



Prakiraan Awal Musim di Kabupaten Kapuas Menggunakan Luaran Model Iklim Global

Forecasting Season Onsets in Kapuas District Based on Global Climate Model Outputs

Laode Nurdiansyah dan Akhmad Faqih*

Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor
Gedung FMIPA Jl. Meranti Wing 19 Lv.4 Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

ARTICLE INFO

Article history:

Received 21 October 2017
Received in revised form 23 March 2018
Accepted 12 April 2018

doi: 10.29244/j.agromet.32.1.1-10

Keywords:

Rainy Season Onset
Global Climate Model
Seasonal Climate Forecast
Onset Prediction
Canonical Correlation Analysis

ABSTRACT

Predictions of the rainy and dry season onsets are very important in climate risk management processes, especially for the development of early warning system of land and forest fires in Kalimantan. This research aims to predict the rainy and dry season onsets in two cluster regions in Kapuas District, Central Kalimantan. The prediction models used to predict the onsets are developed by using seasonal rainfall data on September-October-November (SON) periods as predicted by five Global Climate Models (GCMs). The model uses Canonical Correlation Analysis (CCA) method available in the Climate Predictability Tool (CPT) software developed by the International Research Institute for Climate and Society (IRI), Columbia University. The results show that the predictors from HMC and POAMA models produce better canonical correlations ($r = 0.72$ and 0.89 , respectively) compared to BCC ($r=0.46$), CWB ($r=0.62$), and GDAPS_F ($r=0.67$) models. In the development of models for predicting the dry season onsets, the predictors from CWB and POAMA models perform better canonical correlation results ($r = 0.73$ and 0.76 , respectively) compared to BCC ($r=0.53$), GDAPS_F ($r=0.64$), and HMC ($r=0.46$) models. In general, the model validations showed that CWB, GDAPS_F, and POAMA models have better predictive skills than BCC and HMC models in predicting onsets of the rainy and dry seasons (with Pearson correlations (r) ranging between 0.30 and 0.75). Experiments on those five models for the predictions of rainy season onset in 2013 showed that the predicted onsets occurred on the range of 8 September to 22 October in Cluster 1 and on 3 to 7 October in Cluster 2. For the predictions of the dry season onsets in 2014, the models predicted the occurrences from 6 to 25 May in Cluster 1 and from 21 to 25 March in Cluster 2.

PENDAHULUAN

Informasi prediksi iklim musiman merupakan

informasi iklim (Troccoli, 2010) untuk pengelolaan resiko iklim di berbagai bidang (Buizer et al., 2016; Haigh et al., 2015). Informasi prediksi tersebut dapat dijadikan dasar dalam penetapan rencana, pengambilan keputusan, dan kepentingan manajemen guna meminimalkan atau menghindari berbagai resiko iklim (Buizer et al., 2016). Salah satu pemanfaatan prediksi iklim musiman dapat digunakan untuk

mendukung kegiatan lain misalnya sebagai sistem peringatan dini (*early warning system*) untuk bencana banjir, kekeringan, dan kebakaran hutan.

kerjasama antara IRI dan IPB (2009), kejadian kebakaran hutan di Kalimantan Tengah memiliki hubungan negatif dengan anomali curah hujan. Periode kebakaran hutan tersebut yaitu pada bulan Mei-September bertepatan dengan musim kemarau (Someshwar et al., 2010; Taufik et al., 2017). Pada saat itu, pembukaan lahan pertanian dan perkebunan dilakukan melalui pembakaran sehingga kebakaran menjadi meluas akibat keberadaan lahan

* Corresponding author. akhmadfa@apps.ipb.ac.id

gambut yang luas di Kalimantan Tengah. Dengan mengetahui informasi iklim musiman berupa awal musim hujan dan awal musim kemarau, kegiatan pembukaan lahan melalui pembakaran dapat direncanakan dan dikelola dengan baik sehingga dampak kebakaran hutan tidak meluas. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu model prediksi iklim musiman yang dapat memberikan informasi yang akurat, cepat, dan bersifat spesifik lokasi sehingga resiko dan dampak kerugian yang terjadi dapat diminimalisir dan dihindari (Conway et al., 2015).

Kajian tentang prediksi iklim musiman telah banyak dilakukan di Indonesia. Beberapa prediktor yang sering digunakan dalam prediksi iklim musiman antara lain suhu permukaan laut (Chen et al., 2016) wilayah Indonesia, *Dipole Mode Index* (Ratna et al., 2017) dan ENSO (Yanto et al., 2016) dengan *time lag* yang beragam (Swarinoto, 2010; Wang et al., 2015). Penelitian terdahulu umumnya menggunakan hubungan berbasis *time lag* antara prediktor dan prediktan dalam mengembangkan model prediksi. Hal ini terkait dengan adanya perbedaan sifat fisis permukaan (bumi dan lautan) dalam menerima energi radiasi matahari dalam hubungannya dengan awal musim yang terjadi (Swarinoto and Makmur, 2010).

Penelitian ini sendiri tidak berbasis pada *time lag* karena menggunakan prediktor berupa data curah hujan hasil prediksi *Global Circulation Model* (GCM) dengan waktu prediksi (*lead time*) hingga tiga bulan ke depan untuk memprediksi awal musim hujan dan kemarau di Kapuas. Penelitian ini bertujuan memprediksi awal musim hujan dan awal musim kemarau berdasarkan data hasil prediksi GCM.

METODE PENELITIAN

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari set data yang digunakan sebagai prediktor dan prediktan. Untuk data prediktor, digunakan data sekunder yang terdiri dari: data hasil prediksi GCM dari *Climate Information Tool Kit* (CLIK) *APEC Climate Center* (APCC) dengan variabel berupa anomali curah hujan dari 5 model dengan resolusi grid lintang dan bujur yaitu $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$. Data diunduh dari website CLIK APCC (klik.apcc21.net) dalam bentuk format data ASCII. Untuk data prediktan, penelitian ini menggunakan data grid curah hujan harian dari *Climate Prediction Center* (CPC) *Unified Gauge-Based Analysis of Global Daily Precipitation* dengan resolusi grid lintang dan bujur $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ untuk periode tahun 1979-2013. Data tersebut diunduh dari website Data Library yang dimiliki oleh *the International Research Institute for Climate and Society* (IRI; iridl.ldeo.columbia.edu).

Prosedur Analisis Data

Analisis data dilakukan berdasarkan diagram alir penelitian yang secara skematis ditunjukkan pada Gambar 1a.

