

Penggunaan Prakiraan Musim untuk Pertanian di Indonesia: Status Terkini dan Tantangan Kedepan

The Use of Seasonal Climate Forecast for Agriculture in Indonesia: Current Status and Future Challenge

Yeli Sarvina dan Elza Surmaini

Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Jl. Tentara Pelajar No. 1A, Cimanggu, Bogor 16114. E-mail: ysvina@yahoo.com

Diterima 13 Desember 2018, Direview 20 Desember 2018, Disetujui dimuat 25 April 2019, Direview oleh Wahyunto dan Irawan

Abstract. Prakiraan musim sangat penting dalam pengambilan keputusan usaha tani karena variabilitas iklim yang semakin meningkat sebagai dampak dari perubahan iklim. Prakiraan musim memiliki potensi untuk bisa membantu pengambil kebijakan dan keputusan pertanian. Kajian empirik dan literatur serta kuantifikasi nilai ekonomi pemanfaatan prakiraan iklim di Indonesia untuk pertanian masih sangat terbatas. Tulisan ini merupakan tinjauan mengenai pemanfaatan prakiraan musim dalam sistem usahatani, perkembangan terkini prakiraan musim, nilai ekonomi prakiraan musim, kendala dan tantangan ke depan. Kajian nilai ekonomi prakiraan musim untuk pertanian masih belum banyak dilakukan, kuantifikasi manfaat prakiraan musim sangat penting untuk meyakinkan pengambil kebijakan atau petani bahwa prakiraan musim memberikan manfaat bagi pertanian. Prakiraan musim masih sulit dipahami oleh petani bahkan penyuluh. Beberapa *user interface* telah dikembangkan untuk memudahkan memanfaatkan prakiraan musim untuk pertanian. Peningkatan akurasi prakiraan musim ke depan harus menjadi prioritas pembangunan pertanian dan merupakan salah satu investasi penting dalam adaptasi variabilitas dan perubahan iklim. Peningkatan akurasi prakiraan musim sangat tergantung pada kapasitas sumber daya manusia serta sarana pendukung seperti sistem pemantauan dan pengamatan data iklim, pengembangan model prakiraan musim. Pengembangan berbagai *user interface* yang lebih mudah dipahami dan diaplikasikan oleh petani harus dilakukan.

Keywords: Prakiraan musim / Variabilitas Iklim / Pertanian / Usaha Tani / Indonesia / Nilai ekonomi

Abstrak. Seasonal climate forecasting had become important for agriculture decision making in coping with increasing climate variability as impact of climate change. Seasonal climate forecasting has the potential to assist agricultural policy maker. This review explores current status utilization seasonal climate forecasting for agriculture in Indonesia, current status climate services in Indonesia, economic value seasonal climate forecasting for agriculture, constraint and future challenges. Literature and empirical study to asses economic value of climate forecasting for agriculture in Indonesia is still very limited. Quantifying economic value seasonal climate forecasting for agriculture is important to convince farmers and policy makers that climate forecasting has benefits for agriculture cultivation. Increasing climate forecasting skill and accuracy should be high-priority program for national development and main investment for adaptation climate variability and climate change. The accuracy of climate forecasting is determined by human resources capacity, climate monitoring and observation network, climate modeling and climate user interface. The applicable and simple user interface for agriculture should be developed.

Kata Kunci: Seasonal Climate Forecasting / Climate Variability / Agriculture / Farming / Indonesia / Economic Value

PENDAHULUAN

Sistem usaha tani secara langsung maupun tidak langsung sangat tergantung pada keragaman iklim antar musim maupun antara tahun. Tingginya ketidakpastian cuaca dan iklim akibat perubahan iklim seperti perubahan pola hujan dan kejadian iklim ekstrem menyebabkan penentuan waktu tanam dan praktik budidaya lainnya tidak dapat lagi dilakukan secara konvensional. Berbagai teknologi untuk menekan risiko iklim ekstrem seperti teknologi irigasi dan varietas toleran telah

tersedia. Namun demikian implementasi teknologi tersebut memerlukan biaya usaha tani tambahan yang bagi petani termasuk mahal. Salah satu alternatif teknologi yang paling murah dan efisien untuk meningkatkan produktivitas tanaman adalah penyesuaian waktu tanam. Penyesuaian waktu tanam dengan mempertimbangkan kondisi iklim pada awal dan selama musim tanam dapat meminimalkan risiko gagal tanam dan gagal panen akibat kejadian iklim ekstrem serta dapat meminimalkan biaya tambahan operasional (Surmaini dan Syahbuddin 2016). Penyesuaian waktu tanam memerlukan informasi

prakiraan iklim 3-9 bulan ke depan atau disebut prakiraan musim (*seasonal climate forecast*).

Prakiraan musim telah digunakan oleh petani sejak zaman dulu kala. Hal ini terbukti dengan berkembangnya berbagai kearifan lokal dalam bentuk kalender tanam tradisional di kalangan masyarakat. Pranotomongso merupakan kalender pertanian suku Jawa yang mengintegrasikan aspek ilmu pengetahuan tentang alam semesta, perilaku tanaman, hewan dan manusia serta aspek sosiologis dari kegiatan pertanian di pedesaan, sehingga terjadi harmonisasi antara manusia dan lingkungan alam sekitarnya (Daljoeni 1987). Selain pratanamangsa Indonesia memiliki banyak pendekatan lokal dalam menentukan kalender pertanian sebagai pengetahuan dan pegangan petani dan diwariskan dari generasi ke generasi, diantaranya Parlontara di Sulawesi Selatan, Kertamasa di Bali, Wariga di Aceh, Dayak menggunakan Bulan Berladang, di Maluku menggunakan Sasi, dan di Nusa Tenggara dikenal Nyale.

Perkembangan teknologi pada sektor pertanian, seperti infrastruktur jaringan irigasi dan teknologi pertanian serta perubahan iklim yang menyebabkan perubahan siklus alam yang sangat mempengaruhi aktivitas pertanian (Runtunuwu dan Kondoh 2008; Runtunuwu dan Syahbuddin 2007). Saat ini sebagian besar petani cenderung tidak lagi menggunakan kalender pertanian tradisional, kecuali sebagai acuan dalam kegiatan seremonial dan adat istiadat. Seiring dengan perkembangan zaman, teknologi prakiraan musim sudah menggunakan model statistik dan deterministik dan digunakan oleh berbagai sektor, termasuk pertanian. Pemanfaatan informasi prakiraan musim pada sektor pertanian tentu saja memerlukan pemahaman dan interpretasi yang tepat oleh para pengguna. Proses sosialisasi untuk menyamakan interpretasi dan pemahaman memerlukan upaya yang intensif dan masif, agar informasi tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal.

Kajian empirik dan literatur tentang pemanfaatan prakiraan iklim musiman di Indonesia untuk pertanian masih sangat terbatas. Tulisan ini merupakan tinjauan mengenai pemanfaatan prakiraan musim dalam sistem usahatani, perkembangan terkini prakiraan musim, nilai ekonomi prakiraan musim, status terkini prakiraan musim di Indonesia, pemanfaatan prakiraan musim pada sektor pertanian : kendala dan tantangan ke depan, kesimpulan dan rekomendasi.

PEMANFAATAN PRAKIRAAN MUSIM DALAM KEGIATAN USAHATANI

Kesadaran pentingnya prakiraan musim semakin meningkat seiring dengan kejadian variabilitas iklim yang semakin meningkat sebagai salah satu dampak perubahan iklim. Pola curah hujan dan periode masa tanam di Indonesia menunjukkan adanya perubahan (Runtunuwu dan Syahbuddin 2007; Ruminta dan Nurmala 2016; Laimeheriwa 2012) yang memberikan dampak yang sangat signifikan pada produksi pertanian. Kejadian iklim ekstrim dalam bentuk banjir, kekeringan dan serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) yang semakin meningkat intensitas dan frekuensinya telah menyebabkan puso dan kehilangan hasil pertanian. Lassa *et al.* (2012) menyebutkan bahwa kehilangan hasil pertanian Indonesia dapat dikurangi apabila bisa mengatasi berbagai bencana yang disebabkan oleh kondisi iklim ekstrem.

Prakiraan musim dipercaya memiliki potensi yang sangat besar untuk bisa membantu pengambil kebijakan pertanian (Frisvold dan Murugesan 2013; Klemm dan McPherson 2018). Upaya adaptasi berupa penyesuaian waktu tanam, penentuan irigasi, pemilihan varietas, aplikasi pemupukan dan panen dapat dilakukan jika informasi iklim ini dapat diterima 1-2 bulan sebelum musim tanam (Surmaini *et al.* 2015) . Prakiraan musim berkontribusi dalam mewujudkan pertanian yang efisien, menopang ketahanan pangan dan mewujudkan kehidupan petani yang lebih baik (Davey dan Brookshaw 2011). Challinor (2009) menyebutkan bahwa prakiraan musim jangka menengah dan panjang sangat penting dalam upaya adaptasi pada sektor pertanian. Surmaini dan Syahbuddin (2016) juga menekankan bahwa penyesuaian waktu tanam terhadap kondisi musim adalah langkah adaptasi yang paling murah dan efisien.

Mengingat banyaknya kegiatan usaha tani yang bergantung pada kondisi iklim, maka prakiraan musim adalah salah satu perangkat penting yang diperlukan untuk mengambil keputusan. Pemanfaatan informasi prakiraan musim juga telah banyak dilakukan diantaranya untuk pengelolaan air (Ramírez-Rodriguez *et al.* 2016), prediksi kekeringan (Martins *et al.* 2018; Surmaini 2016), pemantauan dinamika kelembaban tanah (Wang *et al.* 2009; Western *et al.* 2018), pemantauan dinamika nutrisi tanah (Asseng *et al.* 2012) dan untuk mengestimasi produksi (Challinor 2009; Koide *et al.* 2012; Ogutu *et al.* 2018). Prediksi produksi sangat penting untuk mengetahui stok dan cadangan pangan yang dimiliki oleh pemerintah. Di Indonesia, Surmaini (2015) juga telah melakukan kajian

pemanfaatan prakiraan musim untuk prediksi hasil tanaman padi dan penentuan waktu tanam.

