

Sistem Peringatan Dini Menghadapi Iklim Ekstrem

Early Warning System for Climate Extreme

Edvin Aldrian

Balai Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jl. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta 10340

Diterima 29 Oktober 2016; Direview 20 November 2016; Disetujui dimuat 22 Desember 2016

Abstrak. Dengan letaknya diantara dua benua dan dua samudera serta berada di garis khatulistiwa, maka benua maritim Indonesia merupakan salah satu pusat konveksi utama dunia. Dengan kenyataan demikian maka Indonesia menghadapi risiko yang besar dari tingginya variabilitas iklim dan ekstremitas iklim. Guna menghadapi dampak dari iklim ekstrem maka diperlukan strategi yang mumpuni untuk membuat suatu peringatan dini secara nasional. Dengan desakan jumlah populasi dan kecanggihan teknologi informasi maka kedepan diperlukan sistem peringatan dini yang dapat menjangkau secara luas dan cepat menghadapi perubahan yang terjadi. Sebuah sistem peringatan dini yang juga harus dapat mengantisipasi dampak dan risiko. Sistem peringatan dini yang dibangun merupakan mata rantai dari pengamatan di lapangan, pengolahan data dan analisa serta sistem diseminasi yang memadai. Tulisan ini mengulas sistem peringatan dini iklim untuk sektor pertanian dengan evolusi sistem berbagi data, informasi, sistem informasi dan sistem informasi terkustomisasi. Tujuan akhir yang diupayakan adalah sebuah sistem *online* yang tanggap terhadap perubahan yang terjadi guna pemanfaatan yang maksimal di sektor pertanian.

Kata kunci: Peringatan Dini / Pertanian / Iklim Ekstrem / Informasi Iklim

Abstract. Located between two continents, two oceans, and on the equator, the Indonesian maritime continent is one of the world's major deep convection. With such a reality, Indonesia experiences a substantial risk of high climate variability and climate extremes. In order to deal with the impact of extreme climate, there is a need for a strategy to establish a nationwide early warning. With stressors of demographic tension and technology sophistication, the future early warning system should be broad reaching as well as quickly responsive to face dynamical changes. That early warning system should also be able to anticipate probable impacts and risks. The established system is a chain of observations in the field, data processing and analysis as well as adequate dissemination system. This paper reviews the early warning system that can be done by observation agencies with the user agencies in the agricultural sector through sharing of data, information, information system and customized information system. The ultimate goal being pursued is an online system that is responsive to changes that occur to maximum utilization in the agricultural sector.

Keywords: Early Warning / Agriculture / Climate Extreme / Climate Information

PENDAHULUAN

Salah satu dampak gejala iklim ekstrem dan perubahan iklim yang dirasakan dan dialami faktual adalah terjadinya hujan yang tidak menentu, awal musim yang sudah bergeser serta panjang musim yang menyimpang dari kebiasaannya normalnya (Mulyana 2002, Aldrian, dan Djamil 2008). Hal ini sangat berdampak pada sektor pertanian terutama dalam menentukan waktu awal tanam yang berakibat sering mengalami kerugian karena pendapatan petani semakin berkurang. Sektor pertanian merupakan sektor yang paling sensitif terhadap dampak iklim ekstrem (Surmaini *et al.* 2011) karena sangat tergantung pada suplai air dari langit dimana hampir seluruh komoditas pertanian dilakukan pada lahan terbuka. Seluruh masyarakat apapun profesinya,

sebenarnya dapat berkontribusi dalam usaha adaptasi perubahan iklim diberbagai sektor termasuk disektor pertanian. Semakin serius kita melakukan upaya adaptasi, semakin tangguh dalam menghadapi perubahan iklim di masa mendatang. Pergeseran musim dan puncak hujan serta perubahan panjang musim sangat mengganggu pola tanam dan produktivitas, sehingga diperlukan upaya-upaya antisipasi dan adaptasi. Bagi petani upaya melakukan adaptasi terhadap perubahan iklim diantaranya adalah meningkatkan pengetahuan dan informasi tentang perubahan iklim antara lain melalui Sekolah Lapang Iklim, penggunaan Sistem Peringatan Dini dan Sistem Jaringan Informasi Iklim, disamping menyesuaikan kalender tanam dan jenis komoditas yang akan ditanam dengan informasi iklim terkait (Aldrian *et al.* 2011). Di Indonesia pemerintah melalui Kementerian Pertanian,

melakukan upaya-upaya adaptasi di sektor pertanian antara lain dengan menciptakan berbagai varietas unggul adaptif, menerapkan teknologi pengelolaan sumber daya air dan mengaplikasikan teknologi pengelolaan sumber daya lahan.

Dengan jumlah populasi yang besar dan juga ditambah dengan jumlah buruh tani atau masyarakat yang hidup dari sektor pertanian yang sangat besar, maka dapat disadari bahwa upaya adaptasi pada sektor pertanian merupakan salah satu sektor kunci dari suksesnya pembangunan nasional. Selain itu kedepannya sektor pertanian juga diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi pada ketersediaan pangan tetapi juga pada ketersediaan sektor energi khususnya untuk energi terbarukan.

Pada saat ini dampak perubahan iklim telah dirasakan diberbagai penjuru dunia, termasuk di Indonesia dan bervariasi tergantung dari letak wilayahnya (Aldrian *et al.* 2011). Dengan semakin tidak teraturnya kondisi iklim dengan variabilitas yang tinggi maka diperlukan adaptasi yang terus menerus guna mengantisipasi dampak yang merugikan. Adaptasi yang tepat guna memerlukan sebuah sistem peringatan dini yang mumpuni. Sistem tersebut diharapkan memberikan prediksi dan peringatan dini. Hasil dari kedua sistem tersebut diharapkan memiliki sifat *impact based forecasting* dan *risk based warning* (WMO 2015). Yang dimaksud dalam istilah tersebut adalah prediksi yang dihasilkan diharapkan dapat memberikan gambaran dampak yang juga dihasilkan pada iklim lokal sehingga memudahkan masyarakat untuk dapat melakukan adaptasi. Selain itu peringatan dini yang dihasilkan juga dapat memberikan besaran risiko yang ditimbulkan apabila tidak dilakukan tindakan adaptasi.

Untuk mengembangkan sistem tersebut perlu dikenali berbagai jenis iklim ekstrem yang berpengaruh terhadap iklim Indonesia. Selanjutnya perlu diketahui secara khusus apa saja dampak dari iklim tersebut terhadap sektor pertanian di Indonesia. Dengan kondisi yang terletak di wilayah tropis dan diantara dua benua dan dua samudera maka wilayah Indonesia memiliki ciri khusus akan dampak yang mengenyainya. Setelah itu perlu dikenali bagaimana sistem pengamatan cuaca dan iklim yang tersedia saat ini. Dari hasil pemantauan atau pengamatan yang ada tersebut akan dapat dirancang sebuah sistem informasi iklim dan juga sistem peringatan dini iklim ekstrem. Sistem informasi iklim merupakan rancang bangun bagaimana alur informasi dari hasil pengamatan, analisa, pengolahan data dan penyimpanan dalam bentuk *database* dapat

tersalurkan kepada pengguna. Dalam hal ini maka kementerian pertanian adalah pengguna atau pemanfaat dari data tersebut. Pengembangan selanjutnya dari sistem yang ada adalah membuat dalam skala nasional. Untuk kepentingan dunia pertanian dimana sebagai koordinasi dan melaksanakan fungsi pemerintahan dalam penyedia kebutuhan pangan nasional maka diperlukan data yang tidak hanya dalam tingkat nasional tetapi juga dalam berbagai negara dalam tingkat global sehingga bisa diantisipasi pola keteraturan musim di wilayah lain untuk penyediaan yang memadai dari stock pangan nasional.

