

KRITERIA AWAL MUSIM TANAM: TINJAUAN PREDIKSI WAKTU TANAM PADI DI INDONESIA

Onset of Planting Season Criteria: Review of Planting Time Prediction for Rice in Indonesia

Elza Surmaini dan Haris Syahbuddin

Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
Jalan Tentara Pelajar No. 1A, Bogor 16111, Indonesia
Telp. (0251) 8312760, Faks. (0251) 8323909

E-mail: e_surmaini@yahoo.com, balitklimat@litbang.pertanian.go.id

Diterima: 21 September 2015; Direvisi: 1 April 2016; Disetujui: 14 April 2016

ABSTRAK

Keragaman curah hujan yang tinggi secara spasial dan temporal akibat variabilitas iklim berpengaruh nyata terhadap produktivitas tanaman. Salah satu upaya yang efektif dan murah untuk menekan risiko terkait keragaman dan iklim ekstrem adalah menyesuaikan waktu tanam. Kriteria yang umum digunakan untuk menentukan awal musim tanam padi di Indonesia adalah awal musim hujan (MH), yaitu jika jumlah curah hujan ≥ 50 mm dalam tiga dasarian berturut-turut. Kriteria lain yang disarankan para pakar adalah jumlah curah hujan selama beberapa hari berturut-turut, yang tidak diikuti oleh beberapa hari kering berturut-turut dalam periode setelahnya. Namun, jumlah hari hujan dan hari kering berturut-turut bervariasi. Sistem informasi untuk penentuan waktu tanam padi di Indonesia adalah Kalender Tanam (Katam). Katam memberikan informasi estimasi awal waktu tanam, potensi luas tanam, rotasi tanaman, dan intensitas tanam pada tingkat kecamatan untuk setiap musim selama satu tahun. Penentuan waktu tanam pada Katam berdasarkan kriteria awal MH. Namun, pertumbuhan tanaman tidak hanya ditentukan oleh curah hujan pada waktu tanam, tetapi juga jumlah dan distribusi hujan selama periode tanam. Oleh karena itu, penentuan waktu tanam perlu pula mempertimbangkan distribusi curah hujan selama musim tanam. Kendala penerapan kriteria tersebut adalah belum tersedianya prediksi curah hujan harian 1–2 bulan ke depan yang diinformasikan 1–2 sebelumnya. Namun, dengan menggunakan *Global Circulation Model*, prediksi curah hujan harian pada musim tanam yang akan datang dapat diberikan tepat waktu.

Kata kunci: Padi, waktu tanam, kalender tanam, prediksi musim, awal musim tanam

ABSTRACT

The high spatial and temporal variability of rainfall due to climate variabilities may be considered as the most important factor affecting agricultural productivity. The common criteria on used to determine the onset of rice planting season in Indonesia is the beginning of rainy season, which is the amount of rainfall ≥ 50 mm in three consecutive decades (10 days). Another criterion suggested by experts is the amount of rainfalls for several consecutive days, without the occurrence of several consecutive dry days within the following 30 days. One of the alternative efforts with very cost-

efficient way to minimize the impact of extreme climate event and climate variability is adjusting the planting date. However, there is still no consensus among experts regarding the number of dry days and wet days to determine the best criteria for the beginning of growing season. Planting time adjustment, especially for rice in Indonesia has been initiated since 2007 by developing the cropping calendar, known as "KATAM". The cropping calendar provides a guidance for estimating planting date, potential planting areas, crop rotation and planting intensity at a sub-district level for planting seasons in a year. Adjustment of planting time in KATAM is based on the onset of rainy season as defined by BKMKG. However, plant growth is not only determined by the amount of rainfalls at planting time, but also by the amount and distribution of rainfalls for the next growing period. The obstacle for this kind of information is the unavailable prediction of daily rainfall distribution for the following 1–2 months that should be informed 1–2 months in advance. Fortunately, by using Global Circulation Model, prediction of daily rainfall distribution in the coming planting season may be provided in the right time.

Keywords: Rice, planting date, cropping calendar, seasonal prediction, onset of growing season

PENDAHULUAN

Beras merupakan makanan pokok bagi sebagian besar penduduk Indonesia sehingga kebijakan pembangunan pertanian difokuskan pada upaya mencapai kemandirian pangan, terutama beras. Namun, upaya tersebut menghadapi berbagai kendala seperti meningkatnya laju konversi lahan pertanian dan melambatnya pencetakan lahan pertanian baru (Agus *et al.* 2006). Di lain pihak, meski teknologi pertanian berkembang pesat, penerapannya di tingkat petani berjalan lambat sehingga peningkatan produktivitas padi rata-rata hanya di bawah 1% atau 54 kg/ha/tahun (Agus 2007). Kendala lain adalah penurunan kualitas irigasi akibat degradasi jaringan irigasi (Sumaryanto 2006). Sekitar 60,41% lahan sawah merupakan sawah irigasi (BPS 2013), namun hanya lahan irigasi kelas satu yang sumber airnya terjamin. Kondisi jaringan irigasi yang kurang

optimal ini menyebabkan ketersediaan air irigasi sering kali mengandalkan hujan atau bergantung pada iklim.

Ketergantungan sistem pertanian pada iklim menyebabkan variabilitas iklim yang tinggi akhir-akhir ini menjadi salah satu kendala dalam mencapai kemandirian pangan. Pada wilayah dengan hujan pola monsun seperti wilayah Indonesia bagian selatan ekuator, kondisi kering sering kali berhubungan dengan kejadian El Niño dan sebaliknya kondisi basah berasosiasi dengan La Niña. Menurut Boer *et al.* (2014), di antara tiga komoditas pangan utama (padi, jagung, dan kedelai), padi paling rentan terhadap kejadian iklim ekstrem yang berasosiasi dengan El Niño, sedangkan pengaruhnya terhadap jagung dan kedelai tidak konsisten. Data Kementerian Pertanian menunjukkan bahwa luas pertanaman padi yang rusak akibat kekeringan mencapai 870 ribu ha, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kerusakan akibat banjir dan serangan organisme pengganggu tanaman (Surmaini *et al.* 2015a).

Kemandirian pangan dapat tercapai apabila seluruh kendala secara simultan dapat diatasi melalui berbagai upaya, antara lain perbaikan irigasi, ekstensifikasi lahan sawah, percepatan aplikasi teknologi di tingkat petani, dan penyesuaian waktu tanam. Di antara berbagai upaya tersebut, penyesuaian waktu tanam merupakan cara yang paling murah dan efisien untuk meningkatkan produktivitas tanaman (Laux *et al.* 2010). Dengan penyesuaian waktu tanam dan pemilihan komoditas, kondisi iklim pada awal dan selama musim tanam sudah dipertimbangkan untuk menghindari gagal tanam dan gagal panen akibat kekeringan atau banjir. Begitu pula pemberian irigasi suplemen dengan menggunakan pompa yang memerlukan biaya tambahan dapat diminimalkan. Oleh karena itu, adaptasi usaha tani terhadap variabilitas dan perubahan iklim seharusnya dianggap sebagai sekeping *puzzle* penting dalam meningkatkan ketahanan pangan yang tidak dapat digantikan dengan upaya lain, seperti pengembangan varietas tahan hama dan penyakit, toleran kekeringan, berumur pendek, dan potensi hasil tinggi.

Untuk mengetahui awal musim tanam di suatu daerah selama setahun, pemerintah mengembangkan kalender tanam untuk memberikan rekomendasi waktu tanam dan berbagai informasi pendukung lainnya. Informasi awal musim hujan (MH) yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan dasar dalam menentukan rekomendasi waktu tanam. BMKG menetapkan awal MH sebagai kejadian tiga kali dasarian hujan ≥ 50 mm berurutan sehingga awal musim hujan adalah dasarian pertama di mana hujan ≥ 50 mm. Prediksi waktu tanam yang akurat untuk 2–3 bulan sebelum waktu tanam diperlukan sehingga tersedia waktu yang cukup bagi pengambil kebijakan dan petani untuk menyusun manajemen produksi usaha tani padi yang menguntungkan pada musim tanam yang akan datang.

