

## KONSEP FORECAST-BASED-FINANCING UNTUK PERTANIAN PRESISI DI INDONESIA

**Aristyo R. Wijaya, Armi Susandi**

Program Studi Meteorologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung, Bandung,  
Jl. Ganeca no. 10 Bandung Jawa Barat, 40132.  
aristyorwijaya@gmail.com

### Abstrak

Sebagai negara berkembang, aktivitas ekonomi Indonesia hampir sepenuhnya bergantung pada aktivitas agrikultur. Meskipun sebagai produser makanan terbesar di Asia Tenggara, Pemerintah Indonesia didominasi oleh kekhawatiran mengenai ketahanan pangan dalam negeri. Sehingga, dalam upaya menghadapi kekhawatiran tersebut, Pemerintah Indonesia mengupayakan perbaikan dan peningkatan fasilitas di sektor pertanian. Namun, tujuan peningkatan ini menghadapi banyak kendala yang muncul seperti dampak dan risiko ketidakpastian cuaca ekstrim atau peristiwa iklim. Salah satu cara alternatif untuk memitigasi risiko adalah dengan pendekatan yang dikenal sebagai *Climate Smart Agriculture (CSA)*. Konsep CSA juga membantu petani dengan melalui pembiayaan berbasis prediksi, penggabungan asuransi berbasis indeks dan prediksi indeks, dalam konteks spesifik dari El Nino Southern Oscillation (ENSO) terkait peristiwa cuaca. Penelitian ini akan memperkenalkan konsep pembiayaan perkiraan yang menggabungkan asuransi berbasis indeks dan prediksi indeks untuk perlindungan kegiatan pertanian Indonesia. Secara umum, asuransi berbasis indeks menyajikan alternatif unik untuk produk asuransi tradisional, terutama di Indonesia, di mana kapasitas administrasi rendah, kredit terbatas, dan bantuan untuk bencana masa lalu telah tertunda. Asuransi berbasis indeks dapat memainkan peran besar dalam meningkatkan ketahanan masyarakat.

**Kata kunci** *forecast-based-financing*, agrikultur, pertanian presisi, pendanaan petani.

### Abstract

As a developing country, Indonesia's economic activity is almost entirely dependent on agricultural activities. Although the largest food producer in Southeast Asia, the Government of Indonesia is dominated by concerns about food security in the country. Thus, in the face of such concerns, the Government of Indonesia seeks to improve and improve facilities in the agricultural sector. However, these upgrading objectives face many emerging obstacles such as the impact and risk of extreme weather uncertainty or climatic events. One alternative way to mitigate risks is the approach known as Climate Smart Agriculture (CSA). The CSA concept also helps farmers with predictive financing, incorporation of index-based insurance and index prediction, in the specific context of El Nino Southern Oscillation (ENSO) related weather events. This study will introduce an approximate financing concept that incorporates index-based insurance and index predictions for the protection of Indonesian agricultural activities. In general, index-based insurance presents a unique alternative to traditional insurance products, especially in Indonesia, where low administrative capacity, limited credit, and assistance for past disasters have been delayed. Index-based insurance can play a big role in improving community resilience.

**Keywords** : *forecast-based-financing*, agriculture, climate smart agriculture, farmet funding.

## PENDAHULUAN

Didukung oleh lanskap yang beragam, sektor pertanian di Indonesia telah lama menjadi sumber pendapatan penting bagi rumah tangga lokal dan juga telah menyumbang pendapatan ekspor yang sangat dibutuhkan. Sektor ini secara historis berfungsi sebagai pilar ekonomi Indonesia, namun belum mencapai potensinya secara maksimal, meskipun kemajuan signifikan telah dibuat dalam beberapa tahun terakhir. Sebagai bagian hasil dari mengadopsi inisiasi lingkungan ramah-bisnis, sektor ini telah mampu menarik investasi yang diperlukan, yang pada gilirannya membantu menjembatani kesenjangan struktural. Meskipun terdapat keuntungan besar, sejumlah tantangan masih membatasi peningkatan hasil panen, seperti akses terbatas untuk modal untuk petani, ketidakpastian sektor pertanian terhadap dampak dari cuaca dan iklim yang dinamis, serta infrastruktur yang ketinggalan jaman. Untuk mengatasi masalah-masalah ini, pemerintahan telah berhasil meningkatkan penggunaan teknologi pertanian mekanis yang diinvestasikan dalam infrastruktur dan memperluas luas lahan pertanian.

Sementara pelaksanaan reformasi dinamis telah memicu peningkatan output pertanian, kemajuan di sektor ini masih terhambat oleh segmen hilir yang kurang berkembang, serta ketidakmampuan petani untuk menangkap permintaan internasional yang terus meningkat. Dalam hal struktur, sektor pertanian Indonesia terdiri dari dua jenis produksi: perkebunan skala besar di bawah bimbingan pemerintah atau investor swasta, dan petani lokal yang menggunakan metode pertanian tradisional. Pertanian tradisional cenderung fokus pada komoditas hortikultura, sementara perkebunan besar mendominasi ekspor utama seperti kelapa sawit, meskipun pergeseran baru-baru ini telah terlihat bahwa petani lokal semakin memperhitungkan pangsa dominan dalam ekspor lain seperti karet.

Seperti pada kondisi yang telah ada sekarang, pendapatan pedesaan sebagian besar dihasilkan oleh petani skala kecil yang tidak memiliki akses pada keuangan dan teknologi, yang secara langsung menghambat kelangsungan komersial pertanian. Dalam hal pasar tenaga kerja, pertanian secara historis memainkan peran penting dalam ekonomi,

meskipun data dari Badan Pusat Statistik (BPS, 2017) menunjukkan bahwa persentase masyarakat Indonesia yang bekerja di sektor ini menurun dari 55,1% pada tahun 1990 menjadi 31,9% pada bulan Februari, 2017. Hal ini merupakan penurunan yang signifikan dari tahun 1976, ketika dua pertiga penduduk bergantung pada pertanian untuk penghasilan mereka, menurut *World Bank* (World Bank, 2016).

