

Variabilitas Musim Hujan Dan Kemarau pada Periode ENSO dan Indikator Potensi Awal Musim Menggunakan *Precipitable Water* di Banjarnegara Bagian Selatan

Agus Safril^{1,a)}, Munawar^{1,b)}, Ki Agus Ardi Z.^{1,c)}, dan Faturrahman^{1,d)}

¹ Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
Program Studi Klimatologi

Jl. Perhubungan I No 5, Pondok Betung Tangerang Selatan Banten

^{a)} agus.safiril@stmkg.ac.id (corresponding author)

^{b)} munawaralistmkg@gmail.com

^{c)} kiagusardi81@gmail.com

^{d)} paturjatra@stmkg.ac.id

Abstrak

Banjarnegara bagian selatan merupakan wilayah pegunungan sehingga rawan terhadap bencana baik bencana longsor, banjir dan kebakaran hutan dan lahan. Pada awal musim hujan diperlukan kewaspadaan yang tinggi disebabkan potensi terjadi tanah longsor besar. Berdasarkan karakteristik bencana dan karakter awal tersebut diperlukan penelitian variabilitas curah hujan dan *precipitable water* pada periode El Niño dan La Niña. Penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui sifat hujan bulanan, maju dan mundurnya musim kemarau dan hujan, dan analisis potensi uap air (*precipitable water*) pada periode El Niño dan La Niña. Metode penelitian dilakukan dengan analisis statistik deskriptif dengan menghitung frekuensi sifat curah hujan BN (Bawah Normal), AN (Atas Normal) dan N (Normal). Data hujan bulanan pada musim hujan dan kemarau pada saat ENSO dibandingkan rata-rata-rata normal untuk mendapatkan pola variabilitas musim. Hasil penelitian menunjukkan frekuensi sifat hujan dominan El Niño adalah BN-N sedangkan pada pada saat La Niña sifat curah hujan bervariasi N-AN. Dominasi sifat hujan BN umumnya pada saat El Niño kuat tahun 1991 - 1992 dan 1997-1998. Variabilitas panjang musim umumnya pada periode El Niño mundur satu bulan dan ada yang maju satu bulan terhadap rata-rata klimatologis pada periode El Niño (musim kemarau menjadi lebih panjang). Panjang musim kemarau pada periode La Niña umumnya menunjukkan pola periode yang sama rata-rata klimatologi. Pada saat awal musim hujan menunjukkan bahwa pola *precipitable water* bulanan dan curah hujan bulanan pada periode El Niño sama dengan pola klimatologis. Pola awal musim hujan *precipitable water* dan curah hujan bulanan pada periode La Niña juga menunjukkan pola yang sama dengan rata-rata awal musim hujan secara klimatologis. Dengan kemampuan *precipitable water* tersebut, *precipitable water* dapat digunakan untuk indikator potensi awal musim hujan dan kemarau.

Kata-kata kunci: Variabilitas, awal musim, El Niño, La Niña dan *Precipitable water*

PENDAHULUAN

Banjarnegara merupakan wilayah pegunungan, karakteristik iklim pegunungan memiliki ciri curah hujan konveksi yaitu sebagai udara yang dipaksa naik pegunungan (orografis) [1]. Curah hujan konveksi dari jenis awan *cumulonimbus* sehingga cuah hujan yang turun tinggi [2]. Akibat curah hujan yang tinggi wilayah ini merupakan bencana longsor [3] dan banjir pada musim hujan [4]. Selain banjir dan longsor pada musim kemarau juga rawan kebakaran hutan dan lahan [5]. Variabilitas curah hujan pada musim hujan dan kemarau perlu diketahui untuk mendapatkan informasi tingkat kerentanan pada periode tersebut. Dengan informasi karakteristik curah hujan tersebut digunakan bagi para pengambil keputusan dapat melakukan kegiatan mitigasi

bencana alam sehingga mengurangi korban jiwa maupun harta. Peristiwa tanah longsor disebabkan oleh tanah kering yang retak kemudian terisi oleh air sehingga menjadi lembut, pada wilayah dengan keleregan tinggi maka bila berada posisi bidang gelincir berpotensi menjadi tanah runtuh (longsor) [6]. Potensi kejadian ini menjadi tinggi pada saat terjadinya awal musim hujan pada saat tanah yang telah rentan diguyur oleh hujan lebat. Oleh karena itu perlu diketahui potensi awal musim secara klimatologis. Informasi awal musim yang tepat memberikan kemudahan dalam perencanaan di bidang kebencanaan maupun pertanian [7].

