



Vol. 9, OKTOBER 2018

Diterbitkan Oleh
Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang
Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

Jl. Raya Bukittinggi-Medan Km.17 Palupuh, Sumatera Barat

SUSUNAN REDAKSI

PENANGGUNG JAWAB
 HARTANTO, ST, MM

MITRABESTARI
 Dra. Noerhayati, M.Sc
 Dr. Ir. Dodo Gunawan, DEA
 Dr. Erwin Makmur, M.Si
 Dr. Hamdi Rivai
 Sugeng Nugroho, M.Si

REDAKTUR
 Budi Satria, S.Si
 Ir. Manat Panggabean
 Rudi Anuar Yudha Trisaputra, SP

EDITOR
 Andi Sulistiyono, S.Si
 Mareta Asnia, S.Tr
 Dodi Saputra, S.Si

DESAINS GRAFIS DAN FOTOGRAFER
 Darmadi
 Harika Utri, S.Kom
 Reza Mahdi, ST
 Rinaldi
 Ikhsan B Arifin S.Tr

SEKRETARIAT REDAKSI
 Diko Revano Umbara, SE
 Tanti Tritama, S.Si
 Fajri Zulginio, S.T
 Yasri
 Ibrahim

MEGASAINS

MEGASAINS merupakan buletin yang diterbitkan oleh Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit kototabang sebagai media penerangan Karya Tulis ilmiah (KTI) yang bersumber dari kegiatan penelitian berbasis ilmu-ilmu Meteorologi, Klimatologi, Kualitas udara, dan Geofisika (MKKuG), serta lingkungan.

Dewan Redaksi membuka kesempatan bagi para pakar ataupun praktisi untuk dapat mengirimkan naskah KTI, terutama yang berkaitan dengan fokus utama dari Buletin MEGASAINS.

Naskah KTI yang dikirimkan hendaknya asli dan belum pernah dipublikasikan. Naskah diketik dengan menggunakan aplikasi *Microsoft™ Word* dengan ketentuan panjang naskah maksimal 20 halaman pada kertas ukuran A4; batas kiri 3 cm, kanan 3 cm, atas dan bawah 2,54 cm; dua kolom; font Arial; judul ditulis menggunakan font 12 pts, rata tengah, spasi tunggal, huruf capital, dan cetak tebal; isi ditulis menggunakan font 10 pts, rata kiri-kanan, dan spasi tunggal; tulisan disertai dengan abstrak sepanjang satu alinea, dicetak dengan font 10, spasi tunggal, dan disertai dengan 2-5 kata kunci.

Dewan Redaksi berhak mengubah isi naskah sepanjang tidak mengubah substansinya. Isi naskah adalah sepenuhnya tanggungjawab penulis. Pemilihan naskah yang laik cetak adalah sepenuhnya hak Dewan Redaksi.

Informasi lebih lanjut dapat mengunjungi laman: www.megasains.gaw-kototabang.com atau mengirimkan email ke alamat: stagaw.kototabang@bmet.go.id

-halaman ini sengaja dikosongkan-

Dari Redaksi

Pembaca yang kami banggakan,

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang data kembali menerbitkan Buletin MEGASAINS.

Dengan ditunjang oleh semangat dari seluruh staf Stasiun GAW Bukit Kototabang di dalam dukungannya terhadap kesinambungan penerbitan Buletin MEGASAINS, Dewan Redaksi tentunya sangat berharap KTI ini dapat mendorong terciptanya peningkatan pelayanan MKKuG di masa yang akan datang. Disamping itu, munculnya kesadaran dalam melakukan kaidah penelitian juga diharapkan akan menunjang bagi peningkatan pengetahuan serta kinerja didalam melaksanakantugas sehari-hari.

Tak ada gading yang tak retak, demikian pula kiranya terbitan Buletin MEGASAINS ini yang masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, Dewan Redaksi sangat mengharapkan saran dan masukan yang membangun demi perbaikan terbitannya di kemudian hari.

Akhirnya,kami mengucapkan selamat membaca dan semoga bermanfaat.

Bukit Kototabang, Oktober 2018

Daftar KTI

	halaman
EFEK PERUBAHAN ZONA AGROKLIMAT OLDEMAN TERHADAP POLA TANAM PADI SUMATERA BARAT Rizky Armei Saputra, Auazar Syarif, Nasrez Akhir	1 - 8
APLIKASI DISTRIBUSI STATISTIK DALAM MEMONITOR KUALITAS UDARA DI BUKIT KOTOTABANG Raeni Chindi Defi Ocvilia, Achmad Rafli Pahlevi, Mareta Asnia	9 - 14
KOREKSI BIAS HASIL PROYEKSI <i>MIROC5</i> KELUARAN <i>WRF</i> DENGAN METODE <i>CDFM</i> Robi Muharsyah	15- 23
PERBANDINGAN AKURASI DATA OBSERVASI DENGAN HASIL KELUARAN MODEL <i>WRF-ARW</i> ASIMILASI DAN NON ASIMILASI (STUDI KASUS: 7 JANUARI 2015, STASIUN METEOROLOGI BIM) Eka Suci Puspita Wulandari, Rangga Setya Pratama	24 - 32
UJI KEAKURASIAN ESTIMASI HUJAN MENGGUNAKAN HUBUNGAN Z-R (REFLEKTIVITAS-RAIN RATE) UNTUK TIPE AWAN HUJAN KONVEKTIF DAN STRATIFORM DI JAKARTA I Kadek Nova Arta Kusuma, Eko Wardoyo	33 - 40
ANALISA KERAWANAN KEJADIAN PETIR DAN HUBUNGAN DENGAN POLA CURAH HUJAN DI WILAYAH BENGKULU SEPANJANG TAHUN 2017 Angga Vertika Diansari	41 - 47

Efek Perubahan Zona Agroklimat Oldeman Terhadap Pola Tanam Padi Sumatera Barat

Rizky Armei Saputra¹, Auzar Syarif², Nasrez Akhir³

¹Stasiun Klimatologi Padang Pariaman

²Pascasarjana Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Andalas

Abstrak. Perubahan curah hujan telah menyebabkan perubahan zona klasifikasi agroklimat Oldeman serta berpengaruh terhadap pola tanam padi sawah tadah hujan di Provinsi Sumatera Barat yang merupakan salah satu sentra padi nasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daerah atau kawasan sentra padi yang mengalami perubahan klasifikasi zona agroklimat Oldeman dan mengetahui daerah yang mengalami perubahan pola tanam serta memverifikasi kesesuaian pola tanam klasifikasi Oldeman dengan pola tanam aktual. Penelitian ini telah dilaksanakan di sentra padi Sumatera Barat. Data yang digunakan data curah hujan 1910-1941 dan 1985-2015 serta analisis perubahan zona agroklimat Oldeman. Zona agroklimat Oldeman 1977 dijadikan sebagai baseline. Penentuan perubahan pola tanam aktual dilakukan dengan survei lapangan untuk memperoleh informasi perubahan pola tanam padi aktual. Hasil penelitian ini menunjukkan terjadi perubahan zona agroklimat Oldeman pada lima kawasan sentra padi Sumatera Barat yaitu daerah Luak Situjuh, Rao, Sijunjung, Sukarami dan Lima Kaum. Luak Situjuh dari tipe B1 menjadi E1, Rao dari D2 menjadi C1, Sijunjung dari C1 menjadi D1, Sukarami dari A1 menjadi B1 dan Lima Kaum dari E1 menjadi E3. Lokasi yang mengalami perubahan pola tanam padi pada sawah tadah hujan yaitu Luak Situjuh, Panti dan Lima Kaum. Hasil verifikasi pola tanam aktual yang sesuai dengan pola tanam klasifikasi Oldeman terdapat pada empat lokasi yaitu Lubuk Basung, Sungai Dareh, Muara Labuh dan Sukarami.

Kata kunci: Perubahan Iklim, Zona Agroklimat Oldeman, Perubahan Pola Tanam.

Abstract. *The change of rainfall has caused the change of classification zone of Oldeman agroclimate as well as the effect on the pattern of rainfed lowland rice plantation in West Sumatera Province which is one national rice center. This study aims to determine the areas that have changed the classification of Oldeman*

agroclimate zone and know the area of rice centers that experienced changes in cropping patterns and verify the suitability of Oldeman classification planting pattern with actual cropping pattern. This research has been conducted at rice center of West Sumatra. Data used rainfall 1910-1941 and 1985-2015, analysis of changes in Oldeman agroclimate zone. Agroclimatic zone of Oldeman 1977 used as baseline. Then conducted a survey to obtain information on changes in actual rice cropping patterns. The results of this study indicate a change in Oldeman agro-climatic zone in the Central Sumatra rice area in five locations, in Luak Situjuh, Rao, Sijunjung, Sukarami and Lima Kaum. Luak Situjuh from type B1 to E1, Rao from D2 to C1, Sijunjung from C1 to D1, Sukarami from A1 to B1 and Lima kaum from E1 becomes E3. Locations that experience changes in rice cropping pattern in rainfed lowland are Luak Situjuh, Panti and Lima Kaum. The result of verification of actual cropping pattern according to Oldeman classification planting pattern at four locations is Lubuk Basung, Sungai Dareh, Muara Labuh and Sukarami.

Keywords: *Climate Change, Agroclimatic zone Oldeman, Changes cropping pattern.*

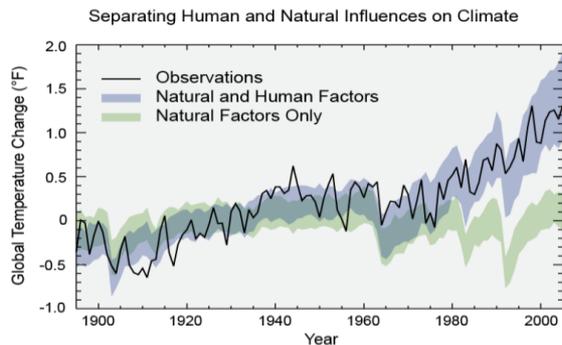
Pendahuluan

Sumatera Barat merupakan daerah dilalui garis khatulistiwa yang memiliki pola curah hujan equatorial ditandai dengan adanya dua puncak musim hujan dalam satu tahun (bimodal), yaitu puncak pertama pada bulan Maret dan puncak kedua pada bulan November. BMKG membagi daerah Sumatera Barat menjadi zona musim (ZOM) dan non zona musim (Non ZOM) ditandai dengan musim hujan sepanjang tahun.

Sumatera Barat sebagai lumbung padi nasional berdasarkan data Dinas Tanaman Pangan, hortikultura dan perkebunan pada tahun 2017 produksi padi 2,773,478 ton/tahun dengan

luas panen sekitar 507,545 hektar. Berada pada urutan delapan sentra padi Nasional.

Sektor pertanian sangat rentan terhadap perubahan iklim seperti terjadinya perubahan musim dan kenaikan suhu udara yang akan berpengaruh pada pola tanam, waktu tanam, produksi, dan kualitas hasil (Nurdin, 2011). Kenaikan suhu melebihi 2 derajat Celcius akan berdampak pada menurunnya hasil sampai 20% untuk jagung dan 10% untuk padi (IPCC, 2007 ; Boer, 2010).



Gambar 1. Pemisahan faktor manusia dan faktor alam terhadap perubahan iklim

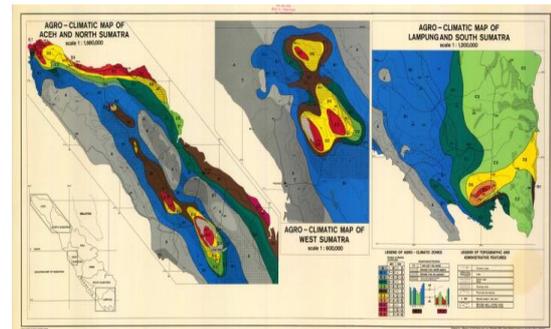
Menurut Laporan (WMO, 2017) temperatur global rata-rata telah mengalami peningkatan sebesar 0.74 derajat celcius selama abad ke-20 menyebabkan daratan lebih panas daripada lautan. Perubahan iklim sejak seratus tahun terakhir sangat disebabkan aktivitas manusia (antropogenic) seiring dengan meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca (CO₂, NO₂, CH₄, CFCs) yang memicu pemanasan global (gambar 1).

Hujan merupakan unsur iklim yang paling beragam baik menurut waktu maupun tempat serta merupakan faktor pembatas bagi kegiatan pertanian. Oleh karena itu klasifikasi iklim untuk wilayah Indonesia banyak dikembangkan dengan menggunakan curah hujan sebagai kriteria utama (Lakitan, 2002).

Data curah hujan telah dikumpulkan di Indonesia selama lebih dari seratus tahun. Publikasi resmi pertama data curah hujan dikeluarkan periode 1910-1941 dipublikasikan Prof Berlage tahun 1949. Pentingnya Informasi agroklimat dalam menghadapi perubahan iklim sangat diperlukan disektor pertanian sebagai acuan kegiatan perencanaan pola tanam.

Salah satu klasifikasi iklim yang digunakan untuk tanaman pangan adalah klasifikasi agroklimat Oldeman. Metode ini menggolongkan tipe-tipe iklim di Indonesia berdasarkan pada kriteria bulan-bulan basah dan bulan-bulan kering secara berturut-turut. (Oldeman 1975 ;Rutunuwu dan Syahbudin, 2007) Kriteria bulan basah ditentukan berdasarkan nilai ambang batas ketersediaan air yang dianggap mampu memenuhi kebutuhan air

tanaman (*crop water requirement*). Oleh karenanya, hasil klasifikasi metode Oldeman ini disebut sebagai klasifikasi agroklimat karena selain untuk menentukan pola hujan juga menggambarkan pola tanam terutama tanaman pangan. (Oldeman et al., (1977) telah memetakan zona agroklimat Sumatera (gambar 2) berdasarkan jumlah rata-rata minimal 15 tahun. Bulan basah didefinisikan jika curah hujan rata-rata lebih dari 200 mm per bulan berturut dan bulan kering jika rata-rata ini kurang dari 100 mm berturut-turut (Gambar 2).



Gambar 2. Zona Agroklimat Sumatera 1977 (Sumber:http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/EuDASM/Asia/images/maps/download/ID2000_6CL.jpg)

Dengan rata-rata curah hujan 1910-1941 dan 1985-2015 dapat ditentukan perubahan Zona agroklimat. Zona agroklimat 1977 sebagai basis dasar untuk melihat bagaimana perubahan klasifikasinya. Perubahan ini akankah berpengaruh terhadap pola tanam padi sawah tadah hujan Sumatera Barat.

Metodologi

Data

Perubahan zona agroklimat Oldeman diperlukan data curah hujan dengan periode pengamatan yang panjang. Data curah Hujan Sumatera Barat 1910-1941 (Berlage, 1949) dan 1985-2015. Data yang digunakan adalah data rata-rata curah hujan bulanan. Data tersebut diperoleh dari Stasiun Klimatologi Padang Pariaman. Pos hujan terpilih memiliki data lebih dari 15 tahun dididapatkan 29 pos hujan terpilih.

Metode

Dalam penelitian ini metode yang digunakan antara lain metode rata-rata statistik. Data tersebut diuji T-test rata-rata berpasangan untuk melihat perbedaannya. Selanjutnya dilakukan metode interpolasi dengan aplikasi Sistem Informasi Geografis untuk menentukan zona agroklimat. Analisis perbandingan zona agroklimat periode 1941, 1977 dan 2015 dalam

penentuan perubahannya. Verifikasi perubahan pola tanam aktual dilakukan survei lapangan pada bulan Oktober sampai dengan November 2017 di sebelas kawasan sentra padi Sumatera Barat.

Tabel 1. *Klasifikasi Iklim Oldeman (Oldeman dan Frere, 1982)*

Tipe Utama	Bulan Basah Berturut-turut	Bulan Kering Berturut-turut	
	Divisi	Sub divisi	
A	> 9	1	< 2
B	7 – 9	2	2 – 3
C	5 – 6	3	4 – 6
D	3-4	4	> 6
E	< 3		

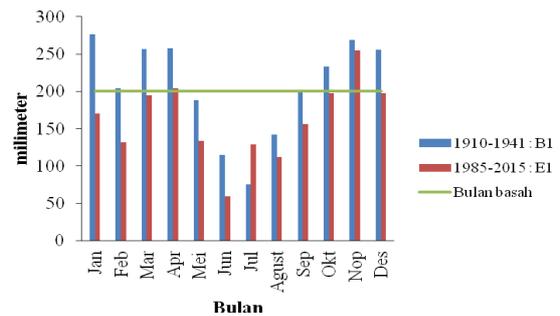
Tabel 2. *Pengertian pola tanam klasifikasi Oldeman*

Tipe Iklim	Penjabaran
A	Sesuai untuk padi terus menerus tetapi produksi kurang karena fluks radiasi matahari sepanjang tahun produksi rendah.
B1	Sesuai untuk padi terus menerus dengan perencanaan awal musim yang baik.
B2-B3	Dapat tanam padi dua kali setahun dengan varietas umur pendek dan musim kering yang pendek cukup untuk palawija.
C1	Dapat tanam padi sekali dan palawija dua kali setahun.
C2-C4	Setahun hanya dapat tanam padi satu kali dan penanaman palawija jangan tanam di musim kering.
D1	Tanam padi umur pendek satu kali dan palawija.
D2-D4	Hanya mungkin tanam padi sekali dan palawija sekali. Perlu adanya irigasi.
E	Satu kali menanam tanam palawija.

Hasil dan Pembahasan

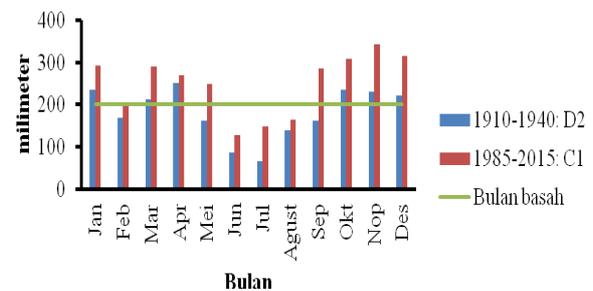
3.1 Perubahan rata-rata Curah Hujan Bulanan dan Klasifikasi Oldeman di Sentra Padi Sumatera Barat.

Hasil pengolahan data rata-rata curah hujan 1910-1941 dan 1985-2015 maka didapatkan perubahan pola curah hujan di masing-masing daerah sentra padi yaitu :



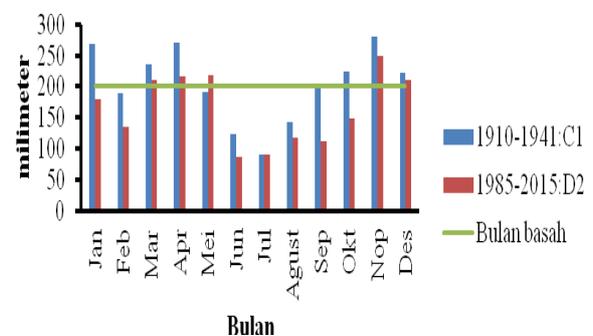
Gambar 3. *Perubahan rata-rata curah hujan bulanan dan klasifikasi agroklimat Oldeman lokasi Luak Situjuh.*

Daerah Luak Situjuh (Gambar 3) mengalami perubahan pola curah hujan yang signifikan dengan adanya penurunan jumlah bulan basah menjadi bulan lembab, menurut (Handoko, 1996 : Sani, 2012) curah hujan 100-200 mm per bulan disebut bulan lembab. Terjadi pergeseran puncak hujan serta pengurangan jumlah curah hujan sebesar 531 mm.



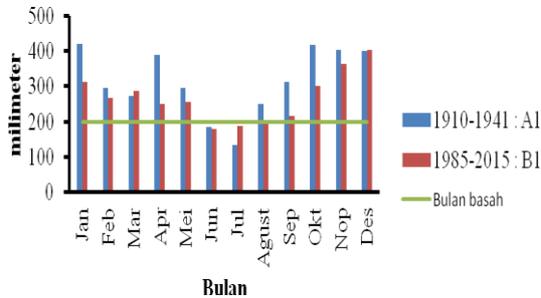
Gambar 4. *Perubahan rata-rata curah hujan bulanan dan klasifikasi agroklimat Oldeman lokasi Rao.*

Daerah Rao (Gambar 4) mengalami perubahan pola curah hujan yaitu penambahan bulan basah dan penurunan bulan kering, penambahan jumlah curah hujan sebesar 819 mm.



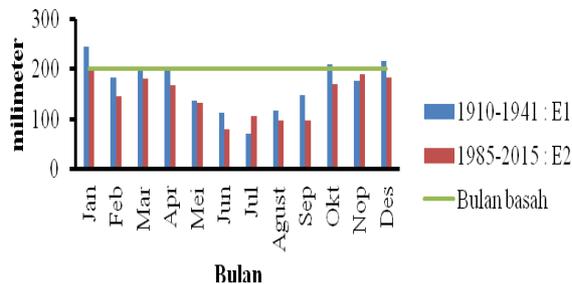
Gambar 5. *Perubahan rata-rata curah hujan bulanan dan klasifikasi agroklimat Oldeman lokasi Sijunjung.*

Daerah Sijunjung (Gambar 5) mengalami perubahan pola curah hujan yaitu penurunan jumlah basah, bertambahnya bulan lembab dan bulan kering serta pergeseran puncak hujan, pengurangan jumlah curah hujan sebesar 463 mm.



Gambar 6. Perubahan rata-rata curah hujan bulanan dan klasifikasi agroklimat Oldeman lokasi Sukarami.

Daerah Sukarami (Gambar 6) mengalami perubahan pola curah hujan yaitu penurunan jumlah basah satu bulan menjadi bulan lembab dan pergeseran puncak hujan, pengurangan jumlah curah hujan sebesar 552 mm.



Gambar 7. Perubahan curah hujan bulanan dan klasifikasi agroklimat Oldeman lokasi Lima kaum

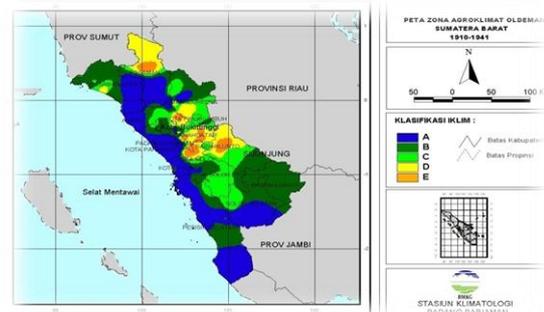
Lima kaum mengalami perubahan pola curah hujan yaitu penurunan jumlah bulan basah menjadi bulan lembab dan penambahan bulan kering serta pergeseran puncak hujan, pengurangan jumlah curah hujan sebesar 270 mm.

Terjadinya perubahan daerah kering menjadi lebih basah atau sebaliknya daerah basah menjadi kering. Hal ini menurut Dore (2005) dengan terjadinya peningkatan variasi curah hujan di daerah khatulistiwa seiring dengan peningkatan intensitas dan nilai dipole (IOD) yang diamati. Laporan (Chadwick *et al.*, 2016) bahwa hipotesis tentang suhu muka laut yang menghangat akan mengakibatkan perubahan pola curah hujan di wilayah tropis menjadi lebih basah seperti di sahel (Afrika), peran dari perubahan suhu muka laut akan mempengaruhi. Pada (Gambar 8) terlihat *Indian ocean dipole mode* (IOD) yang

memiliki nilai kategori +1 (Kategori kuat) : pada Tahun 1994 (Agustus – Oktober) dan 1997 (September – Desember) dapat mengurangi normal jumlah curah hujan periode tersebut.

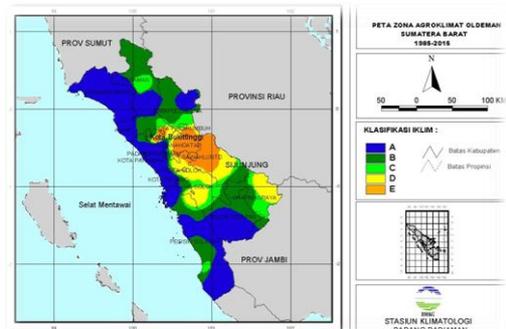
3.2 Perubahan Zona Agroklimat Oldeman

Hasil Pemetaan Zona agroklimat Oldeman Sumatera Barat 1910-1941 (Gambar 9) terbagi menjadi 5 klasifikasi iklim yaitu tipe A1, B1, C1, D1, D2 dan E. Secara umum Sumatera Barat hampir seluruh pesisir barat Kabupaten/kota tipe iklim A1 kecuali Indrapura B1 Kabupaten Pesisir Selatan. Tipe B1 dan C1 Kabupaten Pasaman. Klasifikasi iklim semakin bervariasi C1, D1, D2 dan E1 di sebagian besar daerah zona musim (ZOM) atau daerah bayangan hujan.



Gambar 9. Zona Agroklimat Oldeman Sumatera Barat 1910-1941.

Terjadi perubahan zona agroklimat Oldeman 1985-2015 (Gambar 10) yang signifikan pada klasifikasi Oldeman E di Kabupaten Sijunjung, 50 Kota, Tanah Datar, Sawahlunto, Agam Bagian Barat dan sekitar danau Singkarak semakin merata dan bertambah luas. Kabupaten Solok lebih dominan perubahan dari klasifikasi Oldeman C1 ke D1. Kabupaten Dharmasraya ada yang berubah dari tipe B1 ke C1 dan D1. Sebaliknya Rao berubah dari Klasifikasi D1 menjadi C1.



Gambar 10. Zona Agroklimat Oldeman Sumatera Barat 1985-2015.

Tabel 2. Perubahan Zona Agroklimat Oldeman dari periode 1910-1941 ke periode 1985-2015

No	Lokasi	Kabupaten/ Kota	Klasifikasi Oldeman	Klasifikasi Oldeman	Klasifikasi Oldeman	Perubahan	Sentra Padi
			1910-1941	1977 (Baseline)	1985- 2015		
1	Indarung	Padang	A1	A1	A1		
2	Indrapura	Padang	B1	A1	A1	✓	
3	Kayu Tanam	Pariaman	A1	A1	A1		
4	Kumanis	Sijunjung	D1	D2	E1	✓	
5	Lubuk Basung	Agam	A1	A1	A1		
6	Lubuk Gadang	Selatan	A1	B1	A1	✓	
7	Lubuk Sikaping	Pasaman	A1	A1	A1		
8	Luak-Situjuh	50 Kota	B1	B1	E1	✓	✓
9	Maninjau	Agam	C1	B1	B1	✓	
10	Muara Labuh	Selatan	B1	B1	B1		
11	Ganting	Tanah Datar	D2	D2	E4	✓	
12	Pangkalan	50 Kota	A1	B1	B1	✓	
13	Padang Laban	Selatan	A1	A1	A1		
14	Panti	Pasaman	D1	D2	D2		
15	Rao	Pasaman	D2	D1	C1	✓	✓
16	Sawahlunto	Sawahlunto	D1	E2	E2	✓	
17	Sungai Dareh	Dharmasraya	B1	B1	B1		
18	Langsat	Sijunjung	B1	B1	B1		
19	Sijunjung	Sijunjung	C1	B1	D2	✓	✓
20	Silaing	panjang	A1	A1	A1		
21	Sukarami	Kab Solok	A1	B1	B1	✓	✓
22	Singkarak	Kab Solok	E2	E2	D1	✓	
23	Matur	Agam	B1	B1	A1	✓	
24	Suliki	50 Kota	D1	D2	B1	✓	
25	Tarusan	Selatan	A1	A1	B1	✓	
26	Sungai beremas	Pasaman	B1	A1	A1	✓	
27	Tabing-Bandara	Barat	A1	A1	A1		
28	Teluk Bayur	Padang	A1	A1	A1		
29	Lima Kaum	Tanah Datar	E1	D1	E2	✓	✓

Daerah sentra padi yang mengalami perubahan klasifikasi Oldeman pada (Tabel 2) yaitu daerah Luak Situjuh B1 (padi-padi) ke E1 (Palawija), Rao D2 (padi-palawija) ke C1 (padi-palawija-palawija), Sijunjung dari C1 (padi-palawija-palawija) menjadi D1(padi-palawija), Sukarami dari A1 (padi

sepanjang tahun) menjadi B1(padi-padi) dan Lima Kaum dari E1 (palawija) menjadi menjadi E3 (palawija).