Pengumpulan Data

Data GCM diakses melalui website CLIK APCC, pada beberapa model dengan *lead month* 3 bulan yaitu September, Oktober, dan November (SON). Variabel yang digunakan ialah presipitasi atau curah hujan dengan *Simple Composite Method* (SCM). Setelah melakukan prediksi dan verifikasi dengan SCM, diperoleh data hasil berupa anomali curah hujan yang terdiri dari data *forecast* dan *hindcast*. Data *forecast* digunakan untuk membuat prediksi sedangkan data *hindcast* digunakan untuk membangun dan mengembangkan model prediksi. Terdapat beberapa model yang bisa digunakan untuk melakukan *generate forecast* (Gambar 1b), namun dalam penelitian ini model yang digunakan hanya 5 model sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data *CPC Unified Gauge-Based Analysis of Global Daily Precipitation*. Data ini dikembangkan melalui metode interpolasi optimal Gandin dengan mempertimbangkan efek orografi (Chen et al., 2008; Xie et al., 2007) dari data stasiun CH yang tersedia di CPC. Terdapat dua versi data CH CPC, yaitu versi retrospektif dan versi *real time*. Versi retrospektif (RETRO) terdiri dari tahun 1979-2005 yang diperoleh lebih dari 30.000 alat ukur (*gauge*), sedangkan versi *real time* (REALTIME) terdiri dari tahun 2006 hingga sekarang yang diperoleh dari sekitar 17.000 alat ukur (*gauge*). Data ini juga memuat informasi tentang kepadatan jaringan alat ukur serta variasi tiap-tiap negara dalam periode pelaporan harian.

Tabel 1 Model GCM yang digunakan dalam penelitian

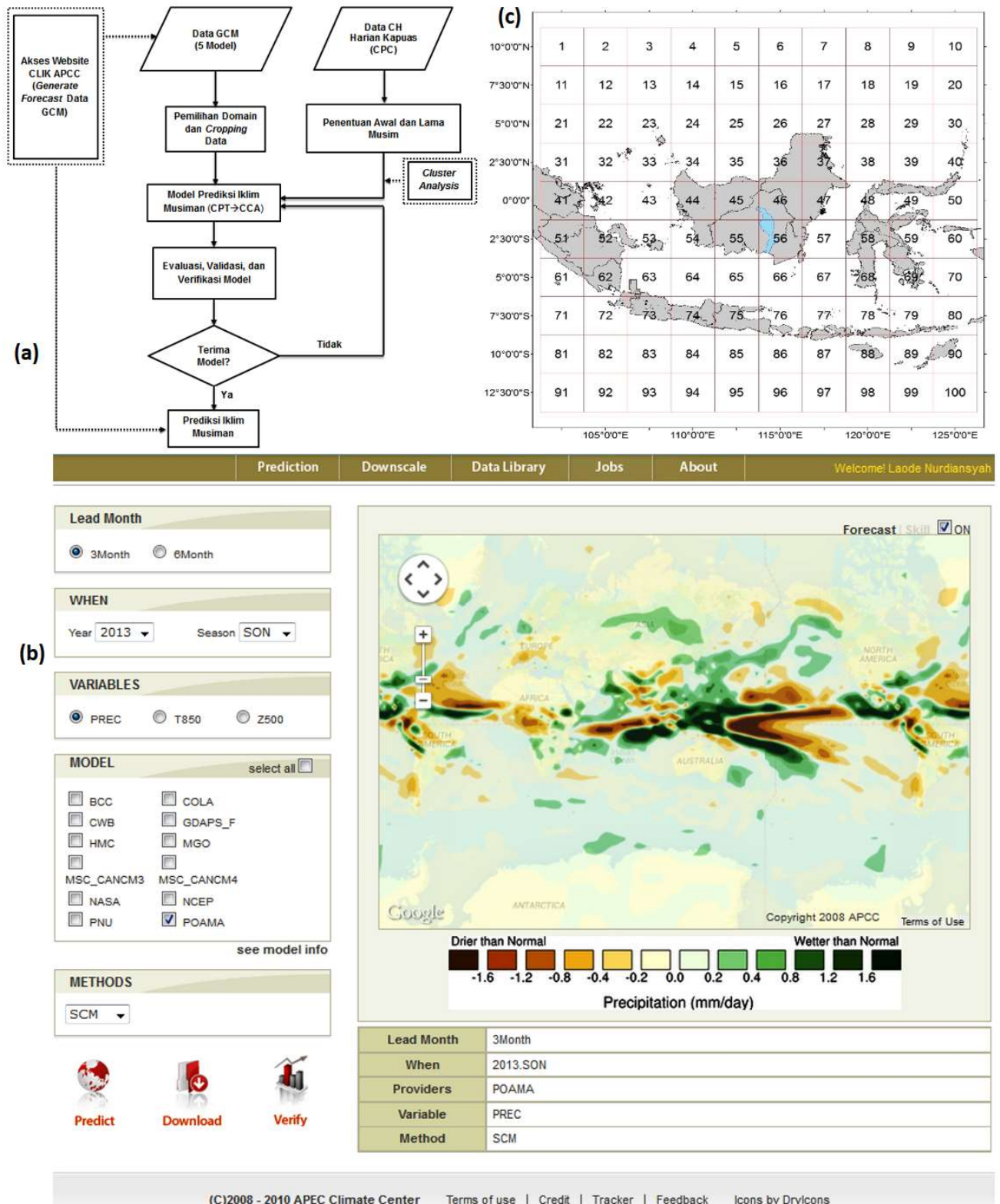
No	Model GCM	Negara	Data yang digunakan	
			Bulan	Tahun
1	BCC	China	SON	1983 - 2008
2	CWB	China Taipei	SON	1981 - 2005
3	GDAPS_F	Republik Korea	SON	1979 - 2008
4	HMC	Rusia	SON	1979 - 2008
5	POAMA	Australia	SON	1979 - 2006

Pemilihan Domain dan *Cropping Data*

Wigena (2006) mengungkapkan bahwa pemilihan domain GCM pada umumnya dilakukan dengan menggunakan luasan grid persegi yang mencakup wilayah penelitian. Dalam penelitian tersebut, digunakan luasan grid 8x8 untuk GCM ECHAM dengan resolusi $2.8^{\circ} \times 2.8^{\circ}$ (Wigena, 2006), sedangkan penelitian lain menggunakan luasan grid 12x12 untuk GCM CSIRO-Mk3 dengan resolusi $1.8^{\circ} \times 1.8^{\circ}$ (Sutikno, 2008).