PENGEMBANGAN MODEL KEJADIAN IKLIM EKSTREM

Jenis-Jenis Iklim Ekstrem

Gejala iklim yang memiliki dampak kuat terhadap iklim Indonesia terdiri dari gejala sub-musiman atau *sub seasonal* hingga gejala inter tahunan atau *interannual* seperti ENSO (Aldrian dan Susanto 2003). Berbagai gangguan atau dampak dari gejala tersebut memiliki pengaruh terhadap tingkat kebasahan dan kekeringan musim atau iklim. Untuk membuat sebuah sistem yang terintegrasi maka diperlukan pengamatan secara kontinyu dan sistem pertukaran data yang juga terus menerus. Gejala awal datangnya fenomena yang menyebabkan iklim ekstrem harus dapat dikenali sejak dini agar dapat memberikan tindakan pencegahan dampak yang sangat merugikan.

Selanjutnya perlu dikenali kapan, lama dan pada lokasi mana dampak tersebut akan terasa atau berpengaruh terhadap manusia atau aktivitas manusia, termasuk pertanian. Untuk itu diperlukan riset variabilitas iklim yang dihubungkan dengan dampaknya pada sektor pertanian agar dapat ditemukan strategi, pola dan inovasi yang memberikan jawaban terhadap tantangan tersebut. Strategi, pola dan inovasi tersebut akan dapat dipakai dikemudian hari ini menjawab tantangan masalah jika menemui kasus atau gejala yang serupa. Dengan wilayah yang sangat luas maka dampak yang diterima tentu akan sangat beragam dan diperlukan pengetahuan untuk dapat mengenali kondisi yang terkena dampak.

Pada Tabel 1 ditampilkan beberapa jenis gejala iklim yang mendominasi kejadian iklim ekstrem di wilayah Indonesia. Selain gejalanya juga ditampilkan dampak yang menyertai bersama durasi waktu dampaknya.

Tabel 1. Tipe jenis fenomena iklim yang dominan di Indonesia

Tabel 1. *Dominant climate phenomena in Indonesia*

Gejala iklim dan referensi	Dampak iklim ekstrem	Durasi waktu
Pergerakan semu <i>Inter Tropical Convergence Zone</i> ITCZ (Pike 1971, Waliser dan Somerville 1994)	Pergeseran awal musim, normal iklim	Tahunan
<i>The Indonesian throughflow</i> (Gordon <i>et al.</i> 2010)	Low SST, laju penguapan rendah	Musim kemarau
ENSO activity (Aldrian dan Susanto 2003)	Kekeringan dan kebakaran hutan	1.5 tahunan
<i>Indian Dipole Mode Activity</i> (Aldrian dan Asril 2005)	Kekeringan di Jawa, Lampung, Sumsel (Indonesia barat daya)	3 bulanan
<i>Indian Summer Monsoon</i> (Harijono 2008)	Kekeringan di Aceh, Sumut (Indonesia barat laut)	Musim kemarau
<i>Cold surge and cross equatorial advection</i> (Aldrian dan Utama 2007)	Kekeringan dan kebakaran hutan di Riau, Jambi, Kalbar, banjir di Jawa barat	Mingguan
<i>Intra seasonal variability</i> (MJO), <i>easterly Kelvin wave and equatorial jet</i> (Waliser <i>et al.</i> 2003)	bervariasi mengikuti tahun normal atau ENSO	30-90 harian
<i>Local advection and convection</i> (Hendon 2003)	Tidak ada, aktivitas lokal	Jam-jaman
Angin darat dan laut serta variabilitas harian diurnal (Hadi <i>et al.</i> 2002)	None, local activity	Diurnal harian
Siklon tropis (Mustika 2008)	Cyclone tail brings extreme wet weather but far away region will have drought until forest fire	Mingguan
Variabilitas rentang skala waktu lain: osilasi quasi biennial dan variabilitas dekadal (Hood dan Soukharev 2003)	Decadal to climate change time scale variability drive more evaporation and wet climate	Di atas 30 tahunan

Dampak Iklim Ekstrem Terhadap Pertanian

Pada sektor pertanian, dampak dari perubahan iklim yang cukup signifikan (Aldrian *et al.* 2014) antara lain adalah:

- Pergeseran musim hujan dan musim kemarau dapat mempengaruhi pola masa tanam (kalender tanam) dan perubahan pola tanam.
- Perubahan suhu dan kelembaban udara dapat menyebabkan peningkatan serangan hama penyakit atau organisme pengganggu tanaman (OPT).
- Perubahan pola angin dapat menyebabkan penyebaran hama semakin intensif, terganggunya penyerbukan dan pembuahan.
- Perubahan pola hujan dapat menyebabkan kegagalan pembuahan dan penyerbukan serta penurunan produktivitas, mutu hasil, efisiensi dan lain-lain. karena banjir maupun kekeringan.
- Peningkatan tinggi muka laut dapat menyebabkan masuknya air asin ke areal persawahan di wilayah pesisir, dan dapat terjadi penyusutan dan degradasi lahan.

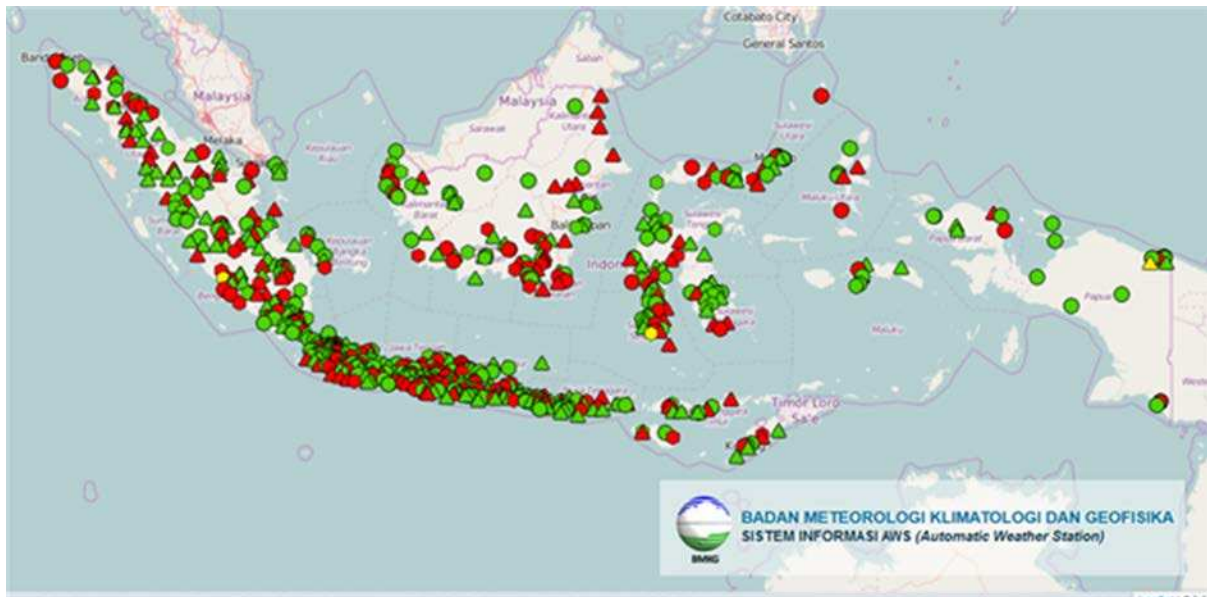
MEKANISME PERINGATAN DINI KEJADIAN IKLIM EKSTREM DI INDONESIA

Dalam membangun mekanisme sistem peringatan dini kejadian ekstrem perlu dilihat alur kerja dari