Upaya dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang bekerja di sektor pertanian telah menjadi prioritas pemerintah. Sebagai hasil dari berbagai upaya yang dilakukan oleh Departemen Pertanian (Deptan), kesejahteraan petani meningkat. Berdasarkan data BPS (BPS, 2017), jumlah penduduk berpenghasilan rendah di daerah pedesaan pada Maret 2017 adalah 17,1 juta, dengan penurunan tahun-ke-tahun sebesar 600.000. Koefisien Gini untuk distribusi pendapatan juga telah meningkat untuk daerah pedesaan. Pada Maret 2017, rasio itu 0,320, dibandingkan dengan 0,327 pada Maret 2016.

Salah satu faktor rendahnya investasi pada sektor pertanian adalah belum adanya suatu instrument ekonomi yang baku dalam pendanaan sektor pertanian yang mampu memperhitungkan risiko dari tidak kepastian di masa yang akan datang terhadap kegagalan pertanian akibat faktor cuaca dan iklim. Hal tersebut, telah menjadi dilemma bagi hampir sebagian investor untuk berinvestasi di sektor pertanian. Dengan mempertimbangkan kondisi cuaca dan iklim yang dinamis sebagai input, FAO (Lipper dan Zilberman 2018) membangun konsep *Climate Smart Agriculture* (CSA). Konsep tersebut diharapkan dapat menjadi panduan dalam manajemen agrikultur di era perubahan iklim. Kemudian, untuk melengkapi konsep CSA yang telah dibangun FAO, dalam studi ini akan dikenalkan suatu konsep baru mengenai wadah pendanaan sektor pertanian berbasis prediksi cuaca dan iklim yang mampu memberikan informasi besaran risiko kegagalan pertanian akibat dinamika cuaca dan iklim.

## PENDEKATAN *CLIMATE SMART AGRICULTURE* (CSA)

*Climate Smart Agriculture* (CSA) adalah pendekatan untuk memandu pengelolaan pertanian di era perubahan iklim (Lipper dan Zilberman, 2018). Konsep ini pertama kali

diluncurkan pada tahun 2009, dan sejak saat itu telah dibentuk kembali melalui masukan dan interaksi dari berbagai pemangku kepentingan yang terlibat dalam pengembangan dan penerapan konsep tersebut (Lipper dan Zilberman, 2018). CSA bertujuan untuk memberikan prinsip-prinsip yang berlaku secara global dalam mengelola pertanian untuk ketahanan pangan di bawah perubahan iklim yang dapat memberikan dasar untuk dukungan dan rekomendasi kebijakan. CSA memiliki fokus utama pada kebijakan perubahan iklim secara global, karena ketidakpastian yang tinggi terkait dengan perubahan iklim, pendekatan yang cermat dan teliti terhadap kebijakan perubahan iklim harus diadopsi. Hal tersebut dapat diartikan bahwa perlunya mengambil tindakan pencegahan bahkan sebelum kepastian penuh tentang perubahan iklim yang diinduksi oleh manusia diperoleh, dan kedua, untuk menekankan tindakan tanpa penyesalan yang akan bernilai bahkan tanpa adanya perubahan iklim. Oleh karena itu, CSA bekerja lebih terfokus pada potensi untuk menghubungkan sumber pendanaan iklim baru yang muncul dan berpotensi besar - termasuk tetapi tidak terbatas pada pasar karbon - untuk mendukung transisi ke pertanian berkelanjutan. Namun, hambatan penting seperti biaya transaksi tinggi bagi produsen pertanian skala kecil untuk mengakses dan mendapat manfaat dari pendanaan iklim jelas diidentifikasi sebagai isu utama (FAO, 2011 dalam Lipper dan Zilberman, 2018).

Terlepas dari itu, penerapan CSA dalam lingkup produsen pertanian skala kecil untuk mengakses dan mengambil manfaat dari pendanaan iklim dapat diakomodasi melalui *Forecast-based-Financing*. Konsep CSA dapat diterjemahkan ke dalam satu jenis instrumen ekonomi yang membantu petani dengan pembiayaan prediktif, penggabungan asuransi berbasis indeks dan prediksi indeks, dalam konteks spesifik El Nino Southern Oscillation (ENSO) terkait peristiwa cuaca. Mengadopsi *state of art* oleh Mortensen dan Blok (2018), Kusuma, Noy, dan Jackson (2017), dan Perez, dkk., (2015), studi ini menggabungkan hasil penelitian sebelumnya ke dalam konsep *Climate and Weather Forecast based Agriculture Financing* untuk Indonesia.

### **KONSEP FORECAST BASED FINANCING (FbF)**

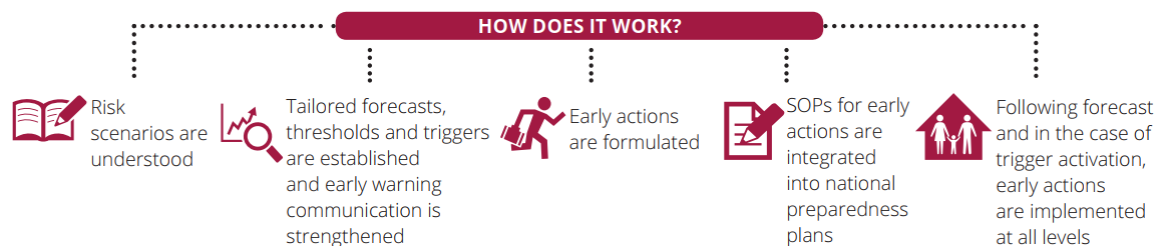
*Forecast-based-Financing* (FbF) dapat didefinisikan sebagai suatu mekanisme pendanaan tindakan kesiapsiagaan yang telah direncanakan sebelumnya terhadap suatu kejadian, berdasarkan perkiraan atau prediksi yang dapat dipercaya, dan didanai, serta dilaksanakan sebelum bencana terjadi (WFP, 2018). Definisi tersebut berawal dari upaya Perez, dkk., (2015) dalam mengatasi hambatan peluang untuk membangun suatu mekanisme pendanaan berbasis perkiraan yang mampu menggabungkan unsur prosedur operasi berbasis risiko kejadian ekstrem (kebencanaan).

