiform yang mengikuti ekor dari awan konvektif, dan (c) hujan stratiform yang disebabkan karena pengangkatan front hangat di atas front dingin. ....	38
Gambar 22.	Contoh profil vertikal dari reflektivitas awan berdasarkan data CloudSat. Sumbu x menunjukkan ukuran secara horizontal, sementara sumbu y menandakan ketinggian awan; a) menunjukkan awan kumululus dengan ketinggian rendah ( <i>shallow cumulus</i> ), b) awan kumulonimbus terisolasi ( <i>deep isolated convective</i> ), dan c) awan kumulonimbus terorganisasi ( <i>organized convective</i> ).....	42
Gambar 23.	Ilustrasi proses pencocokan data TRMM dan CloudSat. Rangkaian waktu komposit CloudSat dihitung menggunakan perbedaan waktu antara pengamatan TRMM dengan CloudSat. ....	47
Gambar 24.	Peta Benua Maritim dengan klasifikasi wilayah daratan, lautan, dan pesisir. Daerah dengan warna gelap menunjukkan intensitas hujan rerata lebih tinggi dari daerah di sekitarnya dari estimasi curah hujan PR 2A25 tahun 1998–2014 .....	51
Gambar 25.	Kontribusi kumulatif terhadap intensitas hujan rata-rata (%) yang diperoleh dari PR (garis hitam solid), TMI (garis hitam putus-putus), dan TMPA (garis abu-abu putus-putus) untuk (a) lautan, (b) daratan, dan (c) pesisir; dihitung dari masing-masing grid berukuran 0,25° untuk tahun 1998–2014 .....	58
Gambar 26	Probabilitas terlampaui untuk PR (garis hitam solid), TMI (garis hitam putus-putus), dan TMPA (garis abu-abu putus) di setiap grid 0,25° untuk tahun 1998–2014.	

	Intensitas hujan dengan nilai <i>exceedence</i> yang mendekati 1 menunjukkan kemungkinan kejadian yang lebih tinggi. Plot mewakili setiap jenis permukaan dari kiri ke kanan: (a) lautan, (b) daratan, dan (c) pesisir. ....	59
Gambar 27.	Plot PCT minimum pada TMI 85 GHz dibandingkan dengan intensitas hujan rata-rata dari PR (titik hitam), TMI (tanda tambah berwarna hitam), dan TMPA (tanda silang abu-abu). Nilai PCT diperoleh dari nilai minimum di dalam grid persegi $1/4^\circ$ yang berkolokasi untuk tahun 1998–2014. Setiap titik mewakili nilai rata-rata untuk rentang data PCT 5 K. Hasilnya diklasifikasikan menjadi tiga jenis permukaan, dari kiri ke kanan: (a) lautan, (b) daratan, dan (c) pesisir.....	60
Gambar 28.	Fraksi terhadap jumlah total kejadian hujan sebagai fungsi dari intensitas hujan dan PCT minimum pada TMI 85 GHz, diperoleh dari <i>grid</i> persegi $1/4^\circ$ yang berkolokasi pada tahun 1998–2014. Data diklasifikasi berdasarkan algoritma (dari atas ke bawah: PR, TMI, dan TMPA) dan jenis permukaan (dari kiri ke kanan: lautan, daratan, dan pesisir). Skala menunjukkan fraksi-fraksi total data untuk setiap plot. ....	61
Gambar 29.	Fraksi terhadap jumlah total kejadian hujan sebagai fungsi dari intensitas hujan dan PCT minimum pada TMI 85 GHz, diperoleh dari <i>grid</i> persegi $1/4^\circ$ yang berkolokasi pada tahun 1998–2014, tetapi untuk rata-rata 1% intensitas hujan teratas pada setiap rentang data PCT minimum sebesar 5 K (TMI 85 GHz) .....	62
Gambar 30.	Plot ketinggian puncak badai pada PR yang berkolokasi sebagai fungsi dari 1% intensitas hujan teratas di setiap rentang data PCT pada PR (titik hitam), TMI (tanda tambah berwarna hitam), dan TMPA (tanda silang abu-abu). Data 1% teratas diperoleh dengan mengamati TRMM dari tahun 1998 hingga 2014. Data ketinggian puncak badai diperoleh dari nilai rata-rata PR2A23 yang berkolokasi di setiap <i>grid</i> persegi $1/4^\circ$ dan diklasifikasi menjadi lautan (kiri), daratan (tengah), dan pesisir (kanan).....	63