data berdasarkan hasil pemantauan di lapangan menuju proses pengolahan dan analisa, kemudian dilanjutkan pada tampilan dan diseminasi kepada pengguna yang dalam hal ini adalah Kementerian Pertanian.

Sistem Pengamatan Parameter Cuaca dan Iklim Nasional

Sesuai dengan tugas dan fungsinya Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menyediakan layanan data dan informasi perubahan iklim dari hasil pengamatan atau historis yang berasal dari stasiun pengamatan yang dimilikinya. Sesuai Gambar 1 saat ini BMKG memiliki 22 stasiun klimatologi, lebih dari 120 stasiun meteorologi dan 31 stasiun geofisika yang memberikan pasokan data iklim dan sekitar 5000 pos kerjasama (pos hujan, pos penguapan, pos iklim dan stasiun meteorologi pertanian khusus/SMPK). Pengamatan *online* terdiri dari *Automatic Weather Station* (AWS), *Automatic Rain Gauge* (ARG) dan *Agriculture Automatic Weather Station* (AAWS). Saat ini terpasang dan termonitor keseluruhan alat *online* sebanyak 697 stasiun yang terbagi dengan sekitar 120 AAWS dan sisanya terbagi hampir sama yaitu ARG atau AWS. AAWS memiliki tambahan pengamatan kondisi tanah selain pengamatan cuaca atmosfer. Selain itu BMKG juga memiliki 34 stasiun radar yang terus memantau



Gambar 1. Kondisi saat ini peta jaringan *Automatic Weather System, Automatic Rain Gauge, Agriculture AWS* di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Juni 2016

Figure 1. Existing network of *Automatic Weater System, Automatic Rain Gauge, Agriculture AWS* in BMKG June 2016

kejadian cuaca ekstrem pada lokasi berdekatan dengan bandara utama.

Diluar stasiun pengamatan yang dimiliki oleh BMKG tersebut juga terdapat pemantauan memakai citra satelit dan juga pengamatan di laut berdasarkan data *buoy* di samudera Pasifik dan di Samudera Hindia. Data dari jaringan *buoy* tersebut dipakai untuk memantau kondisi terkini status regional dan global kondisi fenomena iklim. Selain itu juga dapat dipakai data hasil reanalisa dan pengamatan yang dimiliki oleh BMKG dari negara lain. Kemanfaatan dari data tersebut saat ini belum optimal dimanfaatkan untuk pengguna diluar BMKG.

Sistem Informasi Iklim

Pemanfaatan informasi iklim dan perubahannya pada sektor pertanian adalah sebagai bahan pertimbangan dalam membuat rencana atau pola kegiatan pertanian, baik dalam jangka menengah maupun jangka panjang misalnya perencanaan tataguna lahan, perencanaan pola tanam, penentuan komoditas/varietas yang akan dibudidayakan dan langkah-langkah antisipasi seperti penyiapan teknologi adaptasi yang meliputi teknologi pengelolaan sumber daya lahan/pertanian dan teknologi benih. Untuk dapat memanfaatkan informasi tentang iklim dan informasi perubahan iklim pada perencanaan pertanian dengan baik, maka diperlukan pemahaman yang baik

pula terkait dengan kondisi sumber daya (terutama air dan lahan) di suatu wilayah, teknologi pertanian (pengelolaan sumber daya, budidaya dan varietas), serta memahami dengan baik pengaruh iklim terhadap kondisi sumber daya lahan dan air serta dampaknya terhadap pertumbuhan dan hasil dari suatu komoditas (Harijono dan Aldrian 2009). Berdasarkan informasi yang dibuat oleh BMKG (misal: prediksi awal musim dan curah hujan) yang diperkuat instansi terkait lainnya, maka pihak Kementerian Pertanian melalui Badan Litbang Pertanian telah menyiapkan sistem informasi kepada penyuluh dan petani dan pemangku kebijakan di daerah berupa Kalender Tanam (Katam, Koosmaryono dan Apriyana 2009) yang disesuaikan dengan berbagai kondisi iklim (atas normal, normal dan bawah normal) sehingga akan memudahkan bagi petani untuk melakukan adaptasi perubahan iklim di wilayahnya masing-masing (tiap provinsi, Las *et al.* 2007).

Setelah diketahui jenis sistem diseminasi yang sesuai dan dibutuhkan antara pihak BMKG dan Kementerian Pertanian, kemudian perlu dilakukan *stocktaking* yaitu komunikasi lebih detail keperluan apa yang diperlukan di lapangan. Pembicaraan dilakukan untuk menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini:

- Jenis parameter apa dan seperti apa yang dibutuhkan oleh Kementerian Pertanian di lapangan ?

- Jenis diseminasi serta lama durasi dan frekuensi diseminasi yang diperlukan ?
- Jenis informasi olahan apa yang diperlukan ?
- Jenis *forecasting* apa yang diperlukan apakah curah hujan, suhu muka laut atau yang lain ?
- Seberapa jauh *forecasting* diperlukan untuk layanan pertanian ?
- Sinergi sistem informasi yang diperlukan, data apa yang perlu ditransfer antar *server* BMKG dan Kementerian Pertanian ?
- Bagaimana pembagian tugas kerja atau siapa bekerja apa ?

Usulan sistem diseminasi informasi iklim:

- Optimalisasi data dan informasi BMKG bagi pertanian yang terpadu dan terintegrasi.
- Pembuatan kalender tanam dinamis.
- Pembuatan peta kesesuaian lahan dinamis.
- Pemanfaatan prediksi curah hujan berdasarkan data satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*).
- Pemanfaatan data SMPK termasuk nilai air tanah, evaporasi dan sinar matahari untuk kesesuaian lahan.
- Prakiraan musim diganti dengan prakiraan bulanan atau dasarian.
- Pola perhitungan ZOM (Zona Musim) BMKG dapat dieliminir dalam *server* Pertanian menjadi pola zona wilayah.
- Pembuatan sistem informasi kondisi iklim ekstrem terkini menyangkut kondisi ENSO, MJO, IOD dan suhu muka laut regional.