Penelitian ini menggunakan luasan grid 10x10 (100 grid) di atas lokasi penelitian dengan posisi lokasi penelitian berada di tengah. Adapun resolusi data GCM yang

digunakan yaitu $2.5^0 \times 2.5^0$. Ilustrasi pemilihan domain dan *cropping* data hasil prediksi GCM dapat dilihat pada Gambar 1c.



Gambar 1 (a) Diagram alir penelitian, (b) Tampilan *generate forecast* pada CLIK APCC, (c) Ilustrasi pemilihan domain dan *cropping* data hasil prediksi GCM.

Penentuan Awal dan Lama Musim

Awal dan lama musim ditentukan berdasarkan metode yang diadaptasi dari IPCC (Bombardi and

Carvalho, 2008). Awalnya metode ini digunakan untuk mengetahui hujan musiman dengan menghitung nilai akumulasi curah hujan (Liebmann and Marengo, 2001).

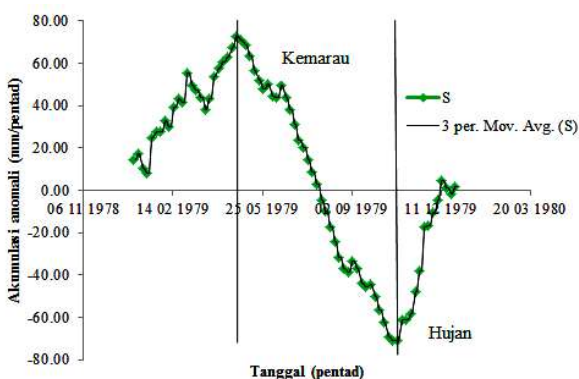
Kemudian metode tersebut direvisi dengan mempertimbangkan akumulasi anomali curah hujan harian untuk menentukan awal dan akhir musim hujan (Liebmann et al., 2007).

Untuk setiap grid, digunakan persamaan berikut dalam menduga awal musim kemarau, awal musim hujan, dan lama musim kemarau.

$$S(\text{pentad}) = \sum_{n=\text{pentad}0}^{\text{pentad}} (R(n) - \bar{R})$$

$R(n)$ adalah rata-rata curah hujan untuk pentad (lima harian) n (mm/day), dan \bar{R} adalah rata-rata tahunan klimatologis curah hujan harian.

Gambar 2 menunjukkan contoh penggunaan aplikasi berdasarkan rumus di atas untuk menduga awal musim kemarau, awal musim hujan, dan lama musim. Awal musim kemarau (hujan) didefinisikan sebagai pentad ketika akumulasi anomali mencapai nilai maksimum (minimum). Panjang atau lama musim kemarau (hujan) ialah pentad pada awal musim hujan (kemarau) dikurangi dengan pentad pada awal musim kemarau (hujan).



Gambar 2 Contoh aplikasi pendugaan awal musim kemarau, awal musim hujan, dan lama musim kemarau

Cluster Analysis

Cluster analysis merupakan teknik peubah ganda yang mempunyai tujuan untuk mengelompokkan objek-objek berdasarkan kemiripan karakteristik yang dimilikinya. Karakteristik objek-objek dalam suatu *cluster* memiliki tingkat kemiripan yang tinggi, sedangkan karakteristik antar objek antar *cluster* memiliki tingkat kemiripan yang rendah (Mattjik and Sumertajaya, 2011).

Cluster analysis dilakukan untuk mengelompokkan grid yang memiliki pola curah hujan bulanan yang sama menggunakan aplikasi perangkat lunak Minitab

15. Banyaknya kelompok ditentukan berdasarkan jarak antar data yaitu pembelokan pertama pada grafik hasil hubungan antara tingkat jarak dan jumlah kelompok dari hasil perhitungan. Teknik untuk mengukur jarak yaitu menggunakan metode Ward dengan ukuran jarak Euclidean, yang akan tampak lebih jelas pada dendrogram.

Model Prediksi Iklim

Model prediksi iklim dibuat menggunakan CPT (*Climate Predictability Tool*) yang dikembangkan oleh IRI. CPT merupakan suatu perangkat lunak berbasis Windows yang dapat digunakan untuk membangun dan mengembangkan model prediksi iklim musiman berdasarkan *Model Output Statistic* (MOS) (Mason 2008). Terdapat lima pilihan analisis yang bisa digunakan dalam CPT yaitu: *Canonical Correlation Analysis* (CCA), *Principal Components Regression* (PCR), *Multi Linear Regression* (MLR), *Global Model Output* (GCM), dan *Probabilistic Forecast Verification* (PFV). Namun dalam penelitian ini analisis yang digunakan ialah CCA.

CCA merupakan teknik statistika peubah ganda atau analisis multivariat yang digunakan untuk menentukan hubungan antara dua himpunan variabel (Mattjik and Sumertajaya, 2011). Satu himpunan merupakan himpunan variabel penduga (prediktor) sedang himpunan lainnya merupakan himpunan variabel respon (prediktan). Himpunan variabel penduga dalam penelitian ini ialah data hasil prediksi GCM yang terdiri dari 100 grid data anomali curah hujan SON sedangkan himpunan variabel respon ialah data awal musim hujan dan awal musim kemarau pada 21 grid di Kapuas.

Mattjik and Sumertajaya (2011) menjelaskan bahwa ide utama dari analisis CCA adalah mencari pasangan dari kombinasi linear yang memiliki korelasi terbesar. Pasangan dari kombinasi linear ini disebut fungsi/peubah kanonik dan korelasinya disebut korelasi kanonik. Penentuan fungsi kanonik bisa dilakukan dengan menggunakan matriks kovarian atau matriks korelasi. Fungsi kanonik inilah yang dapat digunakan untuk menentukan model persamaan regresi guna memprediksi awal musim kemarau dan awal musim hujan di Kapuas.