Perez, dkk. (2015) mengemukakan bahwa beberapa institusi bantuan kemanusiaan diciptakan bertujuan untuk mendanai tindakan pasca bencana. Namun, dalam keberjalanannya, institusi tersebut membutuhkan waktu yang cukup lama untuk dapat bertindak, sehingga seringkali menimbulkan kerugian yang jauh lebih besar dibandingkan dengan apabila kejadian tersebut dapat ditanggapi lebih cepat. Mempelajari dari kegagalan tersebut. Perez dkk., (2015) menguraikan tiga usulan komponen mekanisme sistem yang harus operasional dalam menanggapi kondisi tersebut. Komponen tersebut terdiri dari: (a) informasi tentang tindakan yang tepat dalam menanggapi kejadian yang berlangsung, (b) mekanisme pendanaan yang tersedia untuk melakukan tindakan tersebut, dan (c) entitas yang ditunjuk yang akan bertanggung jawab untuk mengambil tindakan yang telah direncanakan sebelumnya.

Dalam rumusan konsepnya, Perez dkk. (2015) mencoba membangun sistem pendanaan berbasis prediksi informasi cuaca, iklim, dan hidrologi yang sistematis mengintegrasikan masing-masing dari ketiga elemen tersebut, yang bergantung pada keakuratan prediksi untuk daerah yang bersangkutan. Informasi prediksi cuaca dan iklim tersebut diolah dan disajikan sebagai suatu peringatan dini yang akan diverifikasi keakuratannya dan ditransformasikan menjadi informasi berharga berupa tindakan yang diambil sebagai tanggapan terhadap informasi tersebut. Dengan memahami informasi yang diberikan, Perez dkk. (2015) dapat menjelaskan skenario risiko yang akan terjadi, memformulasikan tindakan yang tepat, mengidentifikasi tingkat bahaya, dan merumuskan sumber pendanaan untuk menanggapi respon terhadap informasi tersebut (Gambar 1). Sehingga, dengan memanfaatkan

konsep yang digunakan tersebut pengguna mendapatkan informasi yang mengenai biaya pengurangan risiko, kerugian bencana, serta biaya yang dapat dikeluarkan untuk mengakomodasi kerugian apabila bencana tersebut terjadi.

mempertimbangkan kondisi cuaca dan iklim. Seiring dengan pertimbangan tersebut, saat ini Indonesia telah memiliki prediksi cuaca harian dan iklim untuk 1 tahun ke depan yang telah diproduksi oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Sehingga, dengan



Gambar 1. Alur kerja konsep FbF oleh Perez, dkk (2015) dengan ilustrasi oleh WFP (2018)

Upaya dari mekanisme tersebut diharapkan dapat meminimalkan kerugian dan kerusakan yang disebabkan oleh bahaya cuaca dan iklim, serta mengurangi kebutuhan akan bantuan kemanusiaan setelahnya. Kegiatan yang dilakukan disesuaikan dengan prioritas nasional, sehingga mampu meningkatkan keahlian lapangan pada tingkatan lokal dan mampu membangun mekanisme koordinasi yang ada. Sehingga, ketika sistem berfungsi dengan semestinya, informasi tersebut dapat memecahkan permasalahan ekonomi yang menghalangi pengambilan tindakan cepat tanggap serta pengembangan prosedur operasi yang dapat memastikan pengembalian investasi yang berkelanjutan.

## MEKANISME FBF DALAM PERTANIAN PRESISI DI INDONESIA

Dengan mengacu pada konsep FbF yang telah dijelaskan sebelumnya, sektor pertanian di Indonesia dapat mengadopsi konsep FbF tersebut dalam mekanisme pendanaan bagi petani tradisional yang memiliki keterbatasan akses modal atau perlindungan kegagalan pertanian dari bencana yang ditimbulkan oleh dinamika cuaca dan iklim. Berbasis pada konsep CSA, pertanian presisi dapat dijadikan salah satu kristalisasi metode pertanian yang mempertimbangkan keakuratan berdasarkan data terhadap kondisi alam pada lahan pertanian yang bersangkutan.

Salah satu contoh implementasi pertanian presisi yang adalah pertanian yang

memanfaatkan prediksi tersebut, dapat diterapkan konsep FbF untuk sektor pertanian di Indonesia. Namun, dalam penerapan FbF tersebut, terdapat perbedaan mekanisme yang telah diusulkan oleh Perez dkk. (2015), sehingga dalam studi ini, berikut akan dijelaskan mekanisme FbF yang mengintegrasikan prediksi cuaca dan iklim untuk sektor pertanian.

### 1) Penyesuaian Prediksi dengan Tindakan

Dalam komponen pertama, bergantung pada dampak yang akan terjadi, terdapat sejumlah tindakan yang dapat diambil untuk mencegah kegagalan panen; namun, hanya sebagian kecil tindakan yang akan sesuai berdasarkan pada sepotong informasi prediksi tertentu. Dari semua tindakan yang mungkin dilakukan, diperlukan proses pencocokan untuk memilih tindakan yang paling sesuai dengan jeda waktu (*time-window*) dan tingkat kemungkinan terjadinya suatu *event* berdasarkan prediksi.

Sebagai contoh, suatu ketika Indonesia memiliki peluang (*p*) intensitas curah hujan yang sangat tinggi sebagai dampak dari fenomena La Nina dan berpotensi banjir pada beberapa wilayah pertanian selama 1 minggu berturut-turut. Dengan berdasarkan pada informasi tersebut, peringatan hujan ekstrem dan berpotensi banjir yang menyebabkan gagal panen telah didiseminasi, namun, tidak semua aksi dapat dilakukan oleh penerima informasi tersebut khususnya para petani yang sulit untuk mendapatkan akses mengenai peringatan tersebut serta jeda waktu kecil yang dimiliki

oleh petani untuk melakukan aksi diantara waktu informasi prediksi tersebut diberikan dengan kejadian tersebut terjadi. Hal tersebut cenderung sering terjadi di Indonesia dan membuat petani harus menerima kerugian dan membiarkan lahan sawahnya terbanjiri hingga banjir tersebut surut kembali.