Awal MH menjadi penanda bagi petani tradisional untuk memulai mengolah tanah, terutama pada lahan

sawah tadah hujan. Demikian pula pada sawah irigasi, ketersediaan dan pasokan air irigasi juga terkait dengan penentuan awal musim tanam (Runtunuwu dan Syahbuddin 2011). Informasi prediksi awal MH sangat penting untuk persiapan lahan, distribusi benih, tenaga kerja, dan sarana pertanian sehingga dapat mengurangi risiko penanaman yang terlalu awal atau terlalu lambat (Omotosho *et al.* 2000). Namun, selain awal MH, faktor penting yang memengaruhi pertumbuhan tanaman adalah panjang maksimum deret hari kering atau hari tanpa hujan. Saat ini informasi tersebut belum menjadi pertimbangan dalam menentukan waktu tanam. Jika terjadi hari tanpa hujan yang relatif panjang setelah tanam maka luas tanam padi yang mengalami gagal tanam menjadi tinggi. Tulisan ini membahas kalender tanam di berbagai negara, kriteria yang digunakan dalam menentukan awal MH, waktu tanam, serta gagasan kriteria penentuan waktu tanam dan metode prediksi waktu tanam padi di Indonesia.

KALENDER TANAM

Dalam beberapa dekade mendatang, berbagai negara akan menghadapi tantangan untuk terus meningkatkan produksi pangan seiring dengan pertumbuhan penduduk dan meningkatnya konversi lahan sawah yang tidak mampu diimbangi oleh pencetakan sawah baru (Irawan 2005). Tantangan tersebut semakin berat dengan kondisi iklim yang tidak menentu sehingga produktivitas lahan tidak optimal. Perubahan iklim menyebabkan awal musim hujan dan kemarau menjadi tidak teratur serta intensitas dan frekuensi kejadian iklim ekstrem seperti banjir, kekeringan dan serangan OPT meningkat sehingga mengakibatkan gagal tanam dan gagal panen (Boer *et al.* 2007). Menurut Kucharik (2006), waktu tanam dapat berubah sepanjang waktu karena perubahan iklim maupun perubahan teknologi dan sosial ekonomi.

Salah satu strategi untuk mengantisipasi ketidakpastian awal musim dan kejadian iklim ekstrem adalah dengan menyesuaikan waktu tanam (Lauer *et al.* 1999). Untuk mengatur waktu tanam dan panen, berbagai negara menggunakan kalender tanam (Sacks *et al.* 2010; AMIS 2012). Kalender tanam merupakan alat bantu bagi petani dan penyuluh untuk mengambil keputusan dalam menentukan waktu tanam, penyiapan benih, pengolahan lahan, kebutuhan tenaga kerja, dan mengatur penggunaan alat mesin untuk pengolahan lahan dan panen.

Kalender Tanam di Berbagai Negara

Hampir setiap negara menggunakan kalender tanam untuk memberikan informasi kepada petani dalam menentukan waktu tanam dan panen (AMIS 2012). Kalender tanam umumnya disusun dalam bentuk tabel dengan beberapa jenis tanaman dan informasi tanam, fase pertumbuhan tanaman, dan waktu panen. Informasi kalender tanam juga

disediakan oleh berbagai lembaga seperti Badan Pangan Dunia (FAO), United State Department of Agriculture (USDA), *The Agricultural Market Information System* (AMIS), dan beberapa lembaga lainnya. Informasi yang diberikan beragam berdasarkan wilayah, komoditas, dan resolusinya. USDA menyediakan informasi kalender tanam untuk berbagai negara (USDA-Foreign Agriculture Service/FAS) dan seluruh negara bagian di Amerika Serikat (USDA-National Agriculture Statistic Service/NASS) (USDA-FAS 2016). India Meteorology Department-Agricultural Meteorology Division menyusun kalender tanam resolusi tinggi untuk tingkat kabupaten di India (IMD-AGRIMET 2016). Berbagai lembaga internasional dan lokal juga membangun model kalender tanam untuk berbagai jenis komoditas di beberapa negara (Tabel 1).

FAO menyediakan kalender tanam bagi lebih dari 130 jenis tanaman pada 283 zona agro-ekologi di 44 negara di Afrika (<http://www.fao.org/agriculture/seed/crop/calendar/welcome.do>). FAO juga mengembangkan kalender tanam skala nasional untuk berbagai negara dan jenis tanaman pada lahan irigasi dengan menggunakan program AQUASTAT (http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use_agr/index2.stm). Kalender tanam ini dibangun menggunakan data luas panen berbagai jenis tanaman pada lahan irigasi. Data tersebut dikonversi menjadi kalender tanam irigasi yang memuat informasi indeks pertanaman (IP) bulanan. IP merupakan rasio antara luas panen pada lahan irigasi dengan luas lahan irigasi.

Negara yang tergabung dalam G-20 membangun AMIS untuk memperkuat kerja sama dan dialog di antara negara pengekspor dan pengimpor pangan. AMIS mengeluarkan kalender tanam untuk mendorong transparansi pemasaran dan mengoordinasikan kebijakan yang terkait dengan ketidakpastian pasar, terutama untuk komoditas gandum, padi, jagung, dan kedelai. Dengan kalender tanam dapat diketahui waktu panen komoditas pangan di berbagai negara sehingga distribusi stok pangan dapat diketahui.

USDA juga menyusun kalender tanam untuk berbagai negara, termasuk Indonesia dan setiap negara bagian di Amerika Serikat. Kalender tanam ini memuat informasi tentang waktu tanam, periode tanam, dan waktu panen untuk berbagai komoditas. Contoh kalender tanam untuk berbagai negara, yang memberikan informasi tentang komoditas tanaman sereal dan biji-bijian seperti gandum, barley, jagung, dan padi dapat diakses melalui <http://fas.usda.gov/pecad/pecad.html>.

Kalender Tanam di Indonesia

Salah satu upaya adaptasi yang paling jitu dalam menghadapi dampak perubahan iklim seperti kondisi iklim yang tidak menentu dan pergeseran musim adalah melakukan penetapan pola tanam dan kalender tanam dengan mempertimbangkan kondisi iklim (Runtunuwu *et al.* 2013). Oleh karena itu, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan), Kementerian Pertanian menyusun atlas kalender tanam yang didasarkan pada prakiraan musim dan aktivitas petani. Atlas kalender tanam terpadu disusun sesederhana mungkin agar mudah dipahami oleh penyuluh, petugas dinas pertanian, kelompok tani, dan petani dalam mengatur waktu dan pola tanam sesuai dengan dinamika iklim. Atlas kalender tanam merupakan panduan yang memuat informasi estimasi awal waktu tanam, potensi luas tanam, rotasi tanaman, dan intensitas tanam masing-masing kecamatan untuk setiap musim selama satu tahun (Runtunuwu dan Syahbuddin 2011).

Menurut Runtunuwu dan Syahbuddin (2011), keunggulan atlas kalender tanam adalah 1) dinamis karena disusun berdasarkan beberapa kondisi iklim, 2) operasional pada skala kecamatan, 3) spesifik lokasi atau mempertimbangkan kondisi sumber daya iklim dan air setempat, dan 4) mudah dipahami oleh pengguna karena disusun secara spasial dan tabular dengan uraian yang

Tabel 1. Sumber informasi kalender tanam untuk berbagai negara di dunia.