3.3 Verifikasi (kesesuaian) perubahan pola tanam klasifikasi Oldeman dan aktualnya.

Setelah melaksanakan survei lapangan maka didapatkan perubahan pola tanam 1978

dengan 2015 dan jika dibandingkan pola tanam aktual dengan pola tanam klasifikasi Oldeman terdapat perbedaan klasifikasi Oldeman yang disajikan (Tabel 3).

Tabel 3 . Perbandingan perubahan pola tanam klasifikasi Oldeman dengan pola tanam aktual dan kesesuaiannya

No	Lokasi	Pola Tanam					Kesesuaian
		Klasifikasi Oldeman		Aktual			
		1980	2015	1980	2015		
			irigasi	Tadahhujan			
1	Luak Situjuh	B1: padi-palaw ija-padi (2 PS)	E1: 1 x Palaw ija	padi-padi (1,5)	padi-padi (1,5)	2 x Palaw ija	tidak sesuai
2	Rao	D2 : padi-palaw ija (1)	C1 : padi-palaw ija-palaw ija (1)	padi umur lama (1)	Padi-padi (1.5)	Padi-palaw ija (1)	tidak sesuai
3	Lima kaum	D1 : padi-palaw ija (1)	E3: palaw ija	Padi (1)	padi-padi (1.5)	2 x palaw ija, palaw ija	tidak sesuai
4	Sukarami	B1 : padi -padi (2)	B1 : padi-palaw ija-padi (2)	Padi-padi (2)	Padi-padi (2)	Padi-padi (2)	sesuai
5	Sijunjung	B1 : padi-palaw ija-padi (2)	D2 :Padi- palaw ija (1)	padi umur lama (1)	Padi-padi (1.5)	Padi-padi (1.5)	tidak sesuai

Pada Tabel 3 terdapat empat daerah yang mengalami perubahan pola tanam tahun 1980 dengan 2015 disawah tadah hujan yaitu daerah Luak Situjuh, Rao, Lima Kaum dan Sijunjung, dahulunya sawah dapat ditanam satu sampai dua kali padi tetapi saat ini untuk satu kali menanam padi petani mengalami resiko rawan kegagalan. Menanam palawija lebih aman dan menghasilkan bagi petani serta tidak terlalu mengkhawatirkan ketersediaan air setiap musimnya. Sedangkan sawah-sawah beririgasi pola tanam masih sama (tidak berubah). Sawah-sawah beririgasi tidak terjadi masalah dengan kekurangan air kecuali irigasinya mengalami kerusakan dan musim kemarau panjang.

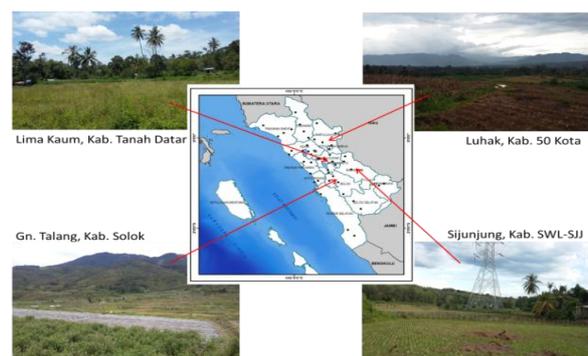
Hasil verifikasi kesesuaian pola tanam klasifikasi Oldeman dengan pola tanam aktual maka didapatkan satu lokasi yang memiliki pola tanam aktual yang sesuai dengan klasifikasi Oldeman di Sukarami Kab Solok. Sedangkan empat lokasi lainnya tidak sesuai yaitu Sijunjung Kab Sijunjung, Lima Kaum Kab Tanah Datar, Rao Kab Pasaman, dan Luak Situjuh Kab 50 Kota.

Adanya perbedaan klasifikasi E Oldeman dengan pola tanam aktual di Luak Situjuh dan Lima kaum disebabkan daerah ini memiliki bulan lembab yang panjang. Bulan lembab di Luak Situjuh selama sepuluh bulan dan di Lima kaum selama sembilan bulan. Sehingga terdapat perbedaan klasifikasi dengan di daerah tipe Monsunal. Pola tanam tipe E di daerah Monsunal hanya memungkinkan menanam palawija satu musim tanam, sedangkan tipe E di daerah equatorial dapat menanam palawija dua musim tanam.

Sawah-sawah tadah hujan (gambar 11) di Luak Situjuh dan Lima Kaum mengalami

perubahan pola tanam padi. Pada awalnya pola tanam padi-padi saat ini berubah menjadi padi sekali atau palawija-palawija. Hal ini disebabkan menurunnya jumlah curah hujan dan irigasi sederhana yang tidak lagi mengairi sawah.

Demikian juga sawah tadah hujan di Parambahan Lima Kaum yang biasanya ditanam padi satu kali dalam setahun saat ini hanya bisa ditanam palawija-palawija atau bera. Jika sawah tersebut tidak mendapat tambahan air irigasi maka sawah tersebut dapat dialihkan petani dengan menanam palawija seperti padi gogo, jagung, ubi, ubi jalar, kacang-kacangan yang tidak butuh banyak air dan minim resiko kegagalan.



Gambar 11. Dokumentasi sawah tadah hujan di daerah yang mengalami perubahan pola tanam.

Sawah-sawah tadah hujan (gambar 10) di Luak Situjuh, Panti mengalami perubahan pola tanam padi. Pada awalnya pola tanam padi-padi saat ini berubah menjadi padi sekali atau palawija-palawija. Hal ini disebabkan menurunnya jumlah curah hujan dan

kerusakan irigasi sederhana yang tidak lagi mengairi sawah. Menurut (Kassam et al., 1978; Rinawati, 2017) menjelaskan bahwa di daerah tropis, kendala utama yang akan membatasi musim tanam di sawah tadah hujan adalah ketersediaan air. Penentuan pola tanam akan berbeda untuk wilayah yang mengalami defisit air tinggi dengan wilayah yang surplus air.

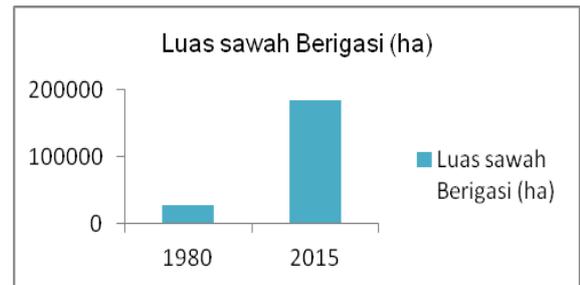
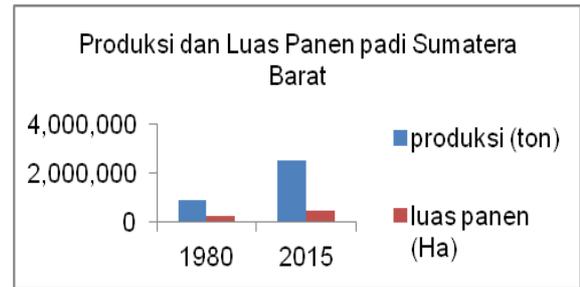
Demikian juga sawah tadah hujan di Parambahan Lima Kaum yang biasanya ditanam padi satu kali dalam setahun saat ini hanya bisa ditanam palawija-palawija atau palawija-bera. Jika sawah tersebut tidak mendapatkan air irigasi maka sawah tersebut dapat beradaptasi dengan mengganti pola tanam dengan menanam palawija seperti padi gogo, jagung, bawang, ubi jalar, kacang-kacangan yang tidak membutuhkan air yang banyak dan minim resiko kegagalan. Perubahan zona agroklimat Klasifikasi Oldeman mempengaruhi perubahan pola tanam padi serta penurunan produktivitas pada lahan sawah tadah hujan di daerah Luak Situjuh, Panti dan Lima kaum. (Tabel 4).

Tabel 4. Perbandingan hasil padi sawah tadah hujan (ton/ha) di lokasi yang mengalami perubahan pola tanam dengan rata-rata hasil tingkat kabupaten.

No	Lokasi/Nagari	Produktivitas sawah (Ton/Ha)	
		Sawah tadah Hujan	Rata-rata Kabupaten
1	Luak (50 Kota)	3,2 - 3,5	4,93
2	Panti (Pasaman)	2,5 - 3,0	4,56
3	Lima Kaum (Tanah Datar)	2,2	5,31

Secara keseluruhan zona agroklimat Oldeman tidak mempengaruhi produktivitas padi di Sumatera Barat (gambar 12) dengan terjadi peningkatan jumlah produksi, Menurut (Tahir, 1992) produksi Padi di Tahun 1980 : 928.589 ton dengan luas panen 249,097 hektar serta produktivitas lahan sawah sebesar 3.73 ton per hektar. Pada Tahun 2015 menjadi 2,550,609 ton dengan luas panen 507,545 hektar serta produktivitas lahan sawah sebesar 5.04 ton per hektar (BPS, 2015). Hal ini didukung oleh pembangunan irigasi dari pemerintah dengan perbaikan dan penambahan jumlah lahan sawah beririgasi dari 28.431 hektar pada tahun 1980 menjadi 185.147 hektar pada tahun 2015.

Perubahan pola tanam berefek di daerah terdampak pada sawah-sawah tadah hujan daerah : Luak Situjuh, Panti dan Lima Kaum.



Gambar 12. Grafik Produksi dan luas areal panen padi dan luas sawah berigasi 1980 dan 2015.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Terdapat lima lokasi yang mengalami perubahan klasifikasi Oldeman di sentra padi Sumatera Barat yaitu Luak Situjuh, Rao, Sijunjung, Sukarami dan Lima Kaum. Luak Situjuh dari tipe B1 ke E1, Rao D2 menjadi C1, Sijunjung dari C1 menjadi D1, Sukarami dari A1 menjadi B1, Lima kaum dari E1 menjadi E3.
2. Daerah yang mengalami dampak perubahan pola tanam padi di sawah tadah hujan menjadi palawija yaitu Luak Situjuh, Panti dan Lima Kaum.
3. Hasil verifikasi (kesesuaian) perubahan pola tanam aktual dengan pola tanam klasifikasi Oldeman yang memiliki kesesuaian hanya terdapat di lokasi Sukarami

Disarankan untuk daerah-daerah yang mengalami perubahan zona Agroklimat klasifikasi Oldeman agar melaksanakan adaptasi pola tanam dengan beralih ke pola tanam palawija –palawija.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Lima Puluh Kota. 2015. *Lima Puluh Kota Dalam Angka*
- Berlage H.P.1949. *Memoar No.37 Rainfall in Indonesia*. Departement van verkeer Energie Meteorologische en geophysische. Batavia
- Boer, R. 2010. *Ancaman Perubahan Iklim Global terhadap Ketahanan Pangan Indonesia (The Threats of Global Climate Change on Food Security in Indonesia)*. Jurnal Agrimedia, Vol.15 (2), pp: 16-21
- Chadwick, R. Good P, Martin G, Rowel D.P. 2016. *Large rainfall changes consistently projected over substantial areas of tropical land*. Nature Climate Change volume 6, pp: 177–181
- Dore, M.H.I. 2005. *Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know?* Environment International 31:1167–1181
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.03.004>
- Tahir, A.M. 1992. Peranan teknologi panca usaha tani dan tenaga petani terhadap peningkatan produk gabah selama Pelita III dan IV di Sumatera Barat. Laporan Penelitian. IKIP Padang
- Nurdin. 2011 *Antisipasi perubahan iklim untuk keberlanjutan ketahanan pangan*. Sulawesi Utara: Universitas Negeri Gorontalo
- Lakitan, B. 2002. *Dasar-Dasar Klimatologi*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Rinawati, A. 2017. *Kajian tekno-ekonomi padi sawah tadah hujan di Kabupaten Tasikmalaya*. skripsi Program Studi Agroteknologi. Faperta Universitas Muhamadiyah Yogyakarta
- Rutunuwu E dan H.Syahbudin.2007. *Perubahan Pola Curah Hujan dan Dampaknya Terhadap Periode Masa Tanam*. Jurnal Tanah dan Iklim Vol. 26
- Oldeman, L.R, I Las, and S. N. Darwis. 1977. *An agroclimatic map of Sumatra*. Contribution. Central Riset Institute for Agriculture. Bogor, 52. 36p. + maps
- Oldeman L.R and M. Frere, 1982. Laporan Teknis *a study of the agroclimatology of the humid tropics of the Southeast Asia*, FAO Unesco-WMO. Roma diakses dari buku online
https://books.google.co.id/books?id=rhOq6NbxoC&printsec=frontcover&source=gbs_ViewAPI&redir_esc=y&hl=id#v=onepage&q&f=true diakses tanggal 10 Maret 2017 jam 16.00
- Sani, I. 2012. *Modul Traing Of Trainer SLI (Sekolah Lapang Iklim) untuk pemandu*. Jakarta : Pusat Iklim dan Agroklimat BMKG
- WMO GREENHOUSE GAS BULLETIN pdf, 2017
https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=4022 diakses tanggal 19 Maret 2018 jam 16.00
- http://eu soils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/EuDASM/Asia/images/maps/download/D2000_6CL.jpg diakses tanggal 9 November 2017 jam 17.55
- www.sumbarprov.go.id/details/news/12358 diakses Tanggal 18 Maret 2018 jam 15.00
<https://sumbar.bps.go.id/subject/53/tanaman-pangan.html#subjekViewTab3>. Luas Panen, Produktivitas dan Produksi Tanaman Padi tahun 2000-2015. diakses tanggal 5 Desember 2017 jam 17.40
- https://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/Data/dmi.long.data diakses 05 Mei 2018 jam 17.00

Aplikasi Distribusi Statistik Dalam Memonitor Kualitas Udara Di Bukit Kototabang

Raeni Chindi Defi Ocvilia¹, Achmad Rafli Pahlevi², Mareta Asnia³

¹Stasiun Klimatologi Pesawaran Lampung

²Stasiun Meteorologi Maritim Lampung

³Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang

Abstrak. *Global Atmospheric Watch (GAW) Kototabang merupakan stasiun pemantau kualitas udara yang berada di wilayah equator. Pada beberapa waktu terakhir, adanya peningkatan konsentrasi dari PM₁₀, SO₂, dan NO₂ pada bulan-bulan tertentu yang dapat mencapai nilai ekstrim atau udara tidak sehat disebabkan oleh kebakaran hutan dan lahan yang sering terjadi di wilayah Pulau Sumatera. Pada penilitan ini distribusi yang digunakan adalah distribusi *generalized extreme value (GEV)*, lognormal, perason V, dan gamma. Pemilihan distribusi ini akan dijelaskan di subbab metode. Distribusi tersebut akan dilakukan pengujian *goodness of fit* untuk mendapatkan distribusi terbaik yang menggambarkan data polutan di Sumatera Barat. Distribusi terbaik akan digunakan untuk mendapatkan probabilitas terjadinya kualitas udara yang melewati nilai baku mutunya. Distribusi *Generalized Extreme Value (GEV)* yang telah diuji menggunakan KS dan AD merupakan distribusi terbaik dalam menggambarkan konsentrasi PM₁₀, SO₂, dan NO₂. Berdasarkan data rata-rata harian konsentrasi PM₁₀, SO₂, dan NO₂ di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang, dilihat dari sebaran scatter plot dan hasil probabilitas menunjukkan bahwa kondisi partikel udara pada wilayah ini berada dalam kategori yang cukup baik. Hal ini dibuktikan dengan hasil probabilitas untuk PM₁₀ hanya 1% peluang kejadian polusi udara dengan kategori tidak sehat akan terjadi. Probabilitas SO₂ yang lebih dari 0.05 ppm hanya 0.1% peluang polusi udara yang akan melebihi nilai baku mutu, dan probabilitas NO₂ yang lebih dari 0.005 ppm hanya 1%.*

Kata Kunci: Nilai Baku Mutu, Distribusi Probabilitas, Generalized Extreme Value (GEV), Lognormal, Gamma, Pearson 5.

Abstract. *Global Atmospheric Watch (GAW) Station of Bukit Kototabang is an air quality monitoring station at the equator. In recent times, there has been an increase in concentrations of*

PM₁₀, SO₂, and NO₂ in certain months that can reach extreme values or unhealthy air. In this research, the distribution used is the generalized extreme value (GEV), lognormal, perason V, and gamma distribution. The selection of this distribution will be explained in the method section. The distribution will be tested for goodness of fit to get the best distribution that describes pollutant data in West Sumatra. The best-fit distribution will be used to obtain the probability of the occurrence of air quality that exceeds the ambient air quality standard. Generalized Extreme Value (GEV) distribution which has been tested using KS and AD is the best-fit distribution in describing the concentration of PM₁₀, SO₂, and NO₂. Based on average daily concentrations of PM₁₀, SO₂, and NO₂ on the Global Atmospheric Watch (GAW) Station of Bukit Kototabang, seen from the scatter plot distribution and probability results, it shows that the air particle conditions in this region are in a good category. This is proved by the probability results for PM₁₀, only 1% chance of air pollution events with an unhealthy category will occur. The probability of SO₂ that is more than 0.05 ppm is only 0.1% the chance of air pollution will exceeds the air quality standard, and the probability of NO₂ which is more than 0.005 ppm is only 1%.

Keywords: Air Quality Standard, Probability Distribution, Generalized Extreme Value (GEV), Lognormal, Gamma, and Pearson V.

Pendahuluan

Stasiun *Global Atmospheric Watch (GAW) Kototabang* merupakan stasiun pemantau kualitas udara di equator. Stasiun GAW Kototabang melakukan pengamatan terhadap *particulate matter (PM₁₀)*, Sulfur Dioksida (SO₂), dan Nitrogen Dioksida (NO₂), sebagai polutan udara utama yang secara rutin diamati. Pada beberapa waktu terakhir, adanya peningkatan

konsentrasi dari PM₁₀, SO₂, dan NO₂ pada bulan-bulan tertentu yang dapat mencapai nilai ekstrim atau udara tidak sehat. Peningkatan ini disebabkan oleh kebakaran hutan dan lahan yang sering terjadi di wilayah Pulau Sumatera. Distribusi probabilitas telah banyak digunakan dalam analisis data polusi udara (Larsen, 1973)(Morel dkk, 1999)(Kao dan Friedlander, 1995)(Lu, 2002). Kontenstrasi polusi udara merupakan variabel acak, yang disebabkan oleh tingkat emisi, kondisi meteorologis, dan geografis (Kan dan Chen, 2004). Distribusi probabilitas dapat digunakan untuk memprediksi frekuensi polutan yang melewati batas *air quality standard* (AQS), dan pengurangan sumber emisi untuk menjaga dalam batas nilai AQS.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, nilai baku mutu untuk PM₁₀ adalah 150 µg/Nm³, untuk SO₂ adalah 365 µg/Nm³, dan NO₂ adalah 150 µg/Nm³ (PP No.41 Tahun 1999). Nilai baku mutu digunakan untuk memantau kualitas udara tergolong baik atau tidak. Konsentrasi polutan yang melewati nilai baku mutu akan tergolong ke dalam udara yang tidak sehat.

Pada penilitan ini distribusi yang digunakan adalah distribusi *generalized extreme value* (GEV), lognormal, perason V, dan gamma. Pemilihan distribusi ini akan dijelaskan di subbab metode. Distribusi tersebut akan dilakukan pengujian *goodness of fit* untuk mendapatkan distribusi terbaik yang menggambarkan data polutan di Sumatera Barat. Distribusi terbaik akan digunakan untuk mendapatkan probabilitas terjadinya kualitas udara yang melewati nilai baku mutunya.

Metodologi

Data

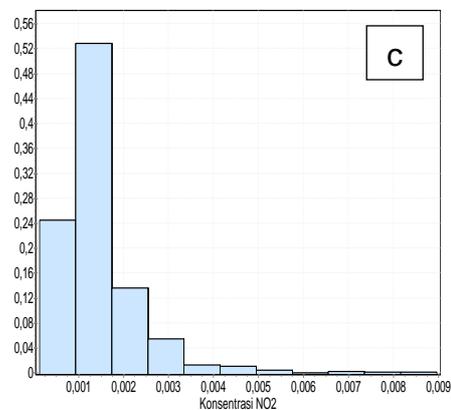
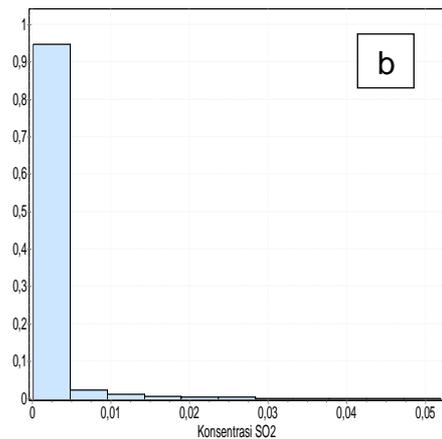
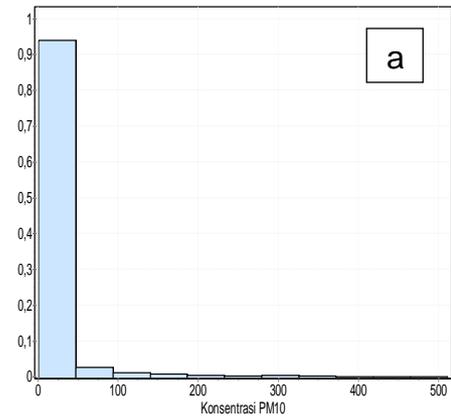
Data yang digunakan adalah data polutan berupa data *particulate matter* (PM₁₀), Sulfur Dioksida (SO₂), dan Nitrogen Dioksida (NO₂). Data merupakan data harian yang didapatkan dari Stasiun *Global Atmospheric Watch* (GAW) Kototabang dari tahun 2012 – 2016. Data Pm₁₀ ada 1721 data harian, data SO₂ ada 1821, dan data SO₂ ada 1189 data. Terdapatnya data yang kosong disebabkan adanya kerusakan alat pada waktu tersebut.

Metode Penelitian

Distribusi Generalized Extreme Value (GEV) pada berbagai negara di Eropa, seperti Austria, Jerman, Italy, dan Spanyol, distribusi

GEV digunakan untuk menggambarkan data banjir. Parameter mencakup bentuk (*k*), skala (*α*), dan lokasi (*ξ*). Pdf dari GEV dijelaskan sebagai berikut,

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\left(1 + kz\right)^{-\frac{1}{k}}\right) \left(1 + kz\right)^{-1-\frac{1}{k}} \quad (1)$$



Gambar 1. *Probability Density Function (PDF) dari polutan a) PM₁₀, b) SO₂, dan c) NO₂.*

Distribusi Gamma

Pada random variable x , terdapat dua parameter dari fungsi kepekatan distribusi gamma yaitu α dan β dijelaskan sebagai berikut,

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}; x > 0, \alpha > 0, \beta > 0 \tag{2}$$

Distribusi Pearson

awalnya ditunjukkan sebagai model distribusi yang tidak simetris atau miring (*skewed*) baik ke arah positif dan negatif. Distribusi pearson terdiri dari dua parameter α dan β , serta fungsi gamma. Fungsi PDF dari distribusi pearson dijelaskan sebagai berikut,

$$f(x) = \frac{x^{-(\alpha+1)} \exp(-\frac{\beta}{x})}{\beta^{-\alpha}\Gamma(\alpha)} \tag{3}$$

Distribusi Lognormal

merupakan distribusi probabilitas kontinu dari variabel acak yang logaritmanya berdistribusi normal. Variabel acak yang berdistribusi lognormal hanya memiliki nilai positif. Ditribusi lognormal terdiri dari tiga parameter yaitu σ adalah parameter bentuk, θ adalah parameter lokasi, dan m adalah parameter lokasi. Fungsi PDF dari distribusi lognormal dijelaskan sebagai berikut,

$$f(x) = \frac{e^{-\left(\frac{\ln\left(\frac{x-\theta}{m}\right)^2}{2\sigma^2}\right)}}{(x-\theta)\sigma\sqrt{2\pi}} \tag{4}$$

Test of Goodness of Fit

digunakan untuk menentukan kecocokan model distribusi dengan data observasi curah

hujan, tes yang digunakan adalah Kolmogrov-Smirnov (KS) dan Anderson-Darling (AD). Nilai tes yang paling kecil menunjukkan kecocokan antara distribusi dengan data.

Tes statistic untuk KS tes adalah,

$$D \equiv \max_{1 \leq i \leq n} \left(F(X_i) - \frac{i-1}{N}, \frac{i}{N} - F(X_i) \right) \tag{5}$$

Tes statistic untuk Anderson-Darling adalah k,

$$A^2 = -N - S \tag{6}$$

dimana,

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{(2i-1)}{N} \left[\ln F(X_i) + \ln \left(1 - F(X_{N+1-i}) \right) \right] \tag{7}$$

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 merangkum statistik dasar dari konsentrasi data PM₁₀, SO₂, dan NO₂ di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang yang menunjukkan bahwa PM₁₀, SO₂, dan NO₂ memiliki rata-rata dengan nilai 24.119 µgram/m³, 0.00156 ppm, dan 0.001434 ppm. Dengan nilai minimum untuk PM₁₀, SO₂, dan NO₂ berturut-turut yaitu 0.958 µgram/m³, 0.000145 ppm, dan 0.000137 ppm. Dan nilai maksimum untuk PM₁₀, SO₂, dan NO₂ berturut-turut yaitu 511.208 µgram/m³, 0.051921 ppm, dan 0.008961 ppm. Selain nilai maksimum dan minimum, dapat dilihat juga bahwa nilai standard deviasi yang digunakan untuk menyatakan keragaman konsentrasi polusi udara menunjukkan bahwa standard deviasi untuk PM₁₀ sebesar 39.429, SO₂ sebesar 0.003423 dan NO₂ sebesar 0.000939.

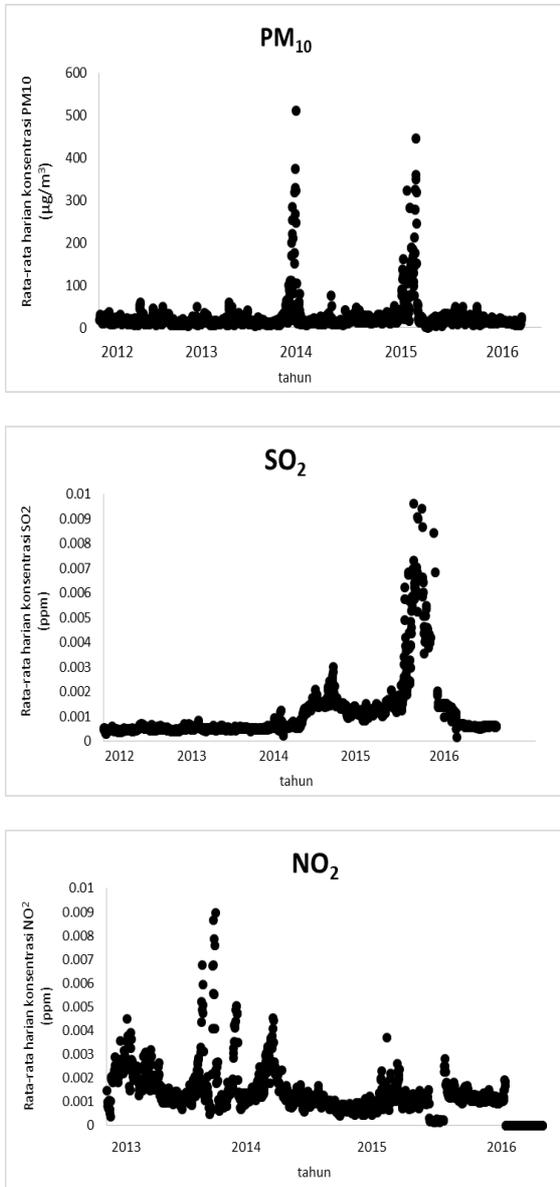
Tabel 1. Statistik Dasar dari Rata-rata Harian Konsentrasi PM₁₀, SO₂, dan NO₂ di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang.

	N	Mean	StDev	Min	Q1	Median	Q3	Max
PM10	1721	24.119	39.429	0.985	11.25	15	21.854	511.208
SO2	1821	0.00156	0.00342	0.00015	0.0005	0.0006	0.00138	0.05192
NO2	1189	0.00143	0.00094	0.00014	0.001	0.0012	0.00165	0.00896

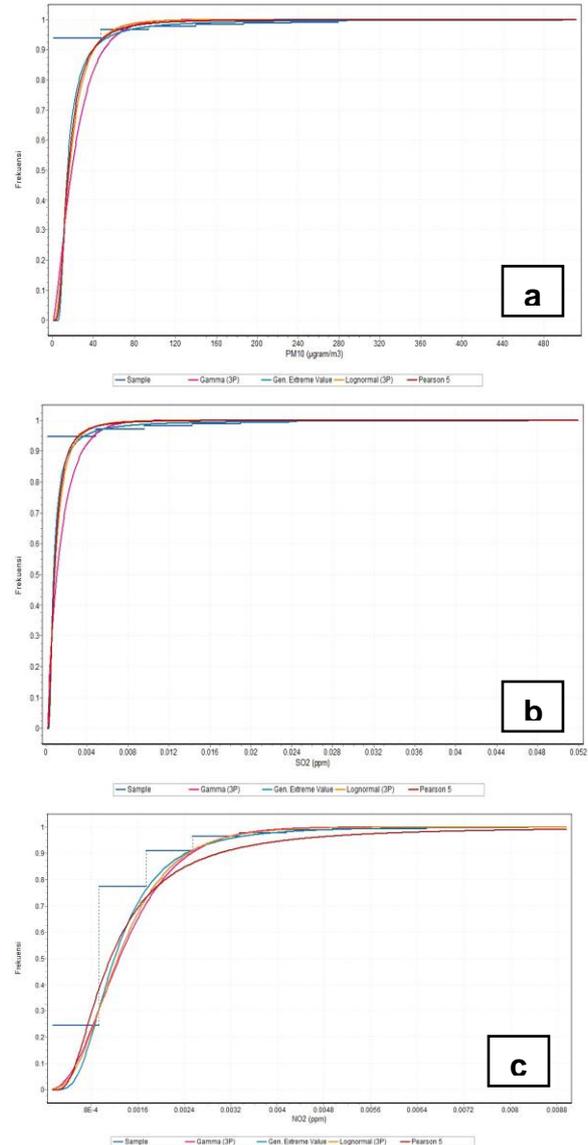
Scatter plot pada gambar 2 menunjukkan bahwa rata-rata harian konsentrasi PM₁₀ memiliki sebaran data yang berkisar pada nilai 0 – 100 µgram/m³ sedangkan untuk rata-rata harian konsentrasi SO₂ dan NO₂ berkisar diantara nilai 0

– 0,01 ppm. Sebaran data tersebut masih berada dibawah nilai ambang batas dan baku mutu udara yang berarti bahwa kondisi kualitas udara pada lokasi ini masih cukup baik. Namun pada beberapa waktu tertentu rata-rata harian konsentrasi PM₁₀ menunjukkan pelampauan yang

lebih tinggi dari nilai ambang batasnya dibandingkan dengan rata-rata harian konsentrasi SO_2 dan NO_2 , menunjukkan bahwa nantinya jika frekuensi kejadian tersebut semakin sering terjadi, partikulat polusi udara bisa menjadi masalah pada lingkungan ini.



Gambar 2. Scatter Plot Rata-rata Harian Konsentrasi PM_{10} , SO_2 , dan NO_2 di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang.



Gambar 3. Grafik fungsi distribusi kumulatif dari fitted distribution (a) PM_{10} , (b) SO_2 , dan (c) NO_2 di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang

Berdasarkan gambar 3, grafik distribusi kumulatif data PM_{10} , SO_2 , dan NO_2 dengan menggunakan distribusi Generalized Extreme Value (GEV), Pearson V, Lognormal, dan Gamma dapat diketahui distribusi mana yang paling cocok dalam menggambarkan distribusi PM_{10} , SO_2 , dan NO_2 . Pada gambar 3.a GEV dan Pearson V memiliki kecocokan yang baik dengan data PM_{10} , sedangkan Gamma memiliki tingkat kecocokan yang paling rendah. Pada gambar 3.b dan 3.c GEV memiliki kecocokan yang baik dengan data SO_2 dan NO_2 , sedangkan Gamma memiliki kecocokan yang paling rendah untuk data SO_2 dan Pearson V memiliki kecocokan yang paling rendah untuk data NO_2 pada lokasi penelitian.

Tabel 2. Tipe distribusi dan Statistik goodness of fit di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang .

Distribusi	PM ₁₀		SO ₂		NO ₂	
	Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling	Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling	Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling
Gen Extreme Value	0.0467	51.629	0.15349	56.43	0.06522	11.902
Pearson V	0.06414	16.723	0.20302	89.671	0.14417	43.578
Lognormal (3P)	0.1019	40.453	0.19741	99.46	0.08438	15.072
Gamma (3P)	0.18782	126.17	0.23056	206.69	0.10249	21.781

Berdasarkan tabel 2, dapat ditunjukkan bahwa distribusi terbaik dalam menggambarkan data PM₁₀, SO₂, dan NO₂ yang diuji menggunakan kolmogorov-smirnov (KS) dan anderson-darling (AD) adalah tipe distribusi Generalized Extreme Value (GEV). Uji yang dilakukan menggunakan KS, tipe distribusi GEV memiliki nilai terendah untuk data PM₁₀ (0.0467), SO₂ (0.15349), dan NO₂ (0.06522).

Pada tes menggunakan AD, tipe distribusi GEV memiliki nilai terendah untuk data SO₂ (56.43), dan NO₂ (11.902). Sedangkan tes AD untuk data PM₁₀ distribusi Pearson V memiliki nilai terendah yaitu 16.723 dan distribusi Lognormal berada di peringkat kedua yaitu 40.453.

Tabel 3. Estimasi parameter dari model distribusi Generalized Extreme Value (GEV)

Parameter	k	σ	μ
PM ₁₀	0.61452	5.5734	12.293
SO ₂	0.7252	0.00030320	0.00060638
NO ₂	0.23259	0.00047845	0.00102

Tabel 3 menunjukkan estimasi parameter dari distribusi GEV dengan k adalah parameter bentuk kontinu, σ adalah parameter skala kontinu, μ dan adalah parameter lokasi kontinu, dengan menggunakan persamaan 1 maka didapatkan,

$$f(x) = \frac{1}{5.5734} \left(1 + 0.61452 \left(\frac{x - 12.293}{5.5743} \right) \right)^{\frac{1}{0.61452-1}} e^{-\left(1 + 0.61452 \left(\frac{x-12.293}{5.5743} \right) \right)^{\frac{1}{0.61452-1}}}$$

Untuk konsentrasi data PM₁₀

$$f(x) = \frac{1}{0.000303} \left(1 + 0.73 \left(\frac{x - 0.00060638}{0.000303} \right) \right)^{\frac{1}{0.7252-1}} e^{-\left(1 + 0.7252 \left(\frac{x-0.00060638}{0.000303} \right) \right)^{\frac{1}{0.7252-1}}}$$

Untuk konsentrasi data SO₂

$$f(x) = \frac{1}{0.00048} \left(1 + 0.23259 \left(\frac{x - 0.00102}{0.00048} \right) \right)^{\frac{1}{0.23259-1}} e^{-\left(1 + 0.23259 \left(\frac{x-0.00102}{0.00048} \right) \right)^{\frac{1}{0.23259-1}}}$$

Untuk konsentrasi data NO₂

Tabel 4. Cumulative Density Function (CDF) distribusi Generalized Extreme Value (GEV)

Parameter	P (x≤50)	P (x≥50)	P (x>100)	P (x>150)
PM₁₀	0.93306	0.06694	0.021	0.01072

Parameter	P (x≤0.05)	P (x≥0.05)
SO₂	0.99863	0.00137

Parameter	P (x≤0.005)	P (x≥0.005)
NO₂	0.98913	0.01087

Tabel 4 merupakan probabilitas PM₁₀ dengan katagori baik berkisar antara 0-50, sedang 50-150, tidak sehat 150-250, sangat tidak sehat

250-350, dan berbahaya dengan intensitas hingga melebihi 350 $\mu\text{gram}/\text{m}^3$. Sedangkan probabilitas SO_2 dengan kategori nilai baku mutu udara yaitu 0.14 ppm dan NO_2 adalah 0.08 ppm.

Probabilitas PM_{10} dengan kategori tidak sehat yaitu sebesar 1% hal ini berarti bahwa peluang kejadian polusi udara yang tidak sehat akan terjadi dengan peluang yang kecil sekali, sedangkan probabilitas PM_{10} yang kurang dari 50 $\mu\text{gram}/\text{m}^3$ yaitu sekitar 93% yang berarti bahwa partikel udara yang berukuran lebih kecil dari 10 mikron pada wilayah penelitian berada dalam kategori sehat.

Probabilitas SO_2 yang lebih dari 0.05 ppm yaitu sebesar 0.1% yang berarti bahwa hanya 0.1% peluang SO_2 akan melebihi nilai baku mutu. Sedangkan probabilitas SO_2 yang berada dibawah 0.05 ppm yaitu sekitar 99% yang berarti bahwa SO_2 pada wilayah penelitian berada dalam kadar yang sangat rendah.

Probabilitas NO_2 yang lebih dari 0.005 ppm yaitu 1% yang berarti bahwa sangat kecil sekali peluang terjadinya konsentrasi NO_2 yang akan melebihi nilai baku mutu. Sedangkan probabilitas NO_2 yang berada dibawah 0.005 ppm yaitu sekitar 99% yang berarti bahwa NO_2 pada wilayah penelitian berada dalam kadar yang sangat rendah.

Kesimpulan

Distribusi *Generalized Extreme Value* (GEV) yang telah diuji menggunakan KS dan AD merupakan distribusi terbaik dalam menggambarkan konsentrasi PM_{10} , SO_2 , dan NO_2 . Berdasarkan data rata-rata harian konsentrasi PM_{10} , SO_2 , dan NO_2 di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang, dilihat dari sebaran scatter plot dan hasil probabilitas menunjukkan bahwa kondisi partikel udara pada wilayah ini berada dalam kategori yang cukup baik.

Hal ini dibuktikan dengan hasil probabilitas untuk PM_{10} hanya 1% peluang kejadian polusi udara dengan kategori tidak sehat akan terjadi. Probabilitas SO_2 yang lebih dari 0.05 ppm hanya 0.1% peluang polusi udara yang akan melebihi nilai baku mutu, dan probabilitas NO_2 yang lebih dari 0.005 ppm hanya 1% sangat kecil sekali peluang terjadinya konsentrasi NO_2 yang akan melebihi nilai baku mutu. Dari hasil tersebut sangat

memungkinkan sekali bahwa inilah salah satu hal yang mendasari GAW sebagai referensi udara bersih dunia.

Daftar Pustaka

- Georgopoulos, P.G., dan Seinfeld, J.H. 1982. *Statistical Distribution of Air Pollutant Concentration*. Environmental Science and Technology 16, 401A-416A.
- Kan, H.D., dan Chen, B.H. 2004. *Statistical Distribution of Ambient Air Pollutants in Shanghai, China*. Biomedical and Environmental Sciences 17, 366-372.
- Kao, A.S., dan Friedlander, S.K. 1995. *Frequency Distribution of PM_{10} Chemical Components and Their Source*. Environment Sciences and Technology 29, 19-28.
- Larsen, R.I. 1973. *An Air Quality Data Analysis System for Interrelating Effects, Standards, and Need Source Reductions*. Journal of Air Pollutants and Control Assessment 23, 933-940.
- Lu, H. 2002 *The Statistical Character of PM_{10} Concentration in Taiwan Area*. Atmospheric Environment 36, 491-502
- Morel, B., Yeh, S., dan Cifuentes, L. 1999. *Statistical Distributions for Air Pollution Applied to The Study of The Particulate Problem in Santiago*. Atmospheric Environment 33, 2575-2585
- Mudelsee, M. 2014. *Climate Time Series Analysis*. Springer International Publishing Switzerland
- Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.

Koreksi Bias Hasil Proyeksi *MIROC5* Keluaran *WRF* dengan Metode *CDFDM*

Robi Muharsyah¹

¹Sub Bidang Analisa Informasi Iklim Pusat Informasi Perubahan Iklim

Abstrak Proyeksi Iklim wilayah Indonesia pada tahun 2006 -2040 dari data MIROC 5 telah dihasilkan melalui teknik *Dynamical Downscaling* menggunakan model WRF. Selanjutnya keluaran model WRF tersebut (data model) dikoreksi biasanya menggunakan *Cumulative Distribution Function Downscaling Method* (CDFDM) sehingga dihasilkan data terkoreksi. Data observasi berupa curah hujan harian pada 148 stasiun BMKG (2006 – 2015) digunakan sebagai data training pada metode CDFDM. Tingkat akurasi diukur dengan menghitung persentase kesesuaian antara data model dan data terkoreksi terhadap data observasi. Digunakan empat idikasi : *Mean daily precipitation* (MEA), *Intensity of precipitation* (INT), *Fraction of Wet days* (FRE) dan *Percentile-90* (Q90) untuk mengukur tingkat akurasi tersebut. Hasilnya penggunaan metode CDFDM mampu memberikan peningkatan akurasi dengan rata-rata sebesar 15% baik untuk periode JJA maupun DJF.

Kata Kunci: *Proyeksi Iklim, MIROC5, CDFDM.*

Abstract. *Climate Projection in Indonesia for 2006 – 2040 using MIROC5 has been done by Dynamical Downscaling technic using WRF model. Then, By using Cumulative Disrtibution Function Downscaling Method (CDFDM), bias of the WRF model has been corrected. Daily rainfall for period 2006 – 2015 in 148 BMKG station has used as the training data. Accuracy of CDFDM be measured by Mean daily precipitation (MEA), Intensity of precipitation (INT), Fraction of Wet days (FRE) dan Percentile-90 (Q90). The result show that CDFDM be able to increase the accuracy around 15% for both JJA and DJF season.*

Keywords: *Climate Projection, MIROC5, CDFDM.*

Pendahuluan

Pada tahun 2014-2015, BMKG melalui Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara melakukan kerjasama dengan *Japan International Cooperation Agency* (JICA) untuk menghasilkan proyeksi iklim Indonesia hingga 2040. Data proyeksi MIROC5 periode 2006 – 2040 dipilih sebagai *Global Circulation Model* (GCM) yang selanjutnya didownscaling hingga resolusi ~20 Km menggunakan model WRF versi 3.6. Hasil ini kemudian dijadikan sebagai produk resmi proyeksi iklim Indonesia di BMKG [1].

Berdasarkan hasil tersebut telah diperoleh proyeksi curah hujan dan suhu di wilayah Indonesia hingga tahun 2040. Khusus untuk curah hujan, hasilnya bervariasi, sebagian menunjukkan Indonesia akan mengalami penambahan hujan di beberapa wilayah dan sebagian lainnya juga menunjukkan adanya pengurangan hujan. Untuk mengetahui kemampuan dari keluaran WRF ini sebagai data proyeksi di Indonesia, juga telah dilakukan validasi sederhana seperti menghitung korelasi, RMSE dan bias curah hujan pada periode 2006 – 2014[2]. Hasilnya menunjukkan bahwa wilayah-wilayah dengan tipe hujan Monsunal mempunyai akurasi yang lebih baik dibandingkan wilayah dengan tipe hujan ekuatorial dan Anti-Monsunal [2].

Pada kajian ini, keluaran WRF sebagai hasil dari *Dynamical Downscaling* selanjutnya diproses dengan *Statistical Downscaling*. Dalam hal ini *Statistical downscaling* yang dilakukan berupa *Bias Correction* (BC) atau koreksi bias antara data keluaran WRF terhadap observasinya pada periode *training* 2006 – 2015 (10 tahun) menggunakan metode *Cumulative Disrtibution Function Downscaling Method* (CDFDM). Tujuan dari kajian ini adalah untuk mencari tau apakah BC dengan CDFDM memberikan peningkatan akurasi dari keluaran WRF terhadap data

observasi sehingga memberikan proyeksi iklim yang lebih baik untuk wilayah Indonesia.

Tulisan ini terdiri empat bagian. Pertama berupa pendahuluan terkait data proyeksi yang akan dikoreksi. Bagian kedua membahas data yang akan di BC serta langkah-langkah metode CDFDM sebagai salah satu metode BC. Bagian ketiga membahas hasil dari BC menggunakan beberapa indikasi yang dipakai. Bagian terakhir menyimpulkan, apakah BC dengan CDFDM memberikan peningkatan akurasi berdasarkan indikasi yang digunakan.

Metodologi

Terdapat dua jenis data yang digunakan pada kajian ini. Pertama, data observasi curah hujan harian pada 148 stasiun BMKG di seluruh Indonesia pada periode 2006 – 2015. Kedua, data proyeksi curah hujan harian berupa proyeksi MIROC5 keluaran WRF pada periode 2006 – 2040 (selanjutnya disebut data model).

Selanjutnya data model dibias koreksi (BC) terhadap data observasi. Teknik BC bekerja berdasarkan *Probability Density Function* (PDF) dan *Cumulative Distribution Function* (CDF) dari data model dan data observasi [3,4]. Berbagai teknik BC telah banyak dikenal beberapa dekade belakangan ini, hal ini dikarenakan penggunaannya yang mudah dan dapat diaplikasikan langsung (tidak membutuhkan komputasi yang rumit) [5].

Teknik BC yang cukup sederhana adalah berdasarkan *distribution mapping*. Beberapa peneliti juga menyebut metode ini sebagai *empirical Quantile Mapping* (eQM) [6]. Kelebihan dari metode ini salah satunya adalah dapat digunakan untuk berbagai bentuk data [6].

Pada kajian ini teknik BC berdasarkan *distribution mapping* merujuk pada kajian yang telah dilakukan oleh Iizumi, 2010 [7] dan 2011 [8]. Iizumi, 2011 menggunakan CDFDM untuk mengoreksi data model dari empat *regional climate models* (NHRCM, NRAMS, TRAMS, and TWRF) di Jepang menggunakan data curah hujan harian pada periode 1985 - 2004. Disimpulkan dari kajian tersebut, metode CDFDM tidak begitu bagus dalam mengoreksi curah hujan ekstrem [8]. Secara umum langkah-langkah dari metode CDFDM disimpulkan sebagai berikut:

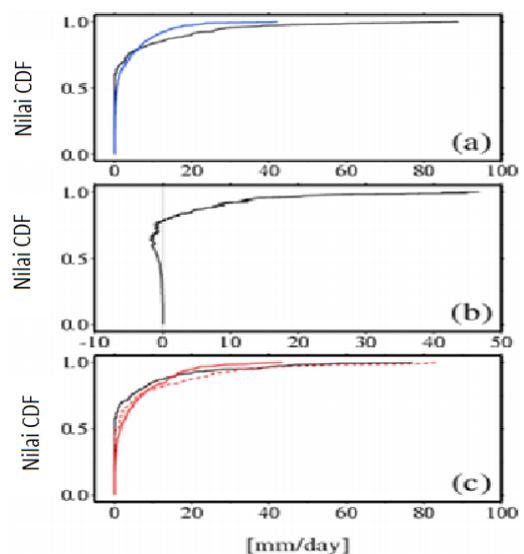
a) Dapatkan *Cumulative Distribution Function* (CDF) dari data observasi dan data model pada periode tertentu (disebut sebagai periode *training*).

- b) Hitung selisih curah hujan harian antara data model terhadap data observasi pada tiap-tiap nilai fungsi CDF $F (0 \leq F \leq 1)$.
- c) Dapatkan CDF dari data model sepanjang periode data yang akan didownscaling dan tambahkan nilai selisih pada langkah b) untuk tiap-tiap nilai fungsi CDF yang bersesuaian.
- d) Diperoleh data model yang telah terkoreksi.

Tiga langkah (a, b dan c) di atas secara visual diberikan oleh gambar 1. Pada gambar tersebut terlihat tahap per tahap yang dilakukan pada proses BC dengan CDFDM untuk curah hujan harian. Jika selain curah hujan maka bentuk dari CDF yang dihasilkan akan berbeda. Hal ini berkaitan dengan sebaran data dari tiap-tiap parameter iklim.

Masih pada gambar 1, pada poin a) garis hitam adalah data observasi dan garis biru adalah data model. Walaupun terlihat mirip, tetap terdapat perbedaan CDF dari kedua data tersebut khususnya pada curah hujan yang lebih dari 10 mm (axis pada gambar a). Pada gambar tersebut, curah hujan maksimum dari data observasi nilainya mendekati 100 mm sedangkan data model hanya berkisar 40 mm. Kedua data mempunyai kemiripan dalam jumlah curah hujan 0 mm (tidak ada hujan).

Selanjutnya gambar b) menunjukkan selisih curah hujan pada tiap-tiap nilai fungsi CDF. Telah disebutkan sebelumnya bahwa curah hujan maksimum data observasi lebih besar dari data model sehingga nilai koreksi menjadi condong ke kanan. Bentuk grafik dari nilai koreksi ini dapat berbeda-beda untuk pasangan data observasi dan model. Hal ini tergantung pada nilai selisih keduanya.



Gambar 1. Tahapan BC dengan metode CDFDM

Tabel 1. Kategori empat indikasi yang digunakan untuk validasi data model dan data terkoreksi terhadap data observasi

Indikasi	Kategori	Satuan
MEA	0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25	mm/hari
INT	0-7 ; 7-14; 14-21; 21-28; 28-35	mm/hari
FRE	0-20; 20-40; 40-60; 60-80; 80-100	%
Q90	0-20; 20-40; 40-60; 60-80; 80-100	mm/hari

Garis merah putus-putus pada gambar c) merupakan hasil koreksi bias data model, terlihat garis tersebut mendekati garis hitam (data observasi) yang berarti secara sebaran nilai data model telah dikoreksi.

Proses CDFDM bergantung pada panjangnya data training yang dipakai. Data training adalah data observasi yang dipakai untuk mengoreksi data model. Pada kajian ini digunakan periode data 2006 – 2015. Semakin panjang periode data training maka diasumsikan hasil koreksi akan semakin baik. Hal ini disebabkan semakin banyaknya berbagai kemungkinan kejadian curah hujan (termasuk curah hujan ekstrim) yang dipertimbangkan dalam proses koreksi CDFDM.

Proses validasi dilakukan dengan menghitung kesesuaian antara data observasi dan data terkoreksi menggunakan empat indikasi yaitu : *Mean daily precipitation* (MEA), *Intensity of precipitation* (INT), *Fraction of Wet days* (FRE) dan *Percentile-90* (Q90). MEA adalah rata-rata curah hujan harian pada periode tertentu, INT adalah intensitas rata-rata curah hujan harian hanya pada hari hujan ($CH \geq 1$ mm/hari), FRE adalah persentase hari hujan pada periode tertentu dan Q90 adalah nilai curah hujan pada batas ke percentile-90 (hujan pada kategori tinggi). Keempat indikasi ini juga sama dengan yang digunakan oleh Iizumi, 2011[4]. Tingkat kesesuaian atau akurasi dihitung berdasarkan banyaknya stasiun yang masuk pada kategori nilai MEA, INT, FRE dan Q90 berdasarkan kriteria pada Tabel 1.

Selanjutnya hal yang sama juga dilakukan terhadap data model (data sebelum dikoreksi). Sehingga pada akhirnya diperoleh dua hasil indikasi antara data terkoreksi dan data model yang kemudian dapat dibandingkan untuk mengetahui apakah ada peningkatan akurasi pada data model sebelum dan setelah dikoreksi. Perbandingan dilakukan pada dua periode musim yaitu JJA dan DJF. Periode JJA dianggap sebagai

puncak musim kemarau sedangkan periode DJF sebagai puncak musim hujan disebagian besar wilayah Indonesia (wilayah Monsunal)

Hasil dan Pembahasan

Sebanyak 148 stasiun BMKG telah diambil data proyeksinya pada periode 2006 – 2040 dan selanjutnya dikoreksi dengan metode CDFDM. Berdasarkan metode tersebut telah diperoleh data terkoreksi sepanjang 2006 – 2040 berdasarkan periode training 2006-2015. Grafik CDF pada 148 stasiun tersebut menunjukkan bahwa curah hujan harian dapat terkoreksi dengan baik hampir diseluruh stasiun BMKG yang dikaji. Pada gambar 2, diberikan tiga contoh grafik CDF yang mewakili masing-masing tipe hujan di Indonesia [9].

Pada gambar 2.a, terlihat perbedaan yang cukup jelas antara CDF data observasi dengan data model khususnya untuk nilai peluang kumulatif besar dari 0.8. Pada gambar tersebut terdapat curah hujan harian data observasi yang lebih besar dari data model sehingga grafik nilai koreksinya condong ke kanan. Ada selisih sekitar 200 mm pada curah hujan harian maksimum antara data observasi dengan data model. Hasil BC menunjukkan grafik CDF data terkoreksi sangat mendekati data observasi.