Sehingga, walaupun terdapat daftar tindakan yang harus dilakukan berdasarkan rencana kontingensi, hampir sebagian besar daftar tindakan tersebut akan tereliminasi bila para petani tersebut tidak dapat menyelesaikan tindakan tersebut dari waktu jeda yang telah tersedia hingga sebelum terjadi *event* banjir yang diantisipasi. Oleh karena itu, *lead-time* prediksi cuaca-iklim memiliki peran yang sangat penting dalam memberikan jeda waktu bagi para petani untuk mengambil tindakan yang tepat agar dapat mengurangi kerugian akibat banjir tersebut. Namun, disisi lain, apabila prediksi yang dilakukan meleset, maka para petani justru telah melakukan tindakan yang “sia-sia”, yang berdampak pada ketidakpercayaan petani dan investor terhadap mekanisme yang dibangun. Oleh karena itu, pada tabel 1 dibangun matriks skenario untuk aksi berbasis prediksi terhadap prediksi event terjadi.

Tabel 1. Tabel kontingensi penggambaran skenario yang akan terjadi untuk aksi berbasis prediksi

	Ya Terjadi	Tidak Terjadi
Aksi dilakukan	<i>Hits (a)</i>	<i>False Alarm (b)</i>
Aksi tidak dilakukan	<i>Miss (c)</i>	<i>Correct Rejection (d)</i>

Matriks skenario tersebut digunakan untuk mengukur ketepatan aksi yang diambil terhadap prediksi *event* yang terjadi. Dengan mengukur ketepatan tersebut, sistem dapat mengevaluasi tindakan yang tepat. Sehingga, faktor akurasi peluang dari prediksi cuaca dan iklim tersebut memegang peran penting dalam pengambilan tindakan. Nilai dari tingkat akurasi itu didapat dari persamaan 1 berikut.

$$R(p) = \frac{a(p)}{a(p) + b(p)} \quad (1)$$

Kemudian, dengan berdasarkan pada ambang batas tertentu yang terjadi diatas

peluang terjadinya suatu kejadian, suatu tindakan harus diambil. Sehingga, apabila prediksi yang dilakukan meleset, hal tersebut menyebabkan petani akan bertindak sia-sia, namun apabila terjadi kondisi sebaliknya, petani akan mengalami kegagalan (Tabel 2).

Tabel 2. Tabel kontingensi berdasarkan ambang batas prediksi  $p$  untuk memicu tindakan

	Ya Terjadi	Tidak Terjadi
Prediksi $\geq p$	<i>Hits a (p)</i>	<i>False Alarm b (p)</i>
Prediksi tidak $\geq p$	<i>Miss c(p)</i>	<i>Correct Rejection d(p)</i>

Sehingga, setiap aksi yang dilakukan tersebut memiliki nilai ekonomis yang tinggi Dengan berdasarkan dari premis tersebut dapat dibangun seperti yang ditunjukkan pada tabel 3 (Richardson, 2012). Dengan biaya atau *cost* direpresentasikan dengan  $C$ , dan kerugian atau *losses*, sebagai  $L$ ; nilai tersebut tidak bervariasi bergantung kepada probabilitas prediksi. Untuk kategori "bertindak sia-sia", terdapat perubahan pada biaya asli,  $\Delta C$ , yang dimungkinkan oleh risiko reputasi atau kebutuhan untuk membongkar persiapan dan memindahkannya kembali ke penyimpanan. Biaya tambahan,  $\Delta C$  mungkin sangat signifikan; risiko reputasi dari alarm palsu dapat melebihi (secara kualitatif) manfaat dari tindakan yang layak. Ini, tentu saja, representasi realitas yang disederhanakan, tidak menangkap, misalnya, kemungkinan bahwa suatu tindakan akan berhasil mencegah kehilangan target. Biaya bertindak dengan sembarangan mungkin juga berbeda dari biaya tindakan yang layak, mengingat bahwa persediaan mungkin perlu dikembalikan ke gudang, dan upaya yang dilakukan untuk meredam peringatan yang salah tersebut.

Tabel 3. Tabel kontingensi untuk biaya dan kerugian akibat tindakan yang diambil

	Ya Terjadi	Tidak Terjadi
Aksi dilakukan	$C$	$C + \Delta C$
Aksi tidak dilakukan	$L$	$0$

Tingkat inflasi tidak diperhitungkan dalam pembangunan mekanisme, apabila tindakan yang diambil berlangsung pada skala waktu kurang dari satu tahun. Oleh karena itu, tingkat inflasi akan memiliki dampak yang tidak signifikan dibandingkan dengan ketidakpastian yang ada. Namun, jika tindakan itu berlangsung selama bertahun-tahun, akan lebih tepat untuk memasukkan faktor inflasi, yang dapat menurunkan bobot relatif dari manfaat, dengan asumsi bahwa itu terjadi lebih jarang terjadi daripada biaya yang dikeluarkan. Versi yang lebih rumit juga akan mempertimbangkan *probability density function* dari besaran dampak bencana, walaupun prinsip-prinsip umum yang diuraikan di sini akan tetap berlaku.

Berdasarkan uraian sebelumnya, dalam memilih tindakan untuk perkiraan probabilitas dengan kerugian dalam skenario Business-as-Usual atau BAU dengan tidak ada tindakan berdasarkan perkiraan sama sekali seharusnya melebihi gabungan biaya dan kerugian dalam skenario dengan tindakan berdasarkan perkiraan (Persamaan 2).

$$L \cdot \frac{a+c}{n} (p) > C \cdot \frac{a+b}{n} (p) + \Delta C \cdot \frac{b}{n} + L \cdot \frac{c}{n} (p) \quad (2)$$

Namun, tidak semua konsekuensi bencana dapat diekspresikan dalam istilah ekonomi, oleh karena itu hubungan ini juga perlu diterima secara kualitatif oleh pelaksana. Selain itu, banyak dari tindakan ini akan memiliki manfaat jangka panjang, terlepas dari insiden bencana.