Beberapa jenis informasi cuaca-iklim yang digunakan untuk keperluan adaptasi perubahan iklim di sektor pertanian adalah sebagai berikut (Tabel 2):

1. Prakiraan musim hujan (awal musim, maju-mundur awal musim terhadap normalnya, sifat hujan selama periode musim).
2. Prakiraan musim kemarau (awal musim, maju-mundur awal musim terhadap normalnya, sifat hujan selama periode musim).
3. Prakiraan hujan bulanan sampai tiga bulan kedepan (jumlah curah hujan, sifat curah hujan terhadap normalnya).
4. Prakiraan potensi banjir bulanan sampai tiga bulan kedepan.
5. Prakiraan tinggi gelombang laut harian.
6. Penyediaan atlas potensi agroklimat.

7. Penyediaan peta rawan kekeringan dengan indeks SPI (*standardized precipitation index*).
8. Penyediaan frekuensi suhu dan kelembaban udara lebih dari nilai tertentu.
9. Penyediaan frekuensi kecepatan angin lebih dari nilai tertentu.
10. Informasi cuaca ekstrem (curah hujan dan suhu udara seperti di Supari *et al.* 2016).
11. Informasi hari tanpa hujan.
12. Informasi daerah awal musim atau masuk pergantian musim.
13. Kondisi iklim ekstrem regional.
14. Informasi kesetimbangan neraca air atau defisit daerah aliran sungai atau DAS.
15. Informasi konsentrasi gas rumah kaca (GRK).

Pembuatan peta hari tanpa hujan sebagaimana Gambar 2 terinspirasi dari salah satu index perubahan iklim yang ditetapkan oleh WMO (Klein-Tank *et al.* 2009). Hari tanpa hujan dikenal dengan istilah *wetspell* dan *dryspell*. Khusus untuk *dryspell* adalah banyaknya hari tanpa hujan berturut turut dalam setahun yang terpanjang. Sedangkan *wetspell* adalah hari dengan hujan berturut turut dalam setahun yang terpanjang. Dalam perubahan iklim tren dari kondisi ini menunjukkan perubahan potensi perpanjangan musim kemarau atau musim hujan. Dalam kondisi praktis peringatan dini iklim maka hari tanpa hujan dapat menunjukkan ekstremitas kondisi kemarau yang sedang terjadi. Hal ini dapat menunjukkan seberapa parah penetrasi kondisi ekstrem yang tengah terjadi. Pembuatan peta hari tanpa hujan di Indonesia pertama dilakukan dengan memakai data satelit TRMM yang dapat menampilkan data harian. Peta tersebut dibuat dengan update sepuluh harian. Dalam versi terbaru maka data didapatkan dari laporan data penakar kerjasama yang juga dilaporkan setiap sepuluh harian.

Selanjutnya pembuatan peta rawan kekeringan dengan metoda indeks SPI (*standardized precipitation index*) dilakukan dengan membuat penyesuaian atas indeks SPI yang biasanya dibuat sebagai hasil rerata jangka panjang. Apabila indeks tersebut dihitung terus menerus pada tahun berjalan maka akan didapatkan informasi yang dinamis dari sebuah kondisi kekeringan yang sedang terjadi. metoda perhitungan yang diterapkan bisa berdasarkan kondisi normal bulanan, tiga bulanan dan enam bulanan. Sekali lagi pembuatan informasi indeks SPI dinamis memakai perhitungan yang sama untuk sebuah indeks jangka panjang tetapi

Tabel 2. Jenis informasi iklim bagi pertanian serta kemanfaatannya

Tabel 2. *Climate Information relevant to agriculture and their usages*

Jenis informasi	Informasi yang diperlukan sektor pertanian	Kegunaan atau manfaat
Sea level rise	Grafik dan tabel rata rata 10 harian sampai dengan 1 bulanan	Perencanaan dan pengelolaan lahan pertanian pasang surut dan lahan pantai (<i>coastal area</i>), informasi rawan salinitas pada lahan pantai
<i>Sea surface temperature (SST)</i>	Peta dan tabel suhu absolut dan anomali	Prediksi kondisi iklim regional Indonesia untuk 1-3 bulan ke depan
Suhu daratan	<ul style="list-style-type: none"> • Suhu harian mingguan tersedia • Peta tren dan tabel suhu rata rata maksimum dan minimum • Peta tren dan tabel suhu harian, 10 harian dan bulanan 	Prediksi kerawanan dan serangan OPT pada tanaman - Analisis kualitas produksi tanaman hortikultura (sayuran dan buah-buahan) - Analisis kerawanan penyakit ternak
Kelembaban udara	<ul style="list-style-type: none"> • Data harian dan mingguan • Peta tren dan tabel kelembaban rata rata maksimum dan minimum • Peta tren dan tabel kelembaban harian, 10 harian dan bulanan 	
Curah hujan	<ul style="list-style-type: none"> • Peta dan tabel tren curah hujan ekstrem • Peta dan tabel tren pergeseran awal musim • Peta dan tabel tren panjang musim • Peta dan tabel tren <i>dryspell</i> dan <i>wetspell</i> 	Analisis resiko kegagalan pertanian - Analisis asuransi pertanian - Analisis potensi waktu berbuah - Analisis waktu tutup tanam - Analisis distribusi waktu panen - Analisis potensi hijauan/pakan ternak - Analisis potensi produksi minyak atsiri
Radiasi matahari	Tabel tren lama penyinaran matahari 10 harian	Analisis kualitas produksi tanaman pangan dan hortikultura - Analisis kebutuhan air evapotranspirasi
Angin	Tabel tren kecepatan angin maksimum 10 harian	Analisis potensi bencana pada tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan
Evaporasi	Peta dan tabel tren penguapan rata-rata 10 harian	Analisis kebutuhan air tanaman- <i>Monitoring</i> kekeringan
Lain lain (debu)	Kandungan debu (spm)	Kasus insidental jika terjadi gunung meletus dan dampaknya terhadap komoditas pertanian

Sumber: Aldrian *et al.* (2014)