Leng *et al.* (2016) dan Ray *et al.* (2015) melakukan kajian kuantitatif tentang pengaruh faktor iklim terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. Hasil penelitian ini menyebutkan bahwa faktor iklim mengambil pengaruh hampir 1/3 dari pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Ini menunjukkan bahwa faktor iklim adalah faktor yang sangat penting dalam produksi pertanian. Meinke dan Stone (2005)

mengidentifikasi beberapa kegiatan usaha tani yang sangat bergantung pada kondisi iklim (Tabel 1). Sedangkan Mavi dan Tupper (2004) menunjukkan berbagai permasalahan, peranan iklim dan keputusan untuk menanganinya (Tabel 2).

NILAI EKONOMI PRAKIRAAN MUSIM

Kajian penggunaan prakiraan musim untuk pertanian dilakukan secara kualitatif maupun secara

Table 1. Keputusan pertanian yang bergantung pada kondisi iklim berdasarkan skala waktu (Meinke dan Stone 2005)

Table 1. *Agricultural decisions that depend on climatic conditions based on time scales (Meinke and Stone 2005)*

Keputusan pertanian	Frekwensi
Penentuan waktu tanam dan panen	Dalam musim (<i>intra-seasonal</i>) > 0.2 tahun
Praktek budidaya (waktu pemupukan dan aplikasi pestisida)	Dalam musim (<i>intra-seasonal</i>) 0.2-0.5 tahun
Pemilihan komoditas (padi-palawija- sayuran/hortikultura)	Musimam (<i>seasonal</i>) 0.5 tahun
Rotasi tanaman	Tahunan / 2 tahunan (<i>annual/biannual</i>) 1-2 tahun
Pola tanaman	Antar tahun (<i>Interannual</i>) 0.5-2 tahun
Tanaman industri (tanaman tahunan)	Dekade (<i>decadal</i>) 10 tahun
Industri pertanian	Antar dekade (<i>Inter-decadal</i>) 10-20 tahun
Perubahan tutupan lahan (Pertanian atau alamiah)	Beberapa dekade (<i>Multidecadal</i>) > 20 tahun
Perubahan Lahan dan adaptasi	Perubahan iklim

Tabel 2. Kegiatan usaha tani yang bergantung pada kondisi iklim (Mavi dan Tupper 2004)

Table 2. *Farming activities that depend on season's climate conditions (Mavi and Tupper 2004)*

Kunci keputusan	Peran prakiraan iklim	Strategi mengurangi kehilangan hasil
Investasi alat dan mesin pertanian	Pengoptimalan penggunaan peralatan mesin pertanian yang mahal membutuhkan informasi iklim dan cuaca	Investasi pertanian secara besar-besaran sebaiknya dilakukan ketika musim normal atau lebih baik dari normal
Perencanaan musiman	Musim yang lebih kering menyebabkan panen lebih awal karena pematangan lebih cepat. Musim yang lebih basah membutuhkan perencanaan pengontrolan OPT dan semak belukar	Perlu mempersiapkan tenaga kerja lebih awal karena proses panen yang lebih cepat
Varietas tanaman	Setiap varietas memiliki karakteristik spesifik seperti panjang musim tanam, tingkat kerentanan terhadap kondisi lingkungan dan OPT tertentu	Pemilihan varietas berdasarkan prakiraan musim
Pemupukan	Peningkatan kandungan nitrogen dapat meningkatkan produksi apabila curah hujan mencukupi	Pemupukan akan optimal bila kondisi iklim yang diperkirakan sesuai
Penanggulangan OPT	Sebagian besar penyebaran dan ledakan OPT dipengaruhi oleh cuaca	Bersiap untuk penanggulangan bencana OPT jika kemungkinan iklim akan basah. Monitor terus perkembangan tanaman dan lakukan penyemprotan jika gejala awal OPT muncul
Pengendalian gulma	Iklim yang lebih basah dari normal mungkin dapat meningkatkan pertumbuhan gulma dan semak belukar	Lakukan penyemprotan lebih awal agar gulma tidak berkembang cepat. Bila penyemprotan dikhawatirkan dapat membahayakan tanaman dan tanah, pengendalian gulma dapat menggunakan mesin
Menanam tebu baru atau mempertahankan ratoon tua	Penanaman pada musim yang kering akan menyebabkan daya tegak yang rendah dan tanaman kerdil	Penanaman baru harus dilakukan jika iklim kedepan sesuai, jika tidak maka sebaiknya mempertahankan ratoon
Trash blanket (mulsa)	Pada kondisi iklim sangat kering mulsa alami seperti jerami dapat digunakan untuk menjaga kelembaban tanah	Jangan bakar semak belukar atau mulsa alami di musim kering
Panen	Cuaca yang lebih panas dapat mempercepat pertumbuhan	Persiapkan untuk memanen lebih awal jika iklim diprediksi lebih hangat
Alokasi air untuk irigasi	Cuaca dan iklim akan menentukan apakah ketersediaan air mencukupi	Kurangi luas tanam jika iklim akan kering dan alokasi air terbatas. Gunakan teknologi hemat air
Ketersediaan air untuk irigasi	Cuaca dan iklim yang lebih panas meningkatkan jumlah air yang dibutuhkan. Terjadi peningkatan penguapan sumber air (waduk, sungai dll)	Lakukan penghematan penggunaan air jika curah hujan diprediksi di bawah normal
Pakan ternak	Iklim menentukan tipe dan jumlah rumput yang akan dibudidayakan	Jika iklim normal cadangan makanan ternak akan sesuai dan mencukupi

kuantitatif. Kajian secara kuantitatif sangat penting dilakukan untuk mendapatkan gambaran nilai ekonomi prakiraan musim untuk pertanian (Meza *et al.* 2008). Evaluasi manfaat prakiraan musim secara kuantitatif perlu dilakukan untuk dapat memperkuat argumen bahwa informasi prakiraan musim sangat penting untuk dikembangkan serta mendapatkan *financial support* untuk pengembangan.

Nilai ekonomi prakiraan musim untuk pertanian secara umum dilakukan melalui dua pendekatan yaitu *ex ante* dan *ex post assesment*. *Ex ante* adalah kajian mengenai potensi ekonomi sebuah inovasi sebelum diadopsi sedangkan *ex post* adalah kajian mengenai keuntungan di lapangan setelah teknologi diadopsi. Sampai saat ini, sebagian besar kajian tentang nilai ekonomi prakiraan iklim dilakukan secara *ex ante* (Hansen 2005; Meza *et al.* 2008). Kajian *ex ante* pada umumnya menggunakan pemodelan dan simulasi tanaman untuk melihat bagaimana perubahan nilai unsur iklim mempengaruhi produksi dan nilai ekonomi yang diperoleh oleh petani. Ini mengasumsikan bahwa prakiraan musim yang dikeluarkan oleh lembaga yang berwenang adalah tepat (*perfect climate forecast*) (Choi *et al.* 2015).

Penelitian tentang nilai ekonomi penggunaan prakiraan musim telah banyak dilakukan (Tabel 3) dengan berbagai pendekatan. Namun kajian nilai ekonomi prakiraan musim untuk pertanian di Indonesia masih sangat terbatas atau mungkin belum ada. Hansen

(2005) menggunakan model *discussion support system* untuk memfasilitasi diskusi antara peneliti dan petani serta menggunakan *integrated climate-crop modeling* untuk mengkaji potensi ekonomi prakiraan iklim. Kuantifikasi nilai manfaat prakiraan musim untuk pertanian dilakukan melalui pendekatan pemodelan tanaman dan pemodelan ekonomi seperti yang dilakukan oleh Hammer *et al.* (1996); Gunda *et al.* (2017); Jones (2000); Roudier *et al.* (2016). Beberapa kajian tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan prakiraan iklim memberikan keuntungan secara ekonomi (Hammer *et al.* 1996; Jones 2000 ; Everingham *et al.* 2002; Choi *et al.* 2015; Gunda *et al.* 2017).

PERKEMBANGAN DAN STATUS TERKINI PRAKIRAAN MUSIM

Perkembangan Prakiraan Musim Terkini

Selama 30 tahun terakhir prakiraan musim berkembang cukup signifikan, mulai dari kegiatan penelitian di berbagai lembaga atmosfer di berbagai negara sampai pada aplikasi dan penggunaan untuk kegiatan operasional di berbagai bidang yang sensitif terhadap kondisi iklim (Weisheimer dan Palmer 2018; Soares dan Dessai 2015). Kemajuan penelitian prakiraan musim didukung oleh kemajuan pengetahuan di bidang interaksi laut dan atmosfer (Doblas-Reyes *et al.* 2013).