Evaluasi, Validasi, dan Verifikasi Model

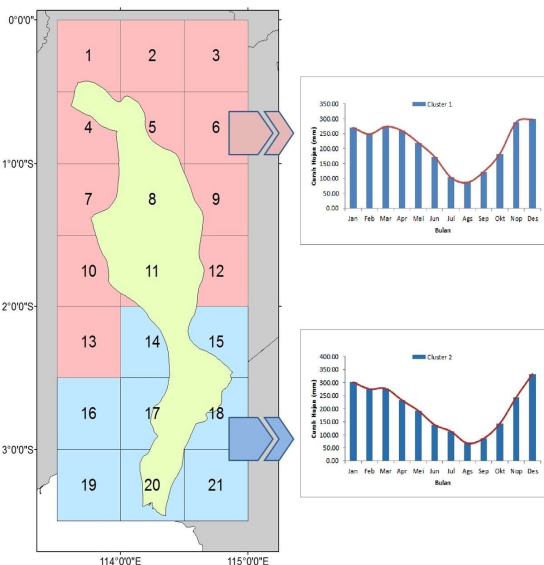
Evaluasi dan validasi model bertujuan melihat kehandalan dan kinerja model yang dihasilkan. Model seharusnya merupakan perwakilan yang valid dari realitas yang dikaji sehingga dapat dihasilkan kesimpulan yang meyakinkan. Evaluasi dan validasi model dilakukan dengan mengukur tingkat korelasi antara hasil prediksi dan observasi. Dalam hal ini,

korelasi yang digunakan ialah korelasi Pearson. Sementara itu, verifikasi bertujuan untuk melihat tingkat akurasi model dalam melakukan prediksi. Verifikasi dilakukan dengan memasukkan prediktor ke dalam model untuk tahun data yang tidak dilibatkan dalam *training* kemudian dibandingkan dengan data observasinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Wilayah Kajian

Kapuas merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Kalimantan Tengah dan secara geografis terletak di sekitar garis khatulistiwa yaitu pada 0° 8' 48" - 3° 27' 00" LS dan 113° 2' 36" - 114° 44' 00" BT yang meliputi area seluas 14.999 Km² atau 9,77% dari luas Provinsi Kalimantan Tengah (www.kapuaskab.go.id). Kapuas pada umumnya termasuk daerah beriklim tropis dan lembab dengan temperatur minimal 21-23°C dan maksimal mencapai 36 °C. Intensitas penyinaran matahari selalu tinggi dan sumber daya air yang cukup banyak sehingga menyebabkan tingginya penguapan yang menimbulkan awan aktif/tebal.

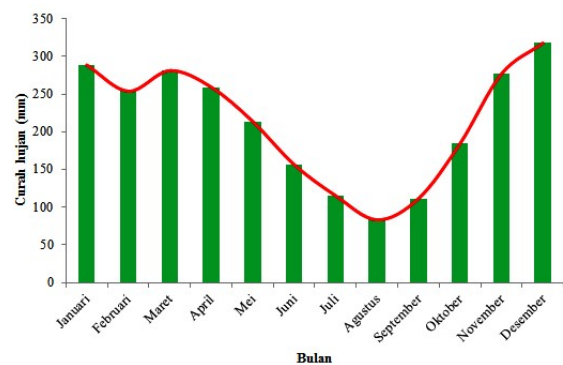


Gambar 3 Pola curah hujan di Kapuas berdasarkan hasil *cluster analysis* curah hujan bulanan

Pola curah hujan Kapuas bertipe monsunal (Aldrian and Dwi Susanto, 2003) sehingga terdapat perbedaan yang jelas antara musim kemarau dan musim hujan seperti terlihat pada Gambar 3. Puncak musim kemarau terjadi pada periode Juli-Agustus-September (JAS) dan puncak musim hujan terjadi pada periode November-Desember-Januari (NDJ). Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember dengan nilai curah hujan sebesar 318 mm, sedangkan curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus dengan nilai curah hujan sebesar 83 mm.

Deskripsi Awal Musim dan Lama Musim di Kapuas

Untuk memudahkan proses analisis awal dan lama musim di Kapuas, dilakukan *cluster analysis* berdasarkan pola curah hujan bulanan pada masing-masing grid di Kapuas. Hasil *cluster analysis* menunjukkan bahwa terdapat dua pola curah hujan di Kapuas (Gambar 4). Kedua *cluster* tersebut secara umum memiliki pola curah hujan yang sama yaitu pola curah hujan monsunal, hanya saja pada *cluster 1* (grid 1-13) puncak musim hujan terjadi pada NDJ sedangkan pada *cluster 2* (grid 14-21) puncak musim hujan terjadi pada DJF. Hal ini terjadi akibat adanya perbedaan letak geografis antara *cluster 1* dan 2.



Gambar 4 Rata-rata klimatologis bulanan curah hujan (1979-2012)

Hasil *cluster analysis* awal dan lama musim di Kapuas ditunjukkan oleh Gambar 5. Awal musim kemarau dan hujan pada *cluster 1* memiliki tren dan pola yang relatif sama. Awal musim kemarau terjadi yaitu pada kisaran pentad ke-25 (1-5 Mei) sedangkan awal musim hujan yaitu pada kisaran pentad ke-57 (8-12 Oktober) sehingga lamanya musim kemarau terjadi sekitar 160 hari.

Awal musim hujan memiliki tren yang relatif sama pada *cluster 2* selama 30 tahun, sedangkan awal musim kemarau memiliki tren yang semakin maju (terjadi lebih awal) sehingga musim kemarau pada *cluster 2* menjadi semakin lama, sebelumnya sekitar 160 hari menjadi sekitar 200 hari. Terjadinya awal musim kemarau pada *cluster 1* dan *cluster 2* memiliki perbedaan. Hal ini disebabkan masih terjadinya peningkatan curah hujan pada bulan Maret dan April pada *cluster 1* sehingga musim kemarau terjadi sekitar bulan Mei atau Juni. Pada *cluster 2*, curah hujan mengalami penurunan setelah mencapai puncaknya pada bulan Desember dan Januari sehingga musim kemarau terjadi pada bulan Maret atau April.