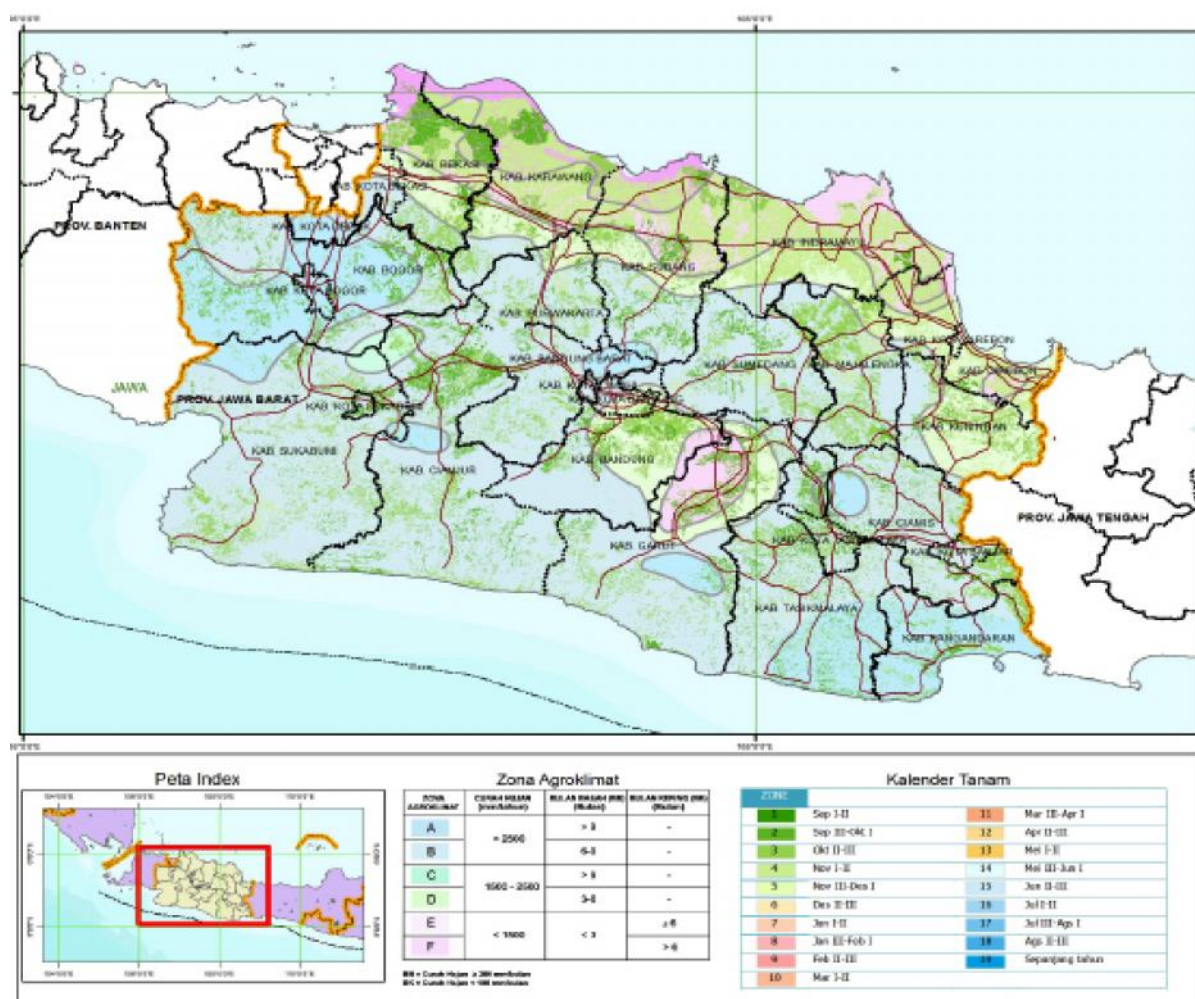
Referensi	Tingkat kedetailan
FAO (2015)	Berbagai negara berkembang, terutama di Afrika. Sebagian besar tingkat nasional, namun beberapa negara besar dibagi menjadi 2 atau 3 wilayah.
USDA (2016)	Berbagai negara di Eropa, Asia, dan Amerika Utara. Sebagian besar tingkat nasional, namun beberapa negara besar dibagi menjadi 2 atau 3 wilayah.
USDA-FAS (2016)	Resolusi tinggi berbasis nasional untuk berbagai negara Amerika Utara, Amerika Tengah, Amerika Selatan, Eropa, Timur Tengah, Asia Selatan, Asia, negara-negara bekas Uni Soviet, Afrika dan Australia
USDA-NASS (1997)	Resolusi tinggi untuk semua negara bagian untuk Amerika Serikat
IMD-AGRIMET (2016)	Resolusi sangat tinggi untuk tingkat kabupaten di India
AMIS (2012)	Berbasis nasional untuk 12 negara anggota AMIS, yaitu Australia, Argentina, Brasil, Kanada, Tiongkok, Indonesia, Mesir, Uni Eropa, Jepang, Kazakhstan, Vietnam, Meksiko, Nigeria, Filipina, Korea, Rusia, Saudi Arabia, dan Afrika Selatan untuk gandum, padi, jagung, dan kedelai
Badan Litbang Pertanian (2013)	Resolusi sangat tinggi untuk tingkat kecamatan di Indonesia

jelas. Potensi awal waktu tanam merupakan estimasi yang mungkin terjadi berdasarkan analisis ketersediaan air (Syahbuddin *et al.* 2013).

Informasi kalender tanam diberikan dalam format diagram batang atau peta sederhana. Balitbangtan telah menyusun sistem informasi kalender tanam dengan resolusi tinggi pada tingkat kecamatan. Karena pengguna juga memerlukan informasi lain sebelum musim tanam, pada kalender tanam juga diberikan rekomendasi dosis dan jenis pupuk, varietas, ketersediaan alat dan mesin pertanian, serta peta rawan bencana banjir, kekeringan, dan potensi serangan OPT. Dengan berbagai informasi tersebut, atlas kalender tanam berubah menjadi sistem informasi kalender tanam terpadu modern. Agar penyebaran informasi lebih cepat dan efisien ke seluruh Indonesia, informasi tersebut dikemas dalam bentuk perangkat lunak berbasis *website* (Runtunuwu *et al.* 2013). Informasi prediksi waktu tanam dan rekomendasi lainnya secara rutin diperbaharui 2 bulan sebelum musim tanam pada musim hujan dan musim kemarau pada bulan Maret dan Agustus. Contoh tampilan Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu disajikan pada Gambar 1.

Penyusunan kalender tanam dimulai sejak tahun 2007 dan telah dilakukan verifikasi dan validasi untuk mengetahui akurasi. Verifikasi dilakukan dengan membandingkan rekomendasi kalender tanam dengan kondisi riil di lapangan. Hasil verifikasi menunjukkan seberapa besar informasi yang sesuai dengan rekomendasi. Validasi dilakukan dengan membandingkan produktivitas berdasarkan rekomendasi kalender tanam dengan praktik budidaya cara petani. Hasil verifikasi waktu tanam oleh Pramudia *et al.* (2013) pada 179 kecamatan di Jawa Tengah menunjukkan 28% (50 kecamatan) sama dengan rekomendasi, 45% (80 kecamatan) mundur 1–2 dasarian, 21% (37 kecamatan) mundur 3–4 dasarian, dan sisanya 6% (12 kecamatan) mundur lebih dari 5 dasarian. Validasi di beberapa provinsi dan kecamatan menunjukkan bahwa produktivitas yang dihasilkan dengan menggunakan teknologi budi daya (waktu tanam, dosis dan jenis pupuk, dan varietas) yang direkomendasikan oleh kalender tanam lebih tinggi daripada teknologi petani (Tabel 2).

Dalam pengembangannya, secara bertahap terdapat inovasi dalam aspek substansi maupun sistem informasi-



Gambar 1. Peta kalender tanam padi sawah di Provinsi Jawa Barat untuk musim tanam MH 2015/2016 (www.katam.litbang.pertanian.go.id).

Tabel 2. Hasil validasi kalender tanam untuk padi, jagung, dan kedelai di beberapa kabupaten.

Provinsi	Kabupaten	Hasil (t/ha)					
		Padi		Jagung		Kedelai	
		Petani	KATAM	Petani	KATAM	Petani	KATAM
Sumatera Utara	Langkat	5,3	7,0	-	-	-	-
	Sergai	5,0	7,2	-	-	1,7	1,9
	Tapanuli Tengah	5,7	8,8	-	-	-	-
Sulawesi Barat	Mamuju	5,0	7,7	-	-	-	-
	Polewali Mandar	5,6	9,0	4,0	4,7	-	-
Jawa Tengah	Batang	7,3	8,9	-	-	-	-
	Temanggung	6,6	7,4	-	-	-	-
	Kendal	5,8	5,9	-	-	-	-
Yogyakarta	Gunungkidul	4,0	6,5	-	-	1,7	2,1
Jawa Barat	Kuningan	6,2	8,5	-	-	-	-
Sulawesi Tengah	Konawe	4,0	6,5	-	-	-	-
Jambi	Kota Sungai Penuh	6,5	8,0	-	-	-	-
NTT	Kupang	5,0	8,0	-	-	-	-
Sumatera Selatan	Ogan Ilir	6,8	8,2	-	-	-	-
		5,6	7,7	-	-	-	-

Sumber: <http://katam.litbang.pertanian.go.id/main.aspx>.

nya. Namun berdasarkan analisis yang dilakukan perlu dipahami inputnya, terutama informasi prediksi yang digunakan untuk menentukan waktu tanam.