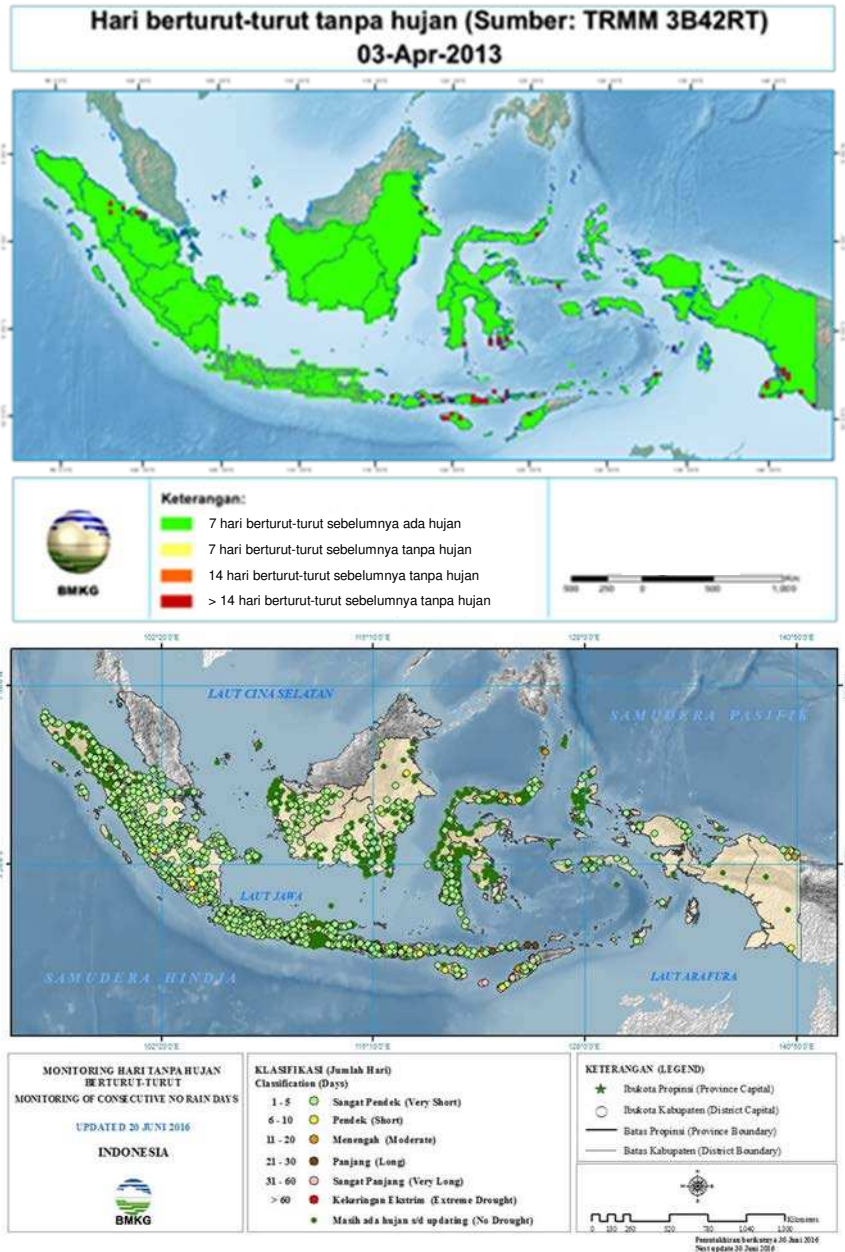
diterapkan dalam kondisi dinamis berjalan untuk melihat kondisi yang sedang terjadi.

Informasi berikutnya yang juga ditampilkan secara dinamis adalah informasi pergantian musim atau awal musim. Perhitungan yang dipakai mengacu pada konsesi yang dianut BMKG selama ini yaitu tiga dasarian kriteria musim telah terjadi berdasar nilai evaporasi 5 mm hari⁻¹. Kriteria musim adalah dimana jumlah air hujan di atas jumlah evaporasi maka disebut musim hujan dan dimana jumlah air hujan di bawah jumlah evaporasi maka disebut musim kemarau. Dengan memakai perhitungan tersebut maka awal kedatangan musim dapat dipetakan secara spasial dan informasi dapat ditampilkan secara dinamis. Kedepannya informasi ini dapat lebih disempurnakan dengan memakai nilai evaporasi yang sebenarnya. Dengan demikian kriteria 5 mm hari⁻¹ dapat diganti dengan kondisi evaporasi rerata tiap wilayah. Permasalahannya tidak semua daerah melakukan

pengukuran besaran evaporasi sehingga nilai tersebut tidak selalu tersedia. Variasi dari sistem informasi ini adalah peta defisit hujan bulanan daerah aliran sungai. Nilai defisit dihitung dari selisih nilai curah hujan dan evaporasi.

PROSPEK PENGEMBANGAN SISTEM PERINGATAN DINI KEJADIAN IKLIM EKSTREM DI SEKTOR PERTANIAN

Dalam pengembangan selanjutnya diharapkan dapat terbentuk sebuah sistem yang terintegrasi dan terpadu guna dapat dilanjutkan dalam bentuk sistem umpan balik antara pengguna dan penyedia informasi. Sistem yang berkembang kemudian dapat dilakukan penyesuaian produk atau customized atau tailored guna disesuaikan dengan situasi terkini. Dengan kemajuan teknologi informasi dengan proses komputasi yang sangat cepat didukung oleh jaringan komunikasi yang

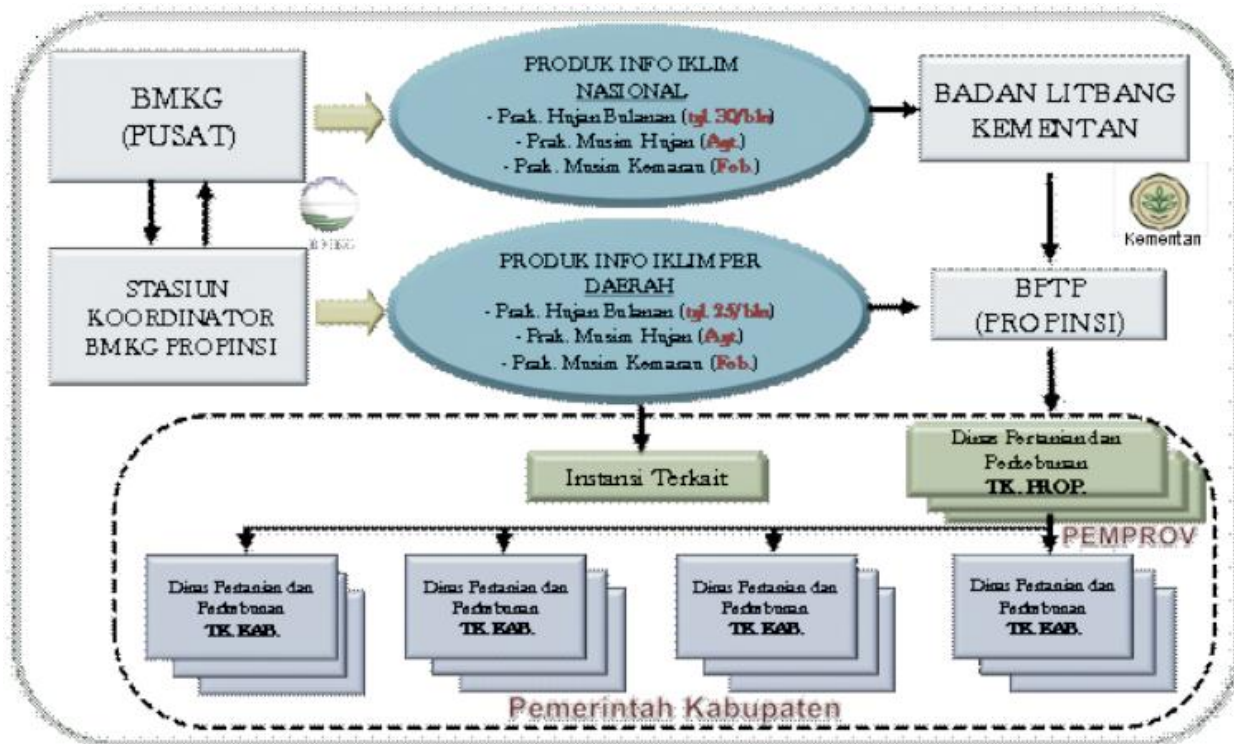


Gambar 2. Versi awal peta hari tanpa hujan berdasarkan data satelit TRMM pada tanggal 3 April 2013. Peta hari tanpa hujan tanggal 20 Juni 2016 (*website BMKG*)

Figure 2. Early version of consecutive dry days according to TRMM satellite on 3 April 2013 and the present day may on 20 June 2016 using land based observation (*BMKG website*)

semakin handal maka dapat dibuat sebuah sistem jaringan antar muka yang terhubung secara *online* antara penyedia dan pengguna. Sistem informasi peringatan dini dapat dikembangkan dari sebuah sistem sederhana yang statis yang hanya memberikan data

atau kemudian sebuah informasi atau sebuah sistem informasi yang dapat mengikuti kemauan pengguna atau yang paling canggih adalah informasi iklim *customized*. Pada Gambar 3 dapat dilihat proposal alur diagram informasi dari BMKG ke pengguna di pertanian.



Gambar 3. Alur distribusi informasi iklim BMKG untuk sektor pertanian (diolah sendiri dari berbagai sumber)

Figure 3. Flow diagram of BMKG climate information for agriculture sector

Evolusi Jenis Layanan Informasi Iklim

Data

Produk yang disediakan adalah data mentah yang dapat berupa data mentah curah hujan suhu, lama penyinaran dan kelembaban tanah

Informasi Iklim

Produk yang disediakan adalah hasil olahan data mentah yang dapat berupa peta atau gambar. Produk olahan yang dihasilkan masih bersifat statis dan belum dapat diubah sesuai keperluan pengguna. Contohnya adalah peta Awal musim, sifat bulanan dan musim, indeks kekeringan atau informasi perubahan iklim (Aldrian 2016).

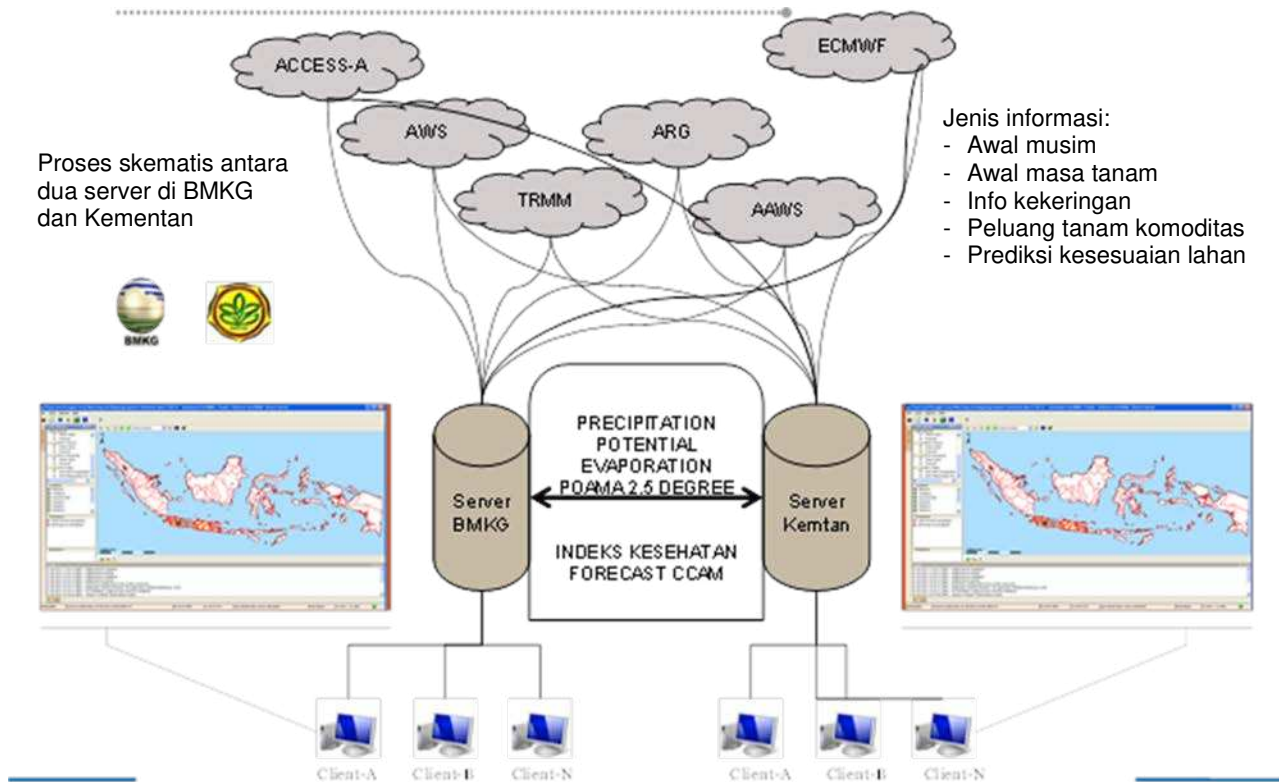
Sistem informasi iklim

Produk yang disediakan adalah hasil olahan data yang disediakan ke pengguna dan pengguna diberi fasilitas untuk dapat merubah cara olahan dan analisa sesuai keinginan pengguna. data dan produk terhubung antara pengguna dan penyedia secara online melalui

jaringan sistem IT yang terkoneksi dan juga selalu sinkronisasi antara kedua lembaga (Gambar 4). Keuntungan dari sistem ini adalah kondisi yang ditampilkan dapat ter-update secara langsung dan otomatis. Kerugiannya adalah ketergantungan pada teknologi IT dan komunikasi yang harus selalu dijaga kelancarannya. Contoh produk adalah hasil Informasi iklim dan pertanian dipadu untuk informasi masa tanam dan optimal komoditi.

Tailored atau customized informasi iklim

Produk yang dihasilkan menyerupai produk sistem informasi tetapi dalam hal ini juga terdapat mekanisme *feedback* atau umpan balik ke penyedia data. Kemanfaatan umpan balik adalah dimana data yang disediakan dapat dimodifikasi pada server penyedia guna disesuaikan hasil pada server pengguna. sistem ini bermanfaat terutama pada hal hal yang sangat dinamis dan membutuhkan jenis olahan tertentu yang sangat spesifik dan tidak umum. Data awal yang diberikan antara server penyedia ke server pengguna adalah data basic atau dasar. Biasanya pemanfaatan pertukaran data informasi seperti ini terjadi apabila pengguna memakai model tertentu yang dijalankan pada server-



Gambar 4. Proposal sistem informasi Perubahan Iklim dan Iklim Ekstrem pada pertanian (diolah sendiri)

Figure 4. Proposed Climate change and climate extreme Information system for agriculture

nya dan banyak membutuhkan penyesuaian data input dari *server* penyedia. Penyesuaian dilakukan setelah ada kebutuhan yang spesifik diperlukan. Contoh dari produk ini adalah prediksi komoditas optimal, prediksi hasil panen, prediksi produktivitas.

Berbagai contoh konkrit dari berbagai sistem yang sudah diuraikan di atas dapat dilihat pada uraian di bawah ini.

Diseminasi Data

- Berupa data hujan dan suhu dalam bentuk diseminasi *hard copy*.
- Diseminasi kepada *user* berbentuk data mentah bukan olahan.
- Hingga 1988 BMKG membuat buletin data curah hujan bulanan Indonesia.
- Keuntungan: data mentah dapat diolah oleh *user*.
- Kerugian: *user* atau sektor perlu *re-entry*, pengolahan dan analisa lanjut.