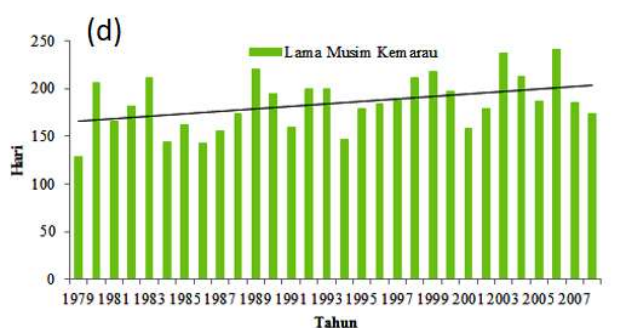
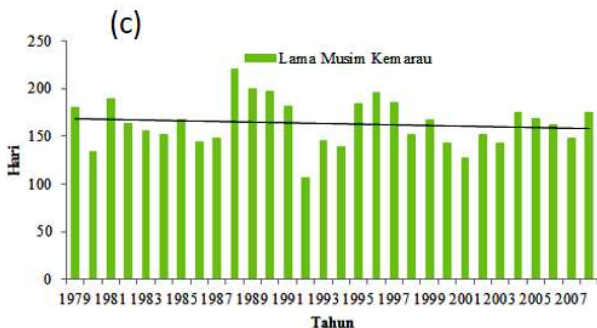
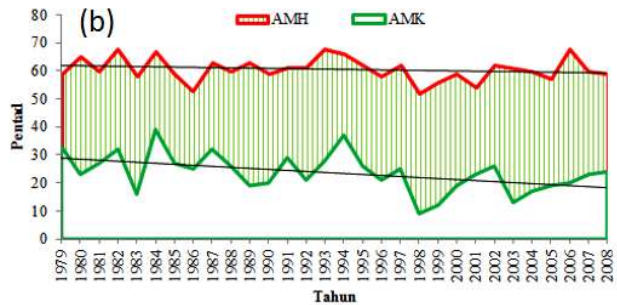
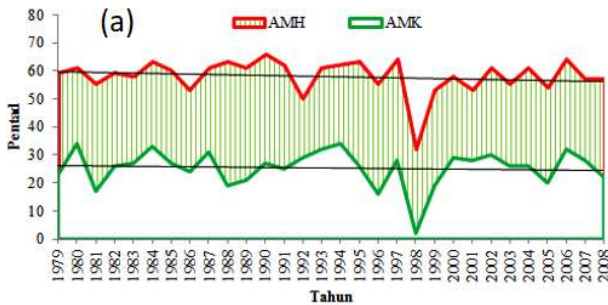
Model Prediksi Iklim Musiman Hasil CCA

Mode CCA optimum pada masing-masing model untuk awal musim hujan hanya berjumlah 1

mode kecuali pada model HMC yang mempunyai 2 mode optimum (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa mode 1 lebih berarti dibanding dengan mode yang lain karena memiliki nilai korelasi maksimum antara anomali curah hujan SON dan awal musim hujan di Kapuas. Mode 2 digunakan untuk menentukan korelasi maksimum yang tidak dihitung oleh mode 1.

Tabel 2 Hasil korelasi kanonik tiap model untuk awal musim hujan

Model	Periode <i>training</i> (tahun)	Jumlah mode CCA optimum	Korelasi kanonik			
			Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4
BCC	1983-2006	1	0.4646	0.2987	0.0372	0.1374
CWB	1981-2003	1	0.6187	0.7129	0.5448	0.4146
GDAPS_F	1979-2006	1	0.6693	0.5916	0.5509	0.1767
HMC	1976-2006	2	0.7159	0.3109	0.0569	0.1523
POAMA	1979-2004	1	0.8856	0.5110	0.2204	0.1867



Gambar 5 Pola awal musim kemarau dan hujan di Kapuas pada *cluster 1* (a) dan *cluster 2* (b) serta lama musim kemarau pada *cluster 1* (c) dan *cluster 2* (d)

Berdasarkan hasil CCA tiap model untuk awal musim hujan diperoleh beberapa model dengan korelasi lebih dari 0.5 pada mode 1 yaitu: model CWB, GDAPS_F, HMC, dan POAMA. Hal ini menunjukkan adanya hubungan yang cukup erat antara nilai anomali curah hujan SON dan awal musim hujan di Kapuas. Hanya model BCC yang memiliki nilai korelasi kanonik yang rendah dibandingkan keempat model lain dengan nilai korelasi sebesar 0.46 serta model HMC pada mode 2 dengan nilai korelasi sebesar 0.31. Dapat disimpulkan bahwa dari lima model yang digunakan, model HMC dan POAMA lebih baik dari pada model BCC, CWB, dan GDAPS_F karena memiliki nilai korelasi kanonik yang lebih tinggi (> 0.7).

Berdasarkan hasil CCA tiap model untuk awal musim kemarau (Tabel 3) diperoleh beberapa model dengan korelasi lebih dari 0.5 pada mode 1 yaitu: model BCC, CWB, GDAPS_F, dan POAMA. Hal ini menunjukkan adanya hubungan yang cukup erat antara nilai anomali curah hujan SON dan awal musim kemarau di Kapuas. Hanya model HMC yang memiliki nilai korelasi kanonik yang rendah dibandingkan keempat model lain dengan nilai korelasi sebesar 0.46 serta model POAMA, BCC, dan GDAPS_F pada mode 2 dengan nilai korelasi masing-masing sebesar 0.46, 0.42,

dan 0.27. Dapat disimpulkan bahwa dari lima model yang digunakan, model CWB dan POAMA lebih baik dari pada model BCC, GDAPS_F, dan HMC karena memiliki nilai korelasi kanonik yang lebih tinggi (> 0.7).

Tabel 3 Hasil CCA tiap model untuk awal musim kemarau

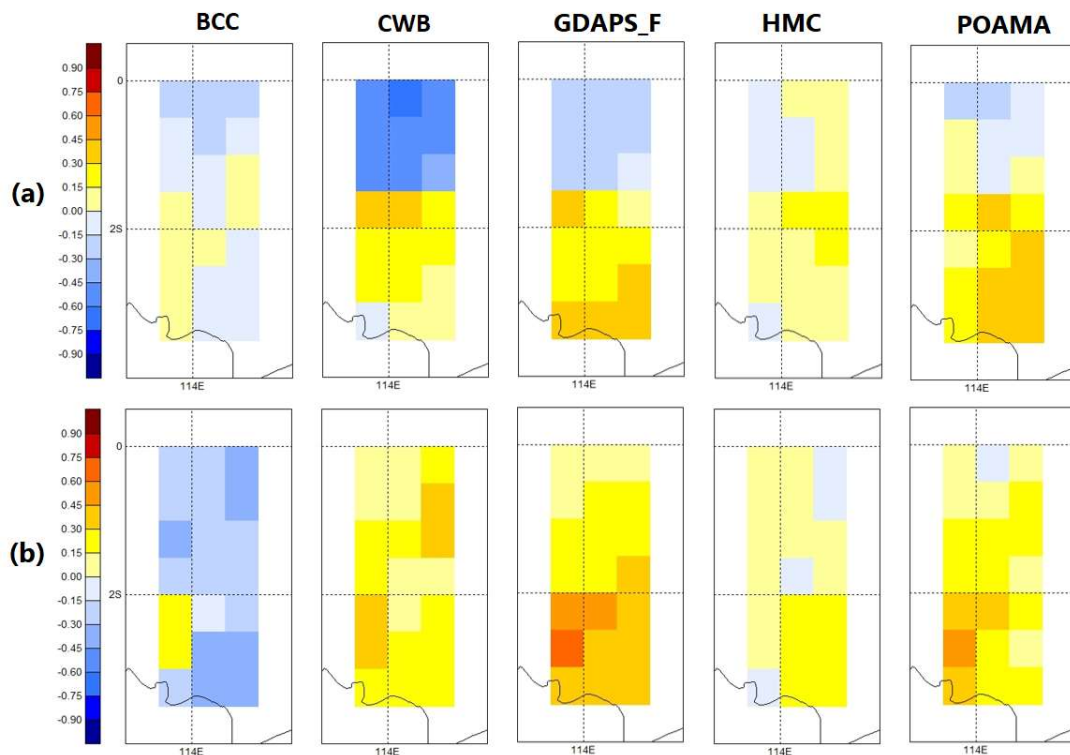
Model	Periode <i>training</i> (tahun)	Jumlah mode CCA optimum	Korelasi kanonik			
			Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4
BCC	1984-2007	2	0.5300	0.4159	0.5403	0.1906
CWB	1982-2004	1	0.7277	0.4384	0.3529	0.0515
GDAPS_F	1980-2007	2	0.6424	0.2659	0.3440	0.1416
HMC	1980-2007	1	0.4623	0.5127	0.3342	0.0699
POAMA	1980-2005	2	0.7587	0.4629	0.0641	0.3946