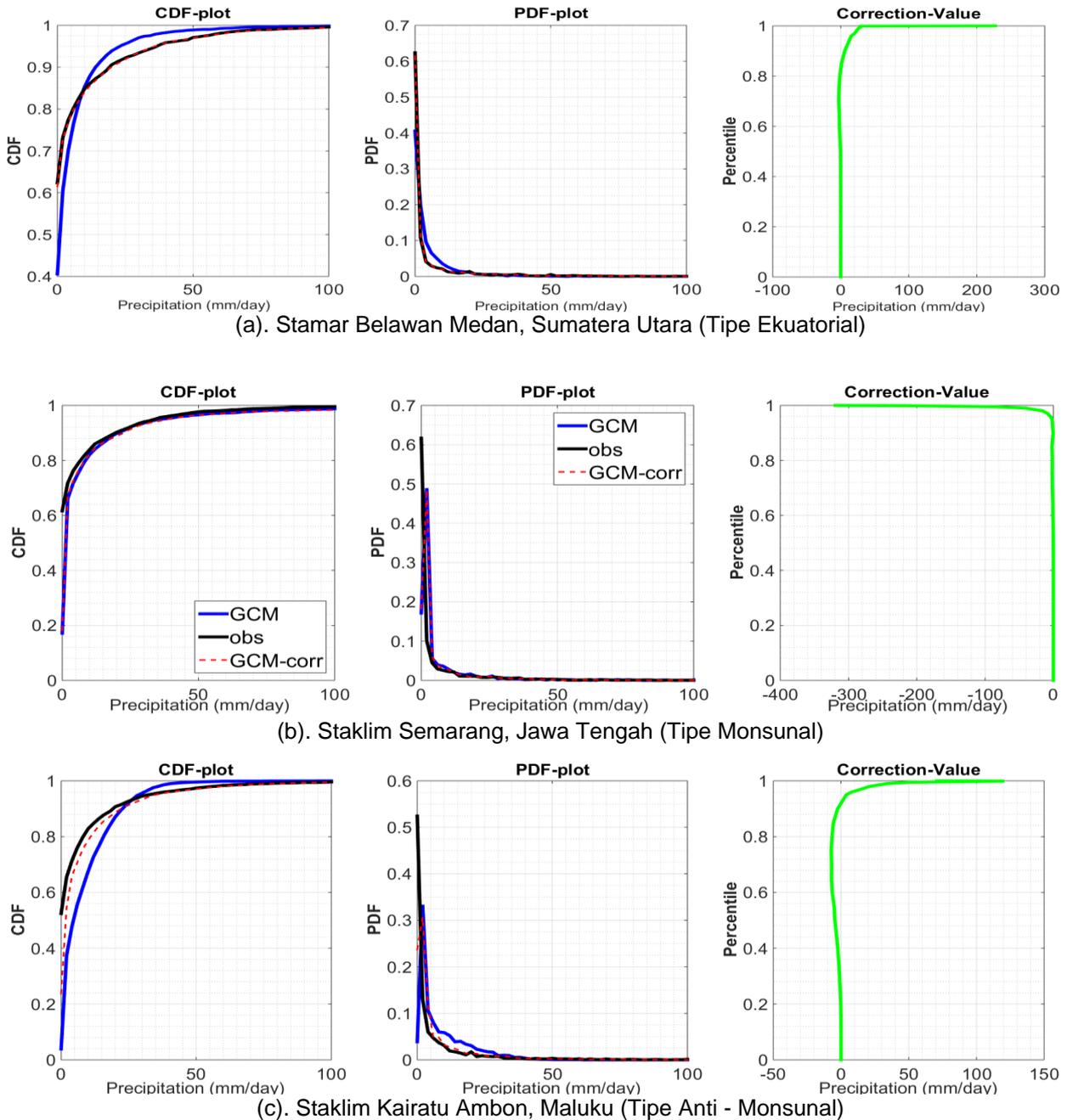
Selanjutnya pada gambar 2.b, tidak begitu jelas perbedaan antara data observasi, data model dan data terkoreksi. Antara data observasi dan data model terdapat kemiripan pada sebaran CDF-nya bahkan hingga mendekati peluang kumulatif 0.95. Hal ini menunjukkan bahwa sebelum dikoreksi, sebaran data model pada periode training sudah mendekati data observasi. Hanya saja selisih curah hujan harian maksimum antara data model dan data observasi masih cukup besar sekitar 300 mm sehingga grafik nilai koreksi condong ke kiri.

Sedangkan CDFDM pada gambar 2.c menyerupai gambar 2.a. Selisih curah hujan harian maksimum antara data observasi terhadap data model mencapai lebih dari 100 mm. Perbedaan antar data observasi dan data model terlihat dari nilai kumulatif peluang 0.4 hingga 1. Hasil koreksi CDF pada gambar 2.c tidak sebaik 2.a. Hal ini terlihat dari grafik CDF data terkoreksi yang masih menyimpang dari data observasi.

Uraian diatas menunjukkan berbagai macam perbedaan CDFDM disetiap stasiun di Indonesia. CDFDM pada 148 stasiun menunjukkan bahwa secara umum CDF data terkoreksi lebih

mendekati data observasi pada stasiun dengan tipe hujan Monsunal sedangkan untuk dua tipe

hujan lainnya umumnya masih terdapat selisih antara CDF data model dan data observasi.



Gambar 2. Grafik koreksi bias dengan metode CDFDM dengan Periode Training 1 Jan 2006 – 31 Des 2015 dan Periode Simulasi 1 Jan 2006 – 31 Des 20140 untuk nilai CDF (kiri), PDF (tengah) dan nilai koreksi (kanan) pada tiga lokasi stasiun : (a) Stasiun Maritim Belawan , (b) Stasiun Klimatologi Semarang dan (c) Stasiun Klimatologi Kairatu.

Data model dan data terkoreksi selanjutnya divalidasi dengan data observasi berdasarkan empat indikasi MEA, INT, FRE dan Q90 untuk periode JJA dan DJF. Hasilnya pada periode JJA, MEA antara data terkoreksi dan observasi menunjukkan banyak kesesuaian satu sama lain. Kesesuaian tersebut banyak ditemukan pada MEA 0-5 mm/hari dan 5 -10 mm/hari khususnya di wilayah Jawa. Namun, juga ditemukan data terkoreksi yang lebih besar dari pada data observasi seperti di beberapa stasiun di Jawa Barat dan juga sebaliknya data terkoreksi lebih rendah dari data observasi seperti di Kalimantan.

Secara keseluruhan 137 dari 148 stasiun (92.57%) mempunyai kesesuaian pada MEA. Jika dibandingkan dengan data model maka diperoleh sebanyak 126 dari 148 stasiun (85.14%) yang mempunyai kesesuaian terhadap data observasi berdasarkan MEA. Hal ini menandakan bahwa metode CDFDM mampu memperbaiki data model berdasarkan rata-rata curah hujan harian pada periode JJA dengan peningkatan akurasi sekitar 7.63%.

Sedangkan pada periode DJF, MEA antara data terkoreksi dengan data observasi juga banyak terdapat kesesuaian, khususnya pada curah hujan 5 – 10 mm/hari dan 10 – 15 mm/hari. Kesesuaian ini banyak ditemukan pada wilayah Sumatera. Secara keseluruhan 87 dari 148 stasiun (58.78%) mempunyai kesesuaian. Dibandingkan dengan data model hanya 71 dari 148 (47.97%) stasiun yang mempunyai kesesuaian. Hal ini juga menunjukkan bahwa metode CDFDM memberikan peningkatan akurasi dalam rata-rata curah hujan harian. Gambar 3 menunjukkan MEA dari data observasi, data model dan data terkoreksi dengan CDFDM pada periode JJA dan DJF.

Indikasi kedua yaitu intensitas hujan harian (INT). Pada periode JJA, data observasi menunjukkan bahwa rata-rata intensitas hujan harian di Indonesia berkisar 7-14 mm/hari (di tipe hujan Monsunal) dan 14-21 mm/hari (selain Monsunal). Sedangkan pada data terkoreksi nilai INT masih menunjukkan hal yang sama, hanya saja di daerah Bali, NTB dan NTT intensitas hujan harian menjadi lebih rendah (0-7 mm/hari) sehingga berbeda dengan data observasinya. Secara keseluruhan terdapat 75 dari 148 (50.68%) data terkoreksi yang sesuai dengan data observasi. Sedangkan untuk data model hanya 60 dari 148 (40.54%) yang sesuai.

Selanjutnya pada periode DJF, intensitas hujan di Indonesia umumnya berkisar 14 – 21 mm/hari dan 21 – 28 mm/hari. Berbeda dengan JJA, pada DJF, data terkoreksi memberikan peningkatan intensitas rata-rata hujan harian untuk wilayah di Bali, NTB dan NTT. Secara keseluruhan terdapat 83 dari 148 stasiun (56.08%) yang menunjukkan adanya kesesuaian antara data terkoreksi dengan data observasi. Dibandingkan dengan data model, kesesuaian tersebut hanya terdapat 52 dari 148 (35.14%) stasiun.

Validasi CDFDM berdasarkan INT, baik pada JJA ataupun DJF menunjukkan terdapat peningkatan antara setelah dikoreksi dibandingkan sebelum dikoreksi. Hal ini menunjukkan bahwa metode CDFDM dapat memperbaiki data model dari segi intensitas hujan harian. Gambar 4 menunjukkan INT dari data observasi, data model dan data terkoreksi dengan CDFDM pada periode JJA dan DJF.

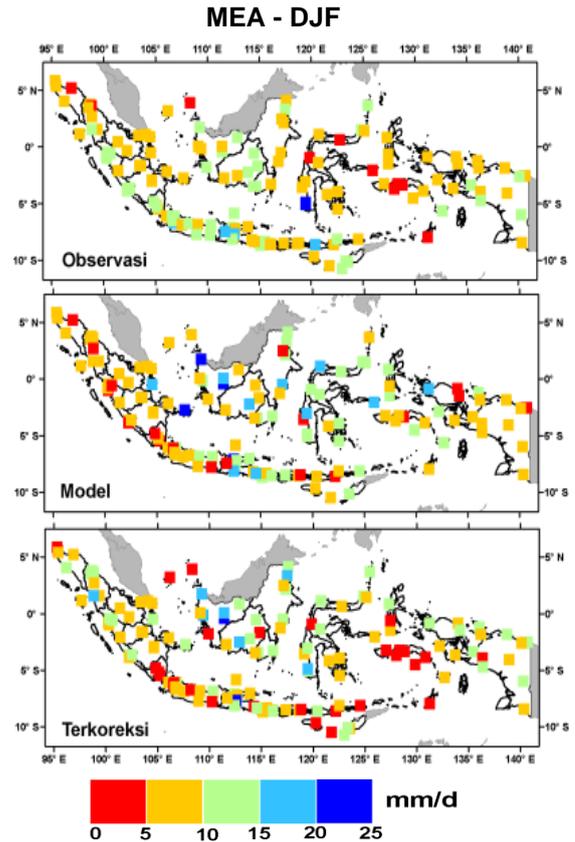
Indikasi ketiga yaitu, fraksi hujan (FRE). Fraksi hujan mirip dengan intensitas hujan. Jika INT adalah rata-rata curah hujan pada hari-hari hujan saja maka FRE adalah rata-rata hari hujan keseluruhan pada periode tertentu. Berdasarkan data observasi, fraksi hujan di Indonesia untuk periode JJA umumnya 0 – 20 % (Monsunal) dan 20 – 40 % (selain Monsunal). Artinya selama periode JJA (total hari pada JJA sama dengan 92 hari) sebanyak 0 -18 hari dan 18 – 36 hari merupakan hari hujan. Sedangkan pada periode DJF, nilai FRE lebih tinggi yaitu 40 – 60 % dan 60 – 80%. Hal ini wajar karena DJF merupakan puncak hujan di Indonesia. Hasil koreksi bias dengan CDFDM tidak memberikan banyak perubahan pada periode JJA. Sedangkan pada DJF, koreksi dengan CDFDM menurunkan jumlah FRE.

Hasil validasi dengan data observasi menunjukkan, 92 dari 148 (62.16%) stasiun dengan data terkoreksi mempunyai kesesuaian FRE pada periode JJA. Dibandingkan dengan data model, hasil tersebut jauh lebih tinggi karena kesesuaian data model berdasarkan FRE terhadap data observasi hanya 34 dari 148 stasiun (22.97%). Sedangkan pada periode DJF, kesesuaian data terkoreksi ditemukan pada 67 dari 148 (45.27%) stasiun. Hasil ini juga lebih tinggi dari data model yang belum terkoreksi yang hanya 44 stasiun (29.73%). Gambar 5 menunjukkan FRE dari data observasi, data model dan data terkoreksi dengan CDFDM pada periode JJA dan DJF.

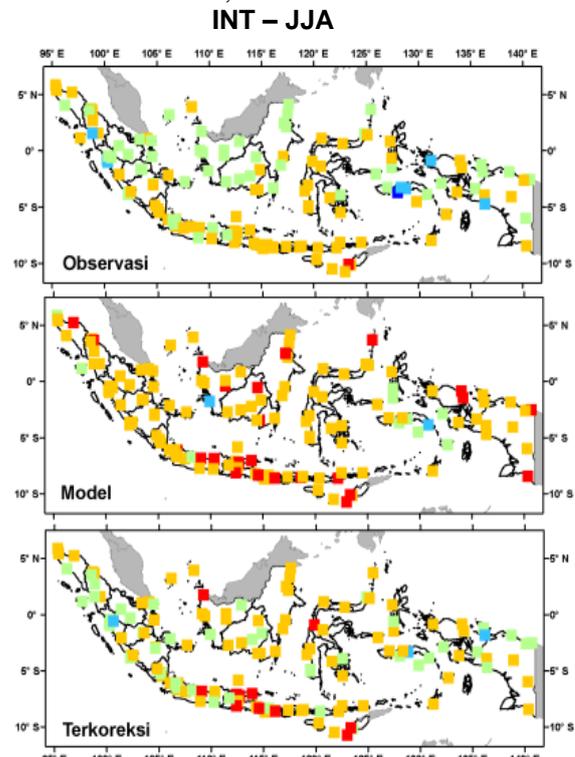
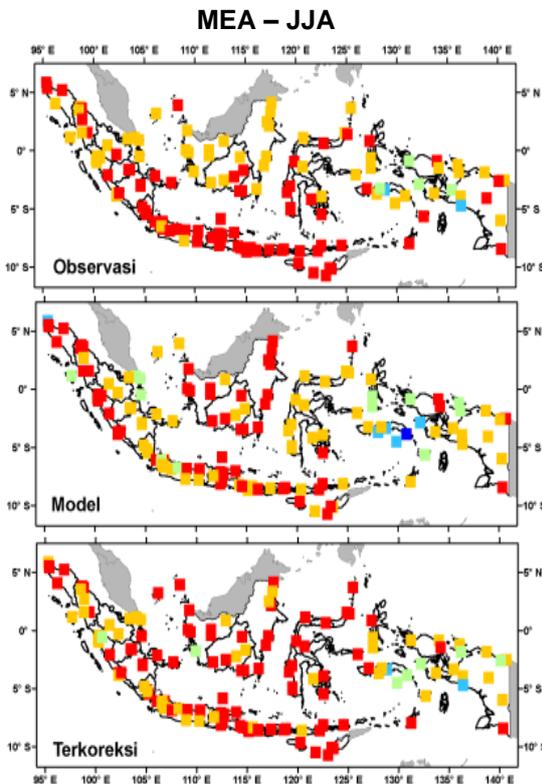
Indikasi ke empat atau yang terakhir yaitu percentile ke-90 (Q90). Nilai Q90 ditujukan untuk mengetahui hujan harian yang termasuk pada kategori curah hujan tinggi pada periode tertentu. Pada periode JJA, umumnya curah hujan tinggi

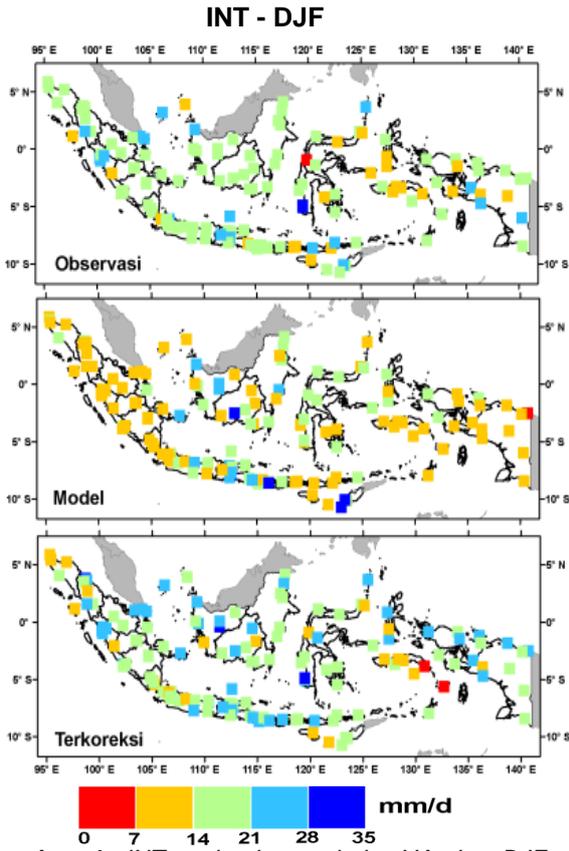
Pada percentile ke-90 berkisar 0 – 20 mm/hari. Pada Gambar 6, tidak terlihat perbedaan yang mencolok antara data observasi dengan hasil koreksi CDFDM. Secara keseluruhan, terdapat 109 dari 148 (73.65%) stasiun yang mempunyai kesesuaian untuk nilai Q90 antara data terkoreksi dengan data observasi. Sedangkan sebelum dikoreksi terdapat 103 dari 148 (69.59%). Artinya hanya sedikit peningkatan akurasi yang diberikan oleh CDFDM.

Selanjutnya pada periode DJF, nilai Q90 umumnya berkisar 20-40 mm/hari. Setelah dikoreksi dengan CDFDM perubahan yang terlihat juga tidak begitu banyak, sama seperti pada periode JJA. Tingkat kesesuaian antara data terkoreksi dengan data observasi menunjukkan 58.11 % atau 86 dari 148 stasiun sedangkan sebelum dikoreksi 43.24% atau 64 dari 148 stasiun.

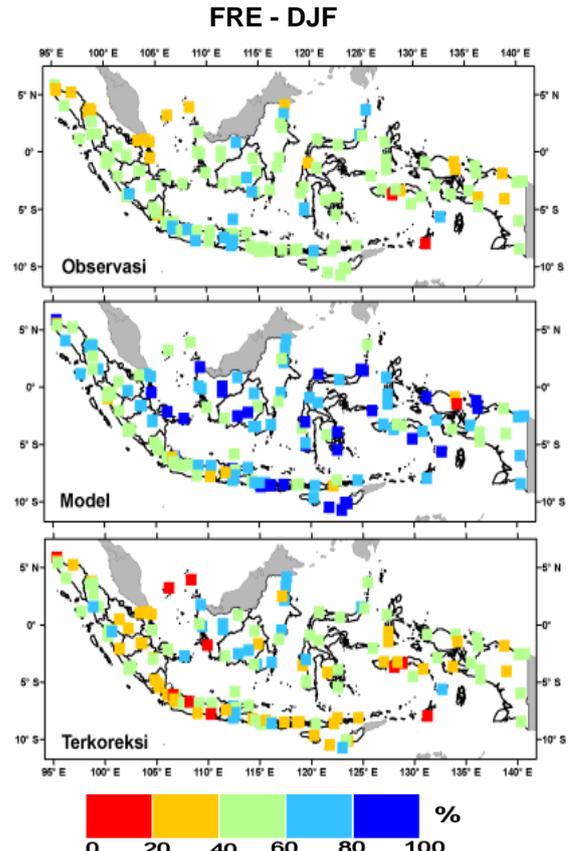


Gambar 3. MEA pada dua periode JJA dan DJF antara data observasi, model dan terkoreksi.

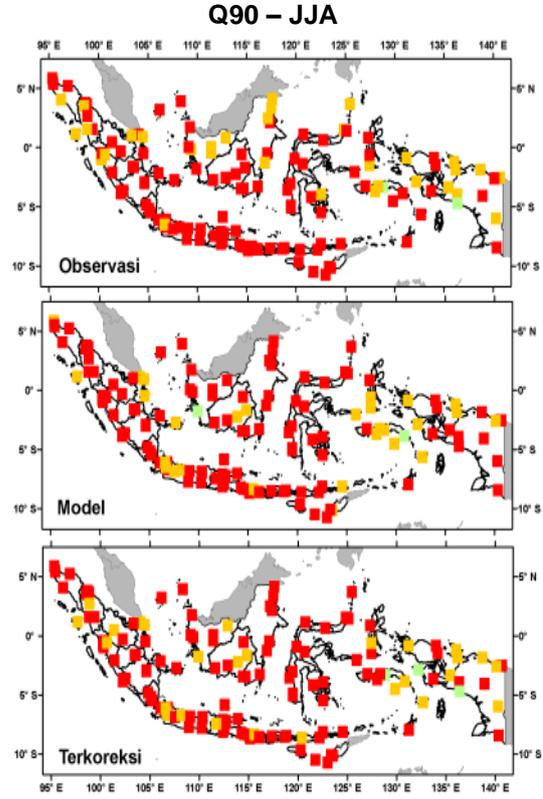
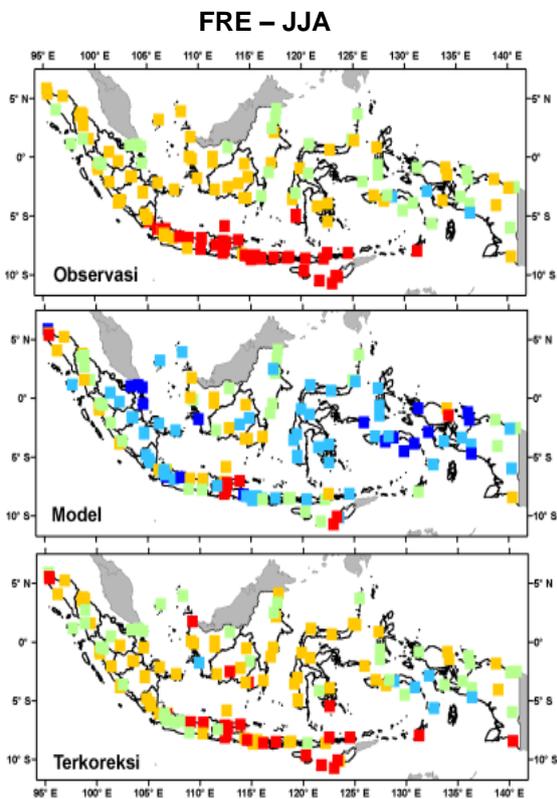


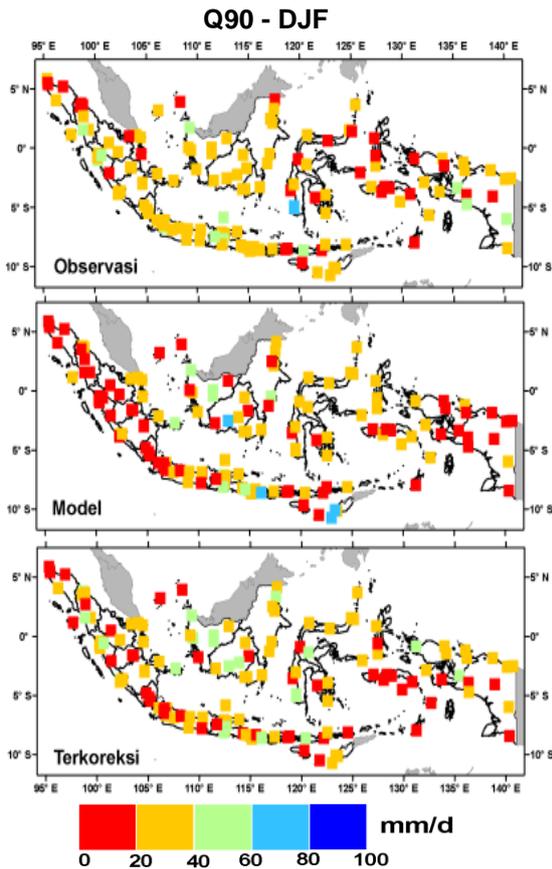


Gambar 4. INT pada dua periode JJA dan DJF antara data observasi, model dan terkoreksi.



Gambar 5. FRE pada dua periode JJA dan DJF antara data observasi, model dan terkoreksi.



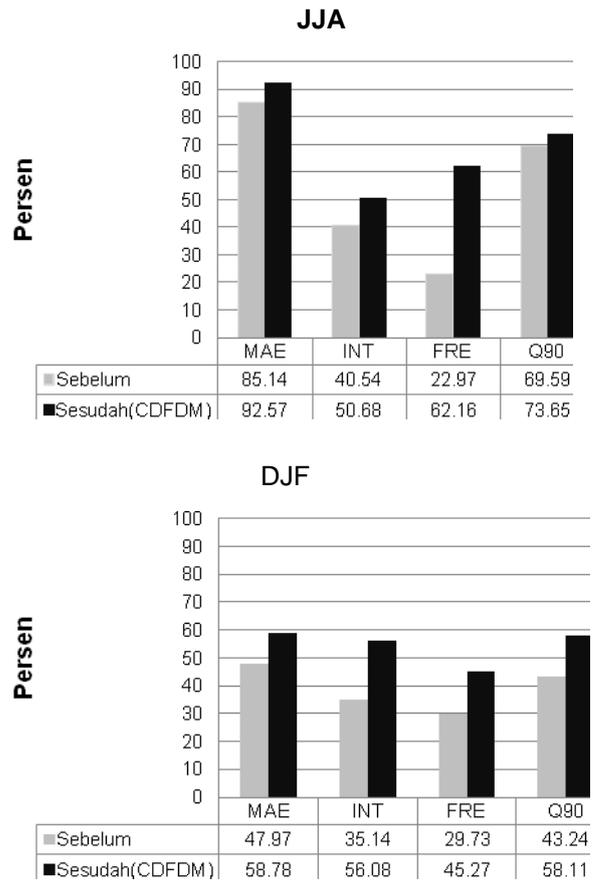


Gambar 6. Q90 pada dua periode JJA dan DJF antara data observasi, model dan terkoreksi.

Kesimpulan

Koreksi bias dengan metode CDFDM memberikan peningkatan akurasi (jumlah stasiun yang sesuai dengan data observasi) dibandingkan dengan data model sebelum dikoreksi berdasarkan empat indikasi : MEA, INT, FRE dan Q90. Grafik batang pada gambar 7 merangkum hal tersebut. Rata-rata peningkatan pada periode JJA dan DJF untuk keempat indikasi tersebut adalah sebesar 15%.

Berdasarkan gambar 7 juga diketahui bahwa, tingkat kesesuaian pada periode JJA lebih tinggi dibandingkan DJF kecuali untuk FRE data terkoreksi. Tingginya tingkat kesesuaian pada periode JJA menandakan bahwa keluaran WRF mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam memprediksi musim kemarau di Indonesia dibandingkan musim hujan.



Gambar 7. Perbandingan tingkat akurasi (kesesuaian terhadap data observasi) antara data model sebelum dan setelah dikoreksi dengan CDFDM berdasarkan 4 indikasi.

Daftar Pustaka

Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara, BMKG. Atlas Proyeksi Iklim Wilayah Indonesia. ISBN : 978-602-0945-05-7. BMKG, Jakarta, 2015.

Aryo, Andriyas. Laporan Training Tahap II: Country Focused Training Course on Training for Vulnerability (GCM downscaling) at Tsukuba University organized by JICA under International Cooperation Program of the Government of Japan, 29 September – 5 Desember 2014.

White, R. H. and Toumi, R. The limitations of bias correcting regional climate model inputs, Geophysical Research Letters, 40, 29072912, doi:10.1002/grl.50612, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/grl.50612/abstract>, 2013.

Maraun, D. Bias Correction, Quantile Mapping, and Downscaling: Revisiting the Inflation Issue, Journal of Climate,

- 26, 2137–2143, doi:10.1175/JCLI-D-12-00821.1, <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/JCLI-D-12-00821.1>, 2013.
- Wetterhall, F., Pappenberger, F., He, Y., Freer, J. and Cloke, H.L. Conditioning model output statistics of regional climate model precipitation on circulation patterns, *Nonlin. Processes Geophys.*, 19, 623–633, doi:10.5194/npg-19-623-2012, <http://www.nonlin-processes-geophys.net/19/623/2012/>, 2012.
- A. Amengual, V. Homar, R. Romero, S. Alonso, and C. Ramis. A Statistical Adjustment of Regional Climate Model Outputs to Local Scales: Application to Platja de Palma, Spain. *J. Climate*, 25, 939–957. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-10-05024.1>, 2012.
- Iizumi T, M Nishimori, Y Ishigooka, M Yokozawa (2010) Introduction to climate change scenario derived by statistical downscaling. *J Agric Meteorol* 66: 131-143. (in Japanese with English abstract)
- Iizumi T, M Nishimori, K Dairaku, SA Adachi, M Yokozawa (2011). Evaluation and intercomparison of downscaled daily precipitation indices over Japan in present-day climate: Strengths and weaknesses of dynamical and bias correction-type statistical downscaling methods. *J Geophys Res*, 116, D01111, doi:10.1029/2010JD014513.
- Aldrian, E., and R. D. Susanto (2003) . Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperatur. *Int. J. Climatol.*, 23, 1435–145.