METODE PENENTUAN AWAL MUSIM TANAM

Salah satu indikator yang digunakan dalam menentukan waktu tanam adalah awal musim hujan. Terdapat berbagai metode untuk menentukan awal musim hujan, namun belum ada kesepakatan di antara pakar mengenai metode yang paling akurat.

Penentuan Awal Musim Hujan

Dalam menentukan awal musim hujan (MH), terdapat kriteria yang berbeda dan masih menjadi kontroversi di antara para ahli (Wang *et al.* 2004). Secara garis besar setidaknya terdapat lima metode yang digunakan untuk menentukan awal MH, yaitu berdasarkan 1) data angin, 2) data *outgoing longwave radiation* (OLR), 3) kombinasi data angin dan OLR, 4) data curah hujan harian, dan 5) kombinasi data curah hujan dan angin.

Penentuan awal MH berdasarkan data angin baratan merupakan indikator yang banyak digunakan. Orgill (1967) dan Bao (1987) mendefinisikan awal MH berdasarkan pergerakan angin baratan pada lapisan bawah troposfir ke arah utara. Davidson *et al.* (1983) menggunakan definisi yang sama dengan menambahkan peningkatan aktivitas konvektif selama lima hari setelah terjadinya perubahan gradien angin tersebut. Peneliti lain mendefinisikan awal MH jika terjadi peningkatan secara tiba-tiba angin baratan (Mukarami dan Sumi 1982; Holland

1986; Chang dan Tan 1988; Lau 1988; 1992; Drosowsky 1996).

Kousky (1988) menggunakan data OLR untuk menentukan awal MH dengan menggunakan data rata-rata lima harian (pentad) OLR dengan nilai 240 w/m². Awal MH didefinisikan jika 10 dari 12 pentad sebelumnya memiliki nilai OLR > 240 w/m², dan 10 dari 12 pentad sesudahnya mempunyai nilai OLR < 240 w/m². Horel *et al.* (1989) juga menggunakan data OLR lima harian untuk mendefinisikan *fractional longwave radiance* (FLR). FLR adalah fraksi jumlah grid dalam kotak 10° x 10° yang mempunyai OLR < 240 w/m². Awal/akhir MH didefinisikan sebagai lima hari pertama dari periode nilai maksimum FLR di dalam atau di luar kotak dalam periode sekurang-kurangnya 25 hari. Menurut Liebmann *et al.* (1998), di Amazon, Brasil, OLR cukup baik digunakan untuk memantau keragaman distribusi konveksi tropis antartahun karena dapat merepresentasikan presipitasi dengan cukup baik, namun OLR tidak akurat dalam menentukan awal dan akhir musim hujan.

Sebagian besar pakar menggunakan curah hujan untuk menentukan awal maupun akhir musim hujan, contohnya Walter (1967) dan Ati *et al.* (2002). Nicholls *et al.* (1982) menetapkan awal MH di Darwin berdasarkan tanggal di mana nilai median curah hujan jangka panjang tercapai. Lo *et al.* (2007) memprediksi awal MH di bagian utara Australia berdasarkan tanggal di mana akumulasi curah hujan setelah 1 September mencapai 50 mm. Keuntungan pendekatan ini adalah data curah hujan tersedia dan mudah diakses serta berhubungan langsung dengan awal MH dibandingkan faktor lainnya. Xie *et al.* (1997) menggunakan kombinasi angin baratan dengan OLR untuk menentukan awal MH di Asia Selatan. Kriteria yang digunakan yaitu jika OLR < 235 w/m² dan angin baratan mulai terjadi pada paras 850 hPa.

Nicholls (1981) dengan menggunakan parameter tekanan udara Darwin dan curah hujan bulanan di Jakarta menunjukkan bahwa korelasi yang agak tinggi hanya dalam bulan Juli sampai September. Tanaka (1994) dengan menggunakan tutupan awan tinggi untuk mendeteksi awal MH dan awal MK menyimpulkan terdapat perbedaan awal musim yang diperoleh dengan menggunakan kriteria awan dan angin.

Penelitian mengenai awal MH dan MK di Indonesia belum banyak dilakukan. Menurut Tanaka (1994), yang pertama kali melakukan penelitian siklus MH dan MK di Indonesia adalah Boerema pada tahun 1926 dan Boer pada tahun 1948. Awal MH oleh De Boer dicirikan dengan dasarian pertama dari tiga dasarian berturut-turut dalam periode Oktober sampai Maret dengan jumlah curah hujan ≥ 50 mm. Kriteria tersebut masih digunakan oleh BMKG sampai saat ini, meskipun sering mengalami kesulitan dalam penerapannya. Wilayah yang curah hujan bulanan-nya selalu besar atau selalu kecil dari kriteria tersebut tidak mempunyai musim hujan atau musim kemarau.

Umumnya pendekatan yang digunakan menunjukkan kecenderungan meningkatnya jumlah curah hujan. Namun dalam penentuan waktu tanam perlu diperhatikan apakah jumlah curah hujan tersebut sudah mencukupi untuk melakukan pengolahan tanah dan penanaman. Hal lain yang juga penting diperhatikan adalah kondisi curah hujan selama musim tanam.

Kriteria Awal Musim Tanam

Penentuan waktu tanam menjadi hal sangat penting di lahan sawah tadah hujan atau sawah irigasi yang ketersediaan airnya tidak terjamin. Pada lahan sawah tersebut, jumlah air tersedia untuk tanaman sangat bergantung pada awal, jumlah, dan berakhirnya MH (Ati *et al.* 2002). Oleh karena itu, keragaman curah hujan yang tinggi secara spasial dan temporal serta distribusi curah hujan yang tidak seragam menjadi kendala bagi petani dalam memutuskan kapan memulai persiapan tanam (Stewart 1991). Menurut Walter (1967), sebelum penanaman petani penting mengetahui apakah curah hujan akan kontinu dan cukup untuk mengisi kelembapan selama musim tanam dan apakah tingkat kelembapannya dapat dipertahankan atau bahkan ditingkatkan untuk menghindari puso. Ketersediaan air bagi tanaman sangat bergantung pada awal musim hujan, lama hari kering, dan panjang musim hujan. Namun, tidak ada konsensus dalam berbagai literatur mengenai jumlah curah hujan dan lama hari kering untuk satu musim tanam yang digunakan dalam mendefinisikan awal musim tanam (MT).

Dalam perspektif agronomi, awal MT umumnya diadopsi dari jumlah curah hujan lokal. Stern *et al.* (1981) dan Sivakumar (1988) mendefinisikan awal MT sebagai hujan pertama yang nyata dan memungkinkan menanam, tanpa deret hari kering yang panjang setelah tanam yang berpotensi menimbulkan kerusakan selama tahap awal pertumbuhan tanaman. Intensitas hujan, panjang hari

hujan dan hari kering bergantung pada jenis tanaman dan sifat tanah. Namun, akumulasi curah hujan 20–40 mm selama 2–5 hari berturut-turut merupakan indikasi untuk menentukan awal MT (Stern *et al.* 1981; Sivakumar 1988).

Lebih lanjut, Sivakumar (1988) menyatakan bahwa awal MT didefinisikan sebagai hari pertama setelah tanggal 1 September dengan akumulasi curah hujan selama lima hari berturut-turut sekurang-kurangnya 40 mm dan tidak diikuti oleh 15 hari kering berturut-turut dengan curah hujan kurang dari 5 mm selama 30 hari setelah awal musim. Kriteria tersebut digunakan untuk menghindari terjadinya kesalahan dalam penentuan awal tanam.