Evaluasi dan Validasi Model

Berdasarkan hasil evaluasi dan validasi model awal musim hujan (Gambar 6a), secara umum grid di bagian utara Kapuas memiliki tingkat korelasi yang kurang berarti (0.00-0.15), sedangkan grid di bagian barat *cluster 2* (grid 13 dan 16) tingkat korelasinya moderat (0.30-0.45), kuat (0.45-0.60), hingga sangat kuat (0.60-0.75). Selain itu, grid pada *cluster 2* memiliki tingkat korelasi yang lebih baik dari pada *cluster 1*. Model CWB, GDAPS_F, dan POAMA memiliki kinerja dan tingkat kehandalan model yang lebih baik dari pada model BCC dan HMC, hal ini menunjukkan bahwa ketiga model tersebut cukup valid untuk digunakan dalam memprediksi awal musim hujan di Kapuas.

Berdasarkan hasil evaluasi dan validasi model awal musim kemarau (Gambar 6b), secara umum model CWB, GDAPS_F, dan POAMA memiliki kinerja dan tingkat kehandalan model yang lebih baik dari pada model BCC dan HMC dengan tingkat korelasi antara

hasil prediksi awal musim kemarau dan observasi yang moderat (0.30-0.45). Hal ini menunjukkan bahwa model CWB, GDAPS_F, dan POAMA cukup valid untuk digunakan dalam memprediksi awal musim kemarau di Kapuas.



Gambar 6 Tingkat kehandalan model prediksi (a) awal musim hujan, dan (b) awal musim kemarau berdasarkan nilai korelasi antara hasil prediksi dan observasi pada berbagai model yang diuji

Verifikasi Model

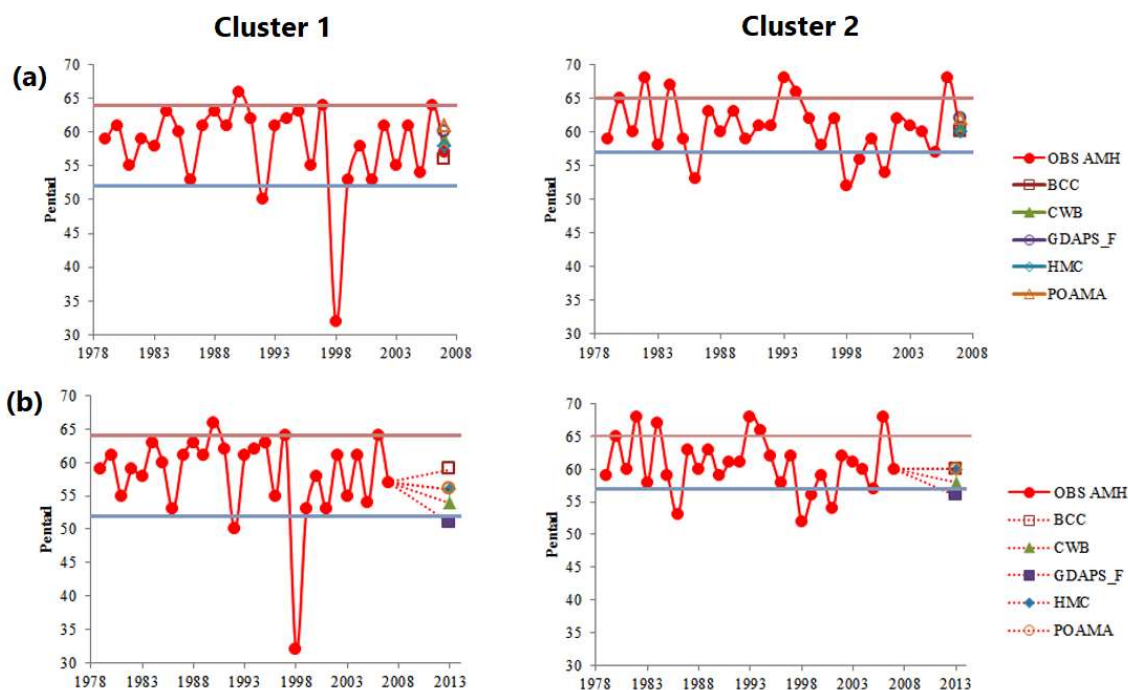
Hasil verifikasi model prediksi awal musim hujan pada tahun 2007 dengan observasi (Gambar 7a) menunjukkan bahwa pada *cluster 1* model BCC dan HMC lebih akurat dari pada model CWB, GDAPS_F dan POAMA. Model BCC memprediksi pada pentad ke-56 (3-7 Oktober) maju 1 pentad dari pada hasil observasi, sementara itu model HMC mundur 1 pentad, sedangkan model yang lain prediksinya mundur 2-4 pentad. Pada *cluster 2* masing-masing model memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam memprediksi awal musim hujan di Kapuas. Model BCC dan HMC memprediksi awal musim hujan tepat pada pentad ke-60 (23-27 Oktober), sedangkan model yang lain prediksinya mundur 1-2 pentad. Secara umum, hasil prediksi awal musim hujan tahun 2007 di Kapuas masih dalam kondisi normal.