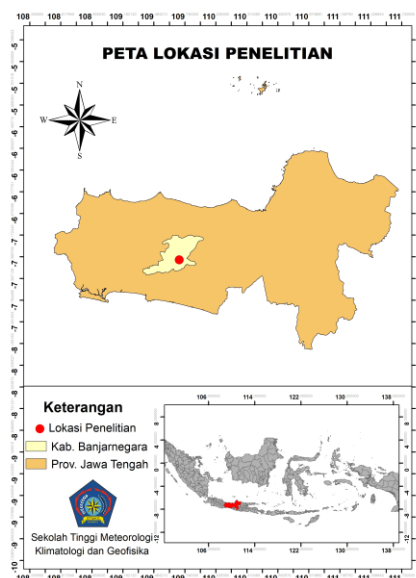
Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan pola variabilitas musim pada saat terjadi fenomena global (El Niño dan La Niña) dengan intensitas lemah, sedang, dan kuat dan mengetahui potensi tentang dimulainya awal musim hujan. Pengaruh El Niño di benua maritim umumnya terkait erat dengan variabilitas suhu muka laut di Pasifik Tengah [8]. Pada saat anomali suhu muka laut positif (lebih tinggi dari rata-rata-rata menunjukkan terjadi peningkatan suhu muka laut di Pasifik Tengah (El Niño aktif). Pada saat anomali suhu muka laut negatif menunjukkan penurunan suhu muka laut terhadap rata-rata-rata. Pada saat terjadi anomali positif sirkulasi Walker dari timur ke barat melemah dan berubah arah menjadi timur- barat. Kondisi ini menyebabkan konveksi tinggi di wilayah Pasifik Tengah yang ditunjukkan dengan pertumbuhan awan yang pesat. Sementara itu di wilayah benua maritim suhu muka laut mengalami pendinginan sehingga terjadi defisit pertumbuhan awan. Curah hujan pada periode El Niño curah hujan berkurang dan La Niña curah hujan bertambah [9].

Selain informasi mengenai variabilitas musim juga diperlukan saat dimulai awal musim hujan [10]. Pada umumnya awal musim hujan di wilayah Jawa ditandai dengan angin zonal baratan, dalam artikel ini digunakan potensi uap air yang menjadi potensi curah hujan. Curah hujan di suatu wilayah ditentukan oleh kadar potensi uap air (*precipitable water*) [11]. Berdasarkan hal tersebut potensi uap ini digunakan untuk memprakirakan potensi awal musim hujan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pola variabilitas *precipitable water* terjadi anomali iklim global ENSO.

DATA DAN METODOLOGI

Data

Data curah hujan yang untuk penelitian adalah data Stasiun Banjarnegara pada koordinat $109,7^{\circ}$ BT - $7,39^{\circ}$ LS. Data curah hujan berasal dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Banjarnegara bagian Sumber Daya air seperti pada Gambar 1. Banjarnegara bagian selatan dipilih karena selain potensi longsor besar juga memiliki jumlah penduduk besar [12] sehingga tingkat kerentanan bencana yang tinggi. Data *Precipitable water* (*Total Column Water*) selanjutnya disebut PW dan CAPE (*Convective Availability Potential Energy*) diperoleh dari ECMWF European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) [13]. Data Indeks ENSO (ONI 3.4) berasal dari NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) [14].



Gambar 1. Lokasi penelitian Banjarnegara bagian selatan

Metodologi

Data yang digunakan untuk penelitian terdiri dari data curah hujan bulanan dan sepuluh harian (dasarian). Data curah hujan bulanan digunakan untuk menentukan awal musim. Tahap awal dihitung rata-rata klimatologi bulanan. Awal musim dihitung dengan jumlah tiga dasarian (sepuluh harian) atau 150 milimeter/bulan [15]. Selanjutnya pada tahun-tahun ENSO dan La Niña dihitung analisis maju atau mundurnya terhadap pola normal (rata-rata musim), Analisis sifat hujan dilakukan dengan menghitung frekuensi sifat Normal (N), persamaan berikut :

$$\bar{X} - \bar{X} 0,5 S.Dev \leq CH \leq \bar{X} + \bar{X} 0,5 S.Dev \quad (1)$$

Bawah normal dengan kriteria $CH < \bar{X} - \bar{X} 0,5 S.Dev$ dan AN bila $CH > \bar{X} + \bar{X} 0,5 S.Dev$, dengan CH adalah curah hujan bulanan X , nilai curah hujan rata-rata bulanan, S.Dev adalah Standar Deviasi.