Kriteria yang digunakan untuk menentukan awal MT sangat spesifik lokasi. Di Afrika Barat, Sarria-Dodd dan Jolliffe (2001) menyatakan bahwa awal MT merupakan hari pertama dari lima hari berturut-turut dengan akumulasi curah hujan sekurang-kurangnya 25 mm, yang diikuti oleh tanpa hari kering berturut-turut lebih dari 7 hari dalam 30 hari berikutnya. Omotosho *et al.* (2000) menggunakan kriteria jumlah akumulasi curah hujan dalam dua hari sebesar 20 mm atau lebih, diikuti dengan 2–3 minggu curah hujan untuk memenuhi minimal 50% kebutuhan air tanaman. Lebih lanjut, Traoré *et al.* (2000) menggunakan kriteria tanggal setelah 1 Mei saat kadar air tanah mencapai 30 mm dan tetap 15 mm selama 20 hari berikutnya.

Indikator lain yang penting diperhatikan adalah terhentinya MT (*cessation of growing period*). Diop *et al.* (2005) mendefinisikan terhentinya MT sebagai hari pertama tidak ada hujan selama 10 hari berturut-turut setelah tanggal 25 September. Traoré *et al.* (2000) menyatakan terhentinya MT sebagai periode di mana kebutuhan air tanaman (rasio antara evapotranspirasi aktual dan potensial) kurang dari 90%. Terhentinya MT juga didefinisikan sebagai hari setelah tanggal 30 September dengan periode hari kering lebih dari 7 hari berturut-turut dan konsumsi air tanaman menyebabkan defisit air tersedia dalam tanah. Menurut Kasei dan Afuakwa (1991), terhentinya MT terjadi jika akumulasi curah hujan dalam 10 hari sebesar 10 mm dan tidak ada hujan selama 10 hari berikutnya. Sivakumar (1988) menggunakan kriteria hari setelah tanggal 1 September tidak ada hujan selama 20 hari berikutnya.

Penentuan Awal Musim Tanam di Indonesia

Awal MH merupakan indikator yang sangat penting untuk menentukan waktu tanam di Indonesia (Naylor *et al.* 2002; 2007), terutama pada saat MH mundur pada tahun-tahun El Niño (Hamada *et al.* 2002; Boer dan Wahab 2007). Informasi ini penting tidak hanya bagi petani di lahan sawah tadah hujan, tetapi juga bagi petani di lahan sawah irigasi dalam menyusun strategi tanam (Naylor *et al.* 2007) dan menghindari kerusakan tanaman akibat kekeringan pada MK (April-Juli), terutama untuk lahan sawah yang terletak di ujung jaringan irigasi (Boer dan Subbiah 2005; Surmaini *et al.* 2015a).

Awal MT umumnya ditentukan berdasarkan awal MH dan MK yang ditetapkan oleh BMKG. BMKG menetapkan awal MH sebagai kejadian tiga kali dasarian hujan ≥ 50 mm berurutan sehingga masuknya awal musim hujan adalah dasarian pertama di mana hujan ≥ 50 mm. Kriteria awal MK adalah kejadian tiga kali dasarian hujan < 50 mm. Syahbuddin *et al.* (2013) menentukan awal tanam potensial apabila curah hujan telah melebihi 35 mm/dasarian selama tiga dasarian berturut-turut mulai bulan September. Namun, dari beberapa kriteria penentuan waktu tanam tersebut, kriteria jumlah curah hujan saja tidak cukup untuk menentukan awal MT karena kondisi hujan selama MT sangat menentukan kondisi pertanian.

Penelitian kriteria awal MT di Indonesia telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Robertson *et al.* 2009; Moron *et al.* 2010; Syahbuddin *et al.* 2013). Robertson *et al.* (2009) menentukan awal MT di daerah Indramayu dengan kriteria hari pertama dari 5 hari berturut-turut akumulasi curah hujan sebesar 40 mm, yang tidak diikuti 15 hari kering berturut-turut dengan curah hujan kurang dari 5 mm. Moron *et al.* (2010) menyatakan bahwa awal MT adalah hari hujan pertama dari 5 hari hujan berturut-turut, jumlahnya lebih besar dari rata-rata curah hujan lima harian pada bulan Agustus dan Februari. Kondisi tersebut tidak diikuti 10 hari kering berturut-turut dengan curah hujan kurang dari 5 mm selama 30 hari setelah waktu tanam. Dengan kriteria ini, nilai curah hujan akan berbeda untuk setiap daerah, misalnya 39 mm untuk Tegal dan 48 mm untuk Jatiwangi.

Berdasarkan kriteria tersebut, waktu tanam akan bervariasi setiap tahun sesuai dengan kondisi curah hujan. Moron *et al.* (2010) menyatakan bahwa di Kabupaten Tegal pada tahun El Niño 1997 dan 2003, awal MH mundur berturut-turut sampai 36 hari dan 16 hari dibanding kondisi rata-rata pada tahun 1979–2003 yaitu tanggal 28 November. Di Jatiwangi (Cirebon), awal MH mundur 35 hari dan 10 hari dari kondisi rata-rata tanggal 4 November. Mundurnya awal MH akan menyebabkan mundurnya awal MT dan berdampak terhadap mundurnya awal MT kedua pada akhir MH (Naylor *et al.* 2007).

Pertanaman yang mengalami kekeringan pada MH sering terjadi di Indonesia. Data dari Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan menunjukkan selama tahun 1989–2014, tanaman padi yang mengalami kekeringan pada puncak musim hujan Desember sampai Maret berkisar 5.000–237.000 ha. Kekeringan tertinggi terjadi pada tahun 2007 yang disebabkan terhentinya curah hujan di antara awal dan akhir monsun yang disebut *break monsoon* dalam rentang waktu Desember sampai Februari. Menurut Hermawanto (2011), pada saat *break monsoon* sebagian besar wilayah hujan monsun (Sumatera bagian selatan, Jawa, Sulawesi bagian Selatan hingga Nusa Tenggara) mengalami pengurangan curah hujan secara luas. Atau sebaliknya, terjadi curah hujan ekstrem tinggi seperti fase basah *Madden Julian Oscillation* dan *cold surge* (gelombang dingin) yang menyebabkan tanaman terkena banjir.

Di Nusa Tenggara Timur, kejadian *false starts* yang berulang dapat menyebabkan kegagalan tanam sampai empat kali dalam satu musim tanam. Kondisi anomali curah hujan seperti ini seharusnya juga menjadi faktor yang diperhatikan dalam menentukan waktu tanam sehingga gagal tanam atau gagal panen akibat tanaman kekeringan atau banjir dapat dihindari. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi curah hujan selama musim tanam sangat penting dalam menentukan waktu tanam. Oleh karena itu, penanaman sebaiknya dilakukan setelah periode *false starts*. Periode tersebut dapat ditentukan berdasarkan prediksi curah hujan harian 1–2 bulan ke depan. Namun, sampai saat ini informasi ini belum disediakan oleh BMKG yang mempunyai otoritas dalam memberikan layanan prediksi iklim di Indonesia. Oleh karena itu, layanan informasi tersebut perlu menjadi layanan prioritas yang disediakan BMKG untuk sektor pertanian.

Pada lahan sawah dengan sumber irigasi berasal dari waduk, penetapan waktu tanam ditentukan oleh waktu dibukanya pintu waduk. Pada akhir MK, Agustus sampai pertengahan Oktober, pintu waduk ditutup sehingga distribusi air untuk keperluan irigasi untuk sementara dihentikan. Hal itu dilakukan untuk merawat dan memperbaiki saluran serta mempertahankan volume air waduk di atas ambang kritis tinggi muka air waduk (Kartiwa dan Heryani 2013). Oleh karena itu, pada daerah irigasi, awal MT pada MH sangat ditentukan oleh pola pelepasan air waduk yang biasanya setiap tahun ditetapkan berdasarkan Surat Keputusan Gubernur/Bupati/Walikota yang mengatur Rencana Tata Tanam (RTT). RTT menjadi sangat penting pada 1) daerah dengan luas lahan yang diairi melebihi debit air yang dapat disediakan, 2) daerah yang perlu pengaturan waktu tanam untuk mengatasi serangan hama atau memutus siklus hidup suatu hama, 3) daerah irigasi yang dibagi dalam golongan giliran air, dan 4) daerah yang tenaga kerjanya, baik orang, hewan maupun alat mesin pertanian tidak mencukupi untuk kebutuhan pengolahan tanah secara serentak.

Tidak semua daerah irigasi dapat menerima air secara rutin setiap tahun. Data BPS (2013) menunjukkan luas sawah irigasi di Indonesia mencapai 4,82 juta ha atau 59,41% dari total luas lahan sawah yang mencapai 8,11 juta ha. Menurut Direktorat Jenderal Sarana dan Prasarana Pertanian (2012), luas sawah irigasi yang rusak mencapai 4,14 juta ha, dengan tingkat kerusakan ringan 17,1%, sedang 54,6%, dan berat 17,1%. Karena sebagian besar sawah irigasi tidak dalam kondisi baik, tidak semua curah hujan yang ditampung di waduk dan bendung dapat disalurkan secara efisien ke lahan sawah. Selain itu, sebagian besar sawah yang terletak jauh dari saluran irigasi, walaupun kondisi jaringannya baik, tidak terjamin ketersediaan airnya. Pada kondisi curah hujan di bawah normal, sawah yang terletak di ujung saluran tidak mendapat air irigasi dan berubah menjadi sawah tadah hujan. Oleh karena itu, pada lahan sawah yang tidak terjamin irigasinya atau sawah yang saluran irigasinya

rusak berat, penentuan awal MT perlu memerhatikan kondisi curah hujan.

PROSPEK PENGEMBANGAN METODE PENENTUAN WAKTU TANAM

Kriteria penentuan awal MT merupakan kunci utama untuk memberikan rekomendasi waktu tanam yang akurat. Menurut Hansen dan Indije (2004), pertumbuhan dan produksi tanaman merupakan fungsi dinamis, interaksi non-linier antara cuaca, tanah, dinamika transpor makanan, dan fisiologi tanaman hari per hari sehingga tidak dapat diestimasi hanya berdasarkan kondisi awal tanam dan iklim rata-rata selama musim tanam (Surmaini *et al.* 2015b). Berbagai hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penentuan waktu tanam seharusnya mempertimbangkan jumlah dan distribusi hujan dan persyaratan deret hari kering untuk menghindari kekeringan selama masa tanam. Persyaratan tersebut perlu dipertimbangkan dan digunakan dalam penentuan awal MT.

Pada lahan sawah tadah hujan dan sawah irigasi yang ketersediaan airnya tidak terjamin, seperti lahan sawah yang terletak di ujung jaringan irigasi atau yang jaringan irigasinya rusak, penentuan awal musim tanam perlu mempertimbangkan jumlah curah hujan yang diperlukan untuk pengolahan tanah dan fase awal pertumbuhan. Jumlah kebutuhan air tertinggi dalam satu masa tanam adalah untuk pengolahan tanah. Pengolahan tanah sawah berlangsung selama 15–20 hari dengan kebutuhan air 150–250 mm (Yoshida 1981). Selain itu, penentuan awal musim tanam perlu mempertimbangkan waktu yang diperlukan untuk mencapai kejenuhan tanah.

Kendala dalam menggunakan jumlah curah hujan dan kejadian hari kering berturut-turut untuk menentukan awal musim tanam adalah belum tersedianya prediksi hari kering oleh BMKG. Prediksi hari kering tersebut hanya dapat dilakukan jika tersedia prediksi curah hujan berbasis harian. Di lain pihak, berbagai pusat prediksi iklim dunia skala global seperti International Research Institute for Climate Prediction (IRI), National Centers for Environmental Prediction (NCEP) dengan *Climate Forecast System* (CFS) (Saha *et al.* 2010) dan *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) mengeluarkan prediksi musiman berbasis harian. IRI juga mengeluarkan peta prediksi curah hujan untuk wilayah Indonesia tiga bulan ke depan. Informasi tersebut ditujukan untuk keperluan pertanian, di antaranya prediksi peluang kondisi kering atau basah, curah hujan ekstrem, serta peluang kondisi basah dan kering akan berhenti atau berlanjut. Namun, prediksi tersebut belum dapat menggambarkan prediksi kejadian deret hari kering selama satu sampai dua bulan ke depan.

Prediksi musiman berbasis GCM menunjukkan keandalan yang tinggi dalam mensimulasi dan memprediksi kejadian ENSO dan parameter iklim terkait (Peng dan Kumar 2005; Wang *et al.* 2005; Saha *et al.* 2010).

Keandalan prediksi tersebut telah diuji dalam penelitian di Asia Tenggara seperti Filipina dan Thailand (Kang *et al.* 2007), Malaysia (Juneng dan Tangang 2005), dan Indonesia (Robertson *et al.* 2009; Vimont *et al.* 2010; Syafril *et al.* 2013; Surmaini *et al.* 2015b). Penelitian lain menunjukkan bahwa ENSO berpengaruh kuat terhadap curah hujan di wilayah Indonesia pada September–Desember yang merupakan periode awal MH (Hamada *et al.* 2002; Juneng dan Tangang 2005). Hal ini mengindikasikan tingginya kemampuan memprediksi penentuan awal MH. Informasi prediksi musiman GCM sampai 9 bulan ke depan berbasis harian dapat diakses untuk mengetahui prediksi kejadian hari kering selama musim tanam yang akan datang. Namun, untuk meningkatkan akurasi prediksi berbasis GCM perlu dilakukan *downscaling* untuk meningkatkan akurasinya pada skala lokal.

KESIMPULAN

Salah satu dampak dari perubahan iklim adalah meningkatnya keragaman iklim yang menyebabkan perubahan jumlah, pola, dan distribusi hujan. Variasi pola dan distribusi hujan antarmusim dan antartahun menyebabkan MT tidak dapat lagi didefinisikan sama setiap tahun, yakni MH mulai Oktober sampai Maret dan untuk MK dari April sampai September. Oleh karena itu, penentuan waktu tanam perlu mempertimbangkan jumlah curah hujan yang diperlukan pada awal MT serta jumlah dan distribusi curah hujan selama musim tanam, terutama pada fase awal pertanaman.

Kriteria waktu tanam padi saat ini hanya mempertimbangkan curah hujan pada awal MH, yaitu jika curah hujan telah mencapai 50 mm atau lebih selama 3 dasarian berturut-turut. Kriteria tersebut perlu ditambah dengan jumlah dan distribusi hujan selama MT. Persyaratan ini menjadi suatu keharusan untuk lahan sawah tadah hujan, sawah irigasi yang terletak di ujung saluran irigasi, dan sawah yang jaringan irigasinya rusak. Kriteria untuk menetapkan waktu tanam yang sesuai diterapkan di Indonesia adalah hari pertama dengan jumlah curah hujan selama lima hari berturut-turut sekurang-kurangnya 40 mm, dan tidak diikuti oleh 15 hari kering berturut-turut dengan curah hujan kurang dari 5 mm selama 30 hari setelahnya. Kriteria tersebut dapat menghindarkan kesalahan dalam penentuan awal tanam.

Pada sawah irigasi dengan sumber airnya dari waduk, waktu tanam ditentukan oleh waktu pembukaan pintu waduk setelah periode pemeliharaan yang umumnya pada bulan Oktober. Namun waktunya juga tidak tetap setiap tahun.

Alternatif lain adalah dengan memanfaatkan prediksi musiman berbasis harian operasional. Informasi tersebut perlu di-*downscaled* untuk meningkatkan akurasinya pada skala lokal. Namun demikian perlu terlebih dahulu dibangun infrastruktur yang mendukung seperti sistem

otomatis untuk akses data, perangkat pengolahan data, peningkatan kapasitas *server*, dan pelatihan bagi pengelola data.