Tabel 3. Beberapa penelitian nilai ekonomi prakiraan musim untuk pertanian

Table 3. Several studies of economic value forecasts for agriculture

No	Metode	Negara/komoditas	Penemuan penting	Peneliti
1	Model Decision Farmer dalam bentuk permainan	Srilangka/Tanaman Pangan	Penggunaan prakiraan iklim dengan ketepatan 70% meningkatkan pendapatan petani karena pemilihan tanaman yang tepat pada kondisi iklim cenderung kering	Gunda <i>et al.</i> 2017
2.		Australia/ Gandum	Menggunakan prakiraan iklim, pertanian gandum di Quensland, Australia secara ekonomi dapat meningkat 20%.	Hammer <i>et al.</i> 1996
3	Survey dan evaluasi contigensi	Benin/ Jagung	Petani membutuhkan akurasi awal musim 2 bulan sebelumnya. Pelayanan informasi iklim harus teritegrasi dengan penyuluhan pertanian	Amegnagloet <i>al.</i> 2017
4	Couple-crop-ekonomi modelling system	Spanyol/ Padi, Jagung, gandum, kentang, kapas dan barley	Prakiraan iklim mendorong efesiensi sumber daya dalam usaha tani dimana dapat mengurangi penggunaan lahan 2 % (land savings)	Choi <i>et al.</i> 2015
5	Pemodelan tanaman dan ekonomi	Southeast USA/ Jagung	Penggunaan Prakiraan iklim yang tepat dapat meningkatkan keuntungan. Ketidakpastian dalam prakiran iklim dan kompleksnya sistem pertanian adalah tantangan utama penerapan prakiraan iklim untuk pertanian.	Jones 2000
6	<i>Discussion support software</i>	Australia/ Sorghum	Mengembangkan konsep diskusi melalui tool Whopper Cropper terbukti mampu meningkatkan penggunaan prakiraan iklim untuk pertanian serta mampu mengurangi biaya perencanaan pertanian	Nelsonet <i>al.</i> 2002
7	Pemodelan tanaman SARRA-H dan model ekonomi	Niger/ millet	Prakiraan musim yang dikombinasikan dengan prakiraan cuaca dasarian memberikan keuntungan pada semua petani yaitu mengurangi kehilangan hasil 20%	Roudier <i>et al.</i> 2016
8	<i>Agent-based social simulation</i>	Southern Africa	Prakiraan musim yang ketidakakuratannya lebih dari 60-70% tidak memberikan manfaat bagi pertanian	Ziervogele <i>al.</i> 2005

Tidak seperti prakiraan cuaca yang memprediksi kondisi atmosfer 2-5 hari ke depan, prakiraan musim memprediksi kondisi cuaca harian dengan rentang waktu 3-9 bulan ke depan. Prakiraan dengan rentang waktu panjang seperti ini dapat dimanfaatkan dalam perencanaan pertanian. Namun demikian, pemodelan matematis kondisi alam sangat sulit dilakukan untuk rentang waktu tersebut karena kondisi alam yang sangat kompleks dan tidak beraturan (*chaotic nature*). Prakiraan skala musim menggabungkan berbagai model untuk membentuk ansambel. Penggunaan model prakiraan ansambel tersebut dapat mengkuantifikasi ketidakpastian prakiraan dalam bentuk peluang. Prakiraan musim harus dikomunikasikan dalam bentuk probabilistik agar ketidakpastian dalam prakiraan musim ini dapat tergambarkan (Tippett dan Barnston 2008).

Secara umum ada dua pendekatan yang digunakan untuk prakiraan musim yaitu pendekatan statistik (empirik) dan pendekatan dinamik, dan kadang kala kedua metode ini digunakan sekaligus. Pendekatan empirik menggunakan data pengamatan jangka panjang dan dianalisis dengan menggunakan berbagai metode statistik sedangkan pendekatan dinamik menggunakan pemodelan proses fisika interaksi laut-atmosfer dimana berbagai pemodelan fisis tersebut diwujudkan dalam bentuk *General Circulation Models* (GCMs). Pendekatan empirik lebih sederhana dibandingkan dengan metode dinamik namun kedua metode prediksi ini menunjukkan kemampuan prakiraan (*skill*) yang tidak jauh berbeda (Moura dan Hastentrath 2004).

World Meteorological Organization (WMO) mencatat sampai saat ini ada 17 institusi yang mengeluarkan prediksi musim global jangka panjang (*Global Range-long forecast*) (<http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/gpc/gpc.php>). Semua institusi ini tergabung dalam WMO *Global Data-Processing and Forecasting System* (GDPS). Pemodelan global ini dapat dimanfaatkan untuk skala regional dan lokal dengan cara mendownscaling baik melalui downscaling secara statistik maupun secara dinamik. Sebagai salah satu contoh Surmaini *et al.* (2015) mengkaji pemanfaatan model prediksi musim dari *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) *Climate Forecast System version 2* (CFSv2) untuk memprediksi curah hujan dengan metode downscaling Constructed Analogue (CA) yang selanjutnya dapat digunakan untuk perencanaan pertanian diantaranya adalah untuk analisis kekeringan padi di Indonesia.

Status Terkini Prakiraan Musim di Indonesia

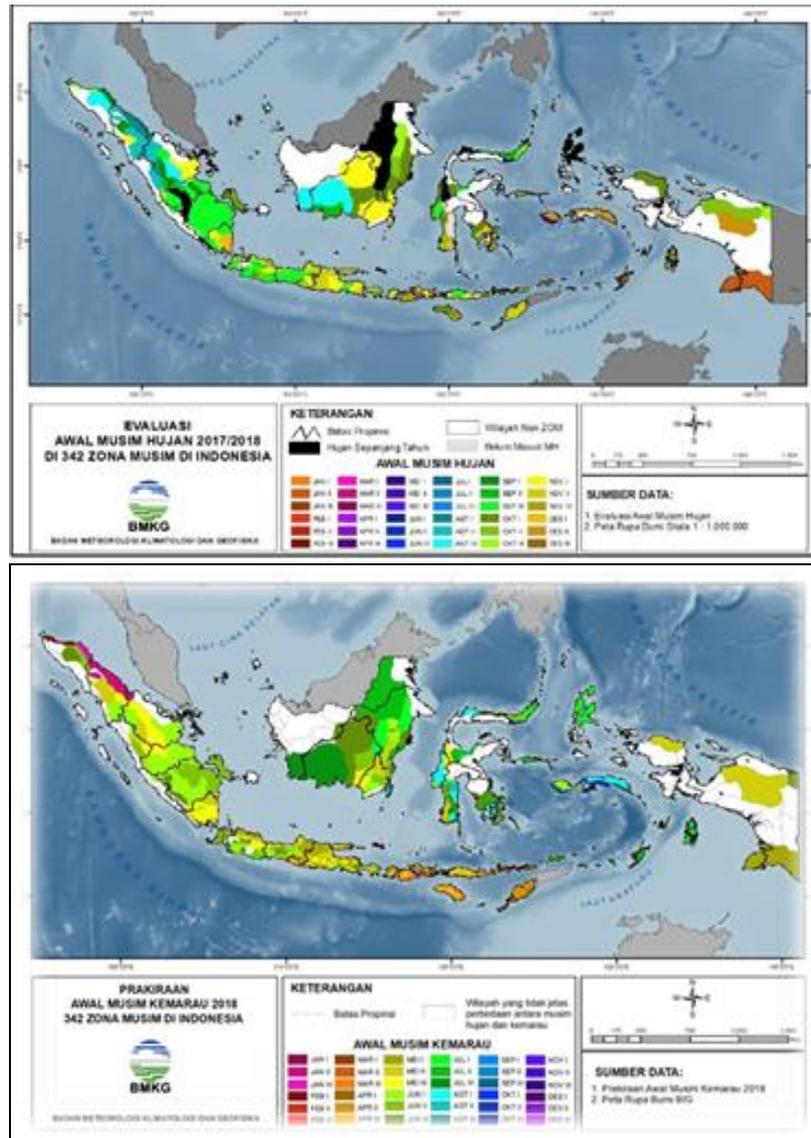
Ketersediaan Informasi Prakiraan Iklim dan Cuaca

Berdasarkan UU No. 31 tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) adalah lembaga yang berwenang mengeluarkan prakiraan iklim di Indonesia. Informasi iklim yang dikeluarkan oleh BMKG diantaranya adalah informasi awal musim hujan dan kemarau, prakiraan curah hujan bulanan 3 bulan kedepan, informasi kelembaban tanah, dan prakiraan indeks ENSO dan IOD. Prakiraan jangka pendek diantaranya suhu muka laut, klimatologi curah hujan, suhu dan angin, klimatologi awal musim hujan dan kemarau, peta kekeringan dan penyelenggaraan sekolah lapangan iklim (Sopaheluwakan 2011). Contoh prakiraan musim yang dirilis BMKG disajikan pada Gambar 1.

Metode prakiraan musim yang dilakukan oleh BMKG secara umum terdiri atas dua pendekatan yaitu model statis dan model dinamik. Model statis yaitu berdasarkan analisis deret waktu terhadap unsur-unsur iklim terutama curah hujan sedangkan model dinamis didasarkan perhitungan numerik berbagai unsur iklim secara global di seluruh dunia. Karakteristik lokal juga dipertimbangkan dalam analisis. (Makmur dan Setiawan 2013).

Informasi prakiraan musim oleh BMKG dirilis berdasarkan zona musim (ZOM). Saat ini wilayah Indonesia terdiri atas 407 ZOM yang terbagi dalam 342 ZOM dan 65 wilayah Non ZOM (BMKG 2011). Pembagian wilayah ZOM dan Non ZOM ini ditetapkan berdasarkan klusterisasi curah hujan. Peta ZOM dan tipe hujan Indonesia ditampilkan pada Gambar 2.

Sebelum merilis prakiraan musim, BMKG menyelenggarakan *National Climate Outlook Forum* (NCOF). Pada forum ini BMKG mengundang berbagai kementerian, lembaga pemerintah terkait dan perguruan tinggi yang terlibat aktif melakukan penelitian dan pengembangan ilmu atmosfer untuk prakiraan musim dan atau lembaga pemerintah yang menjadi pengguna prakiraan musim tersebut. Pada forum ini BMKG menyampaikan draft prakiraan iklim dan musim, dan lembaga terkait lain juga diminta memberikan presentasi terkait pemerintah dan perguruan tinggi diminta memberikan tanggapan dan pendapat tentang hasil prakiraan yang dikeluarkan oleh BMKG.