Analisis potensi uap air di atmosfer menggunakan *Precipitable water (PW)* [16] dengan persamaan sebagai berikut

$$W = \frac{1}{\rho g} \int_{P_1}^{P_2} x dp \quad (2)$$

W adalah *precipitable water* pada kolom udara pada ketinggian dengan tekanan P_1 dan P_2 , ρ adalah kerapatan uap air, dan g percepatan gravitasi. Data PW bulanan kemudian dibandingkan rata-rata klimatologis bulanan, selanjutnya dibandingkan dengan pola pada waktu terjadi El Niño dan La Niña. Variabel PW merupakan data reanalisis keluaran dari model numerik (*Numerical Weather Prediction*). Data reanalisis merupakan data hasil prediksi numerik yang telah dikoreksi dengan pengamatan curah hujan, data sinoptik, data radar dan satelit [17]. Model input PW ini dapat digunakan untuk penentuan awal musim dalam bentuk *forecast*.

Proses konveksi di pegunungan dihitung dengan CAPE. Dalam diagram termodinamika CAPE adalah area positif dan dapat dilihat sebagai wilayah antara kurva proses parcel yang naik dan lingkungannya dari lapisan konveksi bebas parcel hingga tingkat daya apung netralnya. CAPE dapat dinyatakan

$$CAPE = \int_{p_f}^{p_n} Rd(Tvp - Tve)d \ln p \quad (3)$$

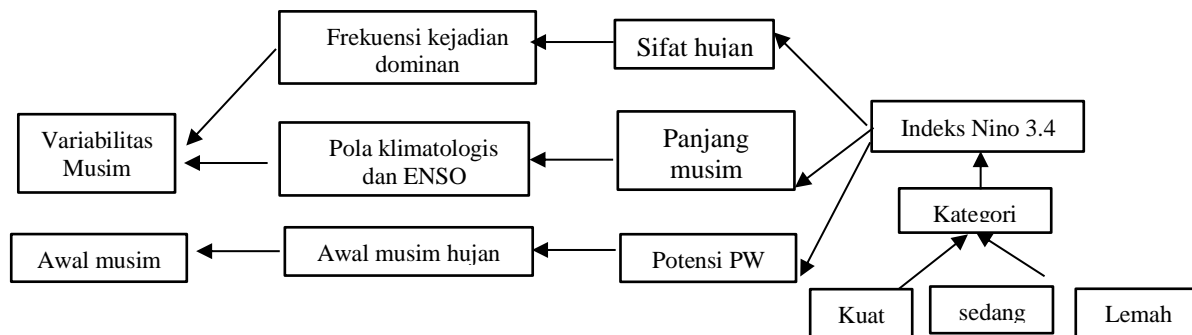
Tvp adalah suhu virtual parcel udara yang terangkat dan bergerak ke atas secara adiabatik dari lapisan konveksi bebas (*free convection*) ke level gaya apung (*buoyancy*) normal, Tve adalah suhu virtual lingkungan, Rd adalah konstanta gas spesifik udara kering, p_f adalah tekanan pada lapisan konveksi bebas, dan p_n adalah tekanan pada lapisan gaya apung netral

Untuk mendapatkan pola variabilitas curah hujan, analisis curah hujan dilakukan pada saat terjadi ENSO. ENSO terdiri dari El Niño dan Lanina. Intensitas El Niño terdiri dari kategori lemah, sedang dan kuat begitu juga dengan La Niña seperti pada Tabel 1. Pada kejadian El Niño lemah terjadi pada tahun 2004-2005, 2006-2007 dan 2014-2015, sedang (1994-1995, 2002-2003, dan 2009-2010) dan kuat (1991-1992, 1982-1983, 1997-1998 dan 2008-2009). Sementara itu pada periode La Niña lemah (2000-2001, 2005-2006, dan 2008-2009), sedang (1995-1996) Kategori intensitas kuat apabila nilai indeks El Niño normal bila kurang dari 0.5, lemah antara -0.5-0.9, sedang 1.0 – 1.4 dan kuat bila > 1.4, begitu juga sebaliknya dengan La Niña [18]

Tabel 1. Intensitas El Niño dan La Niña dalam kategori lemah, sedang, dan kuat

El Niño			La Niña		
Lemah	Sedang	Kuat	Lemah	Sedang	Kuat
2004-05	1994-95	1991-92	2000-01	1995-96	1998-99
2006-07	2002-03	1982-83	2005-06	2011-12	1999-00
2014-15	2009-10	1997-98	2008-09		2007-08
		2015-16			2010-11

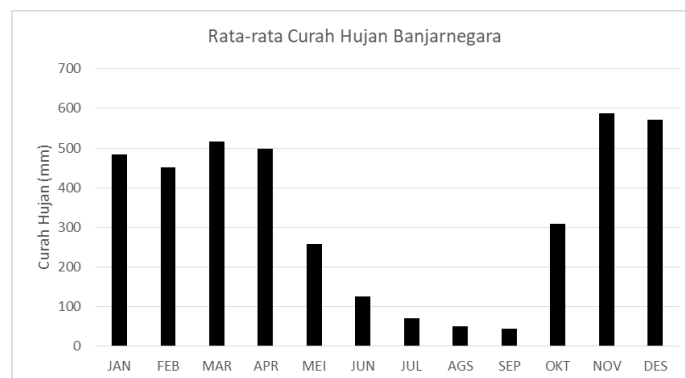
Analisis variabilitas iklim dilakukan dengan melihat kategori indeks El Niño (intensitas lemah, sedang, dan kuat). Selanjutnya berdasarkan indeks Niño 3.4 tersebut analisis sifat hujan dengan kategori N, BN, dan AN, masing-masing dihitung frekuensi kejadian. Pola ketika tahun El Niño dibandingkan dengan pola curah hujan klimatologis. Pada pola PW juga dibandingkan dengan pola klimatologis. Hasil analisis diperoleh variabilitas iklim pada periode ENSO dan potensi awal musim hujan.



Gambar 3 Alur penelitian analisis variabilitas musim dan potensi awal musim

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola klimatologis curah hujan menunjukkan pola hujan monsunal musim hujan terjadi pada bulan Oktober hingga Mei (curah hujan > 150 milimeter/bulan). Musim kemarau terjadi pada bulan Juni sampai dengan September dengan curah hujan umumnya di bawah 150 milimeter/bulan. Curah hujan dengan puncak tertinggi terjadi bulan November (590 milimeter/bulan). Wilayah ini merupakan tipe monsunal [19] yang merupakan satu tipe dari dua tipe yang lain di benua maritim yaitu ekuatorial dan lokal. Curah hujan umumnya tinggi dengan jumlah curah hujan di atas 400 milimeter per bulan. Puncak hujan terjadi pada bulan Nopember mencapai di atas 587 milimeter per bulan. Awal musim hujan secara klimatologi pada bulan Oktober dan awal musim kemarau pada bulan Juni. Pola curah hujan ini dipengaruhi oleh monsun yang mengikuti gerak semu matahari dari 23.5 LU dan 23.5 LS [20]. Pola angin baratan yang membawa uap air menyebabkan curah hujan di wilayah Pulau Jawa [21].



Gambar 4. Curah hujan rata-rata klimatologis 1990-2014 (Banjarnegara)

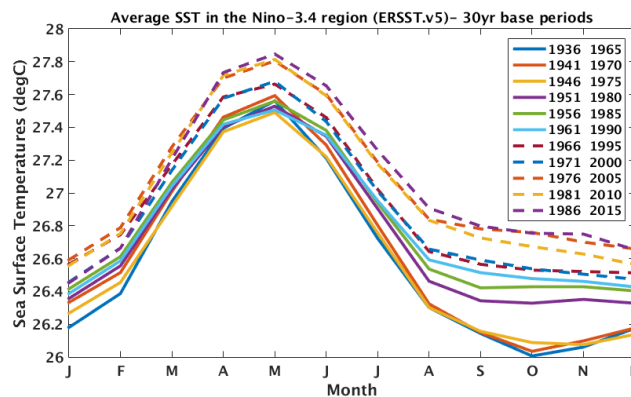
VARIABILITAS SIFAT HUJAN

Variabilitas sifat hujan pada saat hujan pada saat ENSO menunjukkan apa pada umumnya sifat hujan dominan BN sampai dengan N. Sifat hujan dominan BN pada saat periode ENSO dengan intensitas kuat (1991-1992 dan 1997-1998). Sementara itu pada kategori lemah sampai sedang umumnya sifat hujan dominan bervariasi antara Normal sampai Bawah Normal seperti pada Tabel 2. Sifat hujan di Banjarnegara ini mengalami penurunan disebabkan aktivitas El Niño menyebabkan penurunan jumlah awan. Wilayah ini termasuk pegunungan di pulau yang selalu mendapat uap air [22] namun pada kondisi ketika El Niño pola uap air tidak cukup kuat untuk pembentukan awan. Kondisi ini terutama ketika El Niño kuat, pada saat El Niño kuat pusat pertumbuhan awan terjadi di Pasifik Tengah. Suhu muka laut meningkat di pasifik tengah dan pertumbuhan awan meningkat di wilayah tersebut. Namun pada saat El Niño lemah dan sedang curah hujan umumnya sifat hujan N. Hal ini karena defisit pertumbuhan awan di wilayah ini tidak terlalu kuat, pola konveksi lokal masih berperan pada saat pola anomali iklim global tidak kuat berpengaruh, ketika *Meso Convective Cumulus* tetap aktif pada periode ENSO di benua maritim [23]. Pola monsun lebih kuat dari pada pola global. pada saat terjadi interaksi antara Monsun ENSO dan variasi harian (angin laut lembah). Sekalipun musim kemarau namun di wilayah ini masih terjadi curah hujan AN dengan persentase antara 10-25%. Pada periode tertentu pola uap air lokal ini masih berkontribusi kepada pembentukan awan.