Hasil verifikasi model prediksi awal musim kemarau pada tahun 2008 dengan observasi (Gambar 7a) pada *cluster 1* di Kapuas menunjukkan tingkat akurasi yang kurang baik. Hasil observasi menunjukkan bahwa awal musim kemarau terjadi pada pentad ke-22 (16-20 April), sedangkan hasil prediksi pada model POAMA, HMC, GDAPS_F, dan BCC masing-masing mundur 3-4 pentad, sementara itu model CWB mundur

sekitar 7 pentad. Pada *cluster 2*, masing-masing model memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam memprediksi awal musim kemarau di Kapuas, kecuali model CWB yang hasil prediksinya mundur 4 pentad dibanding hasil observasi. Secara umum, hasil prediksi awal musim kemarau tahun 2008 di Kapuas masih dalam kondisi normal.

Prediksi Iklim Musiman

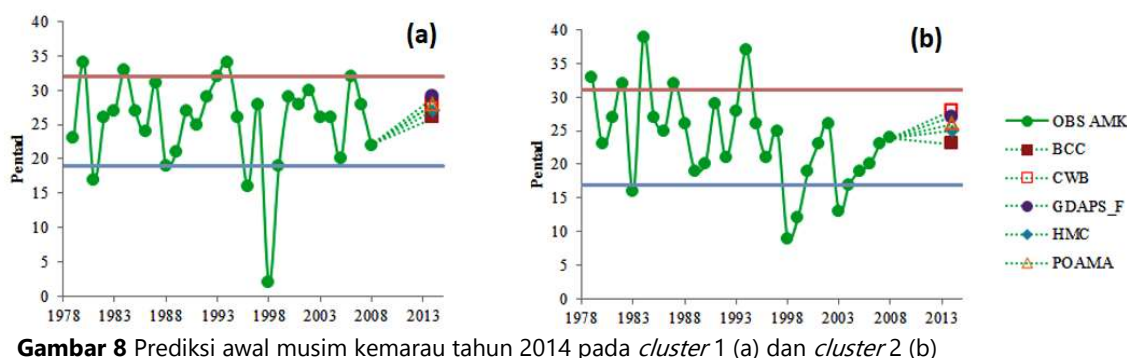
Hasil prediksi awal musim hujan tahun 2013 (Gambar 7b) menunjukkan bahwa terdapat 4 model yang memprediksi terjadinya awal musim hujan pada kondisi normal, 1 model yaitu model GDAPS_F memprediksi awal musim hujan terjadi pada kondisi di bawah normal. Pada *cluster 1* model GDAPS_F memprediksi awal musim hujan akan terjadi pada pentad ke-51 (8-12 September), model CWB pada pentad ke-54 (23-27 September), model HMC dan POAMA pada pentad ke-56 (3-7 Oktober), dan model HMC pada pentad ke-59 (18-22 Oktober). Hasil tersebut menunjukkan bahwa model memprediksi awal musim hujan yaitu pada tanggal 3-7 Oktober dengan selang prediksi antara tanggal 8 September sampai 22 Oktober.



Gambar 7 (a) Verifikasi hasil prediksi awal musim hujan tahun 2007 dengan data observasi dan (b) Prediksi awal musim hujan tahun 2013

Pada *cluster 2*, model GDAPS_F memprediksi awal musim hujan pada tahun 2013 akan terjadi pada pentad ke-56 (3-7 Oktober), sedangkan model CWB memprediksi pada pentad ke-58 (13-17 Oktober). Sementara itu, tiga model yang lain yaitu CWB, POAMA, dan BCC memprediksi awal musim hujan akan terjadi masing-masing pada pentad ke-60 (23-27 Oktober). Hasil tersebut menunjukkan bahwa prediksi awal musim hujan di *cluster 2* akan terjadi pada tanggal 23-27 Oktober dengan selang prediksi antara tanggal 3 Oktober sampai 27 Oktober.

Hasil prediksi awal musim kemarau tahun 2014 (Gambar 8) menunjukkan bahwa terjadinya awal musim kemarau secara umum masih pada kondisi normal. Pada *cluster 1* model BCC memprediksi awal musim kemarau akan terjadi pada pentad ke-26 (6-10 Mei), model HMC pada pentad ke-27(11-15 Mei), model CWB dan POAMA pada pentad ke-28 (16-20 Mei), sedangkan dan GDAPS_F memprediksi pada pentad ke-29 (21-25 Mei). Hasil ini menunjukkan model memprediksi awal musim kemarau yaitu pada tanggal 16-20 Mei dengan selang prediksi antara tanggal 6 sampai 25 Mei.



Gambar 8 Prediksi awal musim kemarau tahun 2014 pada *cluster 1* (a) dan *cluster 2* (b)

Pada *cluster 2*, model BCC memprediksi awal musim kemarau pada tahun 2014 akan terjadi pada pentad ke-23 (21-25 April), model HMC pada pentad ke-25 (1-5 Mei), POAMA pada pentad ke-26 (6-10 Mei), GDAPS_F pentad ke-27 (11-15 Mei), dan model CWB pada pentad ke-28 (16-20 Mei). Hasil ini menunjukkan bahwa prediksi awal musim kemarau di *cluster 2* terjadi pada kisaran tanggal 21 sampai 25 Maret.

Verifikasi Prediksi Tahun 2013

Hasil verifikasi prediksi awal musim hujan tahun 2013 dengan observasi menunjukkan bahwa model memprediksi awal musim hujan lebih awal (maju) dibanding hasil observasi, baik pada *cluster 1* maupun pada *cluster 2*. Pada *cluster 1* model BCC memprediksi awal musim hujan maju 2 pentad, model HMC dan POAMA maju 5 pentad, sedangkan model lain maju 7-

10 pentad. Pada *cluster* 2 model BCC, HMC, dan POAMA memprediksi awal musim hujan maju 2 pentad sedangkan model lain memprediksi 4-6 pentad. Secara umum hasil prediksi awal musim hujan tahun 2013 di Kapuas masih normal kecuali model GDAPS_F yang memprediksi pada kondisi di bawah normal.