Gambar 1. Contoh prakiraan dan evaluasi musim yang dikeluarkan BMKG (Sumber : BMKG 2017)
 Figure 1. Examples of season forecast and evaluation issued by BMKG (Source : BMKG 2017)



Gambar2. Pembagian wilayah ZOM dan Non ZOM(sumber : BMKG 2011)
 Figure 2. Distribution of ZOM and Non ZOM territories (Source: BMKG 2011)

Diseminasi Prakiraan Iklim BMKG

Informasi iklim BMKG secara nasional dipublikasikan dalam bentuk buku prakiraan iklim yang diterbitkan pada Bulan Maret untuk musim kemarau dan Bulan September untuk musim hujan. Beberapa informasi yang terdapat dalam buku prakiraan musim adalah prakiraan awal musim, perbandingan antara prakiraan awal musim terhadap rata-rata atau normalnya selama 30 tahun (1981-2010), serta prakiraan sifat hujan selama periode musim. Disamping itu setiap stasiun klimatologi BMKG yang ada di setiap provinsi melakukan pendetailan terhadap informasi prakiraan musim yang dilakukan secara nasional. BMKG mengirimkan buku prakiraan dan buletin prakiraan musim kepada seluruh pengguna termasuk diantaranya adalah Dinas Pertanian tiap provinsi dan kabupaten. Buku Prakiraan Musim dan semua informasi yang dihasilkan oleh BMKG dapat diunduh di website BMKG (www.bmkg.go.id). Informasi prakiraan musim disajikan secara spasial untuk seluruh Indonesia. Sarana diseminasi lain yang digunakan oleh BMKG untuk prakiraan musim adalah Sekolah Lapangan Iklim.

Persepsi Masyarakat Terhadap Prakiraan Musim

Kajian persepsi masyarakat tentang prakiraan musim di Indonesia masih sangat terbatas. Haryoko (2009) melakukan survei melalui kuisioner terhadap institusi pengguna prakiraan musim yang dikeluarkan BMKG dalam hal ini adalah lembaga pemerintah seperti Dinas Pertanian, Dinas Pengairan, Dinas Pariwisata dan perusahaan perkebunan. Beberapa temuan penting dari hasil tersebut adalah masih sulitnya memahami bahasa prakiraan musim sehingga menyebabkan terbatasnya pemahaman pengguna terhadap informasi prakiraan itu sendiri. Khusus untuk bidang pertanian belum adanya standar penyampaian informasi kepada petani. Lebih lanjut Dewi dan Antoni (2017) melakukan survei persepsi petani terhadap prakiraan musim di Jakenan, Pati Jawa Tengah. Hampir 70% petani responden dalam survei tersebut menyebutkan bahwa mereka telah menggunakan prakiraan musim untuk usaha tani mereka. Beberapa kegiatan adaptasi yang sering mereka laksanakan berdasarkan rekomendasi prakiraan musim adalah penyesuaian jenis tanaman dan waktu tanam. Namun penelitian ini belum melakukan analisis ekonomi secara kuantitatif terhadap pemanfaatan informasi musim ini.

KENDALA PENERAPAN PRAKIRAAN MUSIM UNTUK PERTANIAN

Meskipun prakiraan musim telah berkembang dengan cepat, banyak pengambil kebijakan dan stakeholder yang belum mengerti dan salah menginterpretasikan manfaat dari prakiraan musim (Lúcio dan Grasso 2016). Ada keterbatasan kapasitas institusi dan belum tersedia *user interface* untuk membangun dialog antara institusi penyedia informasi dan pengguna. Kekurangtahuan dan kekurangsadaran pentingnya prakiraan musim adalah alasan utama penyebab masih rendahnya daya adaptasi dan adopsi penggunaan prakiraan musim oleh petani (Clements *et al.* 2013). Pengaplikasian prakiraan musim di lapangan terhambat oleh berbagai permasalahan diantaranya tidak adanya perangkat yang efektif untuk mengkomunikasikan ketidakpastian kepada orang kebanyakan atau pengguna (Frías *et al.* 2018), dan bahasa yang masih sulit dimengerti oleh pengguna (Haryoko 2009).

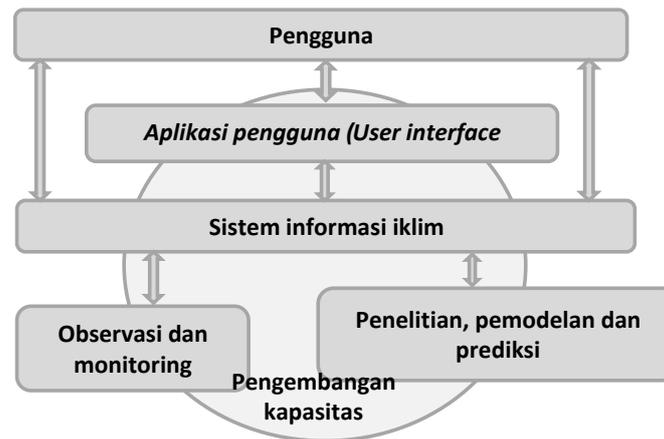
Untuk mengatasi permasalahan ini WMO pada tahun 2009 membentuk *Global Framework for Climate Services* (GFCS), cf. www.gfcsclimate.org. Lúcio dan Grasso (2016) juga menyebutkan bahwa ada 5 permasalahan utama titik kritis penerapan prakiraan musim pada berbagai sektor yang sensitif terhadap iklim termasuk di dalamnya pertanian yaitu *User Interface Platform; Climate Services Information System; Observations and Monitoring; Research, Modelling and Prediction; and Capacity Development* (Gambar 3).

Rendahnya penerapan prakiraan musim oleh pengguna dalam hal ini sektor pertanian dapat dianalisis berdasarkan pilar pada Gambar 3.

1. Pengguna (User)

Kapasitas pengguna masih sangat terbatas dalam memahami informasi musim. Haryoko (2009) menyebutkan bahwa tingkat pemahaman sumber daya manusia pengguna terkait terhadap informasi iklim hanya sekitar 60%. Artinya bahwa informasi yang diberikan belum bisa dimanfaatkan sepenuhnya. Oleh karenanya peningkatan kapasitas pengguna harus terus ditingkatkan.

Pada sektor pertanian, penyuluh memegang peranan yang cukup besar dalam mendesiminasikan informasi musim kepada petani karena penyuluh adalah orang yang paling dekat dengan keseharian petani. Amegnaglo *et al.* (2017) menyebutkan bahwa penyuluh adalah jalur diseminasi utama informasi



Gambar 3. Lima Pilar *Global Framework for Climate Services* (GFCS) (Sumber: Lúcio dan Grasso 2016)
 Figure 3. Five Pillars of the *Global Framework for Climate Services* (GFCS) (Source: Lúcio and Grasso 2016)

prakiraan musim untuk bidang pertanian. Penyuluh memiliki peran yang cukup besar dalam penerjemahan bahasa ilmiah prakiraan musim menjadi bahasa yang mudah dimengerti oleh petani.

Vogel *et al.* (2017) menyebutkan bahwa peningkatan pemahaman dan kapasitas petani terhadap prakiraan musim adalah salah satu strategi untuk mendapatkan manfaat prakiraan musim bagi petani. McIntosh *et al.* (2007) menyatakan bahwa langkah yang dapat dilakukan untuk meningkatkan pemahaman petani adalah dengan melibatkan petani atau masyarakat dalam mengeksplorasi kondisi iklim eksisting sehingga dapat meningkatkan pemahaman terhadap sistem iklim itu sendiri. Petani juga perlu dilibatkan dalam melihat potensi pemanfaatan prakiraan iklim melalui model simulasi terutama pertanian.

2. Aplikasi untuk pengguna (User Interface Platform)

Hansen (2005) menyebutkan masih ada kesenjangan yang sangat besar antara informasi prakiraan musim yang secara rutin dihasilkan oleh lembaga berwenang atau forum iklim dengan kebutuhan petani dan pengambil kebijakan pertanian lainnya. Informasi awal prakiraan musim harus diterjemahkan dalam informasi yang lebih aplikatif, relevan dengan usaha tani dan resikonya. Untuk menjembatani kesenjangan informasi yang dikeluarkan oleh penghasil informasi dan pengguna maka perlu dikembangkan *user interface platform*. Pengembangan *platform* ini bertujuan untuk memudahkan pengguna memahami informasi. Frias *et al.* (2018)

mengembangkan perangkat lunak dengan *open source* R tool untuk mempermudah penghasil prakiraan musim mengkomunikasikan ketidakpastian kepada penggunanya. Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu (SI Katam Terpadu) adalah salah satu bentuk *User Interface Platform* yang dikembangkan untuk sektor pertanian di Indonesia.

3. Sistem informasi iklim (Climate Service information system)

Kusonose dan Mahmood (2016) menyatakan bahwa pengembangan prakiraan musim masih menghadapi masalah utama yaitu keakuratan nilai prediksi. *Skill* dan keakuratan sebuah informasi prakiraan seharusnya disampaikan ketika informasi prakiraan tersebut dikeluarkan. Hal itu penting agar pengguna mengetahui dan dapat mengambil keputusan apakah akan menggunakan atau tidak hasil prakiraan musim tersebut berdasarkan informasi *skill* prediksi yang dikeluarkan.

4. Observasi, monitoring dan penelitian pemodelan musim

Terbatasnya jumlah jaringan pengamatan iklim dan cuaca permukaan merupakan salah satu hambatan dan permasalahan dalam pengembangan pemodelan prakiraan musim. Data historis jangka panjang adalah data utama untuk mengetahui pola musim. Jumlah stasiun yang terbatas pada umumnya tidak dapat menggambarkan karakter iklim seluruh wilayah Indonesia dengan baik. Jumlah sistem pengamatan iklim terutama di sentra-sentra pertanian harus

ditingkatkan. Data-data iklim di Indonesia juga dihadapkan pada permasalahan kualitas yang sangat rendah. Peningkatan kualitas data akan menjadi salah satu kunci keberhasilan sebuah sistem informasi prakiraan iklim.

Sitem iklim Indonesia dipengaruhi oleh banyak faktor dan secara tidak langsung sangat mempengaruhi sistem pertanian Indonesia. Semakin banyak faktor yang mempengaruhi suatu sistem maka akan semakin kompleks pemodelan sistem tersebut. Oleh karenanya diperlukan pengembangan berbagai model melalui berbagai kegiatan kajian dan penelitian.