Perbandingan Akurasi Data Observasi Dengan Hasil Keluaran Model *Wrf-Arw* Asimilasi Dan Non Asimilasi (Studi Kasus: 7 Januari 2015, Stasiun Meteorologi BIM)

Eka Suci Puspita Wulandari ⁽¹⁾, Rangga Setya Pratama ⁽²⁾

⁽¹⁾ Stasiun Meteorologi Maritim Lampung

⁽²⁾ Stasiun Meteorologi Pangkalan Bun

Abstract. WRF adalah salah satu model prediksi cuaca numerik skala meso yang digunakan secara luas dalam prediksi cuaca dan kebutuhan penelitian atmosfer. Model ini mempunyai keistimewaan inti dinamik yang berlipat, variasi 3-dimensional (3DVAR) sistem asimilasi data dan arsitektur perangkat lunak yang memungkinkan untuk melakukan komputasi secara paralel dan sistem yang ekstensibel. Model WRF dapat digabungkan dengan data observasi yang disebut dengan teknik asimilasi model. Dalam penelitian ini menggunakan data FNL untuk di olah dalam WRF-ARW baik diasimilasi maupun tanpa asimilasi untuk melihat seberapa jauh tingkat akurasi hasil keluaran model WRF terhadap data pengamatan sebenarnya di Stasiun Meteorologi Klas II Padang dengan studi kasus pada tanggal 7 Januari 2015 jam 00.00 UTC hingga 8 Januari 2015 jam 00.00 UTC. Untuk parameter suhu permukaan, RH, kecepatan angin, suhu vertikal dan RH vertikal, hasil keluaran model WRF-ARW setelah diasimilasi mempunyai hasil yang lebih mendekati hasil observasinya dibandingkan hasil keluaran model WRF-ARW sebelum diasimilasi. Untuk parameter titik embun, tekanan dan hujan, hasil keluaran model WRF-ARW setelah diasimilasi mempunyai hasil yang lebih mendekati hasil observasinya dibandingkan hasil keluaran model WRF-ARW sebelum diasimilasi. Untuk parameter arah angin permukaan kedua keluaran WRF-ARW (asimilasi maupun tanpa asimilasi) kurang bisa mempresentasikan dengan baik.

Kata Kunci: WRF-ARW, asimilasi, non-asimilasi.

Abstract. WRF is one of the mesoscale numerical weather prediction models used widely in weather prediction and atmospheric research needs. This model has a dynamic core which doubled privilege, variations of 3-

dimensional (3DVAR) and architecture of software that allowing computations in parallel and extensible system. WRF can be combined with observation data called assimilation technique models. In this study, uses FNL data which processed in WRF-ARW model with assimilated or non-assimilation. The purpose is to see how far the level of WRF output accuracy against observational data in the Meteorological Station Class II Padang. This research's case study take on January 7, 2015 at 00.00 UTC until January 8, 2015 at 00.00 UTC. Surface temperature, RH, wind speed, temperature and vertical relative humidity are the parameters that will be analyzed. The result of WRF-ARW output after having assimilated is closer to the observations data than the result which is not assimilated. For dew point, pressure and rain parameter, the output of the model WRF-ARW after having assimilated are closer to observations data than the output of the model WRF-ARW before assimilated. For the surface wind direction parameter (assimilation or non-assimilation) is not good enough to represent it.

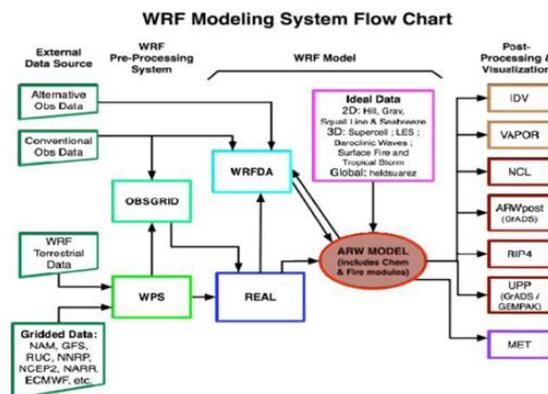
Keywords: WRF-ARW, assimilation, non-assimilation

PENDAHULUAN

WRF-ARW merupakan model generasi lanjutan sistem prediksi cuaca numerik skala meso yang didesain untuk melayani prediksi operasional dan kebutuhan penelitian atmosfer. Model ini mempunyai keistimewaan inti dinamik yang berlipat, variasi 3-dimensional (3DVAR) sistem asimilasi data dan arsitektur perangkat lunak yang memungkinkan untuk melakukan komputasi secara paralel dan sistem yang ekstensibel. WRF cocok untuk aplikasi yang luas dari skala

meter sampai ribuan kilometer. (Diklat Pelatihan WRF, 2011)

WRF adalah salah satu model prediksi cuaca numerik skala meso yang digunakan secara luas dalam prediksi cuaca di seluruh dunia. WRF (*Weather Research and Forecasting*) dikembangkan oleh kolaborasi antara NCAR (*National Center for Atmospheric Research*), NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) Colorado Amerika Serikat dan NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) yang bekerja sama dengan AFWA (*Air Force Weather Agency*) serta instansi lainnya. Dengan pengembangan teknologi yang makin canggih, model WRF dapat digabungkan dengan data observasi yang disebut dengan teknik asimilasi model.



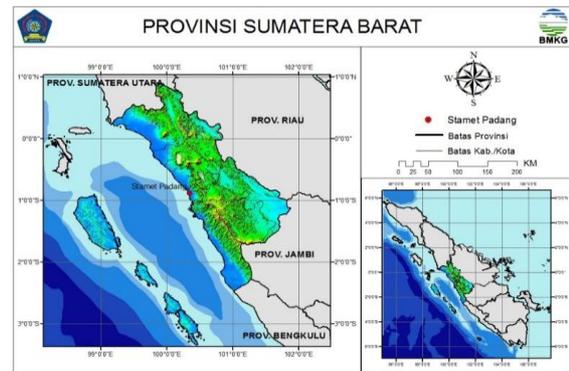
Gambar 2. A Description of the Advanced Research WRF Version 3 (Sumber <http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/pub-oc.html>).

Saat ini, pusat-pusat prediksi cuaca numerik di seluruh dunia membuat initial condition melalui kombinasi statistik antara pengamatan (observasi) dengan hasil prediksi Jangka pendek sebelumnya. Pendekatan ini disebut asimilasi data, yang tujuannya didefinisikan oleh Talagrand (1997) sebagai “menggunakan semua informasi yang tersedia, untuk menentukan keadaan aliran atmosfer (atau lautan) seakurat mungkin.” (Kalnay, 2003).

Dalam penelitian ini menggunakan data FNL untuk di olah dalam WRF-ARW baik diasimilasi maupun tanpa asimilasi untuk melihat seberapa jauh tingkat akurasi hasil keluaran model WRF sebelum asimilasi dan setelah di asimilasi dengan data pengamatan sebenarnya di Stasiun Meteorologi Klas II Padang dengan studi kasus pada tanggal 7 Januari 2015 jam 00.00 UTC hingga 8 Januari 2015 jam 00.00 UTC, sehingga dapat diketahui akurasi model WRF-ARW dan nilai errornya.

METODE PENELITIAN

Stasiun Meteorologi Klas II Padang terletak di propinsi Sumatera Barat yaitu di Kabupaten Padang Pariaman, dengan letak geografis $00^{\circ} 53' LS - 100^{\circ} 22' BT$ dan elevasi 3 meter dari permukaan laut. Berdasarkan posisi geografisnya Provinsi Sumatera Barat terletak di pesisir barat bagian tengah pulau Sumatera yang mempunyai luas wilayah 42,2 ribu Km^2 . Sumatera Barat berbatasan langsung dengan Provinsi Sumatera Utara, Provinsi Riau, Provinsi Jambi, Provinsi Bengkulu dan Sumatera Indonesia. (<http://bkpmp.sumbarprov.go.id/statistik-2/letak-geografis/>)



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Data FNL (*Final Analysis*) dengan resolusi $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ pada tanggal 7 Januari 2015 jam 00.00 UTC hingga tanggal 8 Januari 2015 jam 00.00 UTC dengan interval waktu 6 jam yang diunduh dari <http://rda.ucar.edu/>.
- Data FNL tanggal 1 Januari 2015 sampai dengan 4 Februari 2015 untuk pembuatan *Background Error* (BE) yang menghasilkan be.dat.
- Data observasi (ob.bufr) pada tanggal 7 Januari 2015 jam 00.00 UTC yang diunduh dari <http://rda.ucar.edu/datasets/ds337.0/index.html>
- Data sinop tiap jam Stasiun Meteorologi Klas II Padang tanggal 7 Januari 2015 jam 00.00 UTC sampai dengan tanggal 8 Januari 2015 jam 00.00 UTC.
- Data udara atas Stasiun Meteorologi Klas II Padang tanggal 7 Januari 2015 jam 00.00 UTC dan 12.00 UTC serta pada tanggal 8 Januari 2015 jam 00.00 UTC.

Metode (langkah-langkah) yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

- a. Mendownload data FNL tanggal 7 Januari 2015 jam 00.00 UTC hingga 8 Januari 2015 jam 00.00 UTC.
- b. Pembuatan *Background Error* yang menghasilkan be.dat.
- c. Mengunduh data observasi pada tanggal 7 Januari 2015 jam 00 yang diunduh dari <http://rda.ucar.edu/datasets/ds337.0/index.html> dan direname menjadi ob.bufr
- d. Membuat domain dalam WRF-ARW, domain yang digunakan dalam penelitian ini hanya domain satu yaitu Indonesia.



Gambar 3. Domain Penelitian dalam WRF-ARW

Domain di atas dibuat dengan menggunakan Domain Wizard dengan menggunakan konfigurasi sebagai berikut:

Konfigurasi	Domain 1	Domain 2
Resolusi Grid Horizontal	30 Km	10 Km
Skema Mikrofisik	Purdue – Lin	Purdue – Lin
Skema PBL	YSU	YSU
Skema Parameterisasi Cumulus	Kain – Fritsch	Kain – Fritsch
Resolusi Temporal	180 detik	180 detik
Jumlah Level Vertikal	30 Lapisan	30 Lapisan

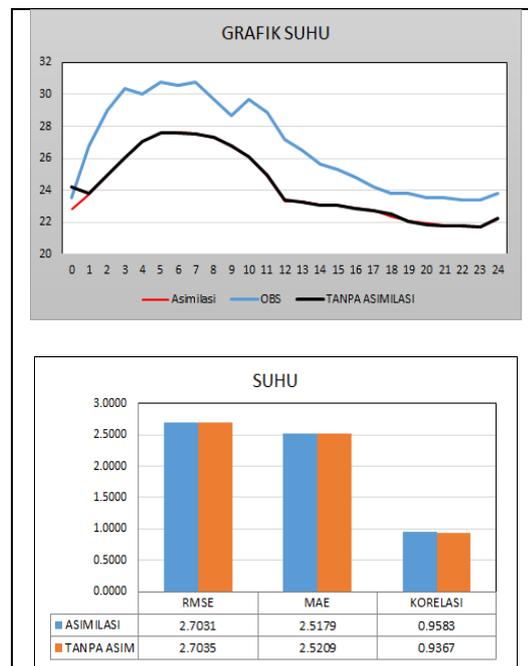
- e. Running WRF-ARW dan melakukan proses ARWpost hingga dihasilkan .ctl dan .dat.
- f. Mengasimilasi hasil keluaran model WRF-ARW.
- g. Mengolah, membandingkan dan menganalisis data hasil observasi dengan data hasil keluaran model WRF-ARW sebelum dan sesudah diasimilasi.
- h. Kesimpulan hasil analisis.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Data Permukaan

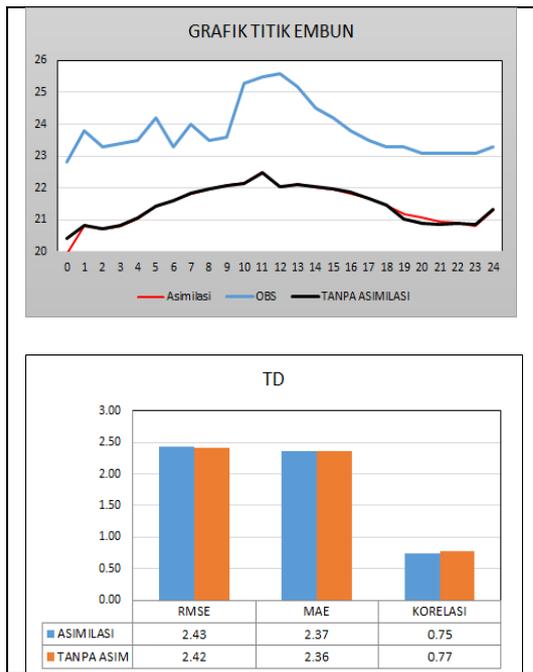
1. Suhu Udara

Grafik di bawah (Gambar 4) merupakan parameter suhu udara hasil keluaran model WRF-ARW sebelum dan setelah diasimilasi terhadap data hasil observasi dari Stasiun Meteorologi Klas II Padang pada tanggal 7 Januari 2015 jam 00.00 s/d 24.00 UTC, dapat dilihat terjadi kenaikan suhu udara dari jam 00.00 UTC hingga mencapai suhu udara maksimum pada jam 05.00 UTC dan menurun kembali hingga jam 24.00 UTC. Secara umum, hasil keluaran model WRF-ARW sebelum dan setelah diasimilasi memiliki nilai yang hampir sama (grafik rapat), berbanding lurus dan cenderung *underestimated*. Nilai error antara hasil keluaran WRF-ARW setelah asimilasi dengan observasi lebih kecil dari pada sebelum diasimilasi, sedangkan nilai korelasinya lebih besar dengan nilai perbedaan yang sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa hasil keluaran model WRF-ARW setelah diasimilasi lebih baik dibanding sebelum diasimilasi untuk parameter suhu.



Gambar 4. Perbandingan nilai suhu dari data obs, asimilasi dan non-asimilasi.

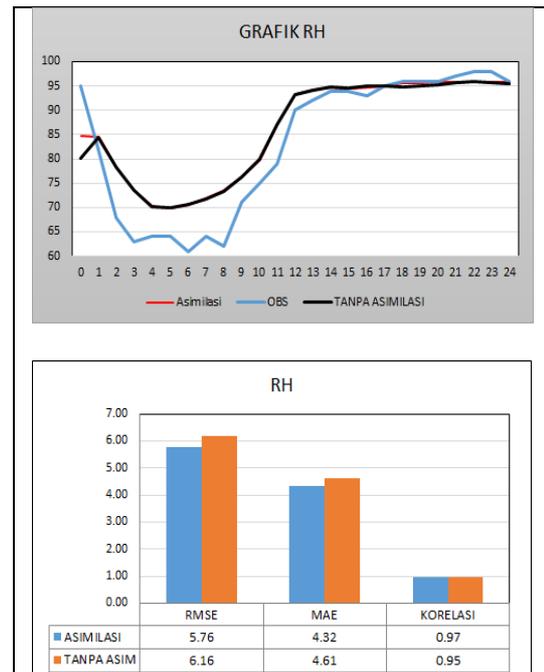
2. Titik Embun



Gambar 5. Perbandingan nilai titik embun dari data obs, asimilasi dan non-asimilasi.

Grafik di atas (Gambar 5) merupakan grafik titik embun hasil keluaran model WRF-ARW sebelum dan setelah diasimilasi terhadap data hasil observasi dari Stasiun Meteorologi Klas II Padang pada tanggal 7 Januari 2015 jam 00.00 s/d 24.00 UTC, pada grafik titik embun hasil observasi terlihat bahwa titik embun maksimum terjadi pada pukul 12 UTC dengan nilai 25.7°C sedangkan hasil keluaran model WRF-ARW baik sebelum asimilasi maupun setelah terjadi pada pukul 11 UTC dengan nilai 22.6°C, yang berarti bahwa hasil keluaran model WRF-ARW menunjukkan jeda waktu sebesar 1 jam dari hasil observasinya. Secara umum, hasil keluaran model WRF-ARW sebelum dan setelah diasimilasi memiliki nilai yang hampir sama (grafik rapat), berbanding lurus dan cenderung *underestimated*. Nilai error antara hasil keluaran WRF-ARW setelah asimilasi dengan observasi lebih besar dari pada sebelum diasimilasi, sedangkan nilai korelasinya lebih kecil dengan nilai perbedaan yang kecil. Hal ini menunjukkan bahwa hasil keluaran model WRF-ARW sebelum asimilasi lebih baik dibanding setelah diasimilasi.

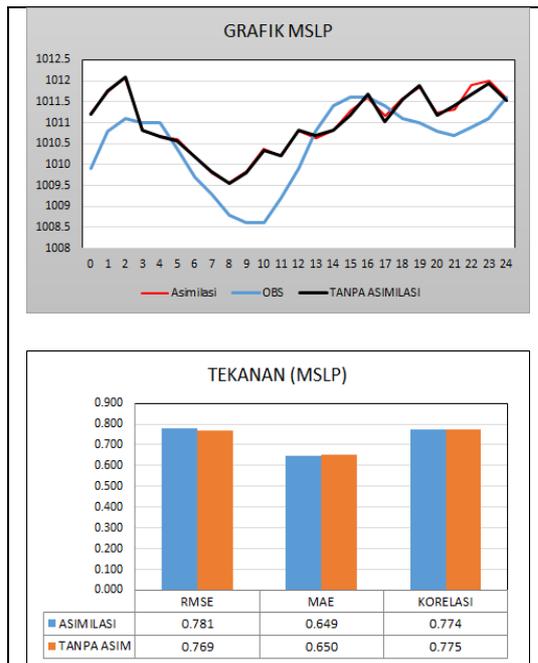
3. Kelembaban Relatif



Gambar 6. Perbandingan nilai RH dari data obs, asimilasi dan non-asimilasi.

Grafik di atas (Gambar 6) merupakan grafik kelembaban udara hasil keluaran model WRF-ARW sebelum dan setelah diasimilasi terhadap data hasil observasi dari Stasiun Meteorologi Klas II Padang pada tanggal 7 Januari 2015 jam 00.00 s/d 24.00 UTC, pada grafik kelembaban udara hasil observasi terlihat bahwa terjadi penurunan kelembaban udara dari jam 00.00 UTC hingga mencapai kelembaban udara minimum pada jam 06 UTC dan meningkat kembali hingga jam 24.00 UTC. Sedangkan pada grafik kelembaban udara hasil keluaran model WRF-ARW terjadi penurunan kelembaban udara dari jam 00.00 UTC dan mencapai kelembaban minimum pada jam 03.00 UTC dan meningkat kembali. Hal ini menandakan bahwa hasil keluaran model WRF-ARW menunjukkan jeda waktu 2 jam dari hasil observasinya. Secara umum, hasil keluaran model WRF-ARW sebelum dan setelah diasimilasi memiliki nilai yang hampir sama (grafik rapat) dan cenderung *overestimated*. Nilai error antara hasil keluaran WRF-ARW setelah asimilasi dengan observasi lebih kecil dari pada sebelum diasimilasi, sedangkan nilai korelasinya lebih besar dengan nilai perbedaan yang kecil. Hal ini menunjukkan bahwa hasil keluaran model WRF-ARW setelah asimilasi lebih baik dibanding dengan sebelum diasimilasi untuk parameter Kelembaban Relatif (RH).

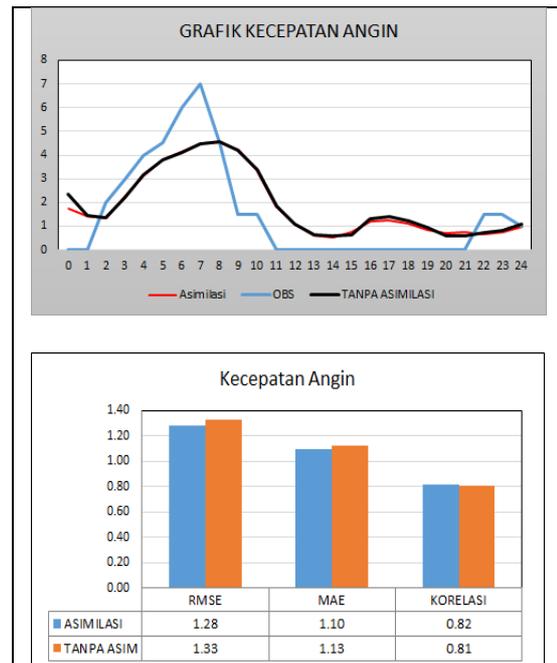
4. Tekanan



Gambar 7. Perbandingan nilai tekanan dari data obs, asimilasi dan non-asimilasi.

Grafik di atas (Gambar 7) merupakan grafik tekanan hasil keluaran model WRF-ARW sebelum dan setelah diasimilasi terhadap data hasil observasi dari Stasiun Meteorologi Klas II Padang pada tanggal 7 Januari 2015 jam 00.00 s/d 24.00 UTC, pada grafik tekanan hasil observasi terlihat bahwa terjadi minimum terjadi pada pukul 09 UTC dengan nilai 1008.6 mb sedangkan hasil keluaran model WRF-ARW terjadi pada pukul 08 UTC dengan nilai 1009.5, yang menandakan bahwa hasil keluaran model WRF-ARW menunjukkan jeda waktu 1 jam dari hasil observasinya. Secara umum, hasil keluaran model WRF-ARW sebelum dan setelah diasimilasi memiliki nilai yang hampir sama (grafik rapat), berbanding lurus dan cenderung *overestimated*. Nilai RMSE antara hasil keluaran WRF-ARW setelah asimilasi dengan observasi lebih besar dari pada sebelum diasimilasi, sedangkan nilai MAEnya lebih kecil dan nilai korelasinya lebih besar. Hal ini menunjukkan hasil keluaran model WRF-ARW sebelum asimilasi lebih baik dibanding setelah asimilasi.

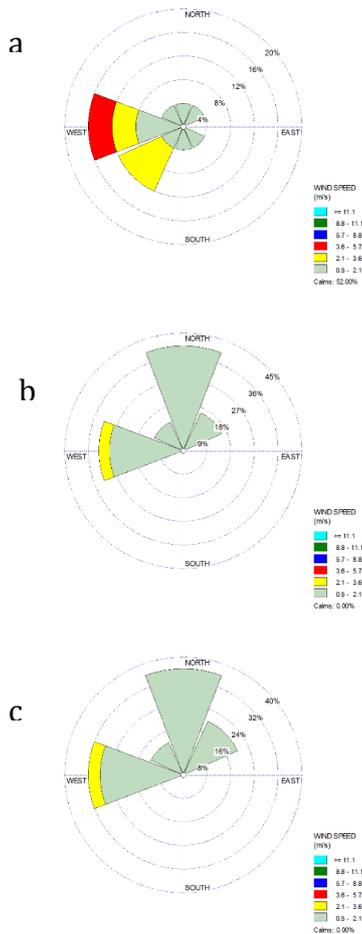
5. Kecepatan Angin



Gambar 8. Perbandingan nilai kecepatan angin dari data obs, asimilasi dan non-asimilasi.

Grafik di atas (Gambar 8) merupakan grafik kecepatan angin hasil keluaran model WRF-ARW sebelum dan setelah diasimilasi terhadap data hasil observasi dari Stasiun Meteorologi Klas II Padang pada tanggal 7 Januari 2015 jam 00.00 s/d 24.00 UTC, pada grafik kelembaban udara hasil observasi terlihat bahwa kecepatan angin maksimum adalah 7 m/s yang terjadi pada pukul 07.00 UTC hasil keluaran model WRF-ARW terjadi pada pukul 08 UTC dengan nilai 4.5 m/s, yang menandakan bahwa bahwa hasil keluaran model WRF-ARW menunjukkan jeda waktu 1 jam dari hasil observasinya. Secara umum, hasil keluaran model WRF-ARW sebelum dan setelah diasimilasi memiliki nilai yang hampir sama (grafik rapat), berbanding lurus dan cenderung *overestimated* pada pukul 00, 01 dan 10 hingga 21 UTC sedangkan pada jam yang lain adalah *underestimated*. Nilai error antara hasil keluaran WRF-ARW setelah asimilasi dengan observasi lebih kecil dari pada sebelum diasimilasi, sedangkan nilai korelasinya lebih besar dengan nilai perbedaannya kecil. Hal ini menunjukkan bahwa hasil keluaran model WRF-ARW setelah asimilasi lebih baik dibanding dengan sebelum diasimilasi untuk parameter kecepatan angin.

6. Arah Angin



Gambar 9. Perbandingan arah angin dari data a). obs, b.) non-asimilasi dan c.) asimilasi.

Gambar di atas (Gambar 9) merupakan perbandingan arah angin dari hasil observasi, keluaran WRF-ARW baik setelah diasimilasi maupun sebelum asimilasi dalam satu hari. Arah angin dominan dalam satu hari berdasarkan hasil observasi di Stasiun Meteorologi Klas II Padang berasal dari Barat. Sedangkan hasil keluaran WRF-ARW sebelum dan setelah asimilasi menunjukkan arah dominan dalam satu hari berasal dari Utara. Hal ini menunjukkan bahwa hasil keluaran WRF-ARW sebelum dan setelah asimilasi kurang bisa mempresentasikan dengan baik parameter arah angin.

7. Curah Hujan

Pada tanggal 7 Januari jam 21 hingga jam 24 UTC turun hujan dengan intensitas yang ringan. Jumlah curah hujan yang tercatat adalah 3mm/3jam. Sedangkan pada model WRF-ARW tanpa asimilasi hujan mulai turun setelah pukul 12 hingga pukul 24 dengan intensitas yang sangat ringan dimana jumlah

curah hujan yang terukur pada pukul 24 UTC sangat kecil sekitar 0.02 mm/12jam dan pada model WRF-ARW dengan asimilasi hujan mulai turun setelah pukul 09 UTC dengan intensitas sangat ringan dimana jumlah curah hujan yang terukur pada pukul 24 UTC sangat kecil sekitar 0.03. Dengan demikian jumlah curah hujan yang terukur antara hasil keluaran WRF-ARW baik yang diasimilasi maupun tidak dengan hasil observasi sangat berbeda. Secara dikotomi untuk curah hujan menggunakan Threat Score (TS), Probability of Detection (POD), False Alarm ratio (FAR) dan Akurasi (ACC) (Jolliffe dan Stephenson, 2003).

Tabel 2. Tabel Hujan per 3 jam

Jam	Hujan OBS	Hujan Asimilasi	Hujan Non-Asimilasi
0	0	0	0
3	0	0	0
6	0	0	0
9	0	0	0
12	0	9.94E-07	0
15	0	5.50E-06	7.31E-06
18	0	0.003197	0.005658
21	0	0.005132	0.005131
24	0.3	0.019489	0.008556

Tabel 3. Tabel Kontingensi

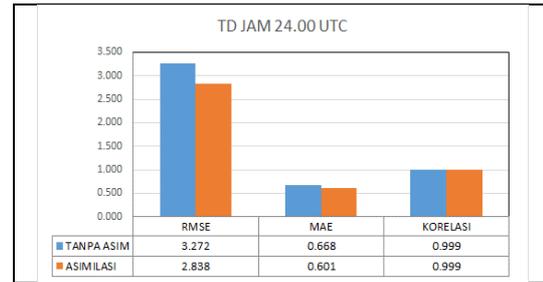
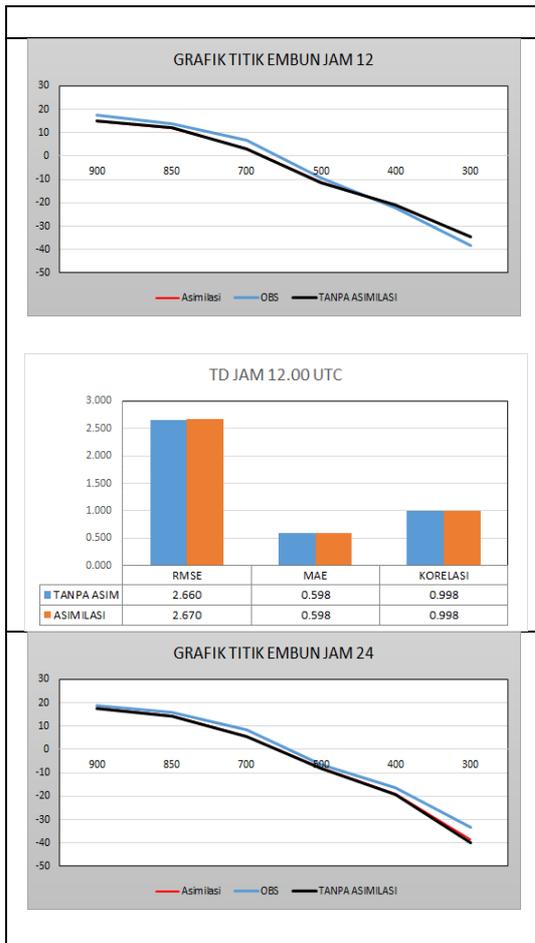
No	Prediksi	POD	FAR	TS	ACC
1	Asimilasi	1	0.8	0.2	0.6
2	Non Asimilasi	1	0.75	0.25	0.7

Dilihat dari tabel kontingensi di atas, dapat dianalisis bahwa nilai POD baik yang diasimilasi maupun tidak adalah 1 yang membuktikan bahwa 100% kejadian hujan per tiga jam berhasil diprediksi. Nilai FAR untuk asimilasi maupun tidak adalah 0.8 dan 0.75, dimana hal ini membuktikan bahwa hujan yang terprediksi oleh model memiliki peluang kesalahan dalam memprediksi yaitu 80 % untuk yang asimilasi dan 75% tanpa asimilasi, hal ini menandakan peluang kesalahan yang asimilasi lebih besar dibanding tanpa asimilasi. Nilai TS untuk yang tanpa asimilasi lebih besar dibanding yang asimilasi, berarti bahwa kemampuan model tanpa asimilasi memprediksikan kejadian hujan lebih baik dari pada yang asimilasi dengan nilai 25%. Nilai ACC akan menjawab pertanyaan seberapa baik prediksi benar terhadap observasi secara keseluruhan, dimana nilai ACC yang tanpa asimilasi lebih besar yaitu 0.7 dibandingkan yang asimilasi yaitu 0.6. Hal ini dapat disimpulkan bahwa model nonasimilasi lebih baik dalam memprediksi hujan dibandingkan model yang asimilasi.

Analisis Data Udara Atas

1. Kecepatan Angin

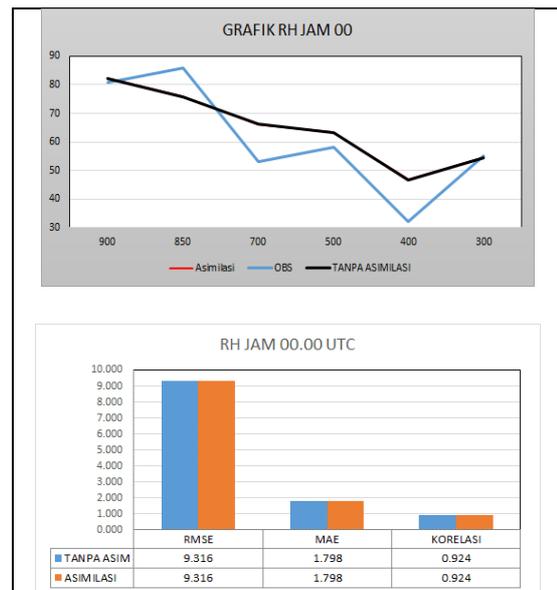
Grafik di bawah (Gambar 10) merupakan grafik vertikal titik embun hasil keluaran model WRF-ARW sebelum dan setelah diasimilasi terhadap data hasil observasi udara atas dari Stasiun Meteorologi Klas II Padang beserta nilai RMSE, MAE dan korelasi pada tanggal 7 Januari 2015 jam 00, 12, 24 UTC, dapat dilihat pada pukul 00 UTC nilai RMSE, MAE dan korelasi antara hasil keluaran sebelum dan setelah asimilasi adalah sama. Pada pukul 12 nilai RMSE tanpa asimilasi lebih kecil dibanding diasimilasi dan nilai MAE maupun korelasinya adalah sama. Pada pukul 24 UTC nilai RMSE dan MAE setelah asimilasi lebih rendah dari pada sebelum diasimilasi tetapi nilai korelasinya sama. Dapat disimpulkan bahwa hasil asimilasi lebih mendekati data hasil observasi udara atas. Secara umum bahwa ketiga grafik (jam 00, 12, 24 UTC) tersebut memiliki nilai korelasi yang baik dan berbanding lurus yaitu mendekati 1 dengan nilai error yang kecil.

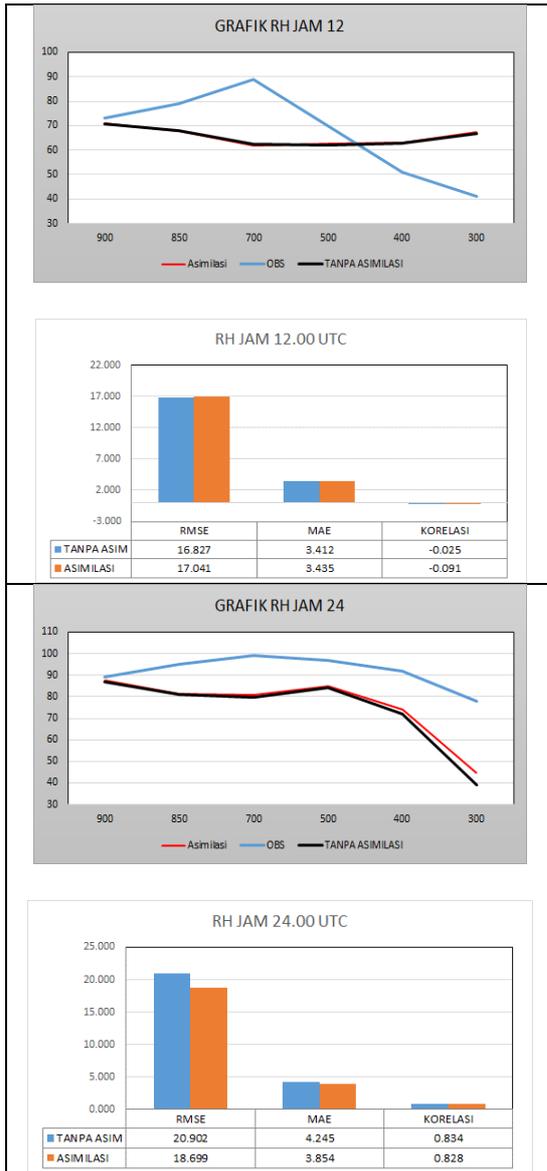


Gambar 10. Perbandingan nilai titik embun vertikal dari data obs, asimilasi dan non-asimilasi.

2. Kelembaban Relatif

Grafik di bawah (Gambar 11) merupakan grafik vertikal kelembaban hasil keluaran model WRF-ARW sebelum dan setelah diasimilasi terhadap data hasil observasi udara atas dari Stasiun Meteorologi Klas II Padang beserta nilai RMSE, MAE dan korelasi pada tanggal 7 Januari 2015 jam 00, 12, 24 UTC. Dapat dilihat pada pukul 00 UTC nilai RMSE, MAE dan korelasi antara hasil keluaran sebelum dan setelah asimilasi adalah sama. Pada pukul 12 UTC nilai RMSE dan MAE tanpa asimilasi lebih kecil sedangkan nilai korelasi baik sebelum asimilasi dan setelah asimilasi adalah negatif yang berarti berbanding terbalik. Pada pukul 24 UTC nilai RMSE dan MAE setelah asimilasi lebih kecil dengan korelasi (+) yang lebih besar dibanding sebelum asimilasi, hal ini berarti bahwa hasil asimilasi lebih baik. Dapat disimpulkan bahwa hasil setelah diasimilasi lebih baik dibanding sebelum asimilasi kecuali pada pukul 12.00 UTC.

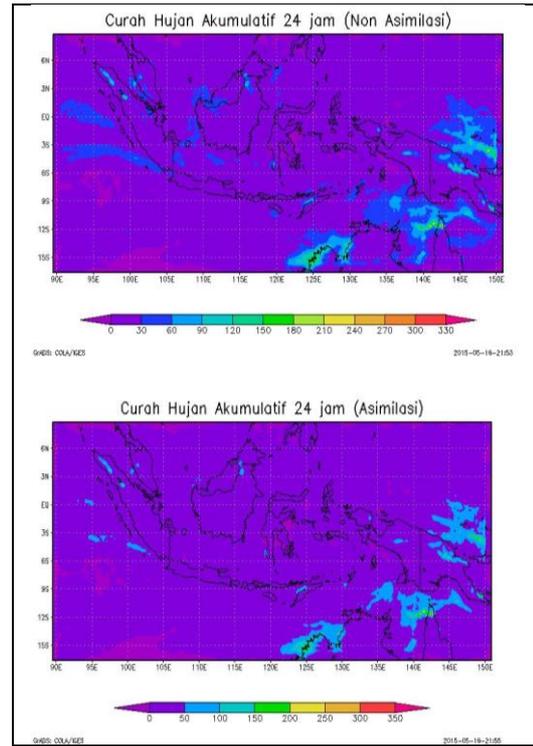




Gambar 11. Perbandingan nilai kelembaban vertikal dari data obs, asimilasi dan non-asimilasi.

3. Perbandingan Spasial Hujan Akumulatif 24 Jam

Dari gambar di bawah (Gambar 12) dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan antara hasil non asimilasi dan asimilasi. Namun secara umum polanya hampir sama, dimana baik yang asimilasi maupun non asimilasi menunjukkan daerah yang memiliki curah hujan yang tinggi bertempat sama.



Gambar 12. Peta Hujan Spasial Akumulatif 24 jam Asimilasi dan Non Asimilasi.

Kesimpulan

Dari perbandingan antara hasil keluaran model WRF-ARW sebelum diasimilasi dan setelah diasimilasi terlihat adanya perbedaan di antara kedua keluaran tersebut walaupun perbedaannya sangat kecil/tidak signifikan, hal menandakan bahwa asimilasi data memberikan pengaruh. Perbandingan hasil keluaran model WRF-ARW baik sebelum maupun setelah asimilasi terhadap hasil observasi di Stasiun Meteorologi Klas II Padang memberikan hasil bahwa untuk parameter suhu permukaan, RH, kecepatan angin, suhu vertikal dan RH vertikal, hasil keluaran model WRF-ARW setelah diasimilasi mempunyai hasil yang lebih mendekati hasil observasinya dibandingkan hasil keluaran model WRF-ARW sebelum diasimilasi.

Untuk parameter titik embun, tekanan dan hujan, hasil keluaran model WRF-ARW setelah diasimilasi mempunyai hasil yang lebih mendekati hasil observasinya dibandingkan hasil keluaran model WRF-ARW sebelum diasimilasi. Untuk parameter arah angin permukaan kedua keluaran WRF-ARW asimilasi maupun tanpa asimilasi) kurang bisa mempresentasikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Jolliffe, I.T., & Stephenson, D.B (2003). *Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Scienc.* Chichester: John Wiley and Sons
- Kalnay, E. (2003). *Atmospheric Modelling, Data Assimilation and Predictability.* Cambridge, UK: Cambridge University Press
- Weather and Climate Prediction Laboratory. 2011. *Diklat Pelatihan WRF.* ITB: Bandung
- <http://bkpmp.sumbarprov.go.id/statistik-2/letak-geografis/> yang diakses 10 Januari 2015
- <http://rda.ucar.edu/> yang diakses Januari 2015
- <http://rda.ucar.edu/datasets/ds337.0/index.html> yang diakses Januari 2015
- <http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/public.html> yang diakses 10 Januari 2015

Uji Keakurasian Estimasi Hujan Menggunakan Hubungan Z-R (Reflektivitas – *Rain Rate*) Untuk Tipe Awan Hujan Konvektif dan *Stratiform* di Jakarta

I Kadek Nova Arta Kusuma¹, Eko Wardoyo²

¹Pusat Meteorologi Penerbangan BMKG, Jakarta

²Stasiun Meteorologi Klas 1 BMKG Serang, Banten

Abstrak. Tipe awan hujan menjadi salah satu hal yang secara signifikan mempengaruhi hubungan reflektivitas - *rain rate* (Z-R) untuk mencapai keakurasian yang lebih baik. Sementara ini untuk wilayah Indonesia termasuk Jakarta masih menggunakan hubungan Marshall-Palmer pada operasional radarnya tanpa memperhatikan klasifikasi tipe awan hujan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengklasifikasian tipe awan hujan dalam menentukan keakurasian estimasi curah hujan dari hubungan Z-R yang digunakan. Penelitian ini diawali dengan mengklasifikasikan tipe awan hujan menjadi hujan dari awan konvektif dan hujan dari awan *stratiform* berdasarkan fluktuasi dan batasan *rain rate* 10 mm/jam. Kemudian tahap selanjutnya yaitu membandingkan kasus hujan dari awan konvektif dan dari awan *stratiform* terhadap hasil estimasi hujan menggunakan hubungan Marshall-Palmer, WSR-88D *Convective* dan Rosenfeld *Tropical*. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan kondisi hujan dari awan konvektif dan *stratiform* yang sangat mempengaruhi hasil estimasi hujan melalui hubungan Z-R. Penggunaan hubungan Z-R yang berbeda untuk tipe awan hujan yang berbeda sangat diperlukan untuk mencapai keakurasian estimasi yang lebih baik. Kemudian penentuan hubungan Z-R tersendiri di wilayah Jakarta sangat diperlukan untuk keakurasian estimasi yang lebih baik dengan memperhitungkan distribusi ukuran tetes hujannya.

Kata Kunci: konvektif, *stratiform*, Marshall-Palmer, WSR-88D *Convective*, Rosenfeld *Tropical*.

Abstract. *Rain cloud types become one of the things that significantly affect the relationship Z-R (Reflectivity-Rain rate) to achieve better accuracy.*

While this for the territories of Indonesia, including Jakarta, still using Marshall-Palmer relationship on its operational radar regardless of the classification of the type of rain clouds. Therefore, this study aimed to determine the effect of classifying the type of rain clouds in determining the accuracy of rainfall estimation of the relationship Z-R is used. This study begins by classifying rain from Convective clouds and stratiform clouds. The next stage is to compare the case of Convective clouds and from stratiform clouds against rain estimation results using the relationship of Marshall-Palmer, WSR-88D Convective and Rosenfeld Tropical. The results showed there were differences in the rain conditions of convective and stratiform clouds that greatly affect the estimation of rain through Z-R relationship. The use of Z-R relationships is different for different types of rain clouds which are necessary to achieve a better estimation accuracy. Then the determination of Z-R relationship for Jakarta area is needed to better estimate accuracy by considering the size distribution of the rain drops.

Keywords: *Convective, stratiform, Marshall-Palmer, WSR-88D Convective, Rosenfeld Tropical.*

Pendahuluan

Hubungan antara reflektivitas radar dan *rain rate* (Z-R relationship) tidak sama di setiap tempat dan setiap waktu sehingga memiliki variabilitas yang sangat tinggi Alfieri *et al.* (2010). Hal ini juga berbeda untuk tiap tipe awan hujan (konvektif atau *stratiform*) dan tiap kondisi klimatologis, tetapi secara operasional yang digunakan adalah hubungan rata-ratanya. Terdapat banyak kemungkinan hubungan Z-R, tetapi masing-

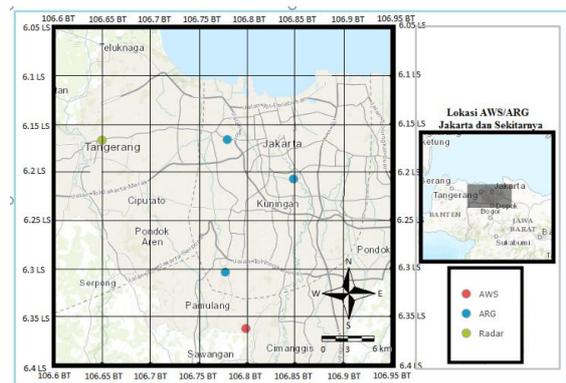
masing tempat punya nilai tersendiri karena kondisi klimatologis dan tipe curah hujan yang sering terjadi di area tersebut. Ini telah ditunjukkan oleh Battan yang menampilkan 69 jenis hubungan Z-R dari berbagai kondisi iklim dan daerah yang berbeda-beda (Doviak dan Zrnicek, 2006). Tipe awan hujan juga merupakan salah satu hal yang secara signifikan mempengaruhi hubungan Z-R dan oleh karena itu perlu diadakan penelitian lebih lanjut (Suzana dan Wardah, 2011). Penelitian-penelitian terkait dengan pengklasifikasian tipe awan hujan dari awan konvektif dan awan stratiform menunjukkan adanya perbedaan nilai konstanta empiris dari tipe awan konvektif dan stratiform (Nzeukou dan Sauvageot, 2004), (Kumar et al., 2011).

Houze (2014) menyatakan proses pembentukan tetes hujan pada awan konvektif dan stratiform yang tebal memang terdapat perbedaan. Kemudian Tokay dan Short (1996) yang meneliti tentang distribusi tetes hujan di wilayah tropis, menyatakan bahwa untuk awan stratiform akan menghasilkan lebih banyak tetes hujan besar dan lebih sedikit tetes hujan kecil dan sedang daripada awan konvektif pada nilai *rain rate* yang sama. Kemudian Uijlenhoet et al. (Limpert dan Houston, 2010) menyatakan bahwa karena distribusi ukuran tetes memiliki variabilitas yang sangat tinggi meski dalam awan badai tunggal, diperlukan beberapa hubungan Z-R yang diterapkan agar mendapat estimasi curah hujan terbaik. ROC (1999) merekomendasikan bahwa untuk Z-R Marshall-Palmer ($A=200, b=1,6$) optimal digunakan untuk hujan stratiform, kemudian WSR-88D Convective ($A=300, b=1,4$) optimal untuk awan konvektif kuat, dan Rosenfeld Tropical ($A=250, b=1,2$) optimal untuk sistem konvektif area tropis.

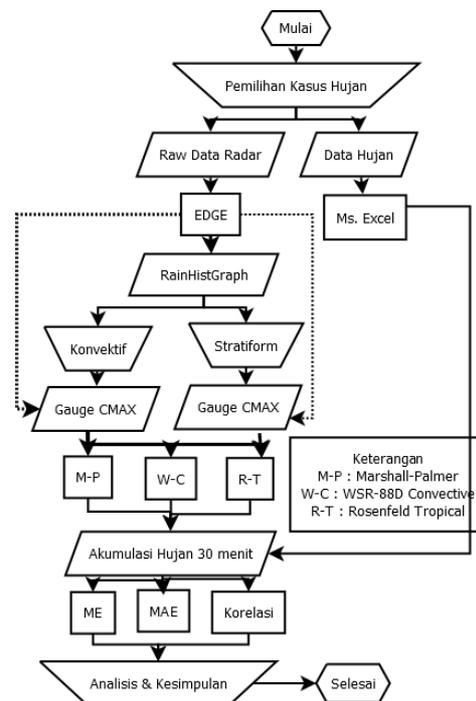
Sementara ini untuk wilayah Indonesia termasuk Jakarta dengan menggunakan radar cuaca milik Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) masih menggunakan hubungan Z-R Marshall-Palmer tanpa memperhatikan klasifikasi tipe awan hujan. Jika tidak dilakukan penelitian lebih lanjut akan hubungan Z-R yang cocok untuk wilayah Jakarta ini, kemungkinan metode lama akan menghasilkan nilai curah hujan di atas curah hujan aktual (*overestimate*) maupun di bawah curah hujan aktual (*underestimate*). Sehingga berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengklasifikasian tipe awan hujan dalam menentukan keakuratan estimasi curah hujan dari hubungan Z-R yang digunakan di wilayah Jakarta. Pada penelitian ini akan difokuskan mengenai pendahuluan, metode penelitian, hasil dan pembahasan serta kesimpulan.

Metodologi

Data curah hujan yang digunakan merupakan *Automatic Weather Station (AWS)* dan *Automatic Rain Gauge (ARG)* di 4 lokasi yaitu ARG Tomang, ARG Lebak Bulus, ARG Manggarai dan AWS Matoa dengan sebaran titik pada dapat dilihat pada Gambar 1. Data hujan ini dipilih berdasarkan kasus-kasus hujan yang terjadi dari rentang 1 Januari 2015 s/d 29 Februari 2016. Kemudian data radar yang digunakan adalah raw data Radar BMKG Tangerang pada rentang waktu yang sama.



Gambar 1. Daerah penelitian dan lokasi sebaran data banding.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

Data radar diolah menggunakan *software* EDGE kemudian dibuat produk *Gauge CMAX* akumulasi hujan 30 menit dengan kriteria batas bawah 0,2 km dan batas atas 4 km dengan menerapkan hubungan Marshall-Palmer (M-P), WSR-88D Convective (W-C) dan Rosenfeld

Tropical (R-T). Produk RainHistGraph dibuat pada titik lokasi AWS/ARG yang dipakai untuk menentukan hujan awan konvektif dan *stratiform* dari nilai *rain rate* nya. Batas hujan awan konvektif terjadi jika terdapat fluktuasi *rain rate* yang signifikan dan mencapai 10 mm/jam atau lebih. Kemudian awan *stratiform* ditentukan dari nilai *rain rate* yang cenderung seragam (tidak berfluktuasi signifikan) dengan nilai < 10 mm/jam. Untuk verifikasi digunakan nilai *Mean Error* (ME), *Mean Absolut Error* (MAE), dan nilai korelasi. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengklasifikasian tipe awan hujan dari rentang waktu 1 Januari 2015 s.d. 29 Februari 2016, didapat jumlah data seperti pada Tabel 1. Terlihat jumlah data hujan dari awan *stratiform* jauh lebih banyak daripada jumlah data konvektif. Dilihat dari total data hujan konvektif dan *stratiform*, didapatkan bahwa jumlah data hujan konvektif hanya sepertiga dari jumlah hujan *stratiform*.

Tabel 1. Jumlah data hujan akumulasi 30 menit dari awan konvektif (C) dan *stratiform* (S)

No	Lokasi	Jumlah Data		Total
		C	S	
1	Tomang	196	445	641
2	Lebak B.	172	844	1016
3	Matoa	131	178	309
4	Manggarai	182	618	800
	Total	681	2085	2766

Hasil estimasi hujan *stratiform*

Dari 4 lokasi yang digunakan untuk data banding, didapatkan hasil yang sangat yang cukup hamper mirip di setiap lokasi untuk tipe hujan *stratiform* dan konvektif. Secara sederhana, kemampuan suatu hubungan Z-R dalam estimasi hujan dapat dilihat dari perbandingan nilai ME, MAE dan korelasi pada Table 2 serta kemiripan trend *scatter plot* dengan kondisi ideal pada Gambar 3. Untuk *scatter plot* Gambar 3, hanya digunakan Manggarai dan Lebak Bulus dengan pertimbangan 2 lokasi lain juga memiliki kondisi yang mirip. Pada kasus hujan *stratiform*, terlihat M-P dan W-C sekilas memiliki trend yang hampir mirip serta R-T yang memiliki trend paling jauh menyimpang dibandingkan kondisi ideal. Tetapi jika dibandingkan berdasarkan nilai ME dan MAE, M-P memiliki kondisi lebih baik dalam

mengestimasi hujan *stratiform*. Nilai ME M-P memiliki rentang -0,3 s.d. 0,0 mm dan memang lebih baik dibandingkan W-C yaitu -0,4 s.d. -0,2 mm. Kemudian R-T cenderung mengalami *overestimate* untuk estimasi hujan dari awan *stratiform* dengan nilai ME 1,6 s/d 2,7 mm. Dari nilai MAE, M-P tetap menunjukkan galat terkecil dengan rentang 0,7 s.d. 1,1 dibandingkan W-C (0,8 s.d 1,2) dan R-T (2,2 s.d. 3,2). Berdasarkan korelasinya juga M-P yang menunjukkan korelasi lebih kuat dibandingkan W-C dan R-T dengan rentang 0,55 s.d. 0,84.

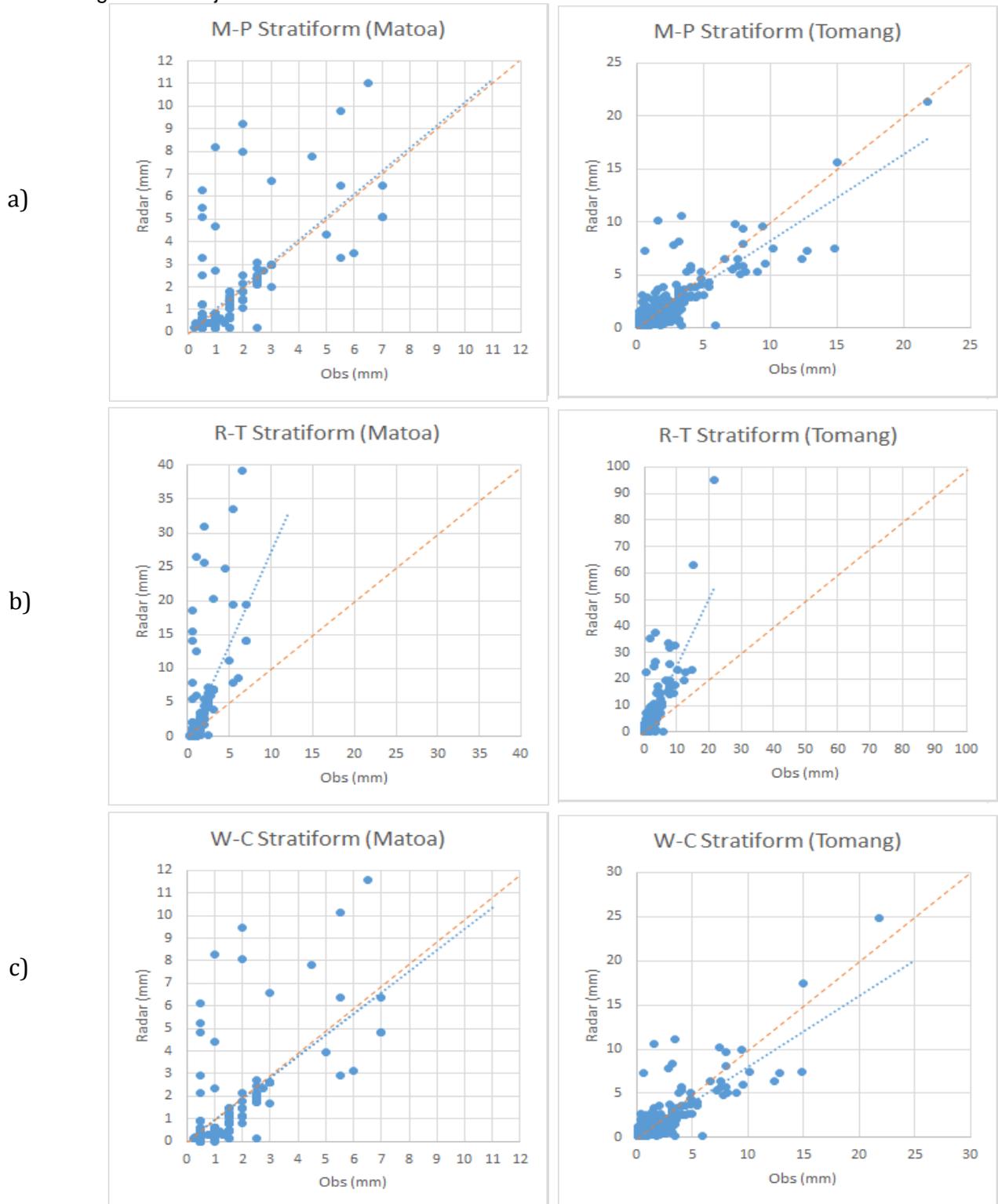
Tabel 2. Nilai rentang (R) ME, MAE dan korelasi gabungan seluruh lokasi untuk tipe awan hujan *stratiform* (S) dan konvektif (C) dengan R ditandai oleh minimum/maksimum

Z-R	ME	MAE	Kor
	R	R	R
M-P	-0.3/0.0	0.7/1.1	0.55/0.84
S	R-T	1.6/2.7	2.2/3.2
	WC	-0.4/-0.2	0.8/1.2
M-P	-9.6/-6.0	6.2/9.6	0.63/0.78
C	R-T	-4.4/-1.5	3.4/5.4
	W-C	-9.8/-6.5	6.5/9.9

Hasil estimasi hujan awan konvektif

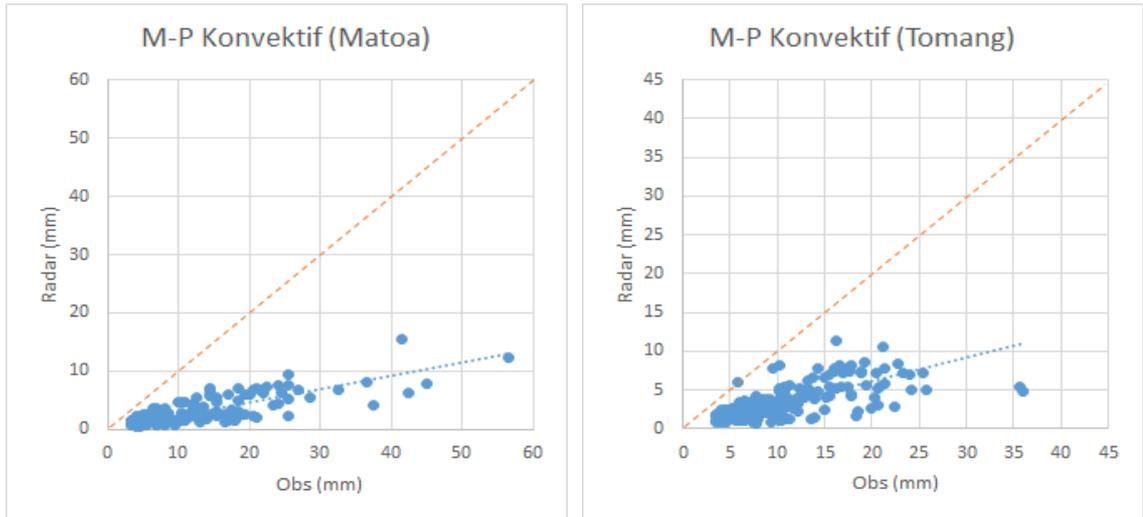
Pada hujan awan konvektif terlihat secara umum untuk hubungan M-P dan W-C memiliki hasil *underestimate* di seluruh lokasi data banding dilihat dari trend yang berada disebelah kanan kondisi ideal pada Gambar 4. Tetapi untuk hubungan R-T menunjukkan variasi hasil yaitu beberapa lokasi mengalami *overestimate* dan *underestimate*. Pada Tabel 2, nilai ME menunjukkan hasil negatif dengan rentang -9,6 s.d. -6,0 mm pada M-P dan -9,8 s.d. -6,5 mm pada W-C. Nilai ini mengindikasikan *underestimate* yang cukup besar untuk estimasi curah hujan akumulasi 30 menit. Tetapi hasil berbeda ditunjukkan oleh R-T dengan nilai yang relatif jauh lebih kecil yaitu memiliki rentang -4,4 s.d. -1,5 mm. Dari nilai MAE, nilai M-P memiliki rentang 6,2 s.d. 9,6 mm dan W-C 6,5 s.d. 9,9 mm. Nilai MAE ini terlihat seperti nilai absolut dari ME yang mengindikasikan bahwa untuk kasus hujan awan konvektif, M-P dan W-C secara konsisten selalu mengalami *underestimate* di seluruh data tanpa terkecuali. Untuk R-T memiliki nilai yang berbeda yaitu 3,4 s.d. 5,4 mm yang terlihat bukan merupakan absolut dari ME. Ini berarti R-T mengestimasi hujan yang terkadang *overestimate* maupun *underestimate*. Dilihat dari nilai korelasinya, secara keseluruhan M-P, R-T dan W-

C menunjukkan nilai di atas 0,63 dengan selisih antar hubungan Z-R yang sangat kecil yaitu 0.01 secara rata-rata. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat diketahui bahwa R-T yang terbaik dalam mengestimasi hujan konvektif.

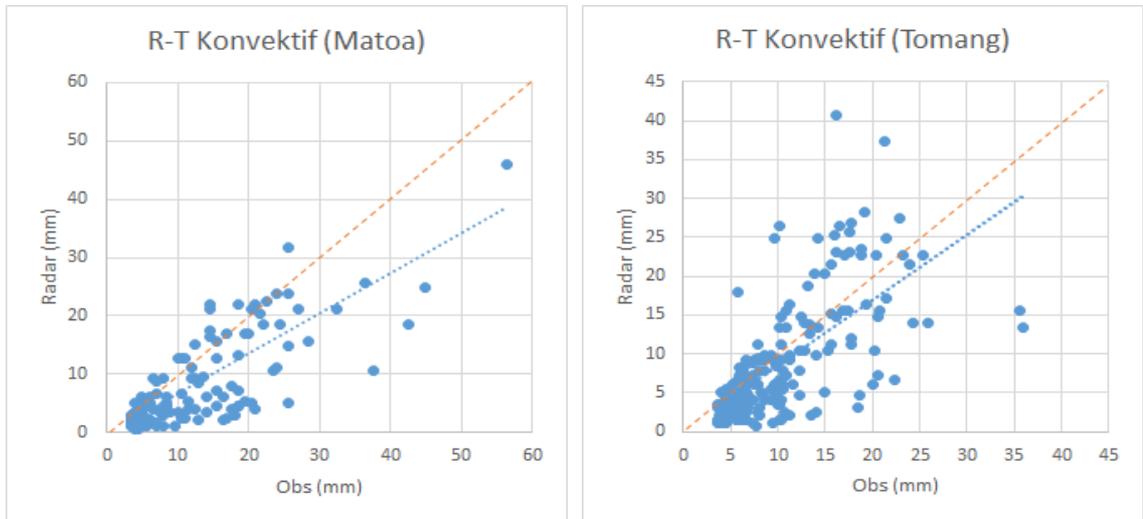


Gambar 3. Scatter plot untuk hujan stratiform a) Marshall-Palmer, b) Rosenfeld Tropical, dan c) WSR-88D Convective beserta nilai ME, MAE dan korelasi terhadap curah hujan observasi untuk lokasi lokasi Matoa dan Tomang. Garis merah menunjukkan kondisi ideal dan garis biru menunjukkan trend hubungan Z-R.

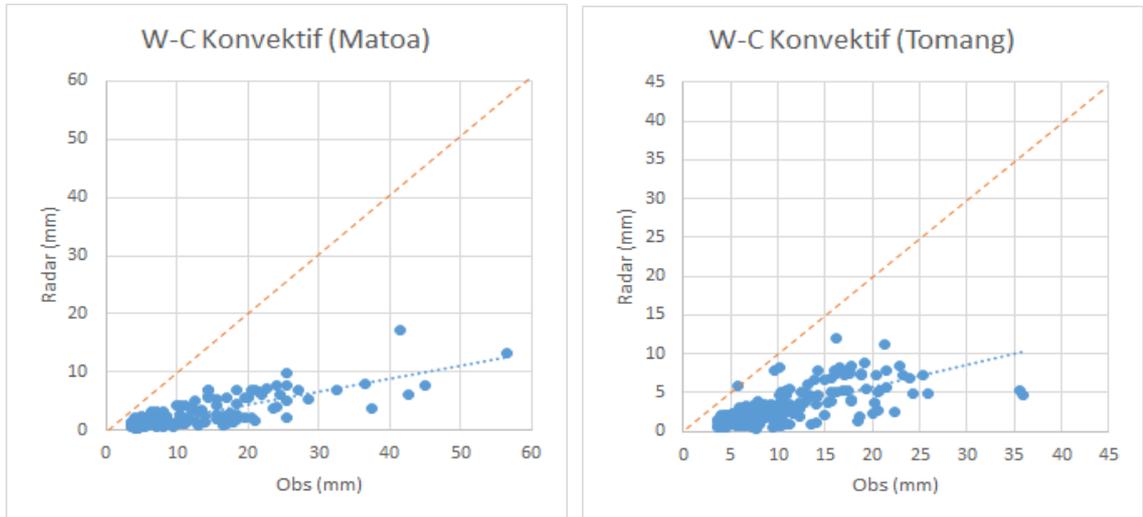
a)



b)



c)

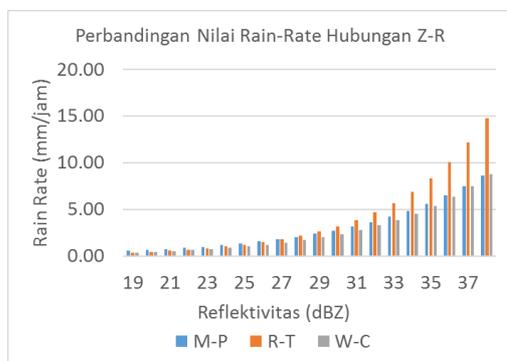


Gambar 4. Scatter plot untuk hujan konvektif a) Marshall-Palmer, b) Rosenfeld Tropical, dan c) WSR-88D Convective beserta nilai ME, MAE dan korelasi terhadap curah hujan observasi untuk lokasi Mtoa dan Tomang. Garis merah menunjukkan kondisi ideal dan garis biru menunjukkan trend hubungan Z-R.

Pengaruh pengklasifikasian tipe awan hujan

Berdasarkan nilai A dan b yang digunakan, setiap hubungan Z-R memiliki karakteristik hujan tersendiri. Hasil pengklasifikasian sangat sensitif dalam menentukan kecocokan dengan masing-masing hubungan Z-R, karena hubungan Z-R berdasar dari distribusi ukuran tetes sehingga sangat mempengaruhi hasil estimasi hujan. Hubungan Z-R sangat ditentukan oleh distribusi ukuran tetes di mana tempat penelitian dilakukan serta kondisi hujan yang terjadi. Wilayah dalam penelitian ini yang termasuk dalam benua maritim di daerah tropis tentu akan mempunyai distribusi ukuran tetes yang unik. Dari hasil penelitian dan dari ketiga hubungan Z-R yang digunakan, didapatkan bahwa M-P paling baik digunakan untuk hujan dari awan *stratiform* dan R-T paling baik digunakan untuk hujan dari awan konvektif.

Ketiga Hubungan Z-R yang memiliki nilai *rain rate* tersendiri dalam suatu nilai reflektivitas sehingga akan mengestimasi nilai hujan yang berbeda-beda pada nilai reflektivitas yang sama. Dapat dilihat pada batas antar hubungan Z-R yang terdapat pada Gambar 5 dan Tabel 3, urutan nilai *rain rate* yang dihasilkan yaitu antara M-P, R-T dan W-C tidak selalu sama untuk tiap nilai reflektivitas. Contohnya pada nilai reflektivitas ≤ 19 dBZ, nilai urutan *rain rate* adalah R-T < W-C < M-P dengan selisih terbesar yaitu 0,18 mm/jam antara R-T dan M-P. Tetapi kondisi berbeda pada nilai reflektivitas >38 dBZ di mana M-P < W-C < R-T. Ini merupakan bukti bahwa nilai konstanta hubungan Z-R ini akan memberikan estimasi berbeda pada nilai reflektivitas yang sama. Selisih nilai *rain rate* antar hubungan Z-R terlihat semakin besar jika nilai reflektivitas bertambah.



Gambar 5. Perbandingan rain-rate M-P, R-T dan W-C untuk berbagai nilai reflektivitas.

Untuk hujan *stratiform*, terdapat rentang nilai observasi akumulasi hujan 30 menit dari

minimum akumulasi 0,2 mm sampai dengan maksimum akumulasi 22,6 mm pada lokasi Tomang. Karena awan *stratiform* secara umum berada di bawah 38 dBZ, maka antara M-P dan W-C terlihat memiliki kondisi hampir mirip. Tetapi untuk nilai reflektivitas di atas 27 dBZ, R-T akan menunjukkan nilai hujan akumulasi yang besar dan terlihat perbedaan signifikan. Terlihat pada sebagian besar lokasi menunjukkan R-T yang selalu memiliki *trend overestimate* untuk hujan *stratiform*. Ini menunjukkan R-T kurang baik digunakan untuk mengestimasi hujan *stratiform*.

Tabel 3. Keterangan untuk Gambar 5

Keterangan		
1	$\text{dBZ} \leq 19$	R-T < W-C < M-P
2	$19 < \text{dBZ} \leq 26$	W-C < R-T < M-P
3	$26 < \text{dBZ} \leq 37$	W-C < M-P < R-T
4	>37	M-P < W-C < R-T

Untuk hujan konvektif menunjukkan hasil yang sebaliknya. Rentang hujan akumulasi 30 menit yang didapat dari hasil observasi yang tergolong konvektif diperoleh nilai minimum akumulasi 3,5 mm dan maksimum akumulasi 57,0 mm (lokasi Matoa). Secara umum hujan dari awan konvektif ini memiliki nilai reflektivitas di atas 38 dBZ berdasarkan konversi *rain rate* 10 mm/jam. Pada hujan awan konvektif ini, nilai M-P terlihat sangat jauh *underestimate*, kemudian nilai hujan dari W-C juga mengalami *underestimate*. R-T menunjukkan kondisi paling baik dalam mengestimasi hujan dari awan konvektif.

R-T yang merupakan hubungan Z-R yang diteliti pada wilayah tropis untuk kondisi awan konvektif (Rosenfeld *et al.*, 1993) menunjukkan hasil yang lebih baik dalam mengestimasi hujan konvektif dibandingkan hubungan Z-R lainnya. Hal ini juga didukung oleh hasil estimasi hujan di Padang Sumatera Barat (Muzayanah *et al.*, 2016). Tetapi dalam beberapa data, R-T tetap masih mengalami *overestimate* yang sangat besar dibandingkan data observasinya pada nilai reflektivitas yang sangat tinggi. Begitu juga untuk M-P, meskipun menunjukkan hasil terbaik untuk estimasi hujan *stratiform*, M-P tetap mengalami *overestimate* maupun *underestimate*. M-P merupakan rekomendasi untuk hujan *stratiform* berdasarkan ROC (1999) dan memang cukup sesuai dengan hasil penelitian ini karena M-P menunjukkan kondisi paling baik.

Dari hasil penelitian ini, pengklasifikasian tipe awan hujan untuk estimasi curah hujan memang menunjukkan kegunaan. Awan konvektif ternyata memang menunjukkan kondisi yang berbeda dengan awan *stratiform*. Tokay dan Short (1996) yang meneliti tentang distribusi tetes hujan di wilayah tropis, menyatakan bahwa untuk awan *stratiform* menghasilkan lebih banyak tetes besar dan lebih sedikit tetes kecil hingga sedang daripada awan konvektif dilihat dari rasio jumlah tetes hujan pada masing-masing volume sampel pada nilai *rain rate* yang sama. Ini berdasarkan proses pembentukan tetes hujan di antara kedua jenis awan yang berbeda Houze (2014). Ini mengindikasikan bahwa jumlah tetes hujan dalam awan *stratiform* lebih sedikit dibandingkan awan konvektif tetapi memiliki median diameter yang lebih besar. Kemudian nilai *rain rate* yang diperoleh dari hasil perhitungan hubungan Z-R merupakan asumsi ukuran dan jumlah tetes hujan dari masing-masing hubungan Z-R. Jika asumsi distribusi ukuran tetes hujan dari suatu hubungan Z-R tidak tepat dengan daerah penelitian, maka akan mengakibatkan kesalahan perhitungan nilai *rain rate*.

Pada kasus hujan awan *stratiform*, terlihat M-P mengalami kondisi terbaik dibandingkan dua hubungan Z-R lainnya, tetapi M-P mengalami *underestimate* pada hujan awan konvektif. M-P gagal dalam mengestimasi curah hujan konvektif dikarenakan distribusi ukuran tetes yang diasumsikan oleh M-P kurang cocok dalam menghitung *rain rate* awan konvektif di wilayah Jakarta yang termasuk daerah tropis ini di mana hujan awan konvektif di wilayah tropis akan memiliki tetes hujan yang lebih banyak dan ukuran tetes yang lebih kecil daripada awan *stratiform*. Pada nilai reflektivitas tertentu untuk awan konvektif, M-P tetap mengasumsikan ukuran tetes besar dengan jumlah tetes yang sedikit pada suatu sampel volume, tetapi kondisi sebenarnya ukuran tetes hujan pada awan konvektif adalah lebih kecil dengan jumlah tetes lebih banyak daripada asumsi M-P sehingga nilai curah hujan yang di estimasi M-P akan lebih kecil (*underestimate*) dibandingkan kondisi sebenarnya. Begitu juga dengan kondisi hubungan Z-R W-C, di mana hubungan Z-R ini disesuaikan untuk daerah lintang menengah dengan kondisi yang berbeda dengan wilayah tropis sehingga mengalami ketidakcocokan pada hujan awan konvektif. Kemudian R-T yang merupakan hubungan empiris yang didapat pada kondisi hujan awan konvektif maritim di daerah tropis (Rosenfeld *et al.*, 1993), diduga memiliki

distribusi ukuran tetes yang cukup mendekati distribusi ukuran tetes hujan dari awan konvektif di wilayah Jakarta karena hubungan Z-R ini lebih baik mengestimasi hujan awan konvektif dibandingkan M-P dan W-C. Tetapi karena R-T menunjukkan kenaikan yang cukup ekstrem pada nilai reflektivitas yang sangat tinggi, hasil ini dikhawatirkan akan mengalami *overestimate* yang cukup besar pada beberapa kasus hujan yang memiliki reflektivitas yang sangat tinggi.

Jadi berdasarkan uji estimasi hujan dengan menggunakan tiga hubungan Z-R berbeda pada dua tipe awan hujan, ternyata memang terlihat perbedaan signifikan antara awan konvektif dan *stratiform* dilihat dari hasil estimasi hubungan Z-R. M-P memiliki kondisi terbaik dibandingkan W-C dan R-T dalam estimasi hujan dari awan *stratiform*, kemudian R-T memiliki kondisi terbaik dibandingkan W-C dan M-P untuk estimasi hujan dari awan konvektif. Berdasarkan nilai konstanta *A* dan *b*, untuk awan konvektif nilai *A* lebih besar daripada awan *stratiform*, sedangkan awan *stratiform* memiliki nilai *b* lebih besar daripada awan konvektif. Ini sesuai dengan hasil penelitian Kumar *et al.* (2011) di wilayah Singapura. Nilai *A* dan *b* berturut-turut mewakili median ukuran tetes hujan dan perubahan ukuran tetes hujan dalam suatu sampel volume (Rosenfeld dan Ulbrich, 2002). Keakurasian estimasi hujan dari hubungan Z-R sangat dipengaruhi oleh pengetahuan distribusi ukuran tetes hujan suatu tempat yang mendasari nilai *A* dan *b*. Jika pengklasifikasian ini tidak dilakukan, dikhawatirkan hasil estimasi hujan akan selalu mengalami *underestimate* pada kasus hujan konvektif. Terlebih lagi, wilayah Jakarta yang termasuk daerah tropis akan selalu menghasilkan awan-awan konvektif yang menghasilkan hujan lebat. Pada penelitian ini yang masih menggunakan akumulasi hujan 30 menit dalam estimasi, menunjukkan hasil galat yang cukup besar untuk M-P dalam hasil estimasinya. Tentunya jumlah galat ini akan meningkat seiring bertambahnya durasi akumulasi hujan seperti menjadi akumulasi 1 jam, 3 jam, 6 jam maupun 24 jam. Sehingga untuk mengurangi nilai galat ini dengan tujuan menambah keakurasian estimasi hujan di wilayah Jakarta, proses penerapan hubungan Z-R berbeda untuk tipe awan hujan berbeda perlu dilakukan. Perlu ditekankan bahwa meskipun dalam penelitian ini M-P menjadi yang terbaik dalam hujan awan *stratiform*, dan R-T terbaik dalam hujan awan konvektif, tetapi kedua hubungan Z-R tersebut masih sering mengalami ketidakakuratan dalam estimasi

hujan. Sehingga penentuan hubungan Z-R tersendiri di wilayah Jakarta sangat diperlukan untuk keakurasian estimasi hujan yang lebih baik dengan memperhitungkan distribusi ukuran tetes hujan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa memang terdapat pengaruh pengklasifikasian tipe awan hujan terhadap keakurasian hubungan Z-R di wilayah Jakarta. Penggunaan hubungan Z-R yang berbeda untuk tipe awan hujan yang berbeda dapat meningkatkan keakurasian estimasi hujan. Dalam penelitian ini hubungan Marshall Palmer lebih baik dalam estimasi hujan awan *stratiform* kemudian Rosenfeld *Tropical* lebih baik digunakan untuk hujan dari awan konvektif. Penentuan hubungan Z-R khusus untuk wilayah Jakarta sangat diperlukan untuk keakurasian estimasi yang lebih baik dengan memperhitungkan distribusi ukuran tetes hujannya.

Daftar Pustaka

- Alfieri, L., Claps, P. and Laio, F., 2010. Time-dependent Z-R relationships for estimating rainfall fields from radar measurements, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, 149-158.
- Doviak, R. J., and Zrnica, D. S., 2006. *Doppler radar and weather observations*, 2nd ed., Dover Publications, Inc., New York. 562 hlm.
- Houze Jr., R. A., 2014., *Cloud Dynamics*, 2nd ed., Elsevier Inc., Amsterdam. 496 hlm.
- Kumar, L. S., Lee, Y. H., Yeo, J. X., and Ong, J. T., 2011. Tropical rain classification and estimation of rain from Z-R (reflectivity-rainrate) relationships, *Progress In Electromagnetics Research B*, 32, 107-127.
- Limpert, G. L. and Houston, A. L., 2010. A technique for selection of multiple Z-R relationships within a single domain, *25th Conference on Severe Local Storms*, 12 Oktober 2010.
- Muzayanah, L. F., Permana, D. S., Praja, A. S., Wulandari, E. S., dan Hanggoro, W., 2016. Extreme Rainfall Analysis using Radar-based Rainfall Estimates, Ground Observation and Model Simulation in West Sumatra (Case Study: Padang Floods on June 16, 2016), *International Symposium on the 15th Anniversary of the Equatorial Atmosphere Radar (EAR)*, 141-148.
- Nzeukou, A. and Sauvageot, H., 2004. Raindrop size distribution and radar parameters at Cape Verde, *Journal of Applied Meteorology*, 43, 90-105.
- Radar Operations Center (ROC), 1999. Guidance on selecting Z-R relationships, (www.roc.noaa.gov/ops/z2r_osf5.asp, diakses pada tanggal 23 Desember 2015).
- Rosenfeld, D. and Ulbrich, C. W., 2002. *Cloud microphysical properties, processes, and rainfall estimation opportunities*.
- Rosenfeld, D., Wolff, D. B. and Atlas, D., 1993. General probability-matched relations between radar reflectivity and rain rate, *J. Appl. Meteor.*, 32, 50-72.
- Suzana R. and Wardah, T., 2011. Radar Hydrology: New Z/R relationships for Klang River Basin, Malaysia, *International Conference on Environment Science and Engineering IPCBEE*, 8, 248-251.
- Tokay, D., and Short, A., 1996. Evidence from Tropical raindrop spectra of the origin of rain from stratiform versus Convective clouds, *J. Appl. Meteor.*, 35, 355-371.

Analisa Kerawanan Kejadian Petir dan Hubungan dengan Pola Curah Hujan di Wilayah Bengkulu Sepanjang Tahun 2017

Nama Angga Vertika Diansari¹

¹ Stasiun Geofisika Klas III Kepahiang Bengkulu

Abstrak. Fenomena lepasnya muatan listrik adalah penyebab kejadian Petir. Bengkulu merupakan salah satu kawasan di Indonesia yang cukup berbahaya akan kejadian petir. Hal ini disebabkan oleh letak Provinsi Bengkulu yang berada di sekitar khatulistiwa. Tujuan dari kajian ini adalah : (1) mengetahui tingkat kerawanan bahaya petir di wilayah Bengkulu, (2) mengetahui daerah yang rawan petir di wilayah Bengkulu, (3) menganalisa hubungan antara pola CH dengan kejadian petir di wilayah Bengkulu sepanjang tahun 2017. Data yang digunakan dalam kajian ini adalah data primer yang tercatat oleh *Linghting Detector* yang kemudian diolah dengan Excel dan dipetakan dengan *software* GMT. Jenis petir yang dianalisa merupakan jenis CG+ dan CG- karena jenis ini yang paling merusak dan memiliki dampak yang signifikan. Kajian ini memiliki kesimpulan bahwa : (1) wilayah Bengkulu sangat rawan bahaya sambaran petir pada bulan Maret, April, dan Mei 2017, (2) daerah yang memiliki tingkat kerawanan petir tinggi adalah daerah Pendopo, Puguk, dan sekitarnya, (3) kejadian petir memiliki pola yang signifikan dengan jumlah curah hujan (CH) di wilayah Bengkulu

Kata kunci Petir, Pola Curah Hujan, Bengkulu, Tahun 2017.