## 2) Mekanisme Pendanaan

Komponen kedua adalah dana kesiapsiagaan, mekanisme pendanaan standar untuk pembiayaan berdasarkan prakiraan yang ditujukan untuk digunakan sebelum potensi bencana terjadi. Pendanaan dari mekanisme ini akan dicairkan ketika prakiraan dikeluarkan, menyediakan cukup uang untuk melakukan tindakan yang dipilih, dengan pemahaman bahwa terkadang pendanaan akan dihabiskan untuk "bertindak sia-sia". Diperlukan prosedur keuangan untuk memastikan pencairan cepat dana ketika peringatan dini dikeluarkan, dan langkah-langkah akuntabilitas sedemikian rupa sehingga dana tersebut hanya digunakan untuk tindakan-tindakan awal yang ditetapkan yang

sesuai dengan peringatan dini tersebut. Metode yang paling dasar untuk menentukan berapa banyak dana yang diperlukan untuk mekanisme ini selama periode waktu yang ditentukan adalah untuk mengasumsikan bahwa semua tindakan yang mungkin dilakukan pada *lead-time* prediksi cuaca-iklim yang dibangun dan juga pemenuhan dana terhadap relasi dalam Persamaan 2 didanai setiap kali probabilitas perkiraan yang terkait dikeluarkan. Jika  $C$  mewakili biaya bertindak berdasarkan satu peringatan, maka total yang diperlukan untuk dana kesiapsiagaan ( $T$ ) untuk petani akan direpresentasikan sebagai

$$T = C \cdot \frac{a+b}{n} (p) + \Delta C \cdot \frac{b}{n} (p) \quad (3)$$

Jika terdapat beberapa probabilitas perkiraan, atau beberapa jenis perkiraan yang berbeda, di mana tindakan disarankan, total pendanaan yang diperlukan akan berupa jumlah dana yang diperlukan untuk masing-masing perkiraan. Namun, perlu diketahui bahwa prakiraan yang terjadi secara berurutan tidak perlu berulang kali mendanai tindakan yang sama, dan ketentuan perlu dibuat untuk melakukan autokorelasi prakiraan. Sebagai contoh, kelas curah hujan di Indonesia memiliki empat tingkat perkiraan: normal, siaga, waspada dan awas. yang berhubungan dengan probabilitas ambang batas hujan yang diberikan. Karena setiap perkiraan harus dicocokkan dengan tindakan yang berbeda berdasarkan *lead-time* dan probabilitas ambang batas, dana kesiapsiagaan harus memperhitungkan kemungkinan setiap probabilitas yang dikeluarkan, serta korelasinya dalam dimensi waktu. Jika probabilitas prediksi didefinisikan sebagai  $p$ , maka jumlah total dana yang diperlukan untuk bereaksi terhadap semua probabilitas perkiraan yang mungkin terjadi dapat direpresentasikan sebagai

$$T = \int_0^1 C \cdot \frac{a+b}{n} (p) dp \quad (4)$$

Dalam operasi seperti ilustrasi tersebut, persamaan 3 dapat disederhanakan dengan jumlah biaya untuk mengambil tindakan pada masing-masing dari empat kategori peringatan.

Ketika risiko bencana meningkat secara substansial,  $R(p)$  meningkat dan lebih banyak tindakan yang memenuhi syarat untuk dipilih dalam persamaan (2) untuk prakiraan tertentu,

sehingga jumlah dana yang lebih besar akan disalurkan ketika peluang terjadinya bencana lebih tinggi. Dalam prakteknya, faktor-faktor tambahan akan dimasukkan untuk menentukan driver eksternal, seperti dampak politik berulang-ulang bertindak sia-sia, dan efek interaksi antara tindakan.

Dalam banyak kasus, dimungkinkan terdapat batas maksimum jumlah awal dana yang dialokasikan ( $T$ ) untuk mengawasi mekanisme ini dalam kurun waktu tertentu. Dalam situasi ini, jumlah dana dalam dana kesiapsiagaan harus didistribusikan di antara perkiraan yang mungkin. Setiap perkiraan probabilitas  $p$  akan memiliki jumlah pencairan yang sesuai ( $D$ ) sebanding dengan kemungkinan dampak banjir bagi pada petani tergantung pada prediksi yang diberikan, dan jumlah pencairan ini perlu dibagi di antara semua tindakan yang dapat dilaksanakan. Jika nilai dana yang dicairkan ( $D$ ) kecil, maka hanya tindakan yang paling prioritas yang akan dilaksanakan. Secara statistik, nilai  $D$  akan dihitung sedemikian rupa sehingga  $T$  akan sepenuhnya terhabiskan pada akhir periode waktu yang dialokasikan. Ini diwakili sebagai

$$T = \int_0^1 C \cdot \frac{a+b}{n}(p) \cdot D(p) dp \quad (5)$$

dengan  $D(p) / (\frac{a}{n}(p))$  setara untuk semua  $p$ .

Dengan menggunakan metode ini, mungkin terdapat sejumlah probabilitas prakiraan kategori ( $p$ ) yang dihitung untuk menerima jumlah pengeluaran yang sangat kecil, yang mungkin tidak cukup untuk melakukan tindakan yang dipilih. Hal ini memiliki kecenderungan untuk sering terjadi. Namun, dibandingkan dengan hasil pencairan dengan biaya tindakan  $C(p)$ , kondisi tersebut dapat mengeliminasi kategori kondisi  $p$  yang memiliki implikasi  $D(p) < C(p)$ . Kemudian persamaan di atas dikalkulasikan ulang dengan mengurangi jumlah probabilitas ( $p$ ) hingga semua pencairan lebih besar dari biaya yang setidaknya cukup untuk melakukan satu dari tindakan yang harus dilaksanakan pada setiap probabilitas  $p$  yang tersisa.