SISTEM INFORMASI PRAKIRAAN MUSIM UNTUK KEGIATAN USAHATANI

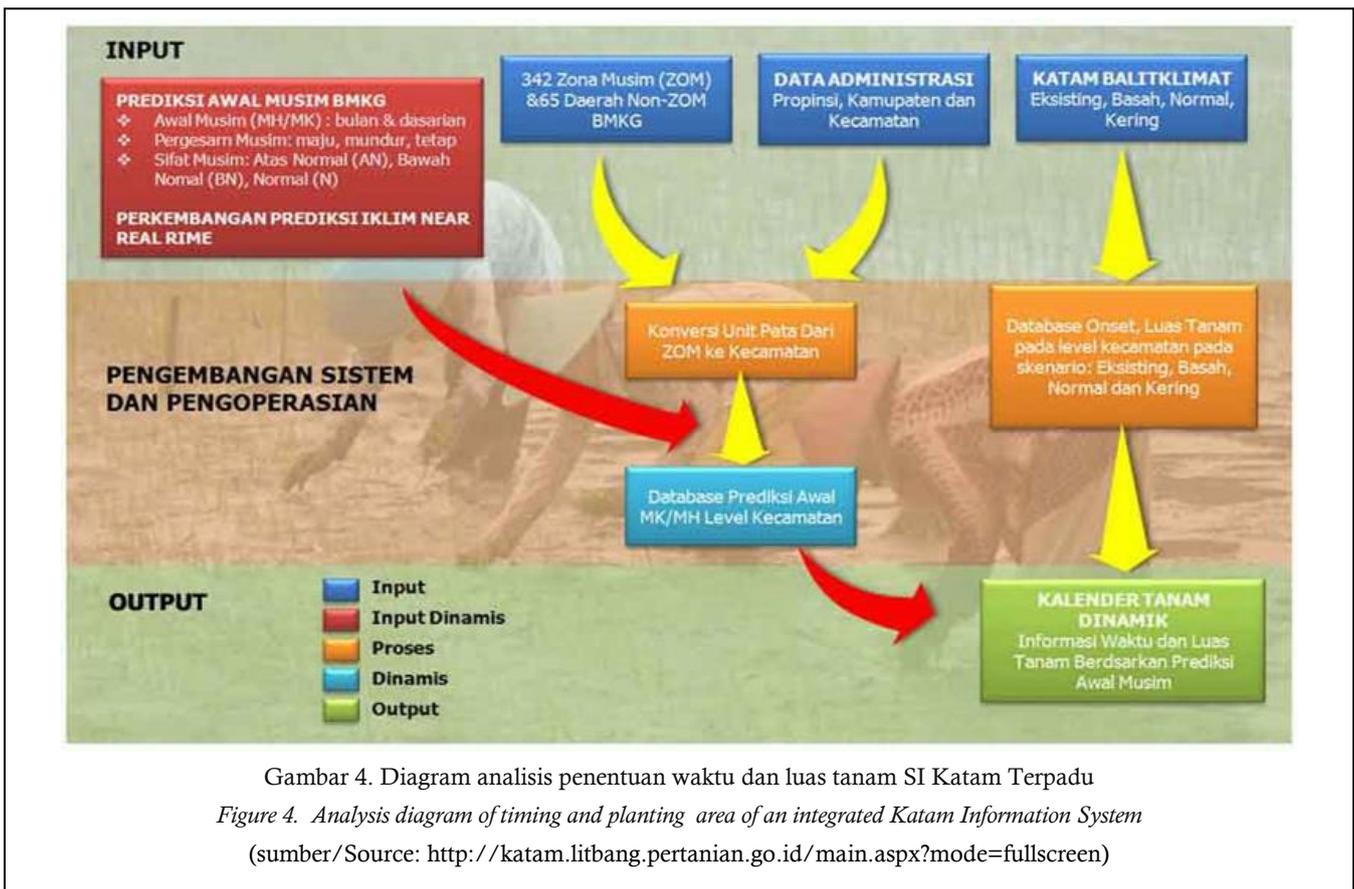
Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) melakukan berbagai penelitian untuk menjembatani gap informasi antara penghasil prakiraan iklim (BMKG) dan petani sebagai pengguna. Sejak tahun 2007 telah dikembangkan Atlas Kalender Tanam Tanaman Pangan dengan skala 1:250.000 sebagai *user interface platform* prakiraan iklim untuk sektor pertanian, yang telah dibuat meliputi Pulau Jawa (Las et al. 2007;

Runtuwu et al. 2011a), Sumatera (Runtuwu et al. 2011b), Kalimantan (Runtuwu et al. 2012b), Sulawesi (Las et al. 2009), serta Bali, Maluku, Nusa Tenggara, dan Papua (Runtuwu et al. 2013a). Sejak tahun 2011 atlas kalender tanam tersebut dikembangkan menjadi Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu (SI Katam Terpadu) dan dapat dilihat pada www.katam.info (Runtuwu et al. 2013b). Untuk menjangkau pengguna yang lebih luas penyebaran SI katam Terpadu ini juga berbasis SMS dan android (Ramadhani et al. 2015).

Kalender tanam terpadu adalah salah satu sistem informasi yang bertujuan membantu pengambil kebijakan dan petani mentransformasi prakiraan musim ke dalam informasi usaha tani. Sistem informasi ini dapat menjadi rujukan pengambil kebijakan dalam menyusun rencana pengelolaan pertanian terutama tanaman pangan dimana informasi yang dimuat dalam sistem informasi ini adalah estimasi musim tanam ke depan pada skala kecamatan (Ramadhani et al. 2013).

Gambar 4 menyajikan diagram alir bagaimana prakiraan musim BMKG dimanfaatkan dalam SI Katam Terpadu terutama untuk menentukan informasi luas dan waktu tanam. Informasi prakiraan musim dikeluarkan oleh BMKG berdasarkan ZOM sedangkan



Gambar 4. Diagram analisis penentuan waktu dan luas tanam SI Katam Terpadu

Figure 4. Analysis diagram of timing and planting area of an integrated Katam Information System

(sumber/Source: <http://katam.litbang.pertanian.go.id/main.aspx?mode=fullscreen>)

informasi SI Katam terpadu berbasis administrasi kecamatan maka untuk dapat memanfaatkan prakiraan musim BMKG perlu mengkonversi unit prakiraan BMKG dari ZOM ke unit kecamatan untuk memperoleh prakiraan musim tiap kecamatan seluruh Indonesia. Berdasarkan prakiraan sifat musim tersebut maka ditetapkan awal dan luas musim tanam.

Informasi lain dari SI Katam Terpadu yang dikeluarkan berdasarkan prakiraan musim adalah identifikasi wilayah rawan kekeringan, banjir dan OPT. Prakiraan sifat hujan kabupaten yang dikeluarkan BMKG digunakan untuk menentukan potensi bencana yang telah dikelompokkan berdasarkan data bencana pada tahun normal, tahun kering dan basah. Selanjutnya rekomendasi jenis varietas tanam didasarkan pada informasi potensi bencana (Runtunuwu *et al.* 2012)

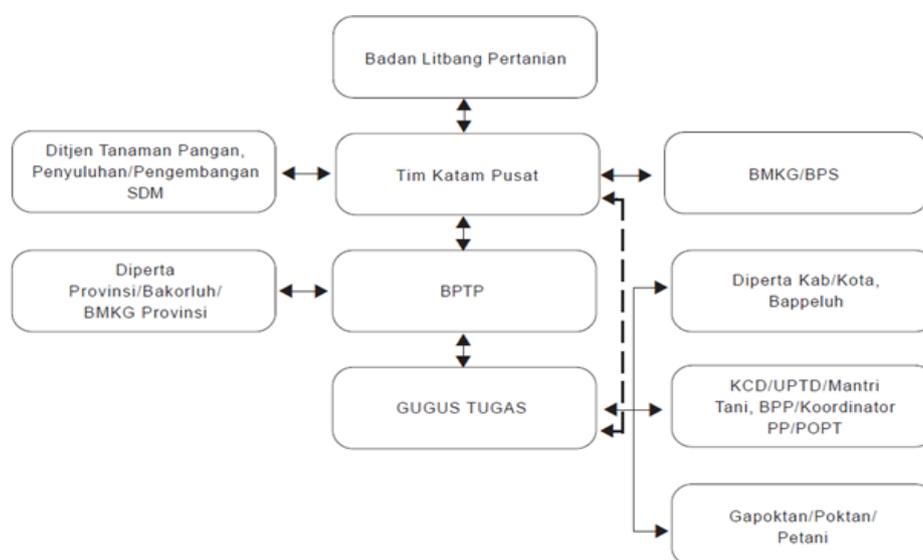
Untuk mempermudah pengembangan, diseminasi dan implementasi SI Katam Terpadu ini dibentuklah gugus tugas kalender tanam dan perubahan iklim di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) seluruh Indonesia berdasarkan Surat Keputusan Kepala Badan Litbang Pertanian No. 178.1/Kpts/OT.160/I/7/2012. Gugus tugas SI katam terpadu ini memiliki peran yang sangat strategis dalam diseminasi dan pengembangan SI Katam Terpadu. Alur komunikasi dan kerja SI Katam Terpadu disajikan pada Gambar 5 (Runtunuwu *et al.* 2013). Gugus tugas juga diharapkan melakukan validasi SI Katam Terpadu dan

memberikan masukan terhadap pengembangan SI Katam terpadu ke depan.