Informasi prediksi curah hujan berbasis harian minimal selama 1 bulan setelah tanam merupakan indikator penting dalam menentukan awal MT. Namun, penggunaan kriteria tersebut masih menjadi kendala karena prediksi awal musim yang dikeluarkan BMKG hanya memberikan informasi awal MH dan MK, dan sifat hujan. Oleh karena itu, informasi tersebut perlu dilengkapi dengan prediksi curah hujan berbasis harian atau prediksi deret hari tanpa hujan minimal untuk 1 bulan setelah awal MT. Informasi tersebut disampaikan 1–2 bulan sebelum waktu tanam. Untuk memenuhi kebutuhan informasi prediksi musim untuk sektor pertanian, BMKG perlu menyediakan informasi setiap awal musim tanam.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., I. Irawan, H. Suganda, W. Wahyunto, A. Setyanto, and M. Kundarto. 2006. Environmental multifunctionality of Indonesian agriculture. *Paddy Water Environ.* 4: 181–188.
- Agus, F. 2007. Lahan Sawah Bukaan Baru. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.
- Ati, O.F., C.J., Stigter, and E.O. Oladipo. 2002. A comparison of methods to determine the onset of the growing season in Northern Nigeria. *Int'l. J. Climatol.* 22: 731–742.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2013. Kalender Tanam Terpadu. IAARD Press, Jakarta. 482 hlm.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2013. Survei Pertanian: Luas lahan menurut penggunaannya 2013. BPS, Jakarta. 102 hlm.
- Bao, C.L. 1987. Synoptic Meteorology in China. China Ocean Press, Beijing. 285 pp.
- Boer R. and A.R. Subbiah. 2005. Agriculture drought in Indonesia. hlm. 330–344. *Dalam* V.S. Boken, A.P. Cracknell, and R.L. Heathcot (Ed.). *Monitoring and Predicting Agricultural Drought: A Global Study*. Oxford University Press.
- Boer, R., Sutardi, and D. Hilman. 2007. Climate Variability and Climate Change and Their Implication on Sectors. Government of Republic of Indonesia, Jakarta.
- Boer, R. and I. Wahab. 2007. Use of seasonal surface temperature for predicting optimum planting window for potato at Pengalengan, West Java, Indonesia. pp. 135–141. In Sivakumar M.V.K. and J. Hansen (Eds.). *Climate Prediction and Agriculture: Advance and Challenge*. Springer, New York.
- Boer, R., A. Faqih, and R. Ariani. 2014. Relationship between Pacific and Indian Ocean Sea Surface Temperature Variability and Rice Production, Harvesting Area and Yield in Indonesia. Paper presented in EEPSEA Conference on the Economics of Climate Change, February 27–28, 2014. Siem Reap, Cambodia.
- Chang, B.K. and H.V. Tan. 1988. Some aspects of the summer monsoon in South-East Asia May–September 1986. *Aust. Meteor. Magazine* 36: 227–233.
- Davidson, N.E., J.L. McBride, and B.J. McAvaney. 1983. The onset of the Australian monsoon during winter MONEX: Synoptic aspects. *Monthly Weather Rev.* 111: 496–516.
- Direktorat Jenderal Sarana dan Prasarana Pertanian. 2012. Statistik Sarana dan Prasarana Pertanian Tahun 2007–2011. Ditjen PSP, Jakarta.
- Diop, M., F.N. Reynier, and B. Sarr. 2005. Apport du photoperiodisme à l'adaptation du mil à la sécheresse en milieu soudano sahélien. *Sécheresse* 16: 35–40.
- Drosowsky, W. 1996. Variability of the Australian summer monsoon at Darwin: 1957–1992. *J. Climate* 9: 85–96.
- FAO. 2015. Aquastat. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/IDN/ [14 December 2015].
- Hamada, J.I., M.D. Yamanaka, J. Matsumoto, S. Fukao, P.A. Winarso, and T. Sribimawati. 2002. Spatial and temporal variations of the rainy season over Indonesia and their link to ENSO. *J. Meteor. Soc. Jpn.* 80: 285–310.
- Hansen, J.W. and M. Indije. 2004. Linking dynamic seasonal climate forecasts with crop simulation for maize yield prediction in semi-arid Kenya. *Agric. Forest. Meteorol.* 125: 143–157.
- Hermawanto, A. 2011. Kajian periode *break* saat berlangsungnya monsun musim dingin Asia di wilayah Indonesia. Tesis Magister Sains. Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung. 71 hlm.
- Holland, G.J. 1986. Inter-annual variability of the Australian summer monsoon at Darwin: 1952–1982. *Monthly Weather Rev.* 114: 594–604.
- Horel, J.D., A.N. Hahmann, and J.E. Geisler. 1989. An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. *J. Climate* 2: 1388–1403.
- IMD-AGRIMET. 2016. Crop weather calendar of different states of the country. <http://imdagrmet.org/cwc.htm> [12 January 2016].
- Irawan, B. 2005. Konversi lahan sawah: Potensi dampak, pola pemanfaatan, dan faktor determinan. *Forum Penelitian Agroekonomi* 23(1): 1–18.
- Juneng, L. and F.T. Tangang. 2005. Evolution of ENSO-related rainfall anomalies in Southeast Asia region and its relationship with atmosphere-ocean variations in Indo-Pacific sector. *Climate Dynamics* 25: 337–350.
- Kang, K.H., C.K. Park, A.L.S. Solis, and K. Stitthichivapak. 2007. Multimodel output statistical downscaling prediction of precipitation in the Philippines and Thailand. *Geophysics Research Letter.* 34, L15710.
- Kartiwa, B. dan N. Heryani. 2013. Tinjauan hidrologi untuk mendukung kalender tanam pada daerah irigasi. hlm. 263–292. *Dalam* Haryono, M. Sarwani, I. Las, dan E. Pasandaran (Eds.). *Kalender Tanam Terpadu: Penelitian, Pengkajian, Pengembangan dan Penerapan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Kasei, C.N. and J.J. Afuakwa. 1991. Determination of optimum planting date and growing season of maize in the northern savana zone of Ghana. In: *Soil Water Balance in the Sudano Sahelian zone. Proceedings of the Niamey Workshop, February 1991*, IAHS Publ. no 199.
- Kousky, V.E. 1988. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. *Rev. Brasilia Meteorol.* 3: 217–231.
- Kucharik, C.J. 2006. A multidecadal trend of earlier corn planting in the central USA. *Agron. J.* 98: 1544–1550.
- Lauer, J.G., P.R. Carter, T.M. Wood, G. Diezel, D.W. Wiersma, R.E. Rand, and M.J. Mlynarek. 1999. Corn hybrid response to planting date in the northern corn belt. *Agron. J.* 91: 834–839.
- Lau, K.M. 1988. Seasonal and intraseasonal climatology of summer monsoon rainfall over East Asia. *Monthly Weather Rev.* 116: 18–37.
- Lau, K.M. 1992. East Asian summer monsoon rainfall variability and climate tele-connection. *J. Meteorol. Soc. Jpn.* 70-1b, 81–112.
- Laux, P., G. Jäkel, R.T. Munang and H. Kunstmann. 2010. Impact of climate change on agricultural productivity under rainfed conditions in Cameroon - A method to improve attainable crop yields by planting date adaptations. *Agric. Forest Meteorol.* 150: 1258–1271.
- Liebmann, J., A. Marengo, J.D. Glick, V.E. Kousky, I.C. Wainer, and O. Massambani. 1998. A comparison of rainfall, outgoing longwave radiation and divergence over the Amazon Basin. *J. Climate* 11: 2898–2909.