Metode ini mengasumsikan bahwa pendanaan harus dialokasikan sesuai dengan kemungkinan *event* yang akan terjadi, meskipun asumsi ini dapat diganti dengan prioritas lain, seperti mengalokasikan dana sesuai dengan efektivitas tindakan. Juga dimungkinkan untuk

menetapkan ambang batas berdasarkan variasi waktu agar lebih terstruktur dalam pembelanjaan pada awal periode waktu yang tersedia, dan lebih bebas dengan membelanjakan jumlah yang tersisa sebagai akhir dari periode anggaran. Ketika mengkalibrasi sistem selama periode waktu yang lebih lama, ditemukan bahwa ambang batas dapat bervariasi untuk mencerminkan kemajuan dalam wawasan atau mengubah pemicu.

## DISKUSI

Dengan metodologi yang diusulkan, dapat ditentukan tindakan khusus yang dapat dijadikan sebagai sumber investasi berdasarkan informasi prediksi yang ada. Sementara itu, mekanisme pendanaan standar dan prosedur operasi diperlukan untuk memastikan tindakan konsisten berdasarkan perkiraan, belum jelas mengenai bagian dari total pendanaan yang harus dialokasikan untuk mekanisme pendanaan berbasis perkiraan risiko di masa datang. Sementara hasil bervariasi tergantung pada program itu sendiri, rasio biaya-manfaat positif telah ditunjukkan untuk berbagai program pengurangan risiko bencana jangka panjang (Mechler, 2005). Berdasarkan hasil awal dari pilot konsep ini, manfaat rasio / biaya probabilistik serupa ( $B/C$ ) dapat dinilai untuk metodologi ini, seperti dalam persamaan (6) (tidak dikoreksi untuk tingkat inflasi).

$$\frac{B}{C} = \frac{\int_0^1 L \cdot \frac{c}{n}(p) - C \cdot \frac{a+b}{n}(p) dp}{T} \quad (6)$$

dibandingkan hasil dengan rasio  $B/C$  untuk pengurangan risiko akibat perubahan iklim jangka panjang akan menunjukkan manfaat marginal dari pendanaan tambahan yang dibelanjakan dalam semua kategori, sehingga membentuk kembali lanskap pendanaan untuk pengurangan risiko kegagalan panen dan kesiapsiagaan yang terfokus pada tindakan yang paling berdampak pada setiap skala waktu.

Selanjutnya, ketika dana insentif muncul untuk digunakan dalam prediksi pencegahan risiko gagal panen dan tanam, serta kesiapsiagaan, kemampuan prediksi cuaca dan iklim akan menjadi kendala utama dalam memaksimalkan potensi mekanisme sistem tersebut. Kegagalan prediksi untuk memperkirakan dapat mengundang kecaman

terhadap investasi dalam sistem pendanaan ini; karena hal tersebut merupakan kunci dalam mempertimbangkan investasi untuk kapabilitas prediksi yang dimaksud atau aspek lingkungan lainnya yang memungkinkan untuk FbF dapat menguntungkan dari waktu ke waktu. Indonesia khususnya memiliki kekurangan stasiun cuaca fungsional, termasuk stasiun sinoptik, yang membatasi kemampuan untuk memprediksi peristiwa meteorologi secara akurat (Rogers dan Tsirkunov, 2013). Investasi dalam perangkat keras dan perangkat lunak di Indonesia untuk layanan meteorologi dan hidrologi diperlukan untuk mengatasi kesenjangan ini. Untuk sementara, penelitian terbaru untuk menggabungkan kelangkaan stasiun pengamatan yang ada dengan data satelit dapat membantu dalam mengembangkan pemahaman yang lebih tepat dari iklim yang diberikan informasi yang tersedia secara historis (Dinku et al., 2012). Setiap peningkatan dalam persentase potensi risiko kegagalan panen yang diprediksi (juga dikenal sebagai *hit rate*)  $a / a + c$  atau peningkatan rasio alarm yang benar  $a / a + b$  karena peningkatan *forecast-skill* akan secara langsung meningkatkan kemampuan petani untuk mencegah dan mempersiapkan diri terhadap potensi bencana yang mengakibatkan kegagalan panen

Kerangka metode ini memberikan gagasan intuitif bahwa banyak praktisi sudah mengetahui tentang kapan bertindak lebih awal mungkin layak untuk dilakukan. Kuantifikasi ini juga dapat membantu dalam mengajukan dasar permohonan investasi kepada lembaga pengelola dana asuransi pertanian di Indonesia untuk tindakan dini seperti hal tersebut, yang saat ini sering tidak dilaksanakan karena ketidakterediaan pendanaan tersebut.

Tentunya dalam kuantifikasi tersebut tidak sederhana – hal tersebut memang membutuhkan analisis konteks spesifik. Dalam analisisnya, kurangnya data bencana historis akan menimbulkan kendala tertentu. Dampak ketidakpastian dalam perkiraan probabilitas, baik dampak risiko yang akan terjadi dan probabilitas prediksi, perlu dinilai, dan ambang batas kepastian kejadian perlu ditetapkan untuk mendapatkan hasil yang berarti. Pengetahuan lokal pertanian tentang kondisi sosio-ekonomi dan perilaku petani, serta periode pengulangan terhadap kejadian ekstrem tersebut dapat dimasukkan sebagai salah satu komponen dalam

mekanisme penghitungan dana, bahkan jika itu membawa ketidakpastian yang melekat.