Prediksi Karakteristik Curah Hujan untuk Pertanian

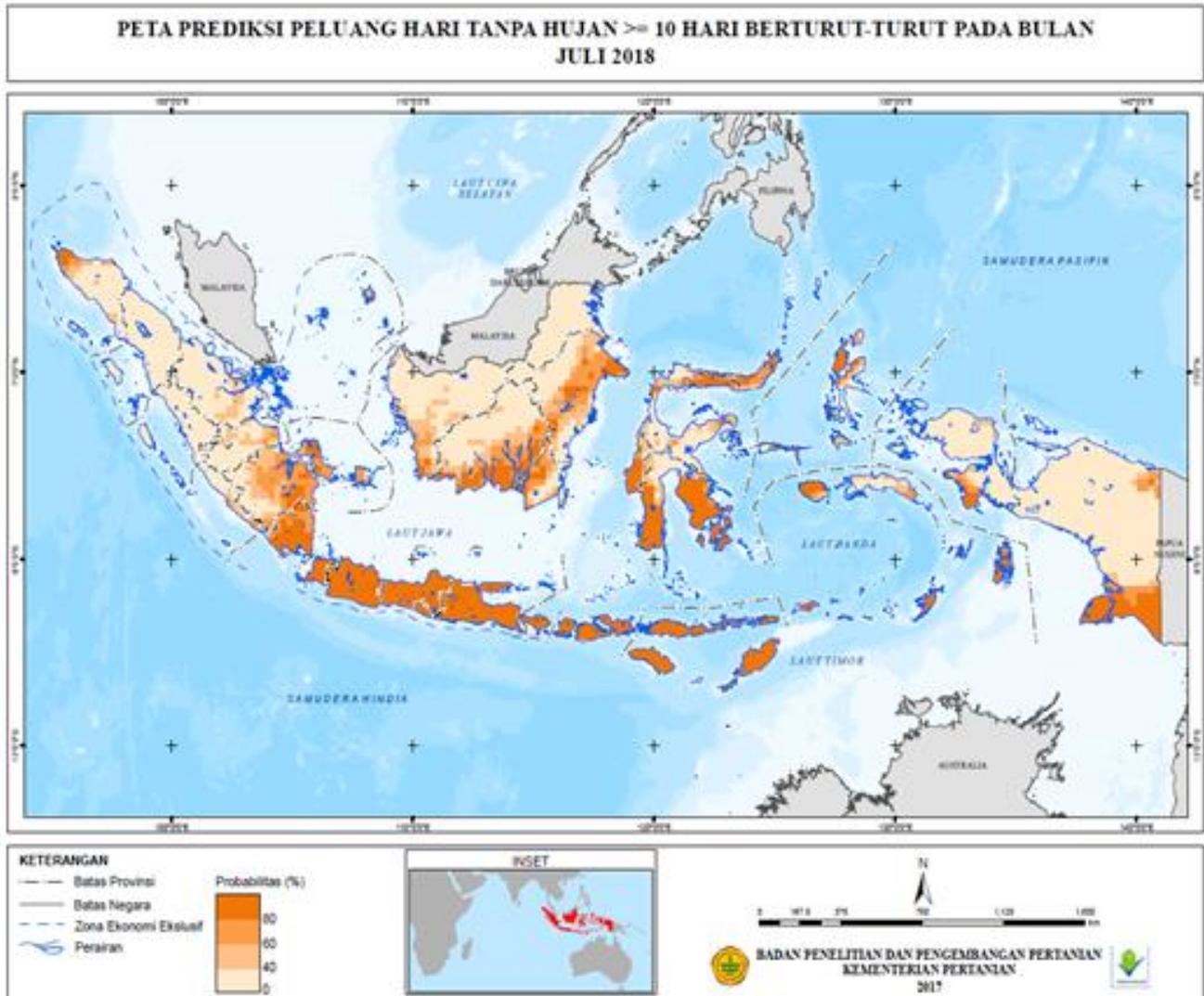
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) melalui Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi (Balitklimat) bekerja sama dengan Institut Teknologi Bandung (ITB) dan BMKG pada tahun 2016 mulai mengembangkan prediksi iklim pertanian dan sejak tahun 2017 informasi prediksi iklim pertanian telah dipublikasikan secara umum (Tim Prediksi Balitklimat2018). Jenis informasi yang dikeluarkan adalah prediksi peluang sifat hujan, peluang jumlah curah hujan < 50 mm/dasarain, prediksi peluang curah hujan >50 mm/dasarain, peluang hari tanpa hujan >10 hari berturut-turut, peluang hari hujan >5 mm berturut-turut, prediksi peluang hujan ekstrim, prediksi peluang SPI-3 (indeks precipitasi terstandarisasi) dan prediksi peluang tren SPI- 3.. Salah satu contoh informasi prakiraan iklim pertanian disajikan pada Gambar 6.

Pengembangan prakiraan iklim pertanian ini bertujuan untuk lebih mendetailkan informasi musim yang dibutuhkan dalam sistem usaha tani. Keberhasilan pertanian tidak hanya bergantung pada informasi awal musim tapi juga informasi distribusi curah hujan ke depan (Surmaini dan Syahbuddin 2016).



Gambar 5. Alur kerja SI Katam Terpadu (Sumber: Runtunuwu *et al.* 2013)

Figure 5. Workflow of integrated Katam Information System (Source: Runtunuwu *et al.* 2013)



Gambar 6. Contoh Informasi Prakiraan Iklim Pertanian
 Figure 6. Examples of Agricultural Climate Forecast Information

Untuk mengkomunikasikan hasil prakiraan musim baik yang dikeluarkan oleh BMKG, maupun oleh Balitklimat maka dilakukan pertemuan yang disebut Forum Diskusi Iklim (FDI). Forum diskusi iklim ini mengundang semua Dirjen teknis lingkup Kementerian Pertanian. Forum ini dilaksanakan setelah BMKG melaksanakan NCOF dan merilis prakiraan musimnya dan dilaksanakan 2 kali setahun. Pada kegiatan ini disusunlah rekomendasi tentang langkah-langkah Kementerian Pertanian menghadapi musim tanam ke depan. Rekomendasi ini dapat dijadikan dasar dalam mengambil kebijakan menghadapi musim tanam ke depan. Kegiatan FDI ini cukup baik dan dirasakan manfaatnya oleh karenanya kegiatan ini masih harus terus dilanjutkan.

Prediksi Risiko Kekeringan pada Tanaman Padi

Prediksi resiko kekeringan pada tanaman padi merupakan *user interface* lain dari prakiraan musim yang dikembangkan oleh Badan Litbang Kementan melalui Balitklimat bekerjasama dengan ITB. Sistem prediksi ini dikembangkan sejak tahun 2016 dan informasi prediksi ini dapat di lihat pada menu VIP SI Katam Terpadu (<http://katam.litbang.pertanian.go.id/main.aspx?mode=fullscreen>). Sistem peringatan dini kekeringan sangat penting untuk menurunkan kehilangan produksi pangan akibat kekeringan.

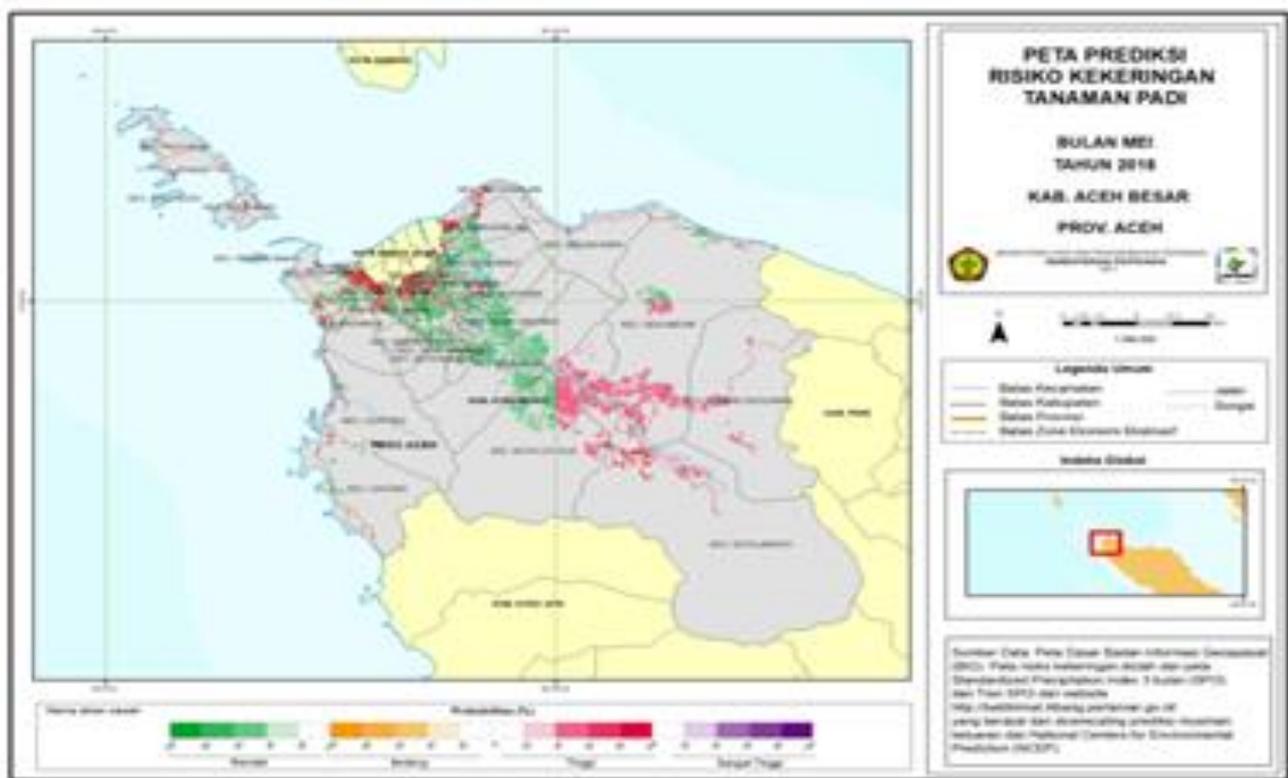
Pengembangan prediksi resiko kekeringan pada tanaman padi dimulai dengan pengembangan prediksi kekeringan meteorologis dengan menggunakan prediksi

musim global keluaran NCEP v2. Prediksi ini didownsacle untuk seluruh wilayah Indonesia. Deret hari kering 10 hari berturut-turut dan *Standardized Precipitation Index* (SPI) adalah dua parameter kekeringan yang diprediksi (Surmaini 2016).

Salah satu contoh informasi prediksi resiko kekeringan tanaman padi disajikan pada Gambar 7. Sawah dengan warna merah diprediksi memiliki resiko kekeringan dengan peluang tinggi, petani dan pengambil kebijakan dihimbau untuk mewaspadai kekeringan di wilayah dengan resiko kekeringan dengan peluang tinggi tersebut.