Tabel 2. Frekuensi sifat hujan Dominan (prosen) dan panjang El Niño (bulanan) di Banjarnegara pada periode El Niño (huruf tebal tertinggi)

El-Niño	Panjang	Frekuensi			AN(%)	N(%)	BN(%)
		AN	N	BN			
1991-1992	14	3	5	6	21	36	43
1994-1995	7	1	3	3	14	43	43
1997-1998	13	2	5	6	15	38	46
2002-2003	9	2	4	3	22	44	33
2004-2005	8	1	6	1	13	75	13
2006-2007	5	0	4	1	0	80	20
2009-2010	9	2	5	2	22	56	22
2014	2	1		1	50	0	50

Karakteristik ENSO yang berbeda-beda tiap tahun ini disebabkan oleh variabilitas suhu muka laut di wilayah Nino 3.4 yang berbeda-beda dari satu dasawarsa ke dasawarsa (sepuluh tahun) yang lain (Gambar 2). Kecendrungan suhu muka laut makin meningkat pada tiga dasawarsa terakhir (1975-2005, 1981-2010, 1986-2015). Kondisi ini menunjukkan terjadi penguatan intensitas El Niño di kondisi tahun-tahun terakhir.



Gambar 2. Perubahan suhu muka laut tahunan per sepuluh tahunan [14]

Pada periode La Niña menunjukkan sifat curah hujan dominan pada Atas Normal hingga Normal. Sifat hujan dominan AN terjadi pada tahun 2008, 2009 hingga 2010-2011 saat La Niña Kuat dan sedang dengan prosentasi kejadian AN di antara 40-67%. Pada La Niña lemah umumnya sifat hujan dominan N seperti pada Tabel 3. Pada periode La Niña ini menunjukkan bahwa pola monsun lebih kuat pada saat La Niña dalam intensitas rendah dan sedang. Walaupun demikian pada bulan-bulan tertentu monsun mengalami variabilitas sehingga muncul sifat hujan dalam kategori BN umumnya antara 20-40%. Pada saat periode La Niña terjadi peningkatan pertumbuhan awal di wilayah benua maritim. Sirkulasi Walker dari timur menguat dan benua maritim menjadi pusat konveksi kuat sehingga meningkatkan jumlah curah hujan yang ada.

Tabel 3. Frekuensi Sifat Hujan AN di pada periode La Niña (huruf tebal tertinggi) dalam prosen

La Niña	Panjang	Frekuensi			AN (%)	N(%)	BN(%)
		AN	N	BN			
1995-1996	8	3	4	1	38	50	13
1998-2001	32	3	21	8	9	66	25
2005-2006	5	1	3	1	20	60	20
2007-2008	12	1	6	5	8	50	42
2008-2009	5	2	1	2	40	20	40
2010-2011	12	8	4	0	67	33	0
2011-2012	9	4	3	2	44	33	22

VARIABILITAS PANJANG MUSIM

Variabilitas panjang musim umumnya maju mundur satu bulan dan ada yang maju satu bulan dan mundur satu bulan El Niño menyebabkan awal musim kemarau menjadi lebih panjang (lebih maju atau mundur). Pada

berbagai intensitas El Niño. Musim kemarau lebih panjang (maju sebulan) terjadi pada tahun 1991, 1992, 1997, 2004 dan 2009. Panjang musim mengalami masa lebih panjang dengan maju satu bulan dan mundur satu bulan terjadi pada tahun 1994 dan 1992 seperti pada Tabel 4. Pola umum curah hujan klimatologi yang terdapat pada Gambar 4 mengalami pergeseran musim pada saat anomali iklim global lebih dominan daripada pola monsun, seberapa besar pergeseran tersebut terjadi berkaitan dengan kekuatan intensitas El Niño. Kekuatan intensitas El Niño terjadi tergantung kepada variabilitas suhu muka laut yang terjadi di wilayah Pasifik Tengah (Nino 3.4) seperti pada Gambar 2.

Tabel 4. Variabilitas panjang musim pada periode ENSO (bulan)

El Niño	Panjang Musim Kemarau			Keter.	Awal Musim Hujan
	Maju	Sama	Mundur		
1991	1			+1	Maju 1 bulan (awal musim)
1992			1	-1	Terlambat 1 bulan (awal musim)
1994	1		1	+1,-1	Terlambat 1 bulan (awal musim)
1997			1	-1	Maju Satu bulan
2002	1		1	+1,-1	Terlambat 1 bulan (awal musim)
2004			1	-1	Terlambat 1 bulan (awal musim)
2006		1		0	sama dengan klimatologis
2009			1	-1	Terlambat 1 bulan (awal musim)