Dalam hal ini, penelitian tambahan akan diperlukan untuk mencapai aplikasi skala besar skema FbF untuk pertanian presisi di Indonesia. Secara khusus, menghitung risiko kegagalan panen berdasarkan perkiraan curah hujan harus dinilai dan diverifikasi dengan perkiraan hidrologi menggunakan teknik statistik dan dinamis. Sebagian besar variabel yang dipertimbangkan di dalamnya, dimulai dari opsi tindakan hingga keterampilan perkiraan, bervariasi secara tajam antar wilayah, dan oleh karena itu sistem pembiayaan berbasis perkiraan harus dirancang untuk bahaya spesifik pada skala geografis tertentu seperti yang telah diimplementasikan oleh Mortensen dan Blok (2018), Kusuma, Noy, dan Jackson (2017). Prosedur operasi standar yang telah dikembangkan di satu area tidak mungkin memiliki nilai jika diterapkan begitu saja di tempat lain. Penelitian lebih lanjut harus mempelajari efek dari variasi masing-masing parameter tersebut, serta perbedaan yang dihasilkan dalam potensi FbF lintas wilayah. Kalibrasi estimasi biaya dan keuntungan akan menjadi sulit. Misalnya, biaya bertindak yang tepat atau biaya bertindak dengan “sia-sia” mungkin perlu diperkirakan secara berulang-ulang, berdasarkan apakah aktor tersebut belakangan ini bertindak “sia-sia”, sehingga akan enggan mengambil risiko lagi. Demikian pula, ketidakakuratan prediksi dapat menyebabkan kurangnya kepercayaan terhadap sistem itu sendiri. Persamaan dalam kerangka ini dapat diperluas dengan faktor “persepsi risiko” yang berubah sebagai respons terhadap peringatan yang salah atau intervensi yang berhasil. Hal ini akan dikalibrasi dengan informasi dari para praktisi. Semua perkiraan biaya harus menjalani analisis sensitivitas untuk menilai kekuatan nilai dari mekanisme pendanaan ini dalam bentuk pertanyaan; jika perkiraan probabilitas dan biaya diubah dalam persamaan di atas, bagaimana ini mempengaruhi hasil? Pada titik mana ketidakpastian dalam nilai-nilai ini sangat memengaruhi pemilihan tindakan dan estimasi manfaatnya? Selain itu, akan ada efek interaksi antara investasi jangka pendek dan jangka panjang, yang terakhir sering menghambat kemampuan untuk membuat keputusan dalam jangka pendek.



## SIMPULAN DAN SARAN

Informasi cuaca dan iklim yang disajikan sebagai bagian pertanian presisi dapat memiliki nilai yang lebih dengan disertai oleh tindakan yang tepat yang diambil sebagai tanggapan terhadap informasi, bahkan jika informasi tersebut merupakan peringatan yang sempurna untuk kejadian di masa depan. Meskipun prakiraan cuaca dan iklim tidak menunjukkan keterampilan yang sempurna, menyesuaikan informasi perkiraan dengan konteks operasional sektor pertanian dapat secara dramatis akses para petani terhadap modal dan perlindungan asuransi gagal panen dan tanam akibat dinamika cuaca dan iklim.

Dalam hal ini, inovasi perlu dilakukan dengan mengarah pada peningkatan penyesuaian informasi itu sendiri untuk melayani dengan lebih baik kebutuhan pembuat keputusan pada sektor pertanian, daripada hanya mengubah tampilan visual dari informasi yang ada (Rodó, dkk., 2013; Johnston, dkk., 2004).

Sistem FbF untuk pertanian presisi di Indonesia merupakan peluang bagus untuk mendorong dan mengoperasikan perlindungan terhadap kegagalan panen dan peningkatan ketahanan pangan di Indonesia. Sistem yang diuraikan di atas memanfaatkan metode perkiraan laba yang ada dalam hubungannya dengan informasi yang ditentukan pengguna tentang biaya pengurangan risiko dan kerugian kegagalan panen akibat dinamika cuaca dan iklim. Ketika berada dalam sistem tersebut, informasi ini dapat memecah hambatan peluang dan mandat yang saat ini mencegah penggunaan sistematis ramalan di sektor pertanian, dan mengembangkan SOP yang memastikan pengembalian investasi yang berkelanjutan. Keuntungan bersih dari sistem seperti ini terlihat jelas bila diterapkan dalam jangka panjang, karena *hits* dan *false alarm* akan menyesuaikan dan menyatu pada frekuensi yang sebenarnya.

Pada akhirnya, nilai sistem pembiayaan berdasarkan perkiraan akan lebih besar dibandingkan daripada sekadar kerugian yang dihindari ketika dana tersebut dilepaskan. Jika sistem semacam itu tersedia, para pelaku pertanian di wilayah tersebut akan sadar bahwa banyak kemungkinan kerugian di sektor pertanian di Indonesia yang dapat dicegah berdasarkan tindakan yang terpicu oleh pengetahuan mengenai informasi yang

diberikan. Karena itu, para pelaku dapat fokus pada investasi pada sektor pertanian melalui pembukaan modal dan asuransi untuk para petani dengan kecil kemungkinan kegagalan panen akibat dinamik cuaca-iklim yang akan tiba-tiba menghancurkan investasi mereka. Penelitian lebih lanjut untuk mengukur nilai tambah dari skema FbF diperlukan untuk menyediakan basis bukti untuk pendanaan berbasis perkiraan dan pengembangan luas dari prosedur berbasis-cuaca dan iklim.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Insitut Teknologi Bandung sebagai penyedia fasilitas penelitian dalam pengembangan sistem informasi yang dimanfaatkan dalam sektor pertanian. Serta terima kasih untuk Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan Republik Indonesia atas pendanaan riset dengan nomor kontrak PRJ-19/LPDP/2017 Pemberian Bantuan Dana Riset Pembangunan Indonesia Tahun Pertama Terkait Pengembangan Sistem Informasi Kalender Tanam dengan Model Iklim Cerdas untuk Menentukan Pola Tanam Padi di Indramayu dalam Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. Serta, terima kasih pula untuk pendanaan riset oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia dalam program Penelitian Strategis Nasional dengan nomor kontrak 127/SP2H/PTNBH/DRPM/2018 yang berjudul Pengembangan Aplikasi Kalender Tanam Padi Berbasis Android Di Kabupaten Indramayu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Lipper L., Zilberman D. 2018. *A Short History of the Evolution of the Climate Smart Agriculture Approach and Its Links to Climate Change and Sustainable Agriculture Debates*. In: Lipper L., McCarthy N., Zilberman D., Asfaw S., Branca G. (eds) *Climate Smart Agriculture. Natural Resource Management and Policy*, vol 52. Springer, Cham
- Ali, D. dan Gelsdorf, K. , 2012. Risk-averse to risk-willing: Learning from the 2011 Somalia cash response, *Glob. Food Secur.*, 1, 57–63. doi:10.1016/j.gfs.2012.07.008.
- Dinku, T. dan Sharoff, J.: ENACTS Ethiopia: Partnerships for Improving Climate Data Availability, Accessibility, and Utility,