Katam Terpadu sebagai perangkat untuk mentransformasi informasi prakiraan musim menjadi informasi operasional usaha tani penggunaanya masih rendah. Keakuratan prakiraan musim menjadi kata kunci bagi pengembangan SI Katam Terpadu karena prakiraan musim menjadi dasar utama dari sistem yang dihasilkan oleh SI katam terpadu. Meningkatkan akurasi prakiraan musim menjadi tantangan utama dalam peningkatan penggunaan informasi prakiraan musim dalam bidang pertanian.

Kusonose dan Mahmood (2016) menekankan perlu adanya kajian empirik tentang manfaat prakiraan



Gambar 7. Peta Prediksi Resiko Kekeringan Tanaman Padi

Figure 7. Prediction map for rice plants drought risk

(sumber/Source: <http://katam.litbang.pertanian.go.id/main.aspx?mode=fullscreen>)

TANTANGAN KE DEPAN PENERAPAN PRAKIRAAN MUSIM PADA SEKTOR PERTANIAN

Peningkatan Akurasi

Pemanfaatan prakiraan musim untuk pertanian dihadapkan pada berbagai keterbatasan, meskipun berbagai *user interface* prakiraan musim telah dikembangkan. Astrina *et al.* (2014) melaporkan SI

musim yang bersifat probabilitik bagi petani. Ziervogel *et al.* (2005) menyatakan prakiraan musim ketidaktepatan lebih dari 60% tidak memberikan manfaat bagi petani namun dengan ketidaktepatan kurang dari 60%, informasi prakiraan musim masih memberikan manfaat bagi penggunanya. Gunda *et al.* (2017) juga menemukan bahwa prakiraan musim dengan ketepatan 70% memberikan manfaat ekonomi secara nyata bagi tanaman pangan di Srilangka dimana prakiraan musim

membantu petani dalam pemilihan komoditas yang tepat sehingga produksi meningkat. Lebih lanjut Makmur dan Setiawan (2013) menyimpulkan bahwa prakiraan musim sering tidak tepat tetapi sangat bermanfaat. Kajian empirik ini dinilai sangat penting untuk meningkatkan kesadaran penggunaan prakiraan musim baik oleh petani maupun pengambil kebijakan.

Penelitian dan pengembangan model prediksi memerlukan data pengamatan panjang. Semakin panjang data observasi yang dimiliki secara statistik berpeluang lebih tinggi untuk menangkap variasi temporal serta semakin rapat stasiun pengamatan, semakin dapat menggambarkan variasi spasial (antar wilayah). Oleh karenanya diperlukan sistem pengamatan iklim dan cuaca yang lebih baik dan jumlah stasiun pengamatan yang lebih rapat.

Mengingat sistem iklim Indonesia sangat kompleks dan dipengaruhi oleh banyak faktor maka berbagai kegiatan penelitian dan pengembangan model prediksi iklim dengan pendekatan model baik statis maupun dinamis harus terus dilakukan agar keakuratan prakiraan musim dapat ditingkatkan. Khusus untuk pemanfaatan bidang pertanian, *user interface* yang sudah dibangun seperti SI Katam Terpadu juga harus terus dikembangkan terutama dengan pengembangan pemodelan tanaman dan hidrologi

Diseminasi kepada user untuk intensifkan pemanfaatan dan mendapatkan umpan balik

Kajian manfaat ekonomi prakiraan musim melalui pemodelan tanaman dan ekonomi perlu dilakukan untuk mengkuantifikasi seberapa besar manfaat prakiraan untuk bidang pertanian. Kuantifikasi nilai ekonomi penting untuk menunjukkan bahwa penggunaan prakiraan musim memberikan manfaat nyata bagi pertanian. *Participatory research* dengan melibatkan berbagai bidang ilmu (klimatologi, pertanian, sosiologi kependudukan, antropologi dan sosial ekonomi) dari berbagai instansi sangat diperlukan.

Diseminasi informasi harus disampaikan melalui berbagai media (*multi channel*). Peningkatan kapasitas penyuluh dalam memahami informasi musim harus terus ditingkatkan. Penyuluh adalah sarana diseminasi utama yang paling dekat dengan petani. Ketidakpastian sebuah informasi prakiraan harus dapat dikomunikasikan dengan baik dan dengan bahasa yang

mudah dipahami terutama kepada penyuluh dan petani.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Prakiraan musim sangat penting dalam pengambilan kebijakan usaha tani karena variabilitas iklim yang semakin tinggi frekuensinya sebagai dampak dari perubahan iklim Penggunaan informasi prakiraan musim pada sektor pertanian masih rendah karena beberapa faktor diantaranya kemampuan pengguna dalam hal ini petani masih sangat rendah dalam memahami informasi iklim. *User interface* informasi prakiraan musim untuk pertanian diperlukan untuk penderasan penggunaan informasi prakiraan musim tersebut.

Sistem Informasi Katam Terpadu adalah salah satu *user interface* informasi prakiraan musim, yang dikembangkan untuk membantu menerjemahkan informasi prakiraan musim ke dalam informasi usaha tani. Sistem informasi ini menghasilkan beberapa rekomendasi seperti waktu dan luas tanam, potensi bencana, rekomendasi varietas dan pemupukan. *User interface* lain yang telah dikembangkan adalah prediksi karakter hujan untuk pertanian, dan prediksi resiko kekeringan pada tanaman padi. Forum Diskusi Iklim juga telah dilaksanakan guna menyusun rekomendasi kebijakan terkait musim tanam ke depan.

Kajian nilai ekonomi prakiraan iklim untuk pertanian masih belum banyak dilakukan, kuantifikasi manfaat prakiraan iklim sangat penting untuk meyakinkan pengambil kebijakan atau petani bahwa prakiraan iklim memberikan manfaat ekonomi yang sangat besar bagi pertanian.

Rekomendasi

Peningkatan akurasi prakiraan iklim di Indonesia harus ditingkatkan melalui pengembangan sistem pengamatan cuaca dan iklim dan berbagai penelitian pemodelan iklim. Peningkatan akurasi prakiraan musim ke depan harus menjadi prioritas pembangunan dan merupakan salah satu investasi penting dalam adaptasi variabilitas dan perubahan iklim.

Perlu dilakukan kuantifikasi manfaat ekonomi prakiraan musim melalui pengembangan pemodelan

tanaman dan pemodelan ekonomi. Informasi nilai t ekonomi ini sangat penting bagi stakeholder pertanian dalam menggunakan prakiraan musim untuk pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amegnaglo CJ, Anaman KA, Mensah-Bonsu A, Onumah EE, Gero FA. 2017. Contingent valuation study of the benefits of seasonal climate forecasts for maize farmers in the Republic of Benin, West Africa. *Climate Services* 6 (2017) 1–11.
- Asseng S, McIntosh PC, Wang G, Khismashia N. 2012. Optimal N fertilizer management based on seasonal climate forecast. *Europe, J. Agronomi* 38: 66-37.
- Astrina Y, Sirnawati E, Ulpah A. 2016. Introduction Technology of Cropping Calendar-Information System (CC-IS) for Rice Farming as a Climate Change Adaptation In Indonesia.
- BMKG. 2011. Pemutakhiran Zona Musim (ZOM) Periode 1981-2010. Availabe : http://data.bmkg.go.id/share/Dokumen/pmh%202011_2012%20bmkg_edit%2012%20sep11%20baru.pdf (diunduh pada tanggal 13 Maret 2018).
- Challinor A. 2009. Towards the development of adaptation options using climate and crop yield forecasting at seasonal to multi-decadal timescales. *Environmental science and policy* 12 (2009) 453 – 465.
- Choi HS, Schneider UA, Rasche L, Cui J, Schmid E, Held H. 2015. Potential effects of perfect seasonal climate forecasting on agricultural markets, welfare and land use: A case study of Spain. *Agricultural Systems* 133 (2015) 177–189.
- Clements J, Ray A, Anderson A. 2013. The value of climate services across economic and public sectors a review of relevant literature. Engility-International Resources Group (IRG), United States Agency for International Development (USAID), Washington, DC, USA.
- Davey M, Brookshaw A. 2011. Long-range meteorological forecasting and links to agricultural applications. *Food Policy* 36 (2011): S88–S93.
- Dewi ER, Whitbread AM. 2017. Use of climate forecast information to manage lowland rice-based cropping systems in Jakenan, Central Java, Indonesia. *Asian J. Agric. Res*, 11(3): 66-77.
- Doblas-Reyes FJ, Garcia-Serrano J, Lienert F, Biescas AP, Rodrigues LRL. 2013. Seasonal climate predictability and forecasting: status and prospects. *WIREs Climate Change* 2013, 4:245–268.
- Everingham YL, Muchow RC, Stone RC, Inman-Bamber N, Singel A, Bezuidenhout CN. 2002. Enhanced risk management and decision-making capability across the sugarcane industry value chain based on seasonal climate forecasts. *Agricultural Systems* 74 (2002): 459–477.
- Frias MD, Iturbide, R. Manzananas M, Bedia J, Fernandez J, Herrera S, Cofino AS, Gutierrez JM. 2018. An R package to visualize and communicate uncertainty in seasonal climate prediction. *Environmental Modelling and Software* 99 (2018): 101-110.
- Frisvold GB, Murugesan A. 2013. Use of Weather Information for Agricultural Decision Making. *American Meteorologi Society*, Januari 2013: 55-68.
- Gunda T, Bazuin JT, Yeung KL. 2017. Impact of seasonal forecast use on agricultural income in a system with varying crop costs and returns: an empirically grounded simulation. *Environ. Res. Lett.* 12 (2017) : 1-13.
- Hammer GL, Holzworth DP, Stone R. 1996. The value of skill in seasonal climate forecasting to wheat crop management in a region with high climate variability. *Aust. J. Agric. Res.* 47: 717–773.
- Hansen JW. 2005. Integrating seasonal climate prediction and agricultural models for insights into agricultural practice. *Phil. Trans. R. Soc. B* (2005) 360: 2037–2047.
- Haryoko U. 2009. Identifikasi kekuatan dan kelemahan komponen sistem informasi iklim. *J. Agromet* 22(2): 132-143.
- Jones JW, Hansen JW, Royce FS, Messina CD. 2000. Potential benefits of climate forecasting to agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 82:169–184.
- Klemm T, McPherson R. 2018. The development of seasonal climate forecasting for agricultural producers. *Agricultural and Forest Meteorology* 232 (2017): 384–399.
- Koide N, Robertson AW, Ines AVM, Qian J, DeEitt DG. 2012. Prediction of Rice Production in the Philippines Using Seasonal Climate Forecasts. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* (52): 552-569.
- Kusonose Y, Mahmood R. 2006. Imperfect forecasts and decision making in agriculture. *Agricultural Systems* 146 (2016):103–110.
- Laimheheriwa S. 2014. Analisis tren perubahan curah hujan pada tiga wilayah dengan pola hujan yang berbeda di Provinsi Maluku. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 1(2): 71-78.
- Las I, Unadi A, Syahbuddin H, Runtuuwu E. 2009. Atlas Kalender Tanam Pulau Sulawesi Skala 1:1.000.000 dan 1:250.000. Balai Penelitian Agroklimate dan Hidrologi, Bogor.
- Las I, Unadi A, Subagyono K, Syahbuddin H, Runtuuwu H. 2007. Atlas Kalender Tanam Pulau Jawa Skala 1:1.000.000 dan 1:250.000. Balai Penelitian Agroklimate dan Hidrologi, Bogor.
- Lassa JA. 2012. Emerging Agricultural Involution in Indonesia: Impact of Natural Hazards and Climate Extremes on Agricultural Crops and Food System. *In* Sawada, Y. and S. Oum (*Eds.*), *Economic and Welfare Impacts of Disasters in East Asia and Policy Responses*. ERIA Research Project Report 2011-8, Jakarta: ERIA. pp.601-640.
- Leng G, Zhang X, Huang M, Asrar R, Leung LR. 2016. The Role of Climate Covariability on Crop Yields in the Conterminous United States. *Nature Science Report. Scientific Reports* | 6:33160 | DOI: 10.1038/srep33160.
- Lúcio FPF, Grasso V. 2016. The Global Framework for Climate Services (GFCS). *Climate Services* 2–3 (2016): 52–53.