Abstract. *The phenomenon of lossing the electrical charge is caused of the lightning's incident. Bengkulu is one of the area in Indonesia which is quite dangerous to lightning events. This is due to the location of Bengkulu's Province near the equator. The objectives of this research are (1) to know the level of lightning hazard's vulnerability in Bengkulu, (2) to search the most dangerous lightning's location in Bengkulu, (3) to analyze the relationship between rainfall pattern and the lightning incident in Bengkulu throughout 2017. The data that used in this research is the primary's data recorded by the Linghting Detector which is processed with Microsoft Excel and mapped by GMT's software. The types of lightning analyzed are CG + and CG- because they are the most damaging and have a significant impact.*

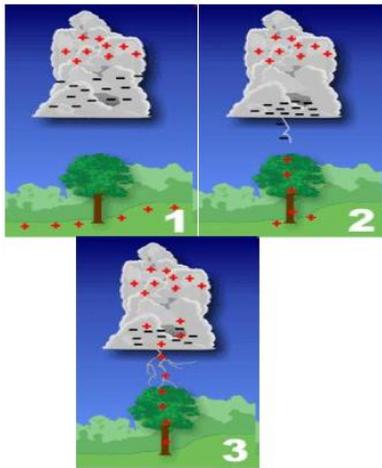
This research has conclusion (1) The most dangerous months of lightning's events in Bengkulu area are in March, April, and May 2017, (2) areas that have high lightning's level is Pendopo, Puguk, and the surrounding, (3) lightning's incident has a significant pattern with the number of rainfall in Bengkulu's region.
Keywords: *Lightning, Rainfall Pattern, Bengkulu, Year 2017.*

Pendahuluan

Petir merupakan proses pelepasan muatan elektrostatis yang berasal dari badai guntur yang terjadi di atmosfer. Fenomena alam pelepasan muatan atau loncatan listrik ini disertai dengan pancaran cahaya dan radiasi elektromagnetik. Proses kejadian petir ini ditandai dengan terjadinya pelepasan muatan listrik dari awan. Lepasnya muatan listrik yang terjadi ini dapat dikategorikan dalam 3 tipe, yaitu IC (*Inter Cloud* atau pelepasan dalam satu awan), CC (*Cloud to Cloud* atau pelepasan antarawan), dan CG (*Cloud to Ground* atau pelepasan antara awan dan tanah) (Pabla, 1981 dan Price, 2008).

Mekanisme pelepasan muatan listrik dari awan terbagi dalam beberapa tahapan, yaitu :

1. Pemisahan muatan positif dan negatif dalam awan atau udara.
2. Bintik hujan atau es terpolarisasi melalui medan listrik di atmosfer.
3. Kristal positif naik sehingga puncak awan bermuatan positif, dan yang bermuatan negatif dan batu es berkumpul di lapisan tengah dan bawah awan sehingga membentuk muatan negatif.



Gambar 1. Mekanisme pelepasan muatan listrik (sumber : BMKG, 2012).

Indonesia merupakan salah satu wilayah di dunia yang kaya akan kejadian petir. Hal ini disebabkan letak Indonesia yang berada di wilayah tropis yang kaya akan awan cumulonimbus. Selain itu, Indonesia merupakan daerah khatulistiwa atau daerah tropis dengan tingkat pemanasan dan kelembaban tinggi. Kondisi ini mengakibatkan potensi kejadian petir menjadi sangat tinggi dibanding dengan daerah sub tropis (Tjasyono, 2005).

Kajian mengenai frekuensi pola sembaran kejadian petir di suatu wilayah tertentu sudah dilakukan oleh beberapa orang, seperti Agustiani, 2010 yang mengidentifikasi frekuensi sembaran petir di Kemayoran pada tahun 2008. Selanjutnya, kerapatan dan distribusi sembaran petir wilayah Jabodetabek tahun 2011 juga sudah dipetakan (Ariyanto, 2012) dan analisa pola sembaran petir CG di Aceh (Jihad, 2014).

Kajian mengenai hubungan antara kejadian petir dan pola CH pernah dilakukan Fansury, 2013 yang menganalisa di wilayah Bogor dan oleh Septiadi, 2011 yang menyimpulkan bahwa parameter CG sangat potensial digunakan sebagai indikator maupun predictor CH di wilayah Bandung dan sekitarnya. Aktivitas kelistrikan di atmosfer ini sendiri memiliki korelasi antara jumlah sembaran petir dan jumlah curah hujan (Zoro, 2000 dan Michaelides, 2010) yang menganalisa karakteristik petir dan CH di wilayah tropis dan di Cyprus. Jumlahnya CH ini memiliki kaitan dengan tingkat sembaran petir CG. Sembaran petir CG umumnya terjadi di wilayah yang memiliki CH tinggi (Soula, 1998).

Bengkulu merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang rawan akan bahaya petir. Sepanjang tahun, alat pencatat petir, *Lightning Detector*, paling tidak mencatat minimal 3-13903

per bulan kejadian petir. Dengan demikian, kajian dan analisa kejadian petir di wilayah Bengkulu memang sangat diperlukan.

Dengan demikian, tujuan dari kajian ini adalah (1) mengetahui tingkat kerawanan bahaya petir di wilayah Bengkulu sepanjang tahun 2017, (2) mengetahui daerah yang rawan petir di wilayah Bengkulu tahun 2017, (3) menganalisa hubungan antara pola CH dengan kejadian petir di wilayah Bengkulu sepanjang tahun 2017.

Metodologi

Data yang digunakan dalam kajian ini adalah data intensitas petir yang tercatat oleh Stasiun Geofisika Kepahiang Bengkulu di wilayah Bengkulu dengan koordinat $-5^{\circ} 40'$ s.d. $-2^{\circ} 0'$ LS dan $100^{\circ} 40'$ s.d. $104^{\circ} 0'$ BT yang terjadi selama kurun waktu 1 tahun sepanjang tahun 2017.

Metode atau proses pengolahan yang dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu :

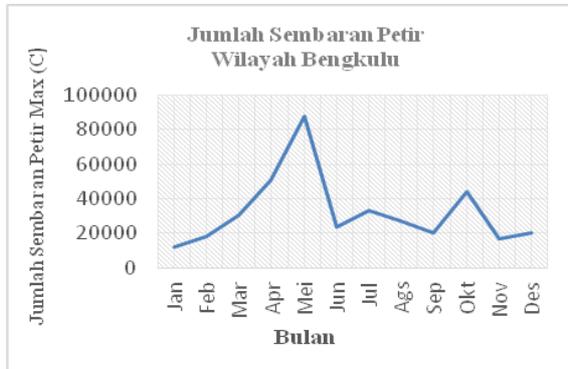
1. Mengunduh data petir dalam format .ldc yang terekam pada alat *Lightning Detector* tahun 2017 di BMKG Stageof Kepahiang Bengkulu
2. Melakukan konversi data dari .ldc ke dalam .kml dengan Software LD 2000
3. Melakukan konversi data dari format .kml ke .xls dengan Microsoft Excel
4. Menyimpan data petir dalam format .csv
5. Menggabungkan data petir tiap bulan
6. Menyortir data sesuai daerah yang akan dijadikan kajian
7. Membuat peta sebaran dengan program GMT
8. Melakukan analisa data kejadian petir di wilayah Bengkulu sepanjang tahun 2017.
9. Mengumpulkan data CH tahun 2017.
10. Mengeplot data CH dan data petir di Excel.
11. Menganalisa hubungan antara CH dengan kejadian petir di Bengkulu.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa wilayah Bengkulu merupakan wilayah yang rawan akan bahaya petir dengan intensitas rata-rata per tahun sebanyak 32117 sembaran. Selama kurun waktu 1 tahun, intensitas sembaran petir sangat tinggi selama 3 bulan, yaitu bulan Maret, April, dan Mei. Hal ini berasosiasi dengan intensitas curah hujan yang tidak tinggi di bulan-bulan tersebut.

Selain faktor curah hujan, faktor yang mempengaruhi adalah posisi matahari berada di belahan bumi utara, sehingga menyebabkan

Australia musim dingin dan bertekanan tinggi sedangkan Asia lebih panas sehingga bertekanan rendah (Jihad, 2014). Angin bertiup dari Australia menuju Asia membawa udara yang kering sehingga terbentuklah awan konvektif yang lebih banyak. Hal ini berasosiasi dengan tingginya aktivitas petir CG.



Gambar 1. Grafik Sembaran Petir di Wilayah Bengkulu Sepanjang Tahun 2017.

Nilai sembaran petir di Bengkulu sepanjang tahun 2017 setiap bulannya sangat bervariasi. Nilai sembaran petir tertinggi terjadi pada bulan April sejumlah 51014. Sedangkan nilai terendah adalah 11824 sembaran terjadi pada bulan Januari.

Berdasarkan Gambar 3, Nilai IKL tersebar antara 1 sampai dengan lebih dari 12. Nilai IKL ini menunjukkan intensitas sembaran listrik di suatu wilayah. Pada bulan Januari dan Februari, nilai IKL didominasi antara 1 sampai dengan 3. Wilayah yang memiliki nilai IKL tertinggi terletak di sekitar Pendopo.

Pada bulan Maret dan April, wilayah Bengkulu didominasi dengan nilai IKL lebih dari 6. Hampir semua wilayah Bengkulu di bagian utara dan timur memiliki nilai tersebut.

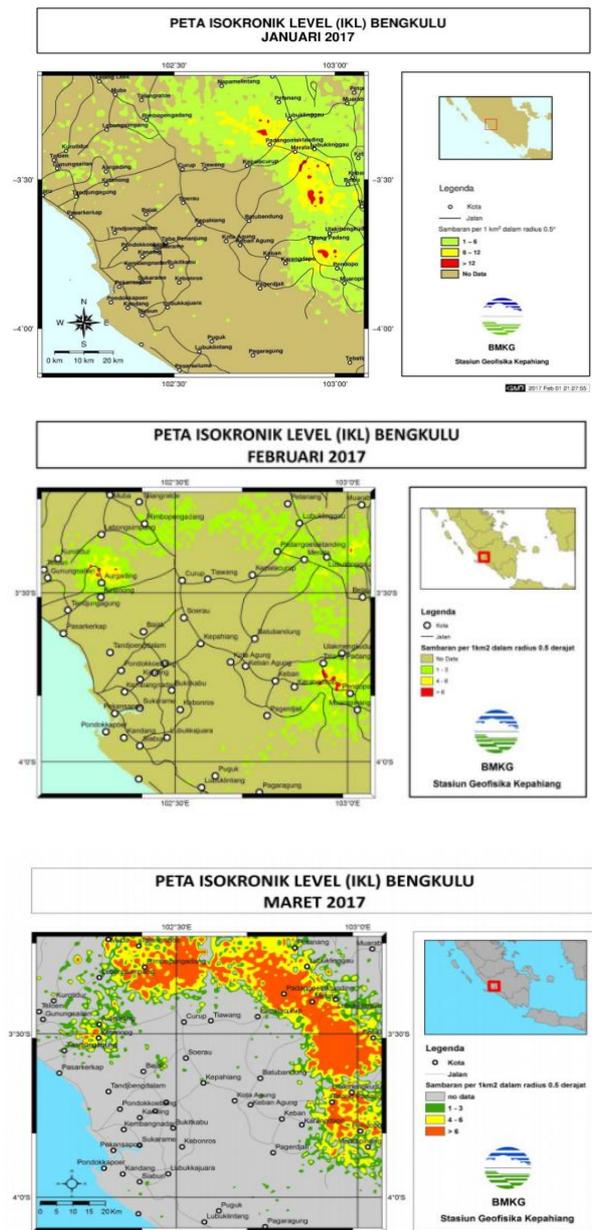
Intensitas sembaran terbanyak terjadi pada bulan Mei 2017 dengan cakupan hampir semua wilayah di Bengkulu terkena sembaran dengan nilai IKL lebih dari 6. Daerah yang paling luas cakupannya adalah Puguk dan sekitarnya.

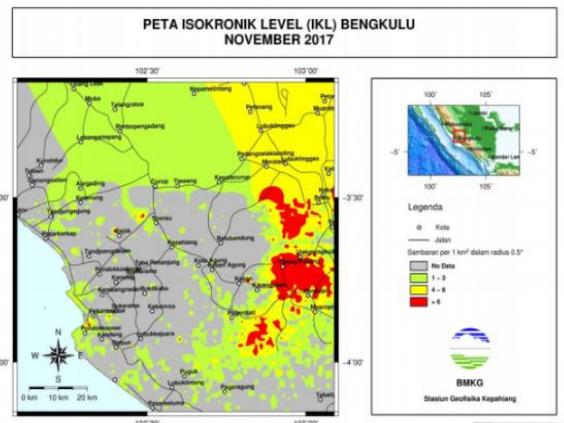
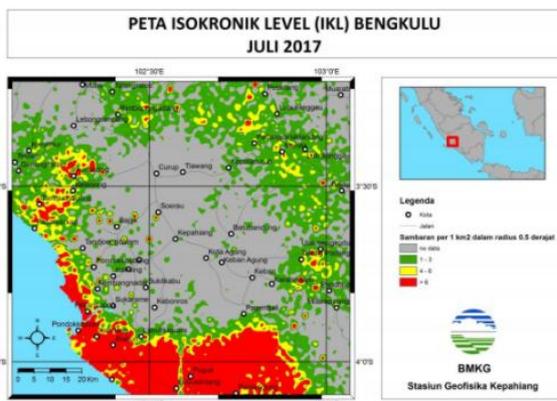
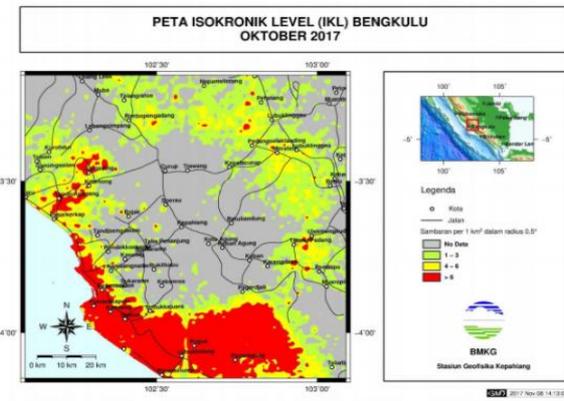
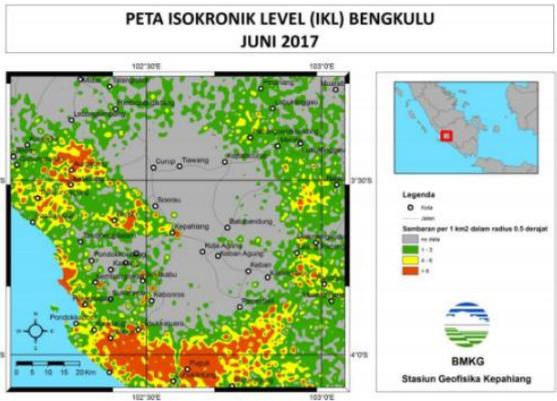
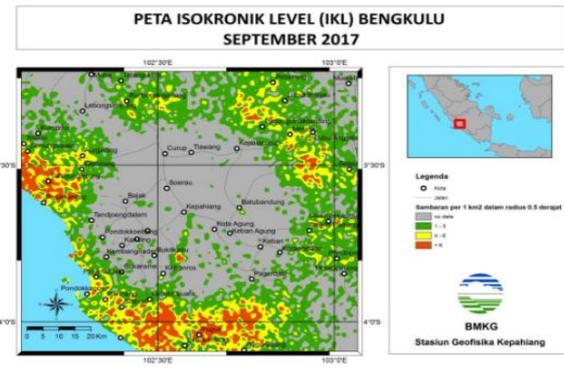
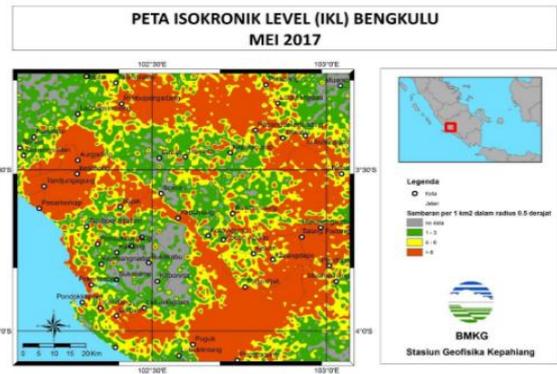
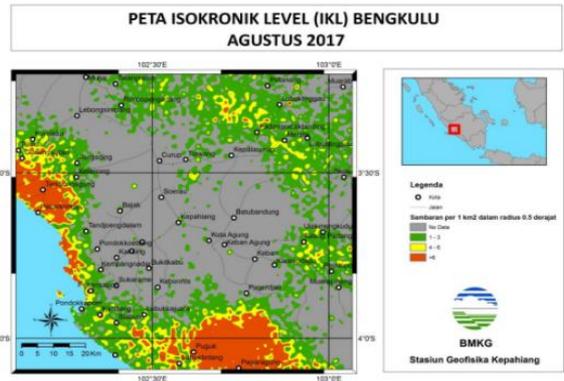
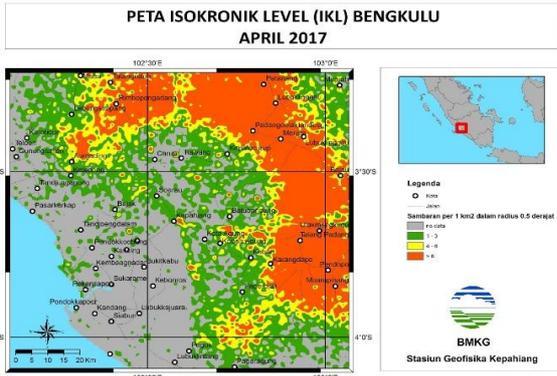
Cakupan wilayah yang memiliki nilai IKL tinggi pada bulan Juni sampai dengan Oktober 2017 berkebalikan dengan bulan Maret dan April. Hampir semua wilayah Bengkulu di bagian barat (sepanjang pantai) dan selatan memiliki nilai IKL lebih dari 6. Pada bulan September 2017, sebagian besar wilayah memiliki nilai IKL antara 1 sampai dengan 3.

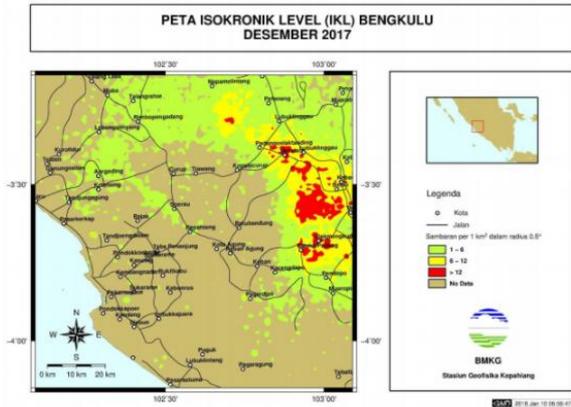
Untuk bulan November dan Desember 2017, nilai IKL didominasi antara 1 sampai dengan 3.

Cakupan wilayah yang terkena sembaran petir terbanyak berada di Bengkulu bagian utara dan timur.

Secara keseluruhan, wilayah Bengkulu ini memiliki wilayah sembaran petir yang berpola dengan nilai IKL yang dominan berkisar antara 1 sampai dengan 3 dan nilai IKL lebih dari 6. Wilayah yang hampir selalu terkena sembaran petir adalah Pendopo sekitarnya (untuk bagian timur) dan Puguk sekitarnya (untuk bagian selatan).







Gambar 3. Frekuensi Kejadian Petir di Wilayah Bengkulu berdasarkan Wilayah Setiap Bulannya pada Tahun 2017.

Hubungan Pola CG dengan CH di Wilayah Bengkulu

Gambar 4 memperlihatkan pola harian CG total dan curah hujan sepanjang tahun 2017 dimana besarnya CG total maupun curah hujan menunjukkan pola yang hampir sama. Peningkatan jumlah sembaran CG mengikuti meningkatnya jumlah curah hujan (dalam mm) dan begitu pula sebaliknya menurunnya jumlah curah hujan diikuti dengan turunnya jumlah sembaran CG.

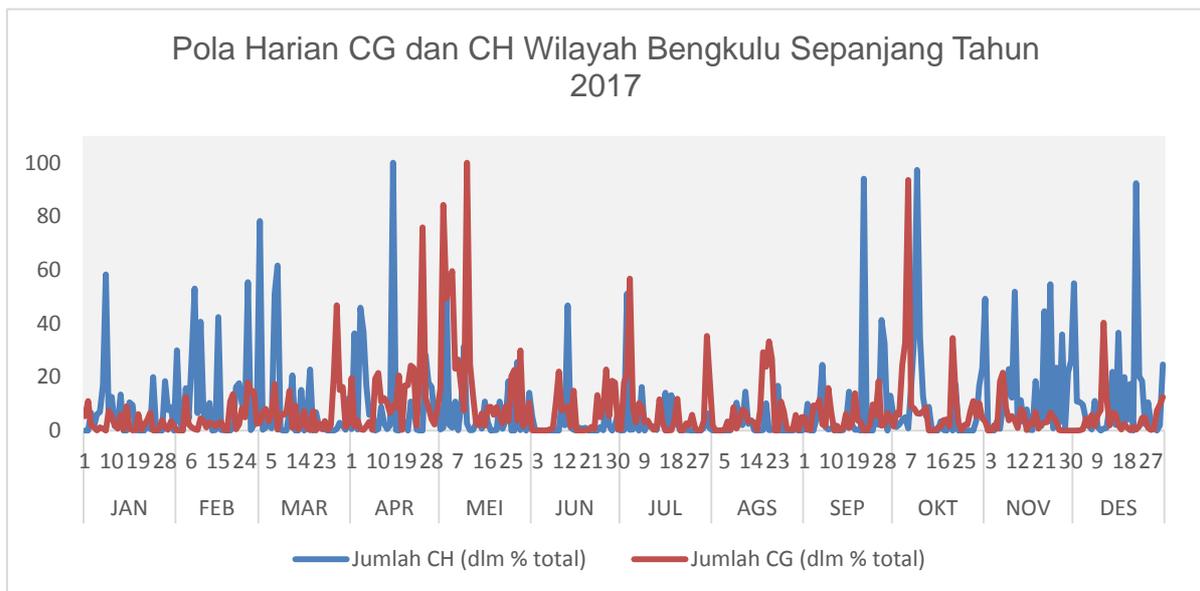
Keadaan hubungan antara jumlah sembaran petir CG dengan intensitas curah hujan yang signifikan ini dipertegas dengan scatter plot

antara jumlah sembaran CG dan jumlah curah hujan di Bengkulu selama tahun 2017 (Gambar 5).

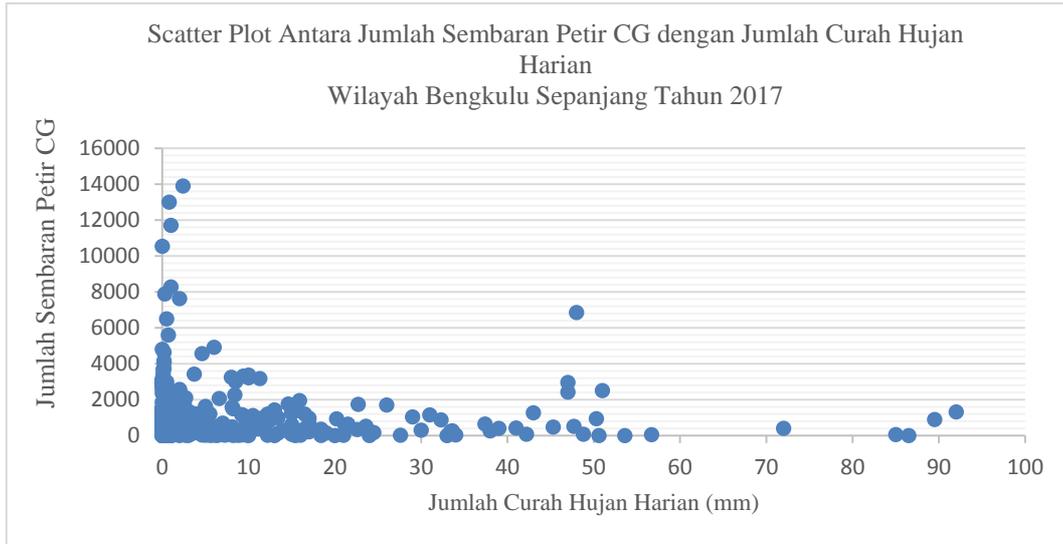
Berdasarkan kajian Septiadi, 2011 ada tiga macam taraf pertumbuhan awan guruh, yaitu *Cumulus*, *Mature*, dan *Dissipasi*. Pada taraf *Cumulus*, jumlah frekuensi CG sangatlah minim, setara dengan proses konveksi yang didominasi oleh *updraft*. Pada taraf *mature*, frekuensi CG ini semakin bertambah dan semakin labil karena *updraft* dan *downdraft* telah berimbang sehingga pertumbuhan awan CG semakin cepat. Dan pada tahapan terakhir, *dissipasi*, kondisi atmosfer didominasi oleh *downdraft* dan *updraft* semakin melemah.

Berdasarkan variasi musiman antara CG dan curah hujan pada Gambar 6, keselarasan peningkatan keduanya terjadi pada bulan Maret, April, dan Mei (MAM). Fase ini merupakan fase transisi melemahnya monsoon Asia dimana matahari berada di utara equator dan pengaruh ini menyebabkan curah hujan semakin besar.

Sedangkan pada bulan Juni, Juli, dan Agustus (JJA) merupakan kondisi lemah selama tiga bulan berturut-turut, baik intensitas kejadian CG maupun intensitas curah hujan. Hal ini disebabkan pertumbuhan awan yang tidak sampai pada taraf *mature*.



Gambar 4. Hubungan CG dan CH di Wilayah Bengkulu Tahun 2017.



Gambar 5. Scatter Plot Jumlah Sembaran CG dan Jumlah CH di Wilayah.



Gambar 6. Grafik Hubungan Jumlah Sembaran Petir CG dan Jumlah CH Sepanjang Tahun 2017 Wilayah Bengkulu.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan kajian ini antara lain :

- (1) Selama kurun waktu satu tahun, wilayah Bengkulu rawan terhadap sambaran petir pada bulan Maret, April, dan Mei 2017
- (2) Wilayah yang memiliki tingkat kerawanan tinggi di daerah Bengkulu sepanjang kurun waktu Tahun 2017 secara umum adalah Pendopo, Puguk, dan sekitarnya
- (3) Kejadian petir memiliki pola yang signifikan dengan jumlah curah hujan (CH) di wilayah Bengkulu.

Daftar Pustaka

Agustiani, Fanny Noor, 2010, “Karakteristik Frekuensi Sambaran Petir di Wilayah Kemayoran pada Tahun 2008”, Laporan Kerja D-3 Jurusan Geofisika, Akademi Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.

Arianto, Puji. 2012. Analisa Kerapatan Dan Distribusi Sambaran Petir Wilayah Jabodetabek Dan Sekitarnya Tahun 2011, Laporan Kerja D-3 Jurusan Geofisika, Akademi Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.

BMKG, “Monitoring Petir di Indonesia”, Sub Bidang Magnet Bumi dan Listrik Udara,

- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (Jakarta 2012).
- Fanzuri, Gilang Hamzah, dkk. 2013. Hubungan Aktivitas Petir Cloud to Ground (CG) dengan Curah Hujan di Bogor. ITB : Bandung.
- Gilang, H.F. Musa, A.M. 2012. Hubungan Aktifitas Petir Cloud to Ground (CG) dengan Curah Hujan di Bogor. Jurnal ITB
- Jihad, Abdi dan Sania, Ismi. 2014. Identifikasi Pola Sambaran Petir *Cloud To Ground (Cg)* Tahun 2014 Di Wilayah Provinsi Aceh. BMKG.
- Michaelides, S. 2010. Relationships between lightning and Rainfall intensities during rainy events in Cyprus. Copernicus Publications on behalf of the EGU. Nicosia :Cyprus.
- Septiadi, Deni dkk. 2011. Karakteristik Petir dari Awan ke Bumi dan Hubungannya dengan Curah Hujan. Jurnal Sains Dirgantara Vol.8 Mo.2 Juni 2011 :129-138.
- Soula, S. 1998. The CG Lightning Activity of storm causing a flashfood. Geophysics, Ress. Lett., 25, 1181-1184.
- Zoro, R. 2000. Analisis Karakteristik Petir dan Cuaca di wilayah Daerah Tropis. Jurnal Teknik Tegangan Tinggi, Vol.2 No.1. Teknik Elektro, ITB : Bandung.