Gambar 31. Rata-rata curah hujan vertikal pada PR2A25 yang berkolokasi untuk 1% kejadian ekstrem teratas pada PR (merah), TMI (hijau), dan TMPA (biru) yang diklasifikasi menurut empat rentang PCT minimum pada TMI 85 GHz (dari atas ke bawah: <160 K, 160–200 K, 200–240 K, dan >240 K) dan menurut jenis permukaan (dari kiri ke kanan: lautan, daratan, dan pesisir). Data 1% teratas diperoleh dengan mengamati TRMM dari tahun 1998 hingga 2014. Tanda silang menunjukkan interval kepercayaan 95%. Garis warna solid di sebelah kanan menunjukkan ketinggian pembekuan, sedangkan garis warna putus-putus menunjukkan ketinggian puncak badai pada PR2A23. ....	64
Gambar 32. Peta global yang menunjukkan intensitas hujan dengan rata-rata tidak bersyarat ( <i>unconditional</i> ) dari a) PR TRMM, b) TMI TRMM, dan c) perbedaan nilai rerata antara PR dan TMI. ....	69
Gambar 33. Peta global yang menunjukkan intensitas hujan ekstrem untuk 10% intensitas hujan teratas dari a) PR TRMM, b) TMI TRMM, dan c) perbedaan nilai rerata antara PR dan TMI. ....	70
Gambar 34. Domain regional/wilayah yang digunakan sebagai contoh analisis. Warna menunjukkan jumlah kasus hujan ekstrem akibat proses konvektif di atas wilayah: (1) Global Tropis, (2) Benua Maritim, (3) Pasifik Barat, (4) Pasifik Tengah, (5) Pasifik Timur, (6) Amerika Selatan, dan (7) Afrika Tengah. ....	72
Gambar 35. Kontribusi intensitas hujan terhadap curah hujan total dari PR (merah) dan TMI (hijau) untuk domain lautan: a) Tropis Global, b) Benua Maritim, c) Pasifik Barat, d) Pasifik Tengah, dan e) Pasifik Timur. ....	73
Gambar 36. Kontribusi intensitas hujan terhadap curah hujan total dari PR (merah) dan TMI (hijau) untuk domain daratan: a) Tropis Global, b) Benua Maritim, c) Amerika Selatan, dan d) Afrika Tengah. ....	74
Gambar 37. Fraksi terhadap total kejadian hujan menggunakan basis waktu setempat untuk intensitas hujan melebihi 1 mm/jam di atas domain lautan: a) Tropis Global, b) Benua	

	Maritim, c) Pasifik Barat, d) Pasifik Tengah, dan e) Pasifik Timur. ....	76
Gambar 38.	Fraksi terhadap total kejadian hujan menggunakan basis waktu setempat untuk intensitas hujan melebihi 1 mm/jam, tetapi hanya 10% intensitas hujan teratas untuk: a) Tropis Global, b) Benua Maritim, c) Pasifik Barat, d) Pasifik Tengah, dan e) Pasifik Timur .....	77
Gambar 39.	Contoh fraksi terhadap total kejadian hujan untuk intensitas hujan melebihi 1 mm/jam di atas wilayah daratan, meliputi wilayah: a) Tropis Global, b) Benua Maritim, c) Pasifik Barat, d) Pasifik Tengah, dan e) Pasifik Timur .....	79
Gambar 40.	Fraksi terhadap total kejadian hujan untuk intensitas hujan melebihi 1 mm/jam di atas domain daratan, tetapi hanya 10% intensitas hujan teratas untuk: a) Tropis Global, b) Benua Maritim, c) Pasifik Barat, d) Pasifik Tengah, dan e) Pasifik Timur .....	80
Gambar 41.	Profil reflektivitas PR TRMM yang berkolokasi dari intensitas hujan PR (atas) dan intensitas hujan TMI (bawah) untuk distribusi data 10% teratas. Atas (dari kiri ke kanan): Lautan Tropis Global, Benua Maritim, dan Pasifik Barat. Bawah (dari kiri ke kanan): Pasifik Tengah dan Timur .....	82
Gambar 42.	Serupa dengan Gambar 41, tetapi untuk domain daratan. Atas: Daratan Tropis Global (kiri) dan Benua Maritim (kanan). Bawah: Amerika Selatan (kiri) dan Afrika Tengah (kanan) .....	83
Gambar 43.	Distribusi antara PCT minimum TMI 85 GHz yang berkolokasi terhadap intensitas hujan PR (atas) dan intensitas hujan TMI (bawah) untuk wilayah lautan. Dari kiri ke kanan: Tropis Global, Benua Maritim, Pasifik Barat, Pasifik Tengah, dan Pasifik Timur. Bilah warna menunjukkan jumlah titik data. Garis putih menunjukkan suhu kecerahan; frekuensi hujan di atas 10% data teratas mencapai titik maksimum .....	85
Gambar 44.	Distribusi bersama antara PCT minimum TMI 85 GHz yang berkolokasi terhadap intensitas hujan PR (atas) dan intensitas hujan TMI (bawah) untuk domain daratan. Dari	

	kiri ke kanan: Daratan Tropis Global, Benua Maritim, Amerika Selatan, dan Afrika Tengah .....	86
Gambar 45.	Suhu kecerahan TMI yang berkolokasi untuk kejadian ekstrem PR dan TMI di atas lautan pada setiap wilayah (kiri-kanan) dan saluran suhu kecerahan (atas-bawah) .	87
Gambar 46.	Suhu kecerahan TMI yang berkolokasi untuk kejadian ekstrem PR dan TMI untuk domain daratan .....	88
Gambar 47.	Fraksi awan CloudSat yang berkolokasi untuk kejadian ekstrem PR (kiri) dan TMI (kanan) di atas domain lautan yang diobservasi. Dari atas ke bawah: Lautan Tropis Global, Benua Maritim, Pasifik Barat, Pasifik Tengah, dan Pasifik Timur .....	92
Gambar 48.	Fraksi awan CloudSat yang berkolokasi untuk kejadian ekstrem PR (kiri) dan TMI (kanan) untuk domain daratan. Dari atas ke bawah: Daratan Tropis Global, Benua Maritim, Amerika Selatan, dan Afrika Tengah .....	93
Gambar 49.	Evolusi temporal dari struktur awan CloudSat yang berkolokasi relatif terhadap kejadian ekstrem TRMM (tiga jam sebelum dan sesudah). Terdapat perbedaan secara kontras pada struktur awan ekstrem PR dan TMI di atas Benua Maritim (atas) dan Samudra Pasifik Timur (bawah) .....	94
Gambar 50.	Fraksi awan CloudSat yang berkolokasi untuk kejadian ekstrem PR (merah) dan TMI (hijau) di atas domain lautan yang diobservasi. Corak warna menunjukkan interval kepercayaan sebesar 95% .....	95
Gambar 51.	Fraksi awan CloudSat yang berkolokasi untuk kejadian ekstrem PR (merah) dan TMI (hijau) untuk domain daratan .....	95
Gambar 52.	Anomali kelembapan spesifik (biru) dan anomali suhu udara (oranye) pada data ERA-Interim di atas lautan dalam hal perbedaan antara PR dan TMI .....	97
Gambar 53.	Anomali kelembapan spesifik (biru) dan anomali suhu udara (oranye) pada data ERA-Interim untuk domain daratan .....	98
Gambar 54.	Perubahan temporal pada Convective Available Potential Energy (CAPE) yang berkolokasi dari data ERA-Interim	

	untuk kejadian ekstrem PR (merah) dan TMI (hijau) di atas domain lautan .....	99
Gambar 55.	Perubahan temporal pada Convective Available Potential Energy (CAPE) yang berkolokasi dari data ERA-Interim untuk kejadian ekstrem PR (merah) dan TMI (hijau) untuk domain daratan .....	100
Gambar 56.	Ilustrasi perbedaan PR-TMI dalam mengidentifikasi kejadian hujan lebat yang berasosiasi dengan presipitasi yang terorganisasi di atas lautan. Gambar ini juga menunjukkan perbedaan yang kontras antara Samudra Pasifik Timur dengan Barat .....	102
Gambar 57.	Ilustrasi perbedaan PR-TMI dalam mengidentifikasi kejadian hujan lebat yang berasosiasi dengan presipitasi yang terorganisasi untuk domain daratan.....	103