Diseminasi Informasi

- Berupa peta peta olahan dalam bentuk diseminasi *hard copy*, faksimil dan *web* BMKG.
- Jenis informasi yang disampaikan adalah peta spasial hujan bulanan, musim, peta banjir dan kekeringan.
- Keuntungan: diseminasi cepat melalui *web*.
- Kerugian: perlu interpretasi ulang di pihak *user*, diseminasi *hard copy* sulit untuk ditindaklanjuti.

Diseminasi sistem informasi

- Berupa kerjasama teknologi informasi antara *server* di BMKG dan Kementan. Kedua *server* akan saling *sharing*, *synchronize* dan berbagi analisis dan proses.
- Jenis informasi yang disampaikan adalah keluaran model yang mana model dilakukan pada dua *server*, sebagai contohnya adalah informasi kekeringan, oldeman, kesesuaian lahan.
- Keuntungan: diseminasi super cepat, sistem *online* dan otomatis.

- Kerugian: perlu membangun sistem IT yang handal, kekuatan pada jaringan komunikasi, *database server* dan *GIS server*.

Contoh diseminasi sistem informasi, seperti disajikan pada Gambar 4).

- Kerjasama BMKG-PusAir dimana *server* BMKG menyediakan data AWS, satelit TRMM sementara *server* PusAir menyediakan data *water level* sungai dan muara laut. Data tambahan dari radar BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi).
- Model cuaca dan gelombang laut dijalankan di *server* BMKG sedangkan *server* PusAir menjalankan model hidrologi dan model genangan banjir.
- Sinkronisasi dilakukan antara *server* BMKG, PusAir dan *server* radar BPPT.
- Informasi kekeringan dan bulanan dilakukan secara *online* dan otomatis.

Diseminasi tailored atau customized informasi iklim

- Berupa kerjasama yang lebih advance dengan menambahkan informasi produk sekunder seperti kalender tanam, prediksi jangka pendek dan jangka panjang.
- Jenis informasi yang disampaikan prediksi komoditas optimal, prediksi hasil panen, prediksi produktivitas.
- Keuntungan: dapat dipakai untuk pengambil keputusan pertanian dan mengurangi risiko tanam, dapat dipakai dalam bursa komoditas berjangka.
- Kerugian: perlu membangun sistem perhitungan statistik yang handal.

KERANGKA KERJA LAYANAN INFORMASI IKLIM GLOBAL

Kebutuhan Peringatan Dini Iklim Regional

Iklim maritim kawasan Asia Tenggara ini sangat dipengaruhi dengan keberadaan ENSO dan *Indian Ocean Dipole Mode* dan pada tingkat tertentu juga dipengaruhi oleh arus lintas Indonesia atau *Indonesian Throughflow*. Wilayah ini terdiri dari negara-negara yang tergabung dalam *Southeast Asian Nations*, Republik Demokratik Timor-Leste, Papua Nugini dan bagian utara Australia. Wilayah ini menerima umpan balik negatif dari pemanasan yang terjadi di Pasifik ekuatorial selama fase hangat dari ENSO. Variabilitas iklim penting lainnya di kawasan ini mencakup *Madden Julian Oscillation* dan seruak dingin dari Laut Cina

Selatan, yang memiliki dampak dan pengaruh regional. Struktur musim yang berbeda dari musim hujan seperti monsun India, monsun Asia Timur dan monsun benua maritim juga mencirikan kompleksnya variabilitas masing-masing daerah (Robertson *et al.* 2011). Sebagian besar fitur iklim daerah ini terkait dengan fenomena laut yang meliputi interaksi antara laut, udara dan daratan. Namun demikian pemanfaatan pemodelan iklim yang kompleks dengan semua fitur tersebut dan model yang interaktif masih kurang dipakai secara operasional di sebagian besar negara penyedia informasi iklim. Penggunaan yang luas dari data laut dan iklim dan kebutuhan yang tinggi untuk fasilitas komputasi pemodelan iklim membatasi kemampuan banyak negara tropis untuk menyediakan hanya prakiraan cuaca dan tidak prediksi iklim berdasarkan hasil pemodelan.

Di Asia Tenggara, berdasarkan laporan teknis dari *Asian Disaster Preparedness Center*, Forum Outlook Iklim Regional diadakan awalnya pada bulan Februari 1998 (Subbiah dan Kishore 1998) di Bangkok dalam hubungannya dengan Pertemuan Regional Asia pada Krisis *El Niño* Terkait. Hal ini diikuti oleh forum yang diselenggarakan oleh Asosiasi Tenggara Bangsa Asia Tenggara (ASEAN) *Specialized Meteorological Centre* (ASMC) di Singapura pada bulan Februari 1998. Sejak itu, ASMC telah memproduksi *Regional Climate Outlook* atau pandangan kondisi Iklim menggunakan komunikasi elektronik dengan lembaga-lembaga internasional dan dengan lembaga meteorologi nasional di wilayah ini. *Regional Climate Outlook* digunakan oleh negara-negara anggota untuk menghasilkan perkiraan musiman mereka sendiri. Secara umum, lembaga meteorologi nasional menggunakan prakiraan daerah dalam hubungannya dengan informasi statistik masa lalu pada kondisi iklim lokal dan masukan dari lembaga meteorologi lainnya (misalnya, BOM, IRI, NOAA, UK Met Office) untuk menghasilkan perkiraan musiman nasional. Perkiraan daerah dikeluarkan oleh ASMC menunjukkan probabilitas curah hujan dengan lima kategori (di bawah normal, sedikit di bawah normal, normal, sedikit di atas normal dan di atas normal). Namun, produk perkiraan nasional mengindikasikan probabilitas curah hujan dalam tiga kategori tradisional. Ini mungkin disebabkan rendahnya tingkat kepercayaan menggunakan lima kategori curah hujan jarak dekat. Hal ini juga dapat dikaitkan dengan fakta bahwa di tingkat nasional, akurabilitas kepada pengguna berkaitan dengan akurasi dari perkiraan jauh lebih tinggi dari pada tingkat regional. Namun,

diharapkan bahwa lebih banyak pengalaman yang diperoleh dan tingkat kepercayaan yang dihasilkan dalam penerapan perkiraan nasional akan menjadi lebih meningkat (Aldrian *et al.* 2010).

Kebutuhan Peringatan Dini Iklim Global

Pada tataran global telah terjadi perkembangan layanan informasi iklim terlebih dalam pembentukan Kerangka Kerja Layanan Iklim Global (*Global Framework for Climate Services*). Pembentukan GFCS dilakukan oleh Badan Meteorologi Dunia (*World Meteorological Organization*) dalam acara *World Climate Conference 3* pada tahun 2009 (Harijono dan Aldrian 2009). Pada pembentukan GFCS disadari untuk menjalankan lima pilar pelaksanaan GFCS yaitu *Observation and Monitoring, Research Modeling and Prediction, User Interface, Climate Service Information, dan Capacity Building*. Sedangkan fokus area pelaksanaan GFCS saat ini ada pada empat bidang yaitu sumber daya air, pertanian, kesehatan dan kebencanaan.

KESIMPULAN

Pertambahan populasi penduduk dan kemajuan teknologi informasi (IT) telah mendorong perubahan besar dalam sistem dan produk peringatan dini menghadapi iklim ekstrem. Selain itu telah terjadi peningkatan kebutuhan bagi layanan kualitas informasi iklim seperti informasi yang berbasis dampak dan risiko (*impact based forecasting and risk based warning*). Dengan ancaman berbagai perubahan yang cepat dan kemajuan teknologi IT maka dapat diupayakan sebuah sistem informasi yang cepat tanggap dan handal antara institusi iklim dan pertanian. Sistem informasi iklim yang memadai harus dapat menyampaikan informasi terolah untuk kepentingan pengambilan keputusan dalam hal jenis dan besaran komoditas tanam ke depan. Sistem *online* dan otomatis dapat dibangun untuk mendukung ketahanan pangan nasional. Sistem dibangun pada sentra pangan dan dapat diperluas ke seluruh Indonesia untuk berbagai komoditas pangan lainnya. Dengan berbagai tinjauan sistem yang diuraikan di atas, perlu penguatan dari sistem data menjadi informasi kemudian sistem informasi dan kemudian sistem informasi terkostumisasi. Kendala utama yang mungkin dihadapi adalah sinergi dan koordinasi antar kelembagaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini merupakan bagian dari kegiatan Adaptasi Perubahan Iklim di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian Tahun Anggaran 2016. Terima kasih atas komentar dari Prof. Erna Sri Adiningsih dan Prof. Irsal Las yang sudah menelaah dan memberikan masukan untuk perbaikan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E., M. Karmini, dan Budiman. 2011. Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia, Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara BMKG, Jakarta, 179pp.
- Aldrian E., C. Oludhe, B.J. Garanganga, J. Pahalad, M. Rojas Corradi, M.S. Boulahya, L. Dubus, J. Ebinger, dan M. Fischer, 2010, Regional Climate Information for Risk Management, *Procedia Environmental Sciences*, 1:369–383.
- Aldrian, E. dan Asril. 2005. Influences of Indian Ocean Dipole and ENSO on variability of summer inflow of several dams and lakes in Indonesia. *Alami*, BPPT, 10, 19-26.
- Aldrian, E. dan G.S.A. Utama. 2007. Identifikasi dan karakteristik seruak dingin (Cold Surge) tahun 1995-2003. *J. Sains Dirgantara*, 4(2):107-127.
- Aldrian, E. dan Y.S. Djamil. 2008. Spatio-temporal climatic change of rainfall in East Java Indonesia, *International Journal of Climatology*, 28(4):435–448.
- Aldrian, E. *et al.* (Eds.). 2014. Konsep Implementasi Adaptasi Sektor Perubahan Iklim. Puslitbang BMKG, Jakarta.
- Aldrian, E. 2016. Tackling Climate Change Locally, *Digital Development Debates*, issue #17, <http://www.digital-development-debates.org/issue-17-sharing-data--tackling-climate-change-locally.html>.
- Aldrian, E., dan R. D. Susanto. 2003. Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature, *International Journal of Climatology*, 23:1435-1452. DOI: 10.1002/joc.950.
- Supari, F. Tangang, L. Juneng, and E. Aldrian. 2016. Observed changes in extreme temperature and precipitation over Indonesia, *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.4829.
- Gordon, A., J. Sprintall, H. van Aken, R.D. Susanto, S. Wijffels, R. Molcard, A. Field, dan W. Pranowo. 2010. The Indonesian Throughflow during 2004-2006 as observed by the INSTANT program, *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 50, Issue 2, 115-128.
- Hadi, T.W., T. Horinouchi, T. Tsuda, H. Hashiguchi, dan S. Fukao. 2002. Sea-Breeze Circulation over Jakarta, Indonesia: A Climatology Based on Boundary Layer Radar Observations. *Mon. Wea. Rev.*, 130:2153–2166.

- Harijono, S.W.B. dan E. Aldrian. 2009. Beyond the tropical archipelago: the provision of climate services in Indonesia, in *Climate Sense*, World Meteorological Organization, Geneva.
- Harijono, S.W.B. 2008. Interaksi fenomena *El Niño* dan Dipole Mode secara simultan serta monsun musim panas India terhadap variabilitas curah hujan di Sumatera Utara, Disertasi Doktor ITB, Bandung.
- Hendon, H.H. 2003. Indonesian rainfall variability: impacts of ENSO and local air-sea interaction. *Journal of Climate*, 16:1775-1790.
- Hood, L.L. dan B.E. Soukharev. 2003. Quasi-decadal variability of the tropical lower stratosphere: The role of extratropical wave forcing. *Journal of the atmospheric sciences*, 60(19): 2389-2403.
- Klein-Tank, A.M.G., F.W. Zwiers, dan X. Zhang. 2009. Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. World Meteorological Organization Technical Document WMO-TD No 1500. WMO, Geneva.
- Koesmaryono, Y. dan Y. Apriyana. 2009. Sensitivitas dan Dinamika Kalender Tanam Padi Terhadap Parameter ENSO (*El-Nino-Southern Oscillation*) dan IOD (*Indian Ocean Dipole Mode*) di Daerah Monsunal dan Equatorial, Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB, Bogor.
- Las, I., A. Unadi, K. Subagyo, H. Syahbuddin, dan E. Runtunuwu. 2007. Atlas Kalender Tanam Pulau Jawa. Skala 1:1.000.000 dan 1:250.000. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Bogor. 96 hlm.
- Mulyana, E. 2002 Hubungan antara ENSO dengan variasi curah hujan di Indonesia, *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 3(1):1-4.
- Mustika, A. 2008. Karakteristik Siklon Tropis sekitar Indonesia, Skripsi Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Pike, A.C. 1971. Inter tropical convergence zone studied with an interacting atmosphere and ocean model. *Monthly Weather Review*, 99:469-477.
- Robertson, A., V. Moron, J. Qian, C.P. Chang, F. Tangang, E. Aldrian, T.Y. Koh, dan L. Juneng, 2011, The Maritime Continent Monsoon, in *The Global Monsoon System: Research and Forecast*, 2nd Ed. Eds. C.P. Chang, Y. Ding, N.C. Lau, R.H. Johnson, B. Wang and T. Yasunari, World Scientific Series on Asia-Pacific Weather and Climate, Vol. 5, World Scientific Publication Company, New York.
- Subbiah, A.R. dan K. Kishore 2000 Regional Climate Outlook: southeast asian applications. Extreme Climate Event Program. Technical Paper: Asian Disaster Preparedness Center PO Box 4 Klong Luang, Pathumthani 12120 Thailand.
- Surmaini, E., E. Runtunuwu, dan I. Las. 2011. Upaya Sektor Pertanian dalam menghadapi perubahan iklim, *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(1):1-7.
- Waliser, D.A. dan R.C.J. Somerville. 1994. Preferred latitudes of the inter tropical convergence zone, *J. Atmos. Sci*, 15, 1619-1639.
- Waliser, D.E., W. Stern, S. Schubert, dan K.M. Lau. 2003. Dynamic predictability of intraseasonal variability associated with the Asian summer monsoon. *Quart. J. Royal Meteor. Soc.*, 129, 2897-2925.
- World Meteorological Organization. 2015. WMO Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services. WMO Document No 1150 34pp.