- Makmur EES, Setiawan AM. 2013. Sistem dan Teknologi Peramalan Iklim. Seminar Nasional Sains dan Aplikasi Komputasi, 25 September 2013.
- Martins MA, Tomasella J, Rodriguez DA, Alvala RCS, Giarolla A, Gorofolo LL, Junio JLS, Paolicchi LTLC. 2018. Improving drought management in the Brazilian semiarid through crop forecasting. *Agricultural Systems* 160 (2018): 21–30.
- Mavi HS, Tupper GJ. 2004. *Agrometeorology – Principles and Applications of Climate Studies in Agriculture*. Food Products Press.
- McIntosh PC, Pook MJ, Risbey JS, Lisson SN, Rebbeck M. 2007. Seasonal climate forecasts for agriculture: Towards better understanding and value. *Field Crops Research* 104 (2007): 130–138.
- Meinke H, Stone RC. 2005. Seasonal and Inter Annual Climate Forecasting: The New Tool for Increasing Preparedness to Climate Variability and Change In Agroicultural Planning and Operation. *Climatic Change*. December 2005 : 1-33.
- Meza FJ, Hansen JW, Osgood D. 2008. Economic Value of Seasonal Climate Forecasts for Agriculture: Review of Ex-Ante Assessments and Recommendations for Future Research. *Journal Of Applied Meteorology and Climatology* (47): 1269-1286.
- Moura AD, Hastenrath S. 2004. Climate Prediction for Brazil's Nordeste: Performance of Empirical and Numerical Modeling Methods. *J Clim* 17: 2667-2672.
- Nelson RA, Holzworth DP, Hammer GL, Hayman PT. 2002. Infusing the use of seasonal climate forecasting into crop management practice in North East Australia using discussion support software. *Agricultural Systems* 74 (2002): 393-414.
- Ogotu GO, Frassen WHP, Supit I, Omondi P, Hutjes RAW. 2018. Probabilistic maize yield prediction over East Africa using dynamic ensemble seasonal climate forecasts. *Agricultural and Forest Meteorology* 250–251 (2018) 243–261.
- Ramadhani F, Runtuuwu E, Syahbuddin H. 2013. Pengembangan Sistem Teknologi Informasi Kalender Tanam Terpadu Berbasis Web. *Jurnal Informatika Pertanian*.
- Ramadhani F, Syahbuddin H, Runtuuwu E. 2015. Aplikasi Android pada Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu. *INKOM*, Vol. 9, No. 1, Mei 2015: 39-44.
- Ramírez-Rodrigues MA, Alderman PD, Stefanova L, Cossani M, Flores D, Asseng S. 2016. The value of seasonal forecasts for irrigated, supplementary irrigated, and rainfed wheat cropping systems in Northwest Mexico. *Agricultural Systems* 147 (2016): 76–86.
- Ray DK, Gerber JS, MacDonal GK, West PC. 2015. Climate variation explains a third of global crop yield variability. *Nature Communications*. 1-9 DOI: 10.1038/ncomms6989.
- Roudier P, Alhassane A, Baron C, Louvet S, Sultan B. 2016. Assessing the benefits of weather and seasonal forecasts to millet growers in Niger. *Agricultural and Forest Meteorology* 223 (2016): 168–180.
- Ruminta, Nurmala T. 2016. Dampak perubahan pola curah hujan terhadap tanaman pangan lahan tadah hujan di Jawa Barat. *Agrin* 20(2):155-168.
- Runtuuwu E, Syahbuddin H. 2007. Perubahan pola curah hujan dan dampaknya terhadap periode masa tanam. *Jurnal Tanah dan Iklim* No. 26 : 1-12.
- Runtuuwu E, Syahbuddin H, Amien I, Las I. 2011a. New cropping calendar map development for paddy rice field in Java Island. *Ecolab* 5(1): 1-14.
- Runtuuwu E, Syahbuddin H, Nugroho WT. 2011b. Delineasi kalender tanam tanaman padi sawah untukantisipasi anomali iklim mendukung program peningkatan produksi beras nasional. *Majalah Pangan* 20(4): 341-356.
- Runtuuwu E, Syahbuddin H, Ramadhani F, Pramudia A. 2012a. Sistem informasi kalender tanam terpadu: status terkini dan tantangan ke depan. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol. 6 No. 2, Desember 2012 : 67-78.
- Runtuuwu E, Syahbuddin H, Ramadhani F. 2012b. Dinamika waktu tanam tanaman padi pulau Kalimantan. *Jurnal Agronomi* 40(1): 8-14.
- Runtuuwu E, Syahbuddin H, Ramadhani F, Apriyana Y, Sari K, Nugroho WT. 2013a. Tinjauan waktu tanam tanaman pangan di wilayah timur Indonesia. Disampaikan pada *Majalah Pangan*, Januari 2013.
- Runtuuwu E, Syahbuddin H, Ramadhani F, Pramudia A, Setyorini D, Sari K, Apriyana Y, Susanti E, Haryono. 2013b. Inovasi kelembagaan sistem informasi kalender tanam terpadu mendukung adaptasi perubahan iklim untuk ketahanan pangan nasional. *Pengembangan Inovasi Pertanian* Vol. 6 No. 1 Maret 2013: 44-52.
- Runtuuwu E, Kondoh A. 2008. Assessing global climate variability and change under coldest and warmest periods at different latitudinal regions. *Indonesian J. Agric. Sci.*9(1): 7–18.
- Soares MB, Dessai S. 2015. Exploring the Use Of Seasonal Climate Forecast in Europe through Expert Elicitation. *Climate Risk Management* 10: 8-6.
- Sopaheluwakan A. 2011. Overview of Climate Services in Indonesia. Presented at the 2011 WMO RA-V Regional Seminar. Honiara, Solomon Islands, BMKG 2 November 2011. Available pada https://www.wmo.int/pages/prog/dra/rap/document/s/4_5Indonesia_RA-VRegionalSeminar.pdf (diunduh pada: 18 Maret 2018).
- Surmaini E, Hadi TW, Subagyono K, Puspito NT. 2015. Prediction of Drought Impact on Rice Paddies in West Java Using Analogue Downscaling Method. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 16(1): 21-30.
- Surmaini E, Syahbuddin H. 2016. Kriteria awal musim tanam: tinjauan prediksi waktu tanam di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 35(2). 47:56.
- Surmaini E. 2016. Pemantauan dan peringatan dini kekeringan pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol. 10 No. 1, Juli 2016; 37-50.
- Tim Prediksi Balitklimat. 2018. *Prediksi Musim MK 2018 Untuk Pertanian*. Forum Diskusi Iklim Untuk Pertanian Pada Mk 2018. Balitklimat, Bogor, 8 Maret 2018.

- Vogel J, Letson D, Herrick C. 2017. A framework for climate services evaluation and its application to the Caribbean Agrometeorological Initiative. *Climate Services* 6: 65–76.
- Wang E, Xu JH, Smith J. 2009. Value of historical climate knowledge, SOI-based seasonal climate forecasting and stored soil moisture at sowing in crop nitrogen management in south eastern Australia. *Agricultural and Forest Meteorology* 148 (2008): 1743 – 1753.
- Western AW, Dassanayake KB, Perera KC, Argent KM, Alves O, Young G, Ryu D. 2018. An evaluation of a methodology for seasonal soil water forecasting for Australian dry land cropping systems. *Agricultural and Forest Meteorology* 253–254 (2018): 161–175.
- Ziervogel G, Bithell M, Washington R, Downing T. 2005. Agent-based social simulation: a method for assessing the impact of seasonal climate forecast applications among smallholder farmers. *Agricultural Systems* 83 : 1–26.