- Lo, F., M.C. Wheeler, H. Meinke, and A. Donald. 2007. Probabilistic forecasts of the onset of the North Australian wet season. *Monthly Weather Rev.* 135: 3506–3520.
- Moron, V., A.W. Robertson, and J.H. Qian. 2010. Local versus regional scale characteristic of monsoon onset and post-onset rainfall over Indonesia. *Climate Dynamics* 34: 281–299.
- Mukarami, T. and A. Sumi. 1982. Southern hemisphere summer monsoon circulation during the 1978–1979 WMONEX. Part II: Onset, active and break monsoons. *J. Meteorol. Soc. Jpn.* 60: 649–671.
- Naylor, R.L., W. Falcon, N. Wada, and D. Rochberg. 2002. Using El-Niño Southern Oscillation climate data to improve food policy planning in Indonesia. *Bull. Indonesia Econ. Studies* 38: 75–91.
- Naylor, R.L., D.S. Battisti, D.J. Vimont, W.P. Falcon, and M.B. Burke. 2007. Assessing the risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture. *Proc. National Academic Science USA* 104: 7752–7757.
- Nicholls, N. 1981. Air-sea interaction and the possibility of long-range weather prediction in the Indonesian Archipelago. *Monthly Weather Rev.* 109: 2435–2443.
- Nicholls, N., J.L. McBride, and R.J. Ormerod. 1982. On predicting the onset of the Australian wet season at Darwin. *Monthly Weather Rev.* 110: 14–17.
- Omotosho, J.B., A.A. Balogun, and K. Ogunjobi. 2000. Predicting monthly and seasonal rainfall, onset and cessation of the rainy season in West Africa using only surface data. *Int'l. J. Climatol.* 20: 865–880.
- Orgill, M. 1967. Some aspects of the onset of the summer monsoon over the South East Asia, Report to the US. Army, contract DA28-043- AMC-01303(E), Colorado State University. 75 pp.
- Pramudia, A.K. Hariyanti, W. Estiningtyas, E. Susanti, Y. Sarvina, N. Utami, L. Rosita, dan D.H. Pradana. 2013. Pengembangan aspek prediksi iklim pada atlas kalender tanam. hlm. 61–215. *Dalam* Haryono, M. Sarwani, I. Las, dan E. Pasandaran (Ed). *Kalender Tanam Terpadu: Penelitian, Pengkajian, Pengembangan dan Penerapan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Peng, P. and A. Kumar. 2005. A large ensemble analysis of the influence of tropical SSTs on seasonal atmospheric variability. *J. Climate* 18: 1068–1085.
- Robertson, A.W., V. Moron, and Y. Swarinoto. 2009. Seasonal predictability of daily rainfall statistics over Indramayu district, Indonesia. *Int'l. J. Climatol.* 29: 1449–1462.
- Runtunuwu, E. dan H. Syahbuddin. 2011. Atlas kalender tanam pangan nasional untuk menyikapi variabilitas dan perubahan iklim. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 5(1): 1–10.
- Runtunuwu, E., H. Syahbuddin, dan F. Ramadhani. 2013. Kalender tanam sebagai instrumen adaptasi perubahan iklim. hlm 271–291. *Dalam* H. Soeparno, E. Pasandaran, M. Sarwani, A. Dariah., S.M. Pasaribu, dan N.S. Saad. (Ed). *Politik Pembangunan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim*. IAARD Press, Jakarta.
- Sacks, W.J., D. Derying, J.A. Foley, and N. Ramankutty. 2010. Crop planting dates: an analysis of global pattern. *Global Ecol. Biogeogr.* 19: 607–620.
- Saha, S., S. Nadiga, S. Moorthi, H.L. Pan, X. Wu, J. Wang, P. Tripp, R. Kistler, R. Woollen, D. Behringer, H. Liu, D. Stokes, R. Grumbine, G. Gayno, J. Wang, Y.T. Hou, H.Y. Chuang, H.M. Juang, J. Sela, M. Iredell, R. Treadon, D. Kleist, P. van Delst, D. Keyser, J. Derber, M. Ek, J. Meng, H. Wei, R. Yang, S. Lord, H. van den Dool, A. Kumar, W. Wang, C. Long, M. Chelliah, Y. Xue, B. Huang, J.K. Schemm, G. White, W. Ebisuzaki, R. Lin, P. Xie, M. Chen, S. Zhou, W. Higgins, C.Z. Zou, Q. Liu, Y. Chen, Y. Han, L. Cucurull, R.W. Reynolds, G. Rutledge, and M. Goldberg. 2010. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bulletin America Meteorology Society*. 91: 1015–1057.
- Sarria-Dodd, D.E. and I.T. Jolliffe. 2001. Early detection of the start of the wet season in semiarid tropical climates of Western Africa. *Int'l. J. Climatol.* 21: 1251–1262.
- Sivakumar, M.V.K. 1988. Predicting rainy season potential from the onset of rains in Southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa. *Agric. Forest Meteorol.* 42: 295–305.
- Stern, R.D., M.D. Dennett, and D.J. Garbutt. 1981. The start of the rains in West Africa. *Int'l. J. Climatol.* 1: 59–68.
- Stewart, J.I. 1991. Principles and performance of response farming. *In* *Climatic Risk in Crop Production. Models and Management for the Semi-Arid Tropics and Sub-Tropics*, W. Ford, R.C. Muchow, and Z.A. Bellamy, (Eds.). CAB International, Wallingford.
- Syahbuddin, H., W.T. Nugroho, B. Rahayu, A. Hamdani, I. Las, dan E. Runtunuwu. 2013. Atlas Kalender Tanam. hlm. 103–159. *Dalam* Haryono, M. Sarwani, I. Las, dan E. Pasandaran (Ed). *Kalender Tanam Terpadu: Penelitian, Pengkajian, Pengembangan dan Penerapan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Sumaryanto. 2006. Peningkatan efisiensi penggunaan air irigasi melalui penerapan iuran irigasi berbasis nilai ekonomi air irigasi. *Forum Penelitian Agroekonomi* 24(2): 77–91.
- Surmaini, E., T.W. Hadi, K. Subagyo, and N.T. Puspito. 2015a. Early detection of drought impact on rice paddies in Indonesia by means of Niño 3.4 Index. *Theor. Appl. Climatol.* 121: 669–684.
- Surmaini, E., T.W. Hadi, K. Subagyo, and N.T. Puspito. 2015b. Prediction of drought on rice paddies in West Java using analogue downscaling method. *Indones. J. Agric. Sci.* 16(1): 21–30.
- Syafril, A., T.W. Hadi, S. Hadi, dan B. Tjasyono. 2013. Prediksi hujan bulanan menggunakan *adaptive statistical downscaling*. *Jurnal Geofisika dan Meteorologi* 14(1): 25–21.
- Tanaka, M. 1994. The onset and retreat dates of the Austral summer monsoon over Indonesia, Australia and New Guinea. *J. Meteorol. Soc. Jpn.* 72: 255–267.
- The Agricultural Market Information System (AMIS). 2012. AMIS Crop Calendar. www.amis-outlook.org/amis-about/calendars/en. [12 Januari 2016].
- Traoré, S.B., F.N. Reynier, M. Vaskman, B. Koné, A. Sidibé, A. Yorote, K. Yattara, and M. Kouressy. 2000. Adaptation à la sécheresse des écotypes locaux de sorgho du Mali. *Sécheresse* 11: 227–237.
- USDA-NASS. 1997. Usual planting and harvesting dates for U.S. field crops. *Agricultural Handbook No. 628*. United States Department of Agriculture–National Agricultural Statistics Service, Washington, DC.
- USDA. 2016. Major world crop areas and climatic profiles. <http://www.usda.gov/oce/weather/pubs/Other/MWACAP> [28 Maret 2016].
- USDA-FAS. 2016. Crop Explorer. <http://www.pecad.fas.usda.gov/cropeexplorer/>. [10 Januari 2016].
- Vimont, D.J., D.S. Battisti, and R.L. Naylor. 2010. Downscaling Indonesian precipitation using large-scale meteorological fields. *Int'l. J. Climatol.* 30: 1706–1722.
- Walter, M.W. 1967. Length of the rainy season in Nigeria. *Nigerian Geograph. J. Agric. Sci.* 10: 123–128.
- Wang, B., L. Ho, Y. Zhang, and M.M. 2004. Definition of South China Sea monsoon onset and commencement of the East Asia summer monsoon. *J. Climate* 17: 699–710.
- Wang, W., S. Saha, H.L. Pan, S. Nadiga, and G. White. 2005. Simulation of ENSO in the new NCEP Coupled Forecast System Model. *Monthly Weather Rev.* 133: 1574–1593.
- Xie, A., Y.S. Chung, X. Liu, and Q. Ye. 1997. On the international variations of the summer monsoon onset over the South China Sea. *J. Korea Meteorol. Soc.* 33(3): 553–567.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamentals of Rice Crop Science*. International Rice Research Institute, Manila, Philippines. 269 pp.