- Climate Services Partnership, available at: [http://www.climateservices.org/sites/default/files/ENACTS\\_Case\\_Study.pdf](http://www.climateservices.org/sites/default/files/ENACTS_Case_Study.pdf), 2013. .
- A., Archer, E. R. M., Vogel, C. H., Bezuidenhout, C. N., Tennant, W. J., dan Kuschke, R.: Review of seasonal forecasting in South Africa?: producer to end-user, *Climate Res.*, 28, 67–82, 2004.
- Kellett, J. dan Caravani, A.: *Financing Disaster Risk Reduction: A 20 year story of international aid*, 2013.
- Kolen, B., Slomp, R., dan Jonkman, S. N.: The impacts of storm Xynthia February 27-28, 2010 in France: lessons for flood risk management, *J. Flood Risk Manage.*, 6, 261–278, doi:10.1111/jfr3.12011, 2013.
- Lautze, S., Bell, W., Alinovi, L., dan Russo, L.: Early warning, late response (again): The 2011 famine in Somalia, *Glob. Food Secur.*, 1, 43–49, doi:10.1016/j.gfs.2012.07.006, 2012.
- Leblois, A. dan Quirion, Z.: Agricultural insurances based on meteorological indices: realizations, methods and research challenges, *Meteorological Applications*, Royal Meteorological Society, 20, 1–9, 2013.
- Maenzanise, S. dan Braman, L.: *Innovative Approaches to Engaging Communities in Participatory Dialogues that Enhance Community Disaster Preparedness*, Climate Services Partnership, 2012.
- Manyena, S. B.: Disaster and Development Paradigms: Too Close for Comfort?, *Dev. Policy Rev.*, 30, 327–345, doi:10.1111/j.1467-7679.2012.00579.x, 2012.
- Mason, S. J. dan Graham, N. E.: Areas beneath the relative operating characteristics (ROC) and relative operating levels (ROL) curves?: Statistical significance and interpretation, *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.*, 128, 2145–2166, 2002.
- Maxwell, D. dan Fitzpatrick, M.: The 2011 Somalia famine: Context, causes, and complications, *Glob. Food Secur.*, 1, 5–12, doi:10.1016/j.gfs.2012.07.002, 2012.
- Mechler, R.: *Cost-benefit Analysis of Natural Disaster Risk Management in Developing Countries*, August, 2005.
- Mendler de Suarez, J., Suarez, P., Bachofen, C., Fortugno, N., Goncalves, P., Grist, N., Macklin, C., Pfeifer, K., Schweizer, S., Van Aalst, M., dan Virji, H.: *Games for a New Climate?: Games for a New Climate?: Experiencing the Complexity of Future Risks*, Boston University Pardee Center, 2012.
- Richardson, D. S.: Chapter 9: Economic value dan skill, in: *Forecast Verification: A practitioner's Guide in Atmospheric Science*, edited by: Jolliffe, I. T. dan Stephenson, D. B., John Wiley and Sons Ltd., 2nd ed., 167–184, 2012. Red Cross/Red Crescent Climate Centre: *Health Risk Management in a Changing Climate*, available at: [http://www.climatecentre.org/downloads/File/Case%20studies/CC\\_HMR%20brochure\\_A4\\_6%20web.pdf](http://www.climatecentre.org/downloads/File/Case%20studies/CC_HMR%20brochure_A4_6%20web.pdf), 2013.
- Rodó, X., Pascual, M., Doblado-Reyes, F. J., Gershunov, A., Stone, D. A., Giorgi, F., Hudson, P. J., Kinter, J., Rodríguez-Arias, M.À., Stenseth, N. Ch., Alonso, D., García-Serrano, J., dan Dobson, A. P.: Climate change and infectious diseases: Can we meet the needs for better prediction?, *Climatic Change*, 118, 625–640, doi:10.1007/s10584-013-0744-1, 2013.
- Rogers, D. P. dan Tsirkunov, V. V.: *Weather and Climate Resilience: Effective Preparedness through National Meteorological and Hydrological Services*, Washington, DC, doi:10.1596/978-1-46480026-9, 2013.
- Ross, K. W., Brown, M., Verdin, J. P., dan Underwood, L. W.: Review of FEWS NET biophysical monitoring requirements, *Environ. Res. Lett.*, 4, 024009, doi:10.1088/1748-9326/4/2/024009, 2009.
- Suarez, P. dan Linnerooth-Bayer, J.: *Insurance-related instruments for disaster risk reduction. Contribution to the Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR)*, Geneva, Switzerland, 2011.
- Suarez, P. dan Patt, A.: Cognition, Caution, and Credibility: The Risks of Climate Forecast Application, *Risk, Decision, and Policy*, 9, 75–89, 2004.

- Suarez, P. dan Tall, A.: Towards forecast-based humanitarian decisions?: Climate science to get from early warning to early action, Humanitarian Futures Programme, 2010.
- Swinkels, W. A., Engelsman, M., Kasteleijn-Nolst Trenité, D. G., Baal, M. G., de Haan, G. J., dan Oosting, J.: Influence of an evacuation in February 1995 in The Netherlands on the seizure frequency in patients with epilepsy: a controlled study, *Epilepsia*, 39, 1203–1207, 1998.
- Ward, P. J., Eisner, S., Flörke, M., Dettinger, M. D., dan Kummerow, M.: Annual flood sensitivities to El Niño-Southern Oscillation at the global scale, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 47–66, doi:10.5194/hess-18-47-2014, 2014.
- Webster, P. J., Toma, V. E., dan Kim, H.-M.: Were the 2010 Pakistan floods predictable?, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L04806, doi:10.1029/2010GL046346, 2011