

KAJIAN PEMANFAATAN INFORMASI CUACA DAN IKLIM DI INDONESIA

Oleh :

Ir. Erna S. Adiningsih, M.Si. (LAPAN), Drs. Bambang S. Tejasukmana, Dipl.Ing. (LAPAN), Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, M.S (IPB), Dr. Ir. Hidayat Pawitan (IPB), Dr. P. A. Winarso (BMG), Dr. Ir. Dony Kushardono (LAPAN), Dr. Muchlisin Arief (LAPAN), dan
Drs. Sunu Tikno (BPPT)

PENDAHULUAN

Pada abad ke-20, terutama dua dekade terakhir, telah terjadi berbagai gangguan cuaca yang terjadi dalam jangka pendek maupun gangguan iklim yang terjadi dalam waktu cukup lama. Beberapa gangguan cuaca seperti hujan badai, siklon tropik, turbulensi udara dan lain-lain dirasakan telah sangat mengganggu aktivitas manusia. Demikian pula gangguan iklim, misalnya fenomena ENSO (El Nino and The Southern Oscillations) yang terjadi tahun 1981/1982, 1987 dan 1997 ataupun isu perubahan iklim bumi yang diakibatkan oleh faktor-faktor alam maupun manusia, telah menyebabkan dampak yang cukup besar terhadap berbagai sektor, baik sektor ekonomi maupun pertahanan dan keamanan. Kejadian-kejadian tersebut telah mendorong berbagai pihak untuk menyadari pentingnya peranan iklim pada berbagai sektor.

Secara nyata, kesadaran terhadap peran penting iklim justru datang dari isu pemanasan global, yang kemudian dikaitkan dengan perubahan lingkungan global ataupun dengan perubahan iklim global dan dampaknya. Secara prinsip pengertian iklim dan perubahan iklim global penting sekali dibedakan, karena masing-masing terkait pada nuansa yang berbeda. Iklim lebih terkait pada sejarah masa lalu dari status sistem atmosfer bumi yang ikut menentukan perkembangan hidup di bumi, sedang perubahan iklim global saat ini masih merupakan isu internasional yang menyangkut kelangsungan sistem kehidupan di masa mendatang. Sistem cuaca dan iklim bumi terkait langsung dengan kondisi kehidupan sehari-hari saat ini dan masa depan yang pendek (1 tahun), yang dicirikan oleh kejadian-kejadian di atmosfer, yang dapat dikaji dari data pengamatan cuaca dan iklim. Sedangkan isu perubahan iklim global masih perlu dicarikan bukti-bukti terjadinya 'evidence' dari 'trend' masa lalu, untuk mengantisipasi status iklim di masa depan. Dengan pengertian tersebut maka diperlukan adanya suatu sistem informasi iklim yang tepat.

Pada dasarnya jenis informasi cuaca dan iklim yang sangat dibutuhkan adalah informasi mengenai prediksi cuaca dan iklim untuk berbagai kurun atau skala waktu, mulai dari harian, musiman, tahunan sampai puluhan tahun. Adanya prediksi yang akurat memungkinkan penyusunan rencana kegiatan dan implementasinya di lapangan sesuai dengan hasil prediksi. Dengan cara seperti itu, maka resiko kegagalan atau keterlambatan kegiatan akibat kondisi cuaca dan iklim yang tidak diinginkan dapat dihindari. Di samping itu, efisiensi dan efektivitas kegiatan manusia dapat dilaksanakan secara optimal.

Selanjutnya agar dapat dihasilkan informasi cuaca dan iklim yang akurat diperlukan dua unsur utama, yaitu (a) tersedianya data yang akurat dan baku, dan (b) adanya model prediksi yang tepat. Faktor penentu dalam pengembangan suatu model untuk prediksi cuaca dan iklim adalah data unsur-unsur cuaca yang diukur secara tepat dan baku dalam interval waktu minimal sepuluh tahun. Dengan adanya kurun waktu

pengamatan data yang makin panjang, maka model prediksi yang dibangun akan makin sesuai dengan sifat iklim yang terjadi. Namun ketersediaan data dalam kurun waktu yang panjang yang dapat diandalkan tampaknya masih menjadi salah satu masalah utama di Indonesia.

Sampai saat ini kajian yang komprehensif dan terpadu tentang pemanfaatan prediksi cuaca dan iklim di Indonesia masih terbatas. Di sisi lain kebutuhan terhadap data dan informasi cuaca dan iklim sudah sangat mendesak. Melihat berbagai permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu kajian yang menyeluruh dan terpadu mengenai operasionalisasi informasi cuaca dan iklim di Indonesia yang dilihat dari aspek pengumpulan data, pemodelan, operasionalisasi, dan pemanfaatannya. Studi ini dilakukan dengan tujuan untuk: (1) menginventarisasi faktor-faktor dalam pelaksanaan prediksi cuaca dan iklim di Indonesia, (2) mengkaji model-model prediksi yang telah dikembangkan di dunia, pemanfaatannya saat ini di Indonesia dan prospeknya di masa depan, (3) mengkaji permasalahan dalam prediksi cuaca dan iklim di Indonesia, (4) menyusun rekomendasi dan tindak lanjut untuk meningkatkan prediksi cuaca dan iklim serta pemanfaatannya di Indonesia.

Hasil kajian ini diharapkan bermanfaat bagi para praktisi, pengambil keputusan maupun pengguna yang terkait, untuk merencanakan dan melaksanakan berbagai langkah secara terpadu dalam upaya meningkatkan kinerja prediksi cuaca dan iklim serta pemanfaatannya di Indonesia.

MODEL-MODEL PREDIKSI CUACA DAN IKLIM

Umum

Prediksi cuaca merupakan rangkuman informasi kondisi cuaca yang akan terjadi dalam skala harian hingga mingguan, sedangkan prediksi iklim, merupakan prediksi unsur-unsur iklim yang umumnya untuk wilayah Indonesia, yang antara lain berupa prediksi hujan bulanan atau musiman maupun prediksi dalam jangka lebih panjang (tahunan). Dengan demikian prediksi cuaca dan iklim dibedakan dalam kurun waktu dan jenis unsur yang diprediksi. Prediksi cuaca digunakan dalam kegiatan operasional harian, sedangkan prediksi bulanan dan musiman digunakan untuk perencanaan kegiatan yang akan dilakukan selama satu bulan dan satu musim.

Menurut kepentingannya terhadap waktu, pemodelan cuaca dibagi menjadi dua bagian, yaitu model prediksi jangka pendek dan model prediksi jangka panjang. Prediksi jangka pendek disebut sebagai prediksi cuaca dengan satuan waktu kurang dari satu minggu. Prediksi jangka panjang dikenal sebagai prediksi iklim dengan satuan waktu lebih dari 10 hari hingga tahunan.

Menurut tipenya, cakupan model prediksi cuaca umumnya dikaitkan dengan aspek skala luasnya yaitu: (a) cakupan global atau dunia, (b) cakupan daerah terbatas atau regional dan (c) cakupan daerah sempit (skala meso dan mikro). Model prediksi cuaca umumnya makin rumit, jika skala cakupannya makin sempit.

Perkembangan Prediksi Cuaca dan Iklim di Indonesia

Kegiatan prediksi cuaca dan iklim di Indonesia sudah ada sejak jaman dahulu di masa Kerajaan Hindu sampai Islam di Jawa. Namun pengenalan model musim sudah ada sejak jaman dahulu adalah adanya istilah Pranata Mangsa dan Peramalan menurut rasi bintang. Selanjutnya pada era 1980-an hingga kini, kegiatan tersebut dilaksanakan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika, Perguruan tinggi, dan Lembaga-

lembaga penelitian yang berkepentingan terhadap cuaca dan iklim. Pada era ini kegiatan prediksi cuaca dan iklim sudah menggunakan dan identik dengan perangkat komputer atau *Work Station*. Kegiatan-kegiatan prediksi cuaca dipandang dan dipertimbangkan serius sejak tahun 1991 apalagi sewaktu usaha swasembada pangan nasional mengalami kemunduran.

Upaya dan usaha melakukan pemodelan cuaca dan iklim untuk prediksi tersebut sudah cukup berhasil, hanya saja pemanfaatan dan pengembangan lebih lanjut khususnya validasi dan pemasyarakatan hasil pemodelan kurang memadai apabila tidak dilakukan dengan koordinasi melalui suatu pertemuan secara berkala. Upaya yang dilakukan BMG dalam dua tahun terakhir untuk memadukan hasil penelitian dengan hasil operasional perlu dilanjutkan untuk dikembangkan lebih melembaga dalam upaya mendukung pembangunan di Indonesia. Peningkatan kemampuan di kalangan peneliti sendiri perlu pula dikaji dengan seksama khususnya pengembangan pelatihan sumberdaya manusia, baik tingkat menengah yaitu Akademi Meteorologi hingga tingkat universitas. Selain itu peningkatan sarana dan prasarana yang mendukung penyediaan data sebagai aspek paling penting juga perlu ditingkatkan, antara lain dengan pembuatan jaringan informasi data yang terintegrasi agar penelitian-penelitian mengenai pengembangan model prediksi cuaca dan iklim dapat menghasilkan suatu model prediksi yang handal.

Beberapa model prediksi cuaca dan iklim yang telah dan sedang dikaji serta dikembangkan pemanfaatannya di Indonesia disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa model prediksi cuaca dan iklim serta perubahan iklim yang telah dan sedang dikembangkan di Indonesia.

No.	Nama Model	Instansi Peneliti
1.	Model Prediksi Curah Hujan berdasarkan Anomali Suhu Permukaan Laut (SPL)	LAPAN
2.	Model Pemantauan dan Prediksi Gerak ITCZ	LAPAN
3.	Global Circulation Model (GCM)	LAPAN, IPB
4.	ECHAM, Hirlam, RSM, MM5, CLARK dan ARPS	BPP Teknologi
5.	Limited Area Model (LAM)	LAPAN
6.	Model Prakiraan Musim	BMG
7.	Model Prediksi Anomali Suhu Permukaan Laut Pasifik	ITB

Kebutuhan Data untuk Pengembangan Model Prediksi Cuaca dan Iklim

Data merupakan hal yang mutlak diperlukan dalam pengembangan model prediksi cuaca dan iklim. Fungsi data dalam pemodelan cuaca dan iklim adalah sebagai data awal untuk menentukan prakiraan masa mendatang, membangkitkan data pada daerah yang tidak ada pengamatan dan bahan utama untuk validasi model. Ketiga fungsi tersebut sangat dominan dan menentukan dalam pengembangan model prakiraan cuaca dan iklim secara numerik. Untuk mendukung fungsi data tersebut diperlukan jaringan stasiun cuaca dan iklim yang representatif. Di Indonesia pengelolaan data cuaca dan iklim pada awalnya ditangani oleh institusi meteorologi yang dibentuk pada jaman penjajahan Belanda, kemudian setelah kemerdekaan dilanjutkan oleh Lembaga Meteorologi dan Geofisika yang akhirnya menjadi Badan Meteorologi dan Geofisika. Saat ini pengelolaan data dirasakan semakin menurun. Lemahnya pengelolaan ini bukan berasal mutlak dari kondisi infrastruktur koordinator pengelola saat ini yaitu BMG, akan tetapi juga berasal dari kurang perhatian para pemegang kebijakan di tingkat nasional

hingga paling bawah terhadap pentingnya data cuaca dan iklim. Selain BMG, lembaga dan instansi lain juga melakukan peliputan, pengamatan dan pengukuran parameter cuaca maupun iklim antara lain Departemen Pekerjaan Umum, Departemen Pertanian dan Departemen Kehutanan dan Perkebunan.

Dalam kondisi pengelolaan data cuaca dan iklim yang parsial tersebut baik dari segi pembinaan maupun dana pendukungnya, maka akan menekan keberhasilan pengembangan model prakiraan cuaca dan iklim serta kajian atau penelitian mengenai dampak variabilitas iklim dan perubahan iklim global di Indonesia. Terbatasnya sumberdaya manusia dan prasarana yang ada kiranya perlu dikaji dalam kaitan dengan pengelolaan data yang rapi. Hal ini merupakan bagian dari antisipasi dampak munculnya variabilitas cuaca dan iklim serta perubahan iklim global.

Selain data permukaan, untuk merancang model prediksi cuaca dan iklim diperlukan data satelit cuaca dan lingkungan. Data satelit penginderaan jauh yang sering digunakan untuk hal tersebut antara lain didapat dari NOAA (*National Oceanic and Atmosphere Administration*) dan GMS (*Geostationary Meteorological Satellite*). Kelebihan yang dimiliki data satelit adalah mampu merekam data dari suatu wilayah pengamatan yang luas secara bersamaan yang dikumpulkan dalam satu *scene* data, sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengamatan atau pengkajian cuaca dan iklim dalam skala global; mempunyai resolusi temporal yang termasuk kategori tinggi sehingga dapat diperoleh data setiap jam atau setiap hari; proses pengolahan data bersifat kualitatif dan kuantitatif; dapat digunakan untuk mengekstraksi profil parameter cuaca dan iklim secara vertikal dan dapat digunakan untuk mengintegrasikan data parameter cuaca dan iklim dari beberapa lokasi pengamatan yang secara terestrial lokasi-lokasi tersebut berjauhan.

Data dari internet juga dimanfaatkan dalam pemodelan cuaca dan iklim. Data tersebut antara lain adalah data OLR (*Outgoing Longwave Radiation*) untuk estimasi curah hujan bulanan; data IOS (Indeks Osilasi Selatan) untuk mengetahui fenomena ENSO; SPL (Suhu Permukaan Laut) untuk estimasi curah hujan; SPL Pasifik Tropik untuk prediksi El Nino dan La Nina; EOI (Equatorial Oscillation Index); arah dan kecepatan angin bulanan serta data kandungan uap air lapisan awan.

Beberapa model prediksi cuaca dan iklim telah dicoba diadopsi untuk dikembangkan di Indonesia. Dalam hal ini LAPAN telah mencoba mengembangkan model prediksi cuaca dan iklim melalui model ITCZ, Model Anomali Suhu Permukaan Laut dan General Circulations Model (GCM) CSIRO 9 level. Sedangkan BPPT mencoba beberapa model dari luar negeri untuk diterapkan di Indonesia. Secara terbatas model-model tersebut telah dapat memberikan informasi-informasi yang diperlukan di Indonesia. Namun untuk mencapai tuntutan-tuntutan yang diharapkan maka perlu dilakukan penelitian-penelitian lain yang lebih rinci dengan mengkaji berbagai unsur-unsur iklim yang berpengaruh nyata secara fisik dan dinamis terhadap iklim Indonesia.

PEMANFAATAN MODEL PREDIKSI CUACA DAN IKLIM DI INDONESIA

Umum

Pemanfaatan prediksi cuaca, meskipun belum tersusun sebagai model sesungguhnya telah lama dikenal dan digunakan oleh manusia untuk memperkirakan keadaan cuaca atau musim pada waktu mendatang berdasarkan kondisi cuaca dan alam masa lalu dan sekarang. Cara tradisional yang telah ada dan dikenal di Indonesia adalah Pranata Mangsa untuk masyarakat Jawa dan Palontara untuk masyarakat Sulawesi. Secara modern, model prediksi cuaca dikembangkan menggunakan super komputer, namun model-model yang dihasilkan saat ini masih berasal dari ahli meteorologi di

belahan bumi sub tropik, sehingga diperlukan suatu validasi untuk penerapan di daerah tropik.

Sejauh ini pemanfaatan model prediksi cuaca baru bisa memiliki ketepatan sekitar 70 % sedangkan untuk prediksi musim masih di bawah 50 %. Selain itu karena sifatnya yang masih umum dan bersifat makro maka model prediksi ini belum dapat dimanfaatkan untuk bidang-bidang yang lebih spesifik seperti pertanian, perikanan, pencegahan bencana kebakaran hutan, banjir atau kekeringan. Pemanfaatan yang paling banyak sejauh ini adalah untuk membantu kelancaran kegiatan perhubungan terutama perhubungan udara.

Pemanfaatan untuk Pertanian

Keperluan prediksi cuaca untuk pertanian dapat berskala pendek harian, bulanan hingga prediksi musim. Oleh karena itu model prediksi yang digunakan juga harus dapat menghasilkan keluaran sesuai yang diharapkan. Sejauh ini apa yang dilakukan oleh BMG adalah prediksi musim dalam satuan dasarian, utamanya pada sifat hujan, dengan menggunakan model prediksi wilayah musim yang relatif lama. Selain itu prediksi musiman yang dihasilkan masih belum merata untuk seluruh wilayah, artinya masih ada beberapa wilayah yang belum dapat diprediksi musimnya. Cara prediksi ini sekarang mungkin memerlukan penelaahan kembali dengan memperhatikan sifat hujan dan karakteristik wilayah lainnya yang lebih obyektif, sehingga dapat diharapkan hasil prediksi yang memiliki ketepatan yang lebih baik. Berkaitan dengan waktu publikasi prediksi musim, perlu juga dipikirkan untuk dibuat lebih awal sekitar dua bulan dari yang telah dilakukan selama ini.

Dalam hal pemanfaatan untuk bidang pertanian, model prediksi dapat dibedakan menjadi model prediksi produksi dan model prediksi hama dan penyakit. Model prediksi produksi tanaman dikaitkan dengan persyaratan tumbuh tanaman, terutama untuk tanaman padi, jagung, kedelai dan gandum yang dirancang sebagai model simulasi. Beberapa model prediksi tersebut disajikan pada Tabel 2 berikut.

Model prediksi hama dan penyakit pada umum juga disusun menjadi model prediksi tingkat serangan dan model penentuan sebaran geografi suatu hama dan penyakit. Model-model statis yang berkaitan dengan sebaran suatu spesies, misalnya adalah model CLIMOGRAMS, BIOCLIM, *Multivariate Statistics* dan *Physiological and Populations Data*. Sementara itu model-model dinamik antara lain adalah *Epidemiological Analytical Models*, CLIMEX, *Mechanistic Population Model*, dan *Statistical Populations Model* (Sutherst *et al.*, 1995). Sebagian dari model-model tersebut seperti climogram dan model statistik telah banyak diterapkan di Indonesia, meskipun belum banyak dikaitkan dengan model prediksi dinamik cuaca dan perubahan iklim yang menggunakan model GCM.

Di Indonesia, informasi iklim yang diperlukan untuk memprediksi tingkat serangan hama dan penyakit belum dapat disediakan dengan baik. Dalam hal ini sangat dibutuhkan prediksi yang lebih bersifat lokal untuk parameter seperti suhu minimum, kelembaban, kecepatan angin dan gerakan angin umum. Prediksi cuaca harian maupun prediksi awal musim yang dilakukan oleh BMG masih bersifat global (padahal yang diperlukan adalah spesifik untuk masing-masing lokasi) dan parameter yang diprediksi masih terbatas pada curah hujan dan suhu.

Tabel 2. Beberapa model simulasi produksi tanaman.

Nama Model	Jenis Tanaman/kegunaan	Peneliti
De Boer	Penentuan musim tanam	de Boer (1947)
Growing Season	Penentuan musim tanam	Chang (1968) Doorenbos (1975)
Oldeman	Klasifikasi iklim untuk tanaman padi dan kedelai	Oldeman and Frere (1977)
Ceres Maize Model	Jagung	Jones and Kiniry (1986)
Crop environment Resource Synthesis Maize-USDA	Jagung	Ritchie (1986)
Rice Crop Simulation Model SIMRIW	Padi	Horie (1987)
Soygro	Kedelai	Jones et al. (1988)
Ceres Rice Model	Padi	Godwin and Singh (1989)
Dry Spell	Penentuan awal musim	Las (1993)
Rice Model Oriza I	Padi	Kropff (1993)
Shierary Rice	Padi	Handoko (1996)
Very Simple Model	Padi	Kobayashi (1996)
Shierary Wheat Model	Gandum	Handoko (1998)

Pemanfaatan untuk Perhubungan

Prediksi cuaca dan iklim untuk perhubungan sering digunakan untuk menentukan keberhasilan layanan perhubungan udara. Oleh karena itu, BMG mengembangkan suatu *workstation* untuk penerbangan yang disebut WAFS (*Weather Area Forecasting System*) yang memanfaatkan model prediksi untuk mendukung kegiatan penerbangan. Di sektor perhubungan ini, pihak swasta sudah mengembangkan model-model prediksi tersebut secara komersial.

Untuk perhubungan laut, model prediksi cuaca belum dimanfaatkan secara merata. Usaha yang dilakukan BMG, dengan peran stasiun meteorologi maritim yang sangat sedikit, adalah memberikan layanan kondisi cuaca perairan dan kondisi tinggi gelombang laut serta prediksi cuaca harian yang disiarkan secara nasional setiap malam untuk mensukseskan angkutan lewat laut termasuk pelayaran kecil. Berkaitan dengan ini ini BMG juga telah mempelopori pemanfaatan informasi prediksi cuaca untuk mendesain kapal.

Pemasyarakatan informasi cuaca untuk jalur perhubungan darat hingga kini belum dilaksanakan, sedangkan rencana pemanfaatan informasi prediksi cuaca di terminal bus antar kota dan stasiun kereta api masih dalam penajagan untuk dimanfaatkan bagi masyarakat pengguna jasa perhubungan darat.

Pemanfaatan Model Prediksi untuk Peringatan Dini dan Mitigasi Bencana

Fungsi BMG dalam pemanfaatan model prediksi untuk peringatan dini dan mitigasi bencana sangatlah diperlukan dalam rangka mengantisipasi dampak bencana yang akan terjadi. Peringatan tentang kebakaran hutan, banjir, kekeringan dan bencana lainnya perlu dirancang untuk diinformasikan lebih dini di media massa.

Pemantauan kekeringan lahan dan kebakaran hutan telah dilakukan oleh Pusfatja LAPAN dengan menggunakan data satelit inderaja NOAA-AVHRR. Hasil pemantauan kekeringan lahan bulanan tersebut dilaporkan ke instansi terkait yang merupakan target pengguna antara lain Deptan, Bappedal, Meneg LH, Dephutbun dan

Pemda. Pemantauan asap akibat kebakaran hutan dan pemantauan daerah rawan banjir telah pula dikembangkan dengan data GMS.

Pemanfaatan di Sektor lain

Permintaan terhadap prediksi cuaca di BMG semakin meningkat, baik yang berasal dari perseorangan maupun perusahaan swasta. Informasi yang diminta sebagian besar untuk perseorangan adalah informasi cuaca di wilayah lain atau negara lain untuk kenyamanan perjalanan atau pariwisata. Sedangkan pada perusahaan swasta informasi yang diminta adalah mengenai gejala El Nino dan La Nina yang berdampak terhadap kegiatan usaha.

Dari beberapa model prediksi cuaca yang sudah dikembangkan di Indonesia, hampir sebagian besar sangat relevan atau berguna dalam rangka memodifikasi cuaca (hujan buatan), seperti yang dikembangkan oleh UPT Hujan Buatan BPP Teknologi.

KELEMBAGAAN DI INDONESIA

Kajian kelembagaan yang terkait dengan cuaca dan iklim di Indonesia didasarkan atas analisis terhadap tugas dan fungsi masing-masing instansi yang secara ringkas disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Tugas dan Fungsi Setiap Lembaga yang Berkaitan dengan Prediksi Cuaca dan Iklim di Indonesia.

NO.	TUGAS / FUNGSI	INSTANSI/LEMBAGA	KETERANGAN
1.	Penyedia/ Pengumpulan Data	BMG, Balitbang Deptan, LAPAN, Dep. PU	Mencakup data permukaan, data atmosfer atas, data satelit.
2.	Penelitian dan Pengembangan Model	BPP Teknologi, LAPAN, LIPI, Balitbang Departemen, Perguruan Tinggi dan organisasi profesi.	-
3.	Penyebarluasan Data serta Informasi Cuaca dan Iklim	BMG, Departemen Pertanian, Departemen Pekerjaan Umum, Bakomas Penanggulangan Bencana dan media massa	-
4.	Pengkajian Kebijakan	BMG, DEPTAN, BPP Teknologi, LAPAN, Perguruan Tinggi dan Organisasi-organisasi yang kompeten	-
5.	Pengguna Data dan Informasi	Departemen Pertanian, Departemen Kehutanan dan Perkebunan, Departemen Pekerjaan Umum serta Bakomas Penanggulangan Bencana, Instansi swasta dan Masyarakat umum	-

PERMASALAHAN, TANTANGAN DAN PELUANG

Permasalahan ketidakakuratan prediksi maupun kesulitan pengembangan dan pemanfaatan model-model prediksi di Indonesia meliputi tiga hal pokok, yaitu: (1). permasalahan pada pengamatan cuaca, (2). permasalahan dalam pengembangan dan pemanfaatan model prediksi, dan (3). permasalahan kelembagaan.

Pengamatan cuaca menghadapi kendala akibat: (a). Ketidaklengkapan data yang tersedia, (b). Belum terintegrasinya jaringan pengamat yang dikelola oleh berbagai instansi, baik pemerintah maupun swasta, ke dalam jaringan pengamat nasional, (c). Berbagai peralatan pengukur manual maupun otomatis yang digunakan saat ini masih belum mengacu dan dikalibrasi pada suatu standar yang sama, (d). Kendala pengamat cuaca yang terlatih dan disiplin terutama di stasiun-stasiun kerjasama, (e). Belum berfungsinya Bank Data yang khusus mengelola arsip serta katalog data cuaca dan iklim nasional yang secara bebas dapat diakses oleh setiap instansi yang memerlukan.

Permasalahan dalam pengembangan dan pemanfaatan model prediksi antara lain meliputi: (a). Perkembangan ilmu ini belum ditunjang oleh ketersediaan literatur yang lengkap, biaya riset yang memadai dan mahasiswa-mahasiswa unggulan sehingga jumlah ilmuwan di bidang ini masih sangat terbatas, (b). Belum ada pakar meteorologi dan klimatologi yang berkualitas di dalam keanggotaan DRN untuk menilai kelayakan riset cuaca/iklim, (c). Berbagai model diaplikasikan secara langsung tanpa melalui validasi sehingga tingkat keakuratannya masih dipertanyakan, (d). Keterbatasan infrastruktur terutama komputer yang mempunyai kemampuan tinggi untuk menjalankan model yang kompleks, (e). Pemanfaatan data satelit cuaca untuk pengembangan model, validasi model maupun operasi prediksi cuaca dan iklim masih sangat terbatas, (f). Prediksi cuaca operasional masih mengacu pada paradigma lama perlu diuji kembali, (g). Pengumpulan data pendukung untuk pemodelan dan operasionalisasinya masih menghadapi kendala biaya yang tinggi dan masalah perijinan, (h). Kurangnya koordinasi para pelaku kegiatan meteorologi di Indonesia baik dalam pengamatan unsur-unsur cuaca/iklim maupun penelitian dan pengembangan model-model cuaca dan iklim serta operasionalisasinya.

Permasalahan kelembagaan menyangkut: (a). Kelemahan mengenai integrasi kegiatan dan aspek legal pada instansi pemerintah yang berperan dalam menghasilkan informasi cuaca dan iklim yaitu BMG, LAPAN, BPPT, Puslitbang di berbagai Departemen dan Perguruan Tinggi akibat perbedaan sektor kegiatan dan belum terbangunnya komunikasi dan koordinasi yang baik, (b). Seluruh kegiatan meteorologi di Indonesia belum didukung dengan aspek legal yang memadai, dimana posisi BMG di bawah satu departemen memiliki kewenangan yang sangat lemah dalam pengelolaan data cuaca dan iklim yang dikumpulkan oleh berbagai instansi di Indonesia.

Tantangan yang paling besar yang dihadapi Indonesia saat ini adalah pemanfaatan informasi cuaca dan iklim untuk mendukung peningkatan produksi pangan nasional. Intensifikasi dan ekstensifikasi pertanian pangan memerlukan dukungan informasi cuaca yang sangat akurat serta sistem penyampaian yang harus dapat dimengerti secara mudah oleh berbagai lapisan masyarakat petani. Tantangan lain adalah peningkatan peran informasi cuaca dan iklim untuk mengatasi isu perubahan iklim global. Peran serta Indonesia dalam penelitian-penelitian perubahan iklim hanya dapat berarti apabila didukung oleh data cuaca yang memenuhi syarat dan pemodelan yang akurat.

Pembangunan masa kini yang berorientasi kepada pengelolaan sumberdaya alam dan agrobisnis merupakan peluang yang sangat besar untuk semakin berperannya pelayanan informasi cuaca dan iklim di Indonesia.

KESIMPULAN, REKOMENDASI DAN RENCANA TINDAK

Kesimpulan

Menghadapi tantangan persaingan global, pengamatan dan model prediksi cuaca dan iklim di Indonesia saat ini belum memungkinkan untuk mampu menghasilkan informasi cuaca dan iklim yang memenuhi keakuratan teknis yang diperlukan. Kondisi tersebut terjadi akibat adanya permasalahan-permasalahan mendasar pada kegiatan pengamatan cuaca yang disebabkan oleh ketidaklengkapan data yang tersedia, belum terintegrasinya jaringan pengamat, kendala kalibrasi alat pengukur, kendala sumberdaya manusia baik untuk peneliti maupun pengamat cuaca yang terlatih dan disiplin, belum beroperasinya Bank Data cuaca dan iklim, terbatasnya pengembangan dan validasi model-model prediksi, kelemahan infrastruktur, serta masih lemahnya kelembagaan maupun legal aspek dalam operasi dan pengelolaan data cuaca dan iklim di Indonesia.

Rekomendasi

Dari kajian ini telah disusun beberapa rekomendasi untuk peningkatan dan optimalisasi prediksi cuaca dan iklim sebagai berikut:

- a. Mengintegrasikan program kerja masing-masing lembaga terkait dengan membangun program kerja terpadu peningkatan kualitas pengamatan dan prediksi iklim nasional yang mengikutsertakan BMG sebagai lembaga operasional dan LAPAN, BPPT, IPB, ITB, UI, serta Litbang Departemen teknis sebagai lembaga riset sesuai dengan fungsi dan tugas, kompetensi serta infrastruktur masing-masing lembaga.
- b. Sasaran program dibangun bersama dengan menginventarisasi seluruh tantangan dan permasalahan dan membangun suatu saluran *interface* antara lembaga operasional dan lembaga riset. Dengan saluran tersebut tantangan dan permasalahan operasional dapat disampaikan kepada lembaga-lembaga riset di atas sehingga program kerja lembaga riset dapat ditargetkan untuk mengatasi permasalahan yang ada, sebaliknya inovasi-inovasi hasil lembaga riset dapat dimodifikasi dan disesuaikan untuk memperkuat metode operasional.
- c. Menginventarisasi kondisi jaringan stasiun pengamat di seluruh Indonesia untuk program perbaikan dan pengembangan jaringan pengamat cuaca dan iklim di wilayah Indonesia, agar dapat menjamin ketersediaan data dan informasi cuaca dan iklim nasional.
- d. Mengembangkan metode pengamatan modern untuk melengkapi sistem pengamatan yang digunakan saat ini. Pada langkah tersebut data terestrial dimanfaatkan sepenuhnya untuk kalibrasi data satelit cuaca. Hal ini disempurnakan dengan membangun metode dan prosedur pengamatan yang memenuhi standar teknis sesuai dengan acuan saat ini.
- e. Perbaikan sistem pengamatan lokal untuk pengamatan iklim meso maupun mikro tetap harus dilakukan secara bertahap dengan prioritas di daerah-daerah yang pembangunannya sudah berkembang dan daerah-daerah yang potensial untuk dikembangkan dan ditawarkan kepada investor.
- f. Perlu dipertimbangkan untuk menempatkan cuaca dan iklim sebagai sektor tersendiri pada GBHN. Selain itu diperlukan lembaga nasional yang khusus berfungsi mengembangkan, membangun dan memanfaatkan informasi iklim dan cuaca, lembaga ini dapat dibentuk dengan meningkatkan status dan aspek legal BMG.

- g. Memperkuat sistem *Free Flow of Information* dalam pengembangan riset di bidang cuaca dan iklim dengan memberikan kemudahan akses seluas mungkin kepada para peneliti terhadap data yang ada.
- h. Menyusun aspek legal dalam bentuk undang-undang atau peraturan pemerintah untuk memperkuat kewenangan pemerintah dalam pengaturan integrasi pengamatan cuaca dan iklim, melindungi stasiun pengamatan yang ada, pemeliharaan arsip maupun pengelolaan data.
- i. Pengembangan sumberdaya manusia, baik peneliti, pengamat maupun operator alat pengukur dan komputer untuk menjalankan model.

Rencana Tindak (*Action Plan*)

Atas dasar studi ini telah disusun rencana tindak (*action plan*) yang seyogyanya dapat dilakukan dalam kurun waktu yang tidak terlalu lama, antara lain:

- a. Survey inventarisasi jaringan pengamatan cuaca dan iklim.
- b. Program validasi data cuaca dan iklim serta penetapan stasiun rujukan pengamatan untuk Indonesia.
- c. *Pilot project* pengembangan sistem database iklim nasional.
- d. *Workshop* standarisasi stasiun pengamatan cuaca dan iklim.
- e. *Pilot project* sistem informasi prediksi iklim wilayah Indonesia : kasus kabupaten-kabupaten di Jawa.
- f. *Training Workshop* pengembangan dan pemanfaatan model prediksi cuaca dan iklim.
- g. Program restrukturisasi tugas dan fungsi lembaga-lembaga yang terkait dengan operasionalisasi prediksi cuaca dan iklim.
- h. Penyusunan program dan rancangan peraturan tentang integrasi pengamatan cuaca dan iklim, perlindungan stasiun pengamat yang ada, pemeliharaan arsip maupun pengelolaan data cuaca dan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Chang, Jen Hu. 1968. *Climate and Agriculture : An Ecological Survey*. Aldine and co. Publ, Chicago.
- de Boer, H.J. 1947, *On Forecasting the beginning and the end of the dry monsoon in Java and Madura*. Verhanlingen NO. 32. Met & Geoph, Batavia.
- Doorenbos, J. 1976. *Agrometeorological Field Station*. FAO, Rome.
- Jones, C.A. and J.R. Kiniry (eds). 1986. *CERES-Maize-A Simulation Model of maize Growth and Development* Texas A&M University Press, College Station, Texas.
- Jones, J.W., K.J. Boote, S.S. Jagtap., G. Hoogenboom and G.G. Wilkerson. 1988. *Soygro Vs.41. Soybean Growth Simulation Model*. Florida Agric. Exp. Station Journal, No. 8304.
- Kobayashi. 1996. *A Very Simple Model. Training Workshop on Global Change and Its Impacts on Rice and Crops*. Bogor, November 1996.
- Kropff. M.J., H.H. van Laar and H.F.M. ten Berge (eds). 1993. *Oriza 1: A Basic Model for Irrigated Lowland Rice Production. Simulation and System Analysis for Rice*

Productions (SARP) Publication, International Rice Research Institute, Los Banos, The Philippines.

Las, I. 1983. Perencanaan budiadaya tanaman pangan dalam pemanfaatan sumberdaya iklim. Proc. Pertemuan teknis Klimatologi Pertanian, Cisarua-Bogor, November 1983.

Ritchie, J.T. 1986. The Ceres Maize Model. In CERES-Maize-A Simulation Model of Maize Growth and Development, ed by Jones, C.A. and J.R. Kiniry. Texas A & M University Press, College Station, Texas.

Sutherst, R.W., G.F. Maywald and D.B. Skarrat. 1995. Predicting Insect Distributions in a Changed Climate. In Insect in a Changing Environment, ed by R. Harrington and N.E. Stork. Academic Press, London. 535pp.