KESIMPULAN

Model prediksi iklim musiman dibangun dan dikembangkan menggunakan metode CCA berdasarkan hubungan antara data grid anomali curah hujan SON hasil prediksi GCM dan awal musim hujan/kemarau di Kapuas. Untuk model prediksi awal musim hujan, model HMC dan POAMA lebih baik dari pada model BCC, CWB, dan GDAPS_F karena memiliki nilai korelasi kanonik yang lebih tinggi ($r \geq 0.7$). Sedangkan untuk model prediksi awal musim kemarau, model CWB dan POAMA menunjukkan nilai korelasi kanonik yang lebih baik ($r \geq 0.7$) dari pada model BCC, GDAPS_F, dan HMC.

Model CWB, GDAPS_F, dan POAMA memiliki kinerja dan tingkat kehandalan yang lebih baik dari pada model BCC dan HMC dalam memprediksi awal musim hujan dan kemarau di Kapuas dengan tingkat korelasi yang moderat (0.30-0.45) hingga sangat kuat (0.60-0.75). Sementara itu, *cluster* 2 memiliki tingkat akurasi model yang lebih baik dalam memprediksi awal musim hujan dan kemarau dibanding pada *cluster* 1 di Kapuas. Hal ini disebabkan adanya pengaruh lokal yang dominan akibat faktor topografi pada curah hujan *cluster* 1 sehingga kemungkinan terjadi hujan orografis.

Hasil prediksi awal musim hujan tahun 2013 pada *cluster* 1 terjadi pada rentang tanggal 8 September sampai 22 Oktober, sedangkan di *cluster* 2 terjadi pada rentang tanggal 3 Oktober sampai 27 Oktober. Sementara itu, hasil prediksi awal musim kemarau tahun 2014 di *cluster* 1 terjadi pada kisaran tanggal 6 sampai 25 Mei, sedangkan di *cluster* 2 terjadi pada kisaran tanggal 21 sampai 25 Maret.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E., Dwi Susanto, R., 2003. Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology* 23, 1435–1452. <https://doi.org/10.1002/joc.950>
- Bombardi, R.J., Carvalho, L.M.V., 2008. IPCC global coupled model simulations of the South America monsoon system. *Climate Dynamics* 33, 893. <https://doi.org/10.1007/s00382-008-0488-1>
- Buizer, J., Jacobs, K., Cash, D., 2016. Making short-term climate forecasts useful: Linking science and action. *Proc Natl Acad Sci USA* 113, 4597. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900518107>
- Chen, M., Shi, W., Xie, P., Silva, V.B.S., Kousky, V.E., Wayne Higgins, R., Janowiak, J.E., 2008. Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 113. <https://doi.org/10.1029/2007JD009132>
- Chen, Y., Morton, D.C., Andela, N., Giglio, L., Randerson, J.T., 2016. How much global burned area can be forecast on seasonal time scales using sea surface temperatures? *Environmental Research Letters* 11, 045001.
- Conway, D., van Garderen, E.A., Deryng, D., Dorling, S., Krueger, T., Landman, W., Lankford, B., Lebek, K., Osborn, T., Ringler, C., Thurlow, J., Zhu, T., Dalin, C., 2015. Climate and southern Africa's water–energy–food nexus. *Nature Climate Change* 5, 837.
- Haigh, T., Takle, E., Andresen, J., Widhalm, M., Carlton, J.S., Angel, J., 2015. Mapping the decision points and climate information use of agricultural producers across the U.S. Corn Belt. *Climate Risk Management* 7, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2015.01.004>
- Liebmann, B., Camargo, S.J., Seth, A., Marengo, J.A., Carvalho, L.M.V., Allured, D., Fu, R., Vera, C.S., 2007. Onset and End of the Rainy Season in South America in Observations and the ECHAM 4.5 Atmospheric General Circulation Model. *J. Climate* 20, 2037–2050. <https://doi.org/10.1175/JCLI4122.1>
- Liebmann, B., Marengo, J., 2001. Interannual Variability of the Rainy Season and Rainfall in the Brazilian Amazon Basin. *J. Climate* 14, 4308–4318. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<4308:IVOTRS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<4308:IVOTRS>2.0.CO;2)
- Mattjik, A., Sumertajaya, I., 2011. Sidik Peubah Ganda dengan Menggunakan SAS. Departemen Statistika, IPB, Bogor.
- Ratna, S., Ratnam JV, Behera SK, Tangang FT, Yamagata T, 2017. Validation of the WRF regional climate model over the subregions of Southeast Asia: climatology and interannual variability. *Clim Res* 71, 263–280.
- Someshwar, M., Boer, R., Conrad, E., 2010. Managing Peatland Fire Risk in Central Kalimantan, Indonesia.
- Sutikno, 2008. Statistical downscaling luaran GCM dan pemanfaatannya untuk peramalam produksi padi. IPB, Bogor.

- Swarinoto, Y., 2010. EVALUASI KEHANDALAN SIMULASI INFORMASI PRAKIRAAN IKLIM MUSIMAN MENGGUNAKAN METODE ROC (KASUS ZOM 126 DENPASAR). *Jurnal Meterorologi dan Geofisika* 11, 120–130.
- Swarinoto, Y., Makmur, E., 2010. Simulasi prediksi probabilitas awal musim hujan dan panjang musim hujan di ZOM 126 Denpasar. *Jurnal Meterorologi dan Geofisika* 11, 1–13.
- Taufik, M., Torfs, P.J.J.F., Uijlenhoet, R., Jones, P.D., Murdiyarso, D., Van Lanen, H.A.J., 2017. Amplification of wildfire area burnt by hydrological drought in the humid tropics. *Nature Climate Change* 7, 428.
- Troccoli, A., 2010. Seasonal climate forecasting. *Meteorological Applications* 17, 251–268. <https://doi.org/10.1002/met.184>
- Wang, B., Lee, J.-Y., Xiang, B., 2015. Asian summer monsoon rainfall predictability: a predictable mode analysis. *Climate Dynamics* 44, 61–74. <https://doi.org/10.1007/s00382-014-2218-1>
- Wigena, A., 2006. Pemodelan statistical downscaling dengan regresi projection pursuit untuk peramalan curah hujan bulanan (kasus: curah hujan bulanan di Indramayu). IPB, Bogor.
- Xie, P., Chen, M., Yang, S., Yatagai, A., Hayasaka, T., Fukushima, Y., Liu, C., 2007. A Gauge-Based Analysis of Daily Precipitation over East Asia. *J. Hydrometeor.* 8, 607–626. <https://doi.org/10.1175/JHM583.1>
- Yanto, Rajagopalan, B., Zagana, E., 2016. Space–time variability of Indonesian rainfall at inter-annual and multi-decadal time scales. *Climate Dynamics* 47, 2975–2989. <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3008-8>