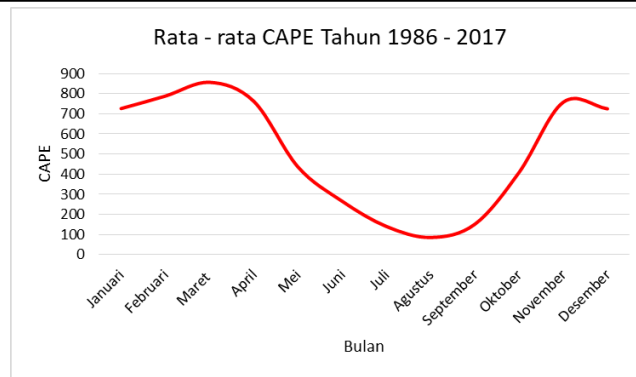
Panjang musim kemarau pada periode La Niña menunjukkan pola umumnya sesuai rata-rata klimatologis (Tabel 5). Pada saat La Niña, kondisi panjang musiman umumnya tidak berubah hal ini disebabkan pola monsun yang kuat. Pola anomali global tidak banyak berpengaruh ketika pada masa La Niña. Panjang musim kemarau yang sama dengan pola klimatologis ini menyebabkan awal musim hujan yang tidak mengalami perubahan yaitu awal musim hujan umumnya pada bulan Oktober.

Tabel 5. Variabilitas Panjang Musim pada periode La Niña

La Niña	Panjang Musim Kemarau			Keter.	Awal Musim Hujan
	Maju	Sama	Mundur		
1995		1		0	sama dengan klimatologis
1996	1			+1	maju satu bulan
1998		1		0	sama dengan klimatologis
1999		1		0	sama dengan klimatologis
2000		1		0	sama dengan klimatologis
2007		1		0	sama dengan klimatologis
2008		1		0	sama dengan klimatologis
2011			1	-1	maju satu bulan
2012			1	-1	sama dengan klimatologis

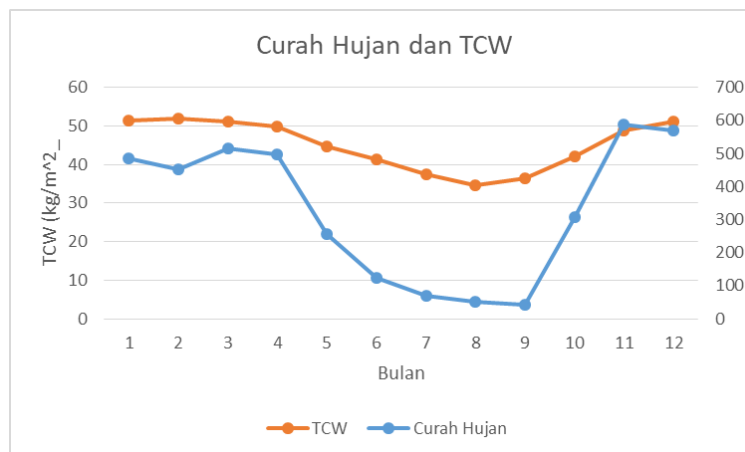
POTENSI *PRECIPITABLE WATER* SEBAGAI INDIKATOR AWAL MUSIM HUJAN

Potensi uap air yang ada di atmosfer dengan gaya angkat ke atas (gaya apung) menjelaskan ketersediaan uap air yang menjadi potensi hujan dalam proses energi konveksi di wilayah pegunungan. Pola potensi energi potensial (*Covective Available Potential Energy*) menunjukkan pola musonal seperti pada Gambar 6. Energi potensial mengangkat uap air di permukaan sampai ke atmosfer bagian atas sehingga menjadi awan. Dari pola konveksi klimatologis menunjukkan pola musonal dengan yang mirip dengan pola curah hujan. Hal ini menunjukkan bahwa proses konveksi terkait dengan pola curah hujan klimatologis. Energi konvektif ini mendukung terbentuknya potensi uap air di atmosfer (*precipitable water*).



Gambar 6. Pola klimatologis CAPE

Dari pola energi potensial tersebut memberikan gaya angkat uap air ke atmosfer menjadi potensi PW. Pola klimatologi variabilitas PW menunjukkan pola yang mengikuti monsoon dengan nilai rata-rata pada saat musim kemarau lebih kecil dari 41.2 kg/m^2 seperti pada Gambar 5. Secara klimatologi awal musim kemarau pada bulan Mei dan awal musim hujan pada bulan Oktober. Nilai estimasi PW di yang lebih besar dari 41.2 kg/m^2 dapat digunakan sebagai acuan awal musim hujan dan < 41.2 sebagai acuan awal musim kemarau. Pola ini terkait dengan potensi uap air yang muncul akibat monsun. Pada saat monsun barat muncul maka potensi uap air juga muncul begitu (permulaan musim hujan) juga sebaliknya pada saat monsun timur muncul maka permulaan musim kemarau juga tiba.



Gambar 6. Pola Precipitable Water

Pada umumnya saat periode El Niño pola awal musim hujan pola PW dan curah hujan bulanan pada periode El Niño sama dengan pola klimatologi. Pola PW yang mundur hanya pada tahun 1991. Pola yang sama antara PW dan curah hujan ini memperlihatkan bahwa prediksi iklim menggunakan input model numerik PW dapat digunakan sebagai prediktor untuk curah hujan bulanan untuk menentukan awal musim hujan. Prediktor ini dapat mengikuti pola curah curah hujan disebabkan potensi uap air di atmosfer yang ada di atmosfer sesuai dengan air yang sampai ke permukaan bumi dalam bentuk air hujan. Karakter PW ini terkait dengan kelembaban udara di atas lautan yang menjadi baku baku hujan.

Tabel 6. *Precipitable water* dan awal musim pada periode El Niño

El Niño	Awal Musim Hujan			Ket	Keterangan
	Maju	Sama	Mundur		
1991			1	-1	maju 1 bulan (awal musim)
1992	1			+1	mundur 1 bulan (awal musim)
1994		1		0	sama dengan klimatologis
1997		1		0	sama dengan klimatologis
2002		1		0	sama dengan klimatologis
2004		1		0	sama dengan klimatologis
2006	1			+1	maju 1 bulan (awal musim)
2009		1		0	sama dengan klimatologis

Pada umumnya secara temporal pola awal musim hujan PW dan curah hujan bulanan pada periode La Niña juga menunjukkan pola yang sama dengan rata-rata awal musim hujan secara klimatologi seperti pada Tabel 7. Pola PW mundur dibandingkan pada saat periode La Niña pada tahun 2007, 2008, dan 2012. Dalam tahun-tahun tersebut model tidak tepat untuk menangkap pola variabilitas curah hujan akibat ENSO. Walaupun demikian pola secara umum variabel PW ini mampu menangkap pola ketika peristiwa La Niña yang umumnya lebih kuat dipengaruhi oleh pola monsun. Pola PW terkait dengan pola siklus musiman (gerak semu matahari). Pola La Niña berdasarkan curah hujan juga menunjukkan pola yang kuat pada pola monsun. Berdasarkan pola PW ini dapat digunakan sebagai variabel prediktor numerik untuk penentuan awal musim yang dapat menangkap pola umum ketika variabilitas curah hujan.

Tabel 7. Pola *Precipitable water* dan awal musim pada periode La Niña

La Niña	Awal Musim Hujan			Keter.	Keterangan
	Maju	Sama	Mundur		
1995		1		0	sama dengan klimatologis
1996		1		0	sama dengan klimatologis
1998		1		0	sama dengan klimatologis
1999		1		0	sama dengan klimatologis
2000		1		0	sama dengan klimatologis
2007			1	-1	mundur 1 bulan (awal musim)
2008			1	-1	mundur 1 bulan (awal musim)
2011		1		0	sama dengan klimatologis
2012			1	-1	mundur 1 bulan (awal musim)

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan pada periode El Niño sifat hujan dominan adalah BN-N, sedangkan pada periode La Niña bervariasi dengan sifat hujan N-AN. Dominasi sifat hujan BN umumnya pada saat El Niño kuat tahun 1991 - 1992 dan 1997-1998. Variabilitas panjang musim umumnya maju mundur satu bulan dan ada yang maju satu bulan dan mundur satu bulan El Niño menyebabkan awal musim kemarau menjadi lebih panjang. Adapun panjang musim kemarau pada periode La Niña menunjukkan pola umumnya dominan sesuai dengan rata-rata klimatologis.

Pola energi potensial konvektif (*Covective Available Potential Energy*) menunjukkan pola musonal sebagai pengangkat uap air ke lapisan atmosfer menjadi menjadi potensi air mampu curah (PW) di wilayah pegunungan. Pada umumnya saat periode El Niño pola awal musim hujan pola PW dan curah hujan bulanan pada periode El Niño sama dengan pola klimatologi. Pola awal musim hujan PW dan curah hujan bulanan pada periode La Niña juga menunjukkan pola yang sama dengan rata-rata awal musim hujan secara klimatologi. Dengan kondisi tersebut PW dapat digunakan untuk indikator potensi awal musim hujan dan kemarau.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini. Makalah ini didanai oleh UP2KM (unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat) STMKG (Sekolah Tinggi Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) Tangerang Selatan Banten.

REFERENSI

1. Gerard H. Roe. Orographic Precipitation Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 2005. 33:645–71 doi: 10.1146/annurev.earth.33.092203.122541(2005)
2. Blyth A.M, Bennett L.J and Collier C.G. High-resolution observations of precipitation from Cumulonimbus clouds, Meteorological Applications, Meteorol. Appl. 22: 75–89 (2015)
3. Naryanto H.S. Analisis Kejadian Bencana Tanah Longsor Tanggal 12 Desember 2014 Di Dusun Jemblung, Desa Sampang, Kecamatan Karangobar, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah, Jurnal Alami (ISSN : 2548-8635), Vol. 1, No. 1A. (2017)
4. Hartono U., Bencana Banjir Banjarnegara, – detikNews , Hujan Lebat, Sungai Meluap Rendam Rumah Warga di Banjarnegara, <https://news.detik.com/berita-jawa-tengah/d-4286289/hujan-lebat-sungai-meluap-rendam-rumah-warga-di-banjarnegara> diakses 3 Desember 2019
5. Sumarwoto dan Mahmudah. Bencana Kebakaran Hutan Banjarnegara, Kebakaran hutan Gunung Petarangan Banjarnegara meluas, petugas berupaya padamkan, Antara <https://jateng.antaranews.com/berita/270643/kebakaran-hutan-gunung-petarangan-banjarnegara-meluas-petugas-berupaya-padamkan> diakses 3 Desember 2019
6. Alfi R. Analisa Pengaruh Curah Hujan Terhadap Kejadian Tanah Longsor Di Ulu Klang Malaysia Jurnal Aptek Vol. 4 No. 1 (2012)
7. Surmaini E. dan Faqih A. Kejadian Iklim Ekstrem dan Dampaknya Terhadap Pertanian Tanaman Pangan di Indonesia 2016; *Jurnal Sumberdaya Lahan.* ; **10** (2): 115-128(2016)
8. Chang C. P., Wang Z., Ju J., and Li T. On The Relationship Between West Maritim Continent Monsoon Rainfall And Enso During Northern Winter *Journal of Climate*; **17**:665-672 (2004)
9. Hendon Indonesian rainfall variability: impacts of ENSO and local air-sea interaction. *Journal of Climate*; 16: 1775-1789 (2003).
10. Wang B. and Qinghua Ding P V Joseph. Objective Definition of the Indian Summer Monsoon Onset *Journal of Climate* Vol 22 3303-3316 (2008).
11. Dingling Z., Jianpi Huang,, Xiao dan G., Bin C., dan Lei Z, Long-term trends of precipitable water and precipitation over the Tibetan Plateau derived from satellite and surface measurements, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer* 122 (2013) 64–71 (2013)
12. Statistik Banjarnegara, Kabupaten Banjarnegara Dalam Angka Banjarnegara Regency in Figures 2019 ISSN: 0215-5303 No. Publikasi/Publication Number: 33040.1902 Katalog/Catalog: 1102001.3304 (2019_
13. ECMWF, <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/browse-reanalysis-datasets> (2019)
14. NOAA/ National Weather Service National Centers for Environmental Prediction Climate Prediction Center 5830 University Research Court College Park, Maryland 20740 Available from : https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
15. BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika), Prakiraan musim Hujan (2019) <https://www.bmkg.go.id/iklim/prakiraan-musim.bmkg>
16. American Meteorology Society AMS glossary http://glossary.ametsoc.org/wiki/Convective_available_potential_energy
17. Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R. et al The NCEP/NCAR 40 Year Reanalysis Project, Bulletin of American Meteorology Society (1996)
18. [Indeks Oni, https://ggweather.com/enso/oni.htm](https://ggweather.com/enso/oni.htm)
19. Aldrian E and Susanto R. D. Identification of Three Dominant Rainfall Regions within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature *Int. J. Climatol.* 23 1435-1452 (2003).
20. C.-P. Chang And Wang Z, D Mcbride J. and LIU C-H Annual Cycle of Southeast Asia—Maritime Continent Rainfall and the Asymmetric Monsoon Transition *Journal Of Climate* Volume 18 287-01
21. Pandia F.S, Sasmito B., Sukmono A., Analisis Pengaruh Angin Monsun Terhadap Perubahan Curah Hujan Dengan Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Provinsi Jawa Tengah) *Jurnal Geodesi Undip* VOL 8 NO 1, (ISSN :2337-845X) (2019)

-
22. Qian J.H And Robertson, AW. Moron V. Interactions among ENSO, the Monsoon, and Diurnal Cycle in Rainfall Variability over Java, Indonesia, *Journal Of The Atmospheric Sciences* Volume 67 pp 3509-3523 DOI: 10.1175/2010JAS3348.1 (2010)
 23. Trismidianto and H Satyawardhana, Mesoscale Convective Complexes (MCCs) over the Indonesian Maritime Continent during the ENSO events, *LISAT 2017 IOP Publishing IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 149 012025 doi :10.1088/1755-1315/149/1/012025 (2018)