

Analisis risiko kekeringan dengan menggunakan *decision network* di sentra produksi padi di Jawa Barat

Drought risk analysis by using decision network in production centers of rice in West Java

SUCIANTINI^{1,✉}, AGUS BUONO², RIZALDI BOER^{3,4}

¹Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Jl. Tentara Pelajar No. 1A Cimanggu, Bogor, Jawa Barat 16111. Tel./Fax. +62-251-8312760, ✉email: suciantini@yahoo.com.

²Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Jl. Meranti Wing 20 Level 5 Kampus IPB, Bogor, Jawa Barat 16680. Tel./Fax. +62-251-8625584.

³Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Jl. Meranti Wing 19 Level 4 Gedung FMIPA Kampus IPB, Jawa Barat 16680, Jawa Barat

⁴Centre for Climate Risk and Opportunity Management in Southeast Asia Pasific (CCROM-SEAP), Institut Pertanian Bogor. Kampus IPB aranangsiang, Jl. Pajajaran, Bogor 16143, Jawa Barat.

Manuskrip diterima: 6 September 2016. Revisi disetujui: 31 Januari 2017.

Abstrak. *Suciantini, Buono A, Boer R. 2017. Analisis risiko kekeringan dengan menggunakan decision network di sentra produksi padi di Jawa Barat. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 7: 62-68.* Salah satu informasi yang sangat penting dalam penjadwalan penanaman bagi petani adalah kalender tanam. Informasi kalender tanam sudah mulai disusun oleh Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian sejak tahun 2007 dan dikembangkan setiap tahun. Penyusunan kalender tanam yang bersifat dinamis dilakukan melalui pendekatan suatu jejaring pengambilan keputusan (*decision network*). *Decision network* (DN) dapat diaplikasikan sebagai strategi penyesuaian bentuk pola tanam berdasarkan prakiraan musim untuk mengatasi masalah kekeringan. Kekeringan mungkin terjadi pada pertanaman kedua apabila sifat hujan di bawah normal, atau awal masuk musim penghujan mengalami keterlambatan, sehingga penanaman kedua mengalami kemunduran. Kajian ini memaparkan hasil analisis kalender tanam dinamis sebagai alat bantu pengambil keputusan dalam menyusun strategi penanaman yang dapat meminimalkan risiko iklim, tetapi di sisi lain dapat meningkatkan keuntungan ekonomi. Penelitian dilakukan dengan automasi dari model sistem kalender tanam dinamis yang konsepnya dikembangkan dari penelitian yang dilakukan oleh Departemen Geofisika dan Meteorologi, FMIPA, IPB bekerja sama dengan Pusat Studi Iklim IPB (CCROM-SEAP, IPB). Automasi sistem kalender tanam tersebut dilakukan di 10 kabupaten di Jawa Barat yaitu Kabupaten Bandung, Ciamis, Cianjur, Cirebon, Garut, Indramayu, Karawang, Majalengka, Subang, dan Kabupaten Sukabumi. Hasil fungsi utilitas merupakan indikator kalender tanam dinamis yang memperlihatkan luasan kekeringan yang dapat terjadi (nilai k) dan pilihan pola tanam yang dapat dilakukan untuk pertanaman pada musim tanam II (MK) (nilai D). Pada umumnya, tingkat risiko kekeringan akan meningkat tajam pada tingkat risiko k_4 (tingkat kekeringan berat). Ketepatan waktu tanam diharapkan dapat meminimalkan kerugian akibat kehilangan hasil. Penghitungan risiko tingkat kekeringan dengan menggunakan pola tanam ideal diharapkan dapat menyumbangkan produksi padi yang optimal dan menurunkan risiko kegagalan panen apabila kemungkinan terjadi kekeringan. Informasi nilai SOI yang dipadukan dengan prakiraan kondisi curah hujan pada bulan Mei hingga Desember diharapkan dapat menjadi acuan awal untuk perencanaan pertanaman.

Kata kunci: *Decision network*, Jawa Barat, kalender tanam, kekeringan, padi

Abstract. *Suciantini, Buono A, Boer R. 2017. Drought risk analysis by using decision network in production centers of rice in West Java. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 7: 62-68.* One of the most important information in the scheduling of planting for farmers is planting calendar. Information about planting calendar has been prepared by Indonesian Agro-climate and Hydrology Research Institute, Indonesian Agency for Agricultural Research and Development, Ministry of Agriculture since 2007 and developed every year. Preparation of the dynamic planting calendar is conducted through a network of decision-making (*decision network*). *Decision network* (DN) can be applied as a coping strategy form of cropping pattern based on the forecast of season to overcome the problem of drought. The drought may occur in second planting if the rainfall below normal, or early entered the rainy season is delayed, so the second planting setbacks. This study describes the results of the analysis of dynamic cropping calendar as a tool for decision maker in developing the planting strategies to minimize the risk of climate, but on the other hand it can increase the economic benefits. The research was conducted by automation of dynamic cropping calendar system model whose its concept was developed from the research conducted by the Department of Geophysics and Meteorology, IPB in collaboration with the Climate Study Center IPB (CCROM-SEAP, IPB). Automation system of planting calendar was conducted in 10 districts in West Java, namely Bandung, Ciamis, Cianjur, Cirebon, Garut, Indramayu, Karawang, Majalengka, Subang and Sukabumi Districts. The results of the utility function was a dynamic planting calendar indicator which shows the extent of drought that may occur (k) and the choice of cropping pattern that can be conducted for planting during the growing season II (D value). In general, the level of risk of drought will rise sharply in k_4 level of risk (the level of severe drought). Timeliness of planting is expected to minimize the losses due to yield loss. The calculation of risk of drought level by using ideal planting pattern is expected to contribute an optimal rice production and reduce the risk of crop failure if the drought happened. SOI value information combined with the prediction of the rainfall condition in May to December is expected to be the starting point for planning planting.

Keywords: Decision network, drought, planting calendar, rice, West Java

PENDAHULUAN

Keragaman hasil tanaman semusim di Indonesia sangat tergantung kepada keragaman curah hujan. Lo et al. (2007) dan Robertson et al. (2009) menyatakan bahwa kunci utama keragaman hasil tanaman ditentukan oleh lama dan sifat musim hujan. Awal masuk musim penghujan dapat dipengaruhi oleh fenomena global, seperti *El Niño - Southern Oscillation* (ENSO) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD). Ada beberapa pendapat terkait pengaruh ENSO terhadap curah hujan di Indonesia. Falcon et al. (2006) berpendapat bahwa fenomena ENSO secara signifikan mempengaruhi keragaman curah hujan di seluruh provinsi di Pulau Jawa-Madura, dan Bali. Menurut Hamada et al. (2002), pengaruh ENSO terhadap curah hujan di Indonesia sangat kuat terutama pada bulan September-Desember. Sejalan dengan pendapat Battisti et al. (2006) yang menganalisis korelasi antara ENSO dengan curah hujan di Indonesia, dan diketahui bahwa curah hujan pada bulan September-Desember sangat berkorelasi (korelasi 80-100%) dengan ENSO. Dari Desember hingga Februari, pengaruh ENSO melemah (Giannini et al. 2007). Mundurnya awal musim penghujan akan menggeser pola dan rotasi tanaman yang menyebabkan risiko pertanaman kedua terkena kekeringan meningkat.

Untuk mengantisipasi hal tersebut perlu disusun suatu informasi iklim bagi petani sebagai panduan dalam menyesuaikan waktu dan pola tanam, mengingat pentingnya jadwal penanaman, mulai dari masa persiapan tanah, penanaman, hingga panen. Informasi iklim yang dikeluarkan oleh lembaga-lembaga penelitian sudah banyak dilakukan. Salah satu informasi yang sangat penting dalam kaitannya dengan penjadwalan penanaman petani adalah kalender tanam. Informasi kalender tanam sudah mulai disusun oleh Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian sejak tahun 2007 dan semakin dikembangkan setiap tahun (Runtunuwu et al. 2009). Informasi kalender tanam dimaksudkan untuk mengembangkan kalender tanaman untuk tahun kering, normal, dan basah (Las et al. 2007).

Untuk penyusunan kalender tanam yang bersifat dinamis dapat dilakukan melalui pendekatan suatu jejaring pengambilan keputusan (*decision network*). Dalam *decision network* (DN), keputusan pemilihan pola tanam ditetapkan berdasarkan informasi iklim dan informasi lainnya yang diperoleh sebelum keputusan dibuat. Informasi tersebut diantaranya indeks SOI yang dapat digunakan sebagai indikator tentang kemungkinan perubahan awal masuk musim penghujan, prakiraan panjang musim penghujan, atau sifat hujan pada musim tanam. *Decision network* (DN) dapat diaplikasikan sebagai strategi penyesuaian bentuk pola tanam dengan prakiraan musim, untuk mengatasi masalah kekeringan yang dapat terjadi pada penanaman kedua apabila sifat hujan di bawah normal, atau awal masuk musim penghujan mengalami keterlambatan dari normal, sehingga penanaman kedua mengalami kemunduran. Kalender tanam dinamis menggunakan hasil prakiraan iklim sebagai acuan dalam pengambilan keputusan. Peubah-peubah yang mendukung integrasi kalender tanam dinamis terhimpun dalam suatu *Bayesian network*.

Bayesian network digunakan untuk merepresentasikan secara visual mengenai keterkaitan langsung antarpeubah dalam suatu domain permasalahan tertentu (Neapolitan 2004; Russel dan Peter 2003). Adapun studi ini bertujuan untuk menganalisis risiko kekeringan berdasarkan penggunaan *decision network* sebagai suatu strategi penanaman yang dapat meminimalkan risiko iklim, tetapi di sisi lain akan meningkatkan keuntungan ekonomi dengan studi kasus di Provinsi Jawa Barat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di sentra produksi pangan, terutama padi, di Provinsi Jawa Barat. Berdasarkan data luas sawah tahun 2007, diambil 10 kabupaten terluas di Jawa Barat yang dipergunakan untuk analisis data, yaitu Kabupaten Bandung, Ciamis, Cianjur, Cirebon, Garut, Indramayu, Karawang, Majalengka, Subang, dan Sukabumi. Data yang diambil dalam penelitian ini meliputi data curah hujan harian, peta kalender tanam yang dikeluarkan oleh Departemen Pertanian untuk lokasi Pulau Jawa, data kekeringan, data sawah, data produksi dan produktivitas padi, data luas tanam dan panen, serta data SOI.

Penelitian ini melakukan automasi dari model sistem kalender tanam dinamis yang konsepnya dikembangkan dari penelitian yang dilakukan oleh Departemen Meteorologi, FMIPA, IPB bekerja sama dengan Pusat Studi Iklim IPB (CCROM-SEAP-IPB). Automasi sistem kalender tanam tersebut dilakukan di beberapa kabupaten di Jawa Barat, yaitu Kabupaten Bandung, Ciamis, Cianjur, Cirebon, Garut, Indramayu, Karawang, Majalengka, Subang, dan Sukabumi.

Pengumpulan data

Data dikumpulkan dari dinas pertanian kabupaten dan BMKG daerah, antara lain data penggunaan lahan, status irigasi lahan pertanian, harga komoditas pertanian, bencana iklim (kekeringan), luas tanam dan panen, serta curah hujan harian dan bulanan. Selain itu, untuk mengetahui perubahan kondisi ENSO, dikumpulkan data SOI.

Penyusunan jejaring Bayes (*Bayesian network*)

Untuk penentuan pola tanam ideal, digunakan data ENSO, musim penghujan, luas tanam, sifat musim, dan kejadian bencana iklim. Untuk merepresentasikan secara visual mengenai keterkaitan langsung antarpeubah, digunakan *Bayesian network* (BN). Dalam menentukan tingkat kekeringan, terdapat empat peubah yang digunakan yaitu fase SOI, curah hujan, sisa dasarian musim hujan (SDMH), dan kejadian kekeringan.

Berikut deskripsi keempat peubah dalam *Bayesian network*. (i) Fase SOI (SOI). Fase SOI digunakan untuk mengetahui jenis fenomena ENSO yang berlangsung. Fase 1 dan 3 merujuk pada fenomena El Nino, 2 dan 4 La-Nina, serta fase 5 kondisi normal (Stone et al. 1996). Indeks Osilasi Selatan merupakan indeks yang menggambarkan perbedaan tekanan udara dekat permukaan laut di kawasan Tahiti (P Tahiti) dan Darwin (P Darwin). (ii) Curah hujan bulanan pada musim kemarau. Tinggi rendahnya curah

hujan pada musim kemarau akan menentukan besarnya risiko tanaman terkena kekeringan. Oleh karena kekeringan umumnya mulai terjadi dari bulan Mei maka data curah hujan bulanan yang digunakan ialah dari Mei sampai Desember. Mengikuti pengkategorisasian oleh BMKG mengenai curah hujan, peubah curah hujan dibedakan menjadi 3 yaitu hujan di bawah normal, normal, dan di atas normal. (iii) Sisa dasarian musim hujan (SDMH). Sisa dasarian musim hujan menunjukkan jumlah dasarian yang tersisa dari mulai tanam sampai akhir musim penghujan. Umur tanaman padi sekitar 4 bulan (12 dasarian), sehingga SDMH dikategorikan menjadi tiga yaitu kurang dari 10 dinilai sangat kurang, 10-13 cukup, dan lebih dari 13 berlebih. (iv) Kekeringan (k). Tingkat kekeringan dikelompokkan menjadi 4 yaitu tidak terjadi kekeringan, kekeringan ringan, berat, dan sangat berat. Nilai batas untuk keempat tingkat kekeringan tersebut sesuai kabupaten masing-masing, dengan batas seperti berikut: k_1 = tidak ada lahan kekeringan, $k_2 = 0 < \text{luas kekeringan} \leq \text{kuartil 1}$, $k_3 = \text{kuartil 1} < \text{luas kekeringan} \leq \text{kuartil 2}$, dan $k_4 = \text{luas kekeringan} \geq \text{kuartil 2}$.

Penyusunan jejaring pengambilan keputusan (decision network)

Pada *decision network* (DN) dapat diketahui kaitan antara keputusan yang diambil, risiko yang terjadi, serta ketidakpastian dari peubah-peubah dalam *Bayesian network*. *Decision network* merupakan hasil integrasi antara *Bayesian network* dengan keputusan yang diambil dan fungsi utilitas (fungsi keuntungan/risiko). Sebagai ilustrasi, Gambar 1 menyajikan diagram dari suatu DN.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu sentra pertanian padi yang memberikan kontribusi beras cukup besar untuk tingkat nasional. Sebagai sentra pertanian padi, adakalanya produksi naik-turun, di antaranya akibat bencana iklim, seperti banjir atau kekeringan. Untuk meminimalkan dampak dari bencana iklim, perlu dibuat suatu acuan untuk memulai pertanian bagi petani. Acuan tersebut salah satunya dalam bentuk kalender tanam. Seiring dengan kebutuhan tersebut, maka untuk mewarnai kalender tanam yang telah dihasilkan, dibuatlah suatu kalender tanam dinamis. Kalender tanam dinamis yang dihasilkan dalam hal ini merupakan kalender tanam dinamis yang menampilkan risiko yang akan diperoleh, yaitu risiko kekeringan, berdasarkan pilihan pola tanam yang tersedia. Pola tanam yang digunakan dalam analisis ini adalah padi-padi. Risiko kekeringan dipilih karena kejadiannya sangat berkaitan dengan ENSO. Menurut Boer dan Subbiah (2005), sejak tahun 1844, Indonesia telah mengalami kejadian kekeringan tidak kurang dari 43 kali dan sebagian besar bersamaan dengan kejadian fenomena ENSO, hanya 6 kali yang kejadiannya tidak bersamaan.

Model decision network

Data yang digunakan dalam penyusunan *Bayesian Network* (BN) terdiri atas empat peubah yaitu Indek Osilasi

Selatan atau *Southern Oscillation Index* (SOI), curah hujan, sisa dasarian musim hujan, dan kekeringan. Keempat peubah tersebut serta kategorisasinya disajikan dalam Tabel 1.

Model BN tersebut selanjutnya diintegrasikan dengan alternatif pola tanam dan risiko kekeringan sebagai akibat dari munculnya satu kondisi dari peubah dalam BN. Pola tanam yang dianalisis dalam penelitian ini adalah padi-padi dengan empat waktu tanam (D) yang berbeda yaitu: D_1 = penanaman pertama di awal musim penghujan, D_2 = penanaman pertama mundur 1 bulan, D_3 = penanaman pertama mundur 2 bulan, dan D_4 = penanaman pertama mundur 3 bulan.

Risiko yang dikaji dalam model ini adalah luas bencana terkena kekeringan pada pertanaman kedua sesuai dengan masing-masing keputusan pola tanam. Selanjutnya, risiko dari pemilihan pola tanam terhadap kejadian kekeringan dikuantifikasi dalam bentuk fungsi utilitas (U) sebagai berikut:

$$U = f(D, k)$$

dengan keterangan :

U = fungsi utilitas

f = menyatakan fungsi

D = pola tanam (keputusan dari pemilihan pola tanam)

k = kekeringan

Berdasarkan rumus di atas dapat dijelaskan bahwa U merupakan fungsi dari pemilihan pola tanam dan kekeringan. Oleh karena ada 4 kemungkinan tingkat kekeringan dan 4 alternatif pola tanam, maka diperoleh 16 kombinasi yang menentukan nilai utilitas.

Pendugaan fungsi utilitas

Kombinasi alternatif *decision* yang dikaitkan dengan peubah yang berpengaruh langsung pada *output* akan menghasilkan pilihan kemungkinan hasil utilitas. Fungsi utilitas (U) adalah fungsi yang nilainya tergantung dari keputusan pemilihan pola tanam (D) dan peubah bencana kekeringan (k) yang terjadi pada lahan padi penanaman kedua. Berdasarkan fungsi U dapat dilakukan penghitungan nilai harapan risiko kerugian untuk semua alternatif pilihan terkait dengan kemunculan kondisi iklim. Oleh karena peubah bencana kekeringan (k) mempunyai 4 kemungkinan nilai dan terdapat 4 alternatif keputusan pemilihan pola tanam (D) maka peubah U terdiri dari $4 \times 4 = 16$ kemungkinan. Dalam hal ini, fungsi U memetakan setiap pasangan keputusan pemilihan pola tanam dengan kekeringan (D, k) ke nilai kerugian yang dirumuskan sebagai $U = 2,8 \times f(D, k)$ yang mempunyai satuan juta rupiah. Nilai 2,8 adalah rata-rata uang (dalam juta rupiah) yang diderita petani akibat bencana kekeringan untuk setiap hektarnya. Nilai $f(D, k)$ adalah luas lahan (ha) penanaman padi kedua yang terkena bencana kekeringan untuk setiap pasangan (D, k).

Risiko kekeringan di Jawa Barat

Nilai k menunjukkan tingkat kekeringan yang terjadi berdasarkan kategorisasi kekeringan dengan menggunakan kuartil pada wilayah yang dimaksud sesuai pengkategorian yang telah diuraikan sebelumnya. Tingkat dan luas lahan yang kekeringan berdasarkan kategori disajikan pada Tabel 2.

Hasil analisis fungsi utilitas

Kalender tanam dinamis yang dihasilkan memberikan informasi kepada pengguna mengenai perkiraan besar kerugian ekonomi yang mungkin akan diperoleh menurut pola tanam yang dipilih (D_1 hingga D_4) dan juga besar peluang untuk tidak terkena kekeringan, terkena kekeringan ringan, sedang, atau berat (k_1 - k_4). Informasi tersebut dapat diaplikasikan berdasarkan indeks SOI bulan Agustus pada tahun berjalan dan/atau prakiraan sisa dasarian musim hujan (SDMH) dan/atau prakiraan tinggi hujan musim kemarau tahun berikutnya (Mei-Desember).

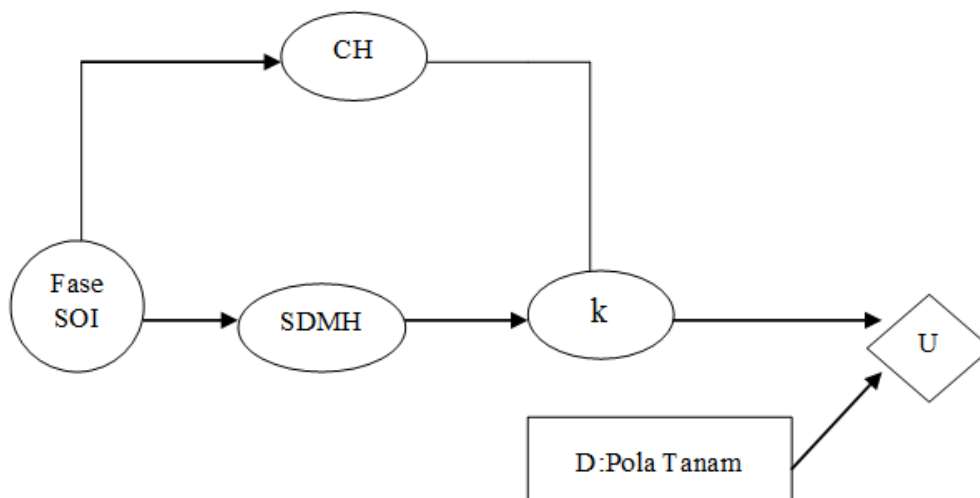
Kategori luas kekeringan didasarkan pada luasan kekeringan yang terjadi pada luas areal tanam tertentu, sehingga setiap kabupaten mempunyai batasan luas yang berbeda. Semakin parah tingkat kekeringan yang terjadi (k_4) pada luas areal tanam yang besar maka semakin luas areal tanam yang mengalami kekeringan. Di Jawa Barat, wilayah yang mengalami kekeringan cukup luas yaitu Kabupaten Indramayu, Bandung, Karawang, dan Subang (Gambar 2). Hal tersebut sejalan dengan pendapat Boer et al. (2010) yang menyatakan bahwa di Jawa Barat dan Jawa Tengah, sawah beririgasi yang sumber airnya berasal dari waduk hanya sekitar 22%, sementara di Jawa Timur kurang dari 2%. Kondisi tersebut menyebabkan kelebihan air di musim penghujan tidak dapat disimpan untuk irigasi pada musim kemarau. Oleh karena itu, terjadinya penurunan hujan yang signifikan pada musim kemarau akibat berlangsungnya fenomena El Nino selalu diikuti oleh kejadian kekeringan yang meluas (Boer et al. 2010).

Fungsi utilitas yang ditampilkan pada Tabel 3 memperlihatkan luasan kekeringan yang mungkin terjadi berdasarkan luas areal tanam yang ada diperlihatkan dengan nilai k , sedangkan nilai D mewakili peluang pola tanam yang dilakukan, untuk pertanaman pada musim tanam II (MK). Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa

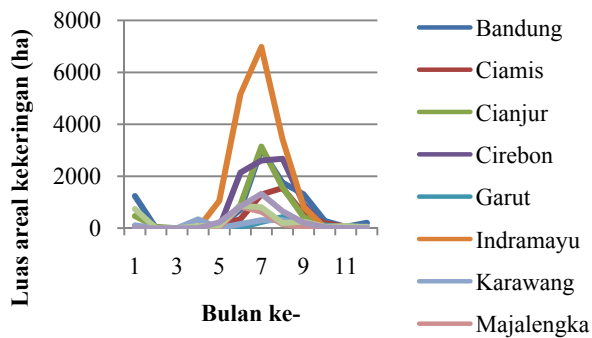
apabila menggunakan *decision*, waktu tanam (D_1 hingga D_4), contoh untuk Kabupaten Subang dengan pilihan penanaman pertama mundur satu bulan (D_2) maka apabila terjadi kekeringan hingga level k_2 (tingkat kekeringan ringan), risiko kerugian akibat terkena kekeringan adalah 16,82 ha dan pada umumnya proporsinya akan meningkat tajam pada tingkat risiko kekeringan level k_4 (tingkat kekeringan berat) hingga mencapai 407,08 ha. Tepatnya penentuan waktu tanam dapat meminimalkan kerugian akibat kehilangan hasil. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Naylor et al. (2007) yang menyatakan bahwa dampak mundurnya awal musim penghujan 1 bulan akan menyebabkan penurunan produksi padi di Jawa/Bali antara 7-18%.

Berdasarkan hasil perhitungan, tingkat risiko kekeringan meningkat mulai dari D_1 hingga D_4 , mengingat penanaman mengalami kemunduran hingga bulan keempat. Namun, berdasarkan nilai fungsi utilitas pada Tabel 3 terlihat bahwa tidak semua D_4 mempunyai risiko kekeringan paling tinggi. Hal itu terjadi karena pada umumnya waktu tanam pada pola D_4 sekitar bulan Juni dan pada bulan tersebut luas tanam sudah jauh berkurang, sehingga meskipun tingkat risiko terkena kekeringan paling tinggi, kerugian yang terjadi tidak lebih besar dari pola tanam D_2 atau D_3 .

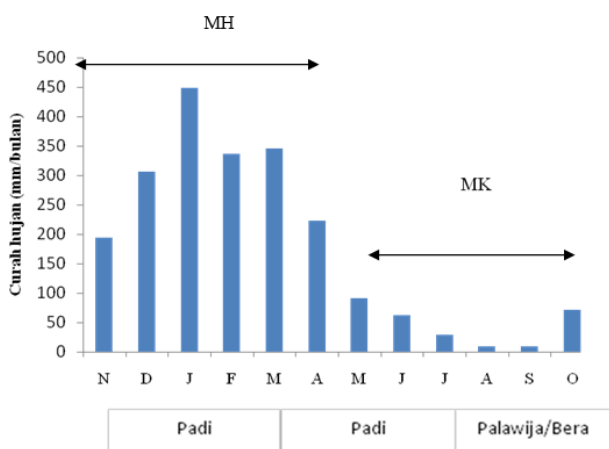
Penghitungan risiko tingkat kekeringan dengan menggunakan pola tanam ideal diharapkan dapat menyumbangkan produksi padi yang optimal dan dapat menurunkan risiko kegagalan panen apabila terjadi kemungkinan kekeringan. Informasi nilai SOI yang dipadukan dengan prakiraan nilai sisa dasarian musim hujan ataupun kondisi curah hujan pada bulan Mei hingga Desember diharapkan dapat menjadi acuan awal untuk perencanaan pertanaman.



Gambar 1. Diagram *decision network* untuk menentukan pola tanam. SOI = *Southern Oscillation Index*, SDMH = sisa dasarian musim hujan, CH = curah hujan, k = kekeringan, U = utilitas



Gambar 2. Luas areal terkena kekeringan di Jawa Barat berdasarkan data tahun 1995-2007 (Direktorat Perlindungan Tanaman 2010)



Gambar 3. Awal waktu tanam dan pola tanam padi-padi-palawija/beras untuk Kabupaten Cirebon. MH = Musim hujan, MK = musim kemarau

Tabel 1. Peubah dalam penyusunan *Bayesian network* (BN), nilai dan artinya

Variabel	Nilai	Arti
Fase SOI: Fase ENSO bulan Agustus	1 2 3	Mendekati nol (SOI 5) Konstan negatif (SOI 1 atau SOI 3) Konstan positif (SOI 2 atau SOI 4)
Curah hujan (CH)	1 2 3	$CH < 0,85 \times \text{rataaan tahunan}$ $0,85 \times \text{rataaan tahunan} < CH < 1,15 \times \text{rataaan tahunan}$ $CH > 1,15 \times \text{rataaan tahunan}$
Sisa dasarian musim hujan	1 2 3	Sisa MH < 10 dasarian Sisa MH = 10, 11, 12, dan 13 dasarian Sisa MH > 13 dasarian
Kekeringan	1 2 3 4	Tidak ada lahan kekeringan Kekeringan ringan ($0 < \text{kekeringan} \leq k_1$) Kekeringan sedang ($k_1 < \text{kekeringan} \leq k_2$) Kekeringan berat ($\text{kekeringan} \geq k_2$)

Keterangan: ENSO = *El-Nino Southern Oscillation*, MH = musim penghujan, k = kuartil

Tabel 2. Tingkat dan luas lahan yang kekeringan berdasarkan kategorisasi kekeringan di Jawa Barat

Kabupaten	Tingkat kekeringan	Penentuan luas kekeringan berdasarkan kategori (hektar)
Bandung	k_1	0
	k_2 (ringan)	<131
	k_3 (sedang)	131-843,5
	k_4 (berat)	>843,5
Ciamis	k_1	0
	k_2 (ringan)	<125,25
	k_3 (sedang)	125,25-354
	k_4 (berat)	>354
Cianjur	k_1	0
	k_2 (ringan)	<58
	k_3 (sedang)	58-271
	k_4 (berat)	>271
Cirebon	k_1	0
	k_2 (ringan)	<31
	k_3 (sedang)	31-208
	k_4 (berat)	>208
Garut	k_1	0
	k_2 (ringan)	<34
	k_3 (sedang)	34-106,5
	k_4 (berat)	>106,5
Indramayu	k_1	0
	k_2 (ringan)	<279,125
	k_3 (sedang)	279,125-997,25
	k_4 (berat)	>997,25
Karawang	k_1	0
	k_2 (ringan)	<315,75
	k_3 (sedang)	315,75-770,5
	k_4 (berat)	>770,5
Majalengka	k_1	0
	k_2 (ringan)	<44
	k_3 (sedang)	44-162
	k_4 (berat)	>162
Subang	k_1	0
	k_2 (ringan)	<125
	k_3 (sedang)	125-658
	k_4 (berat)	>658
Sukabumi	k_1	0
	k_2 (ringan)	<27
	k_3 (sedang)	27-175
	k_4 (berat)	>175

Pilihan pola tanam perlu menyesuaikan dengan ketersediaan air yang diperoleh dari curah hujan dan irigasi. Penentuan awal masuk musim penghujan merupakan suatu informasi yang sangat penting, mengingat penanaman pada musim penghujan berkaitan dengan penanaman pada musim tanam kedua pada saat MK. Untuk memperkecil risiko kegagalan panen, kondisi ketersediaan air pada MK selayaknya menjadi pertimbangan (contoh pada Gambar 3). Adanya informasi hasil prediksi curah hujan beberapa bulan ke depan dapat menjadi panduan untuk perencanaan awal waktu tanam.

Tabel 3. Hasil fungsi utilitas 10 kabupaten di Jawa Barat (dalam juta rupiah)

Kabupaten/kota	Tingkat kekeringan	Pola tanam			
		D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
Bandung	k ₁	0,00	0,00	0,00	0,00
	k ₂	19,03	8,13	9,75	9,35
	k ₃	53,12	82,99	105,52	147,54
	k ₄	739,30	764,90	1.422,35	1.393,95
Ciamis	k ₁	0,00	0,00	0,00	0,00
	k ₂	3,93	17,68	25,44	26,47
	k ₃	3,17	22,06	84,24	58,71
	k ₄	60,18	566,70	3.513,54	1.240,77
Cianjur	k ₁	0,00	0,00	0,00	0,00
	k ₂	0,39	0,45	0,48	0,21
	k ₃	33,77	49,93	70,94	33,19
	k ₄	541,89	2.011,49	2.715,76	913,11
Cirebon	k ₁	0,00	0,00	0,00	0,00
	k ₂	0,00	10,98	16,97	1,30
	k ₃	32,50	72,14	64,14	22,69
	k ₄	1.678,23	4.727,22	2.182,84	1.966,25
Garut	k ₁	0,00	0,00	0,00	0,00
	k ₂	0,48	1,18	1,25	3,31
	k ₃	9,65	28,58	35,43	24,58
	k ₄	36,01	204,36	574,35	301,64
Indramayu	k ₁	0,00	0,00	0,00	0,00
	k ₂	1,75	4,62	56,25	37,39
	k ₃	43,40	210,57	239,72	222,95
	k ₄	347,72	3.211,23	8.418,51	3.659,53
Karawang	k ₁	0,00	0,00	0,00	0,00
	k ₂	21,21	18,93	21,03	24,37
	k ₃	148,58	135,08	150,11	173,31
	k ₄	243,95	298,31	332,64	366,58
Majalengka	k ₁	0,00	0,00	0,00	0,00
	k ₂	1,72	6,97	7,11	0,51
	k ₃	6,19	24,82	116,35	14,64
	k ₄	481,35	1.953,93	884,46	140,42
Subang	k ₁	0,00	0,00	0,00	0,00
	k ₂	2,41	16,82	23,02	23,79
	k ₃	28,03	123,87	245,20	215,05
	k ₄	220,03	407,08	1.054,40	760,25
Sukabumi	k ₁	0,00	0,00	0,00	0,00
	k ₂	1,38	1,43	1,48	0,68
	k ₃	18,31	18,99	19,70	8,98
	k ₄	987,38	1.024,29	1.089,19	984,75

Keterangan: k = Kekeringan, D = pola tanam

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa analisis kekeringan dengan menggunakan *decision network* dapat memberikan informasi mengenai besar kerugian ekonomi yang mungkin terjadi. Kalender tanam dinamis yang dihasilkan memberikan informasi kepada pengguna mengenai perkiraan besar kerugian ekonomi yang akan diperoleh menurut pola tanam yang dipilih (D₁ hingga D₄) dan juga besar peluang untuk tidak terkena kekeringan, terkena kekeringan ringan, sedang, atau berat (k₁ hingga k₄). Pada umumnya, tingkat risiko kekeringan

akan meningkat tajam pada tingkat risiko k₄ (tingkat kekeringan berat). Namun demikian, tidak semua pola tanam D₄ mempunyai risiko kekeringan yang paling tinggi. Hal ini terjadi karena luas tanam sudah jauh berkurang, sehingga kerugian yang terjadi tidak lebih besar dari pola tanam D₂ atau D₃. Ketepatan waktu tanam diharapkan dapat meminimalkan kerugian akibat kehilangan hasil. Penghitungan risiko tingkat kekeringan dengan menggunakan pola tanam ideal diharapkan dapat menyumbangkan produksi padi yang optimal dan

menurunkan risiko kegagalan panen apabila kemungkinan terjadi kekeringan. Informasi nilai SOI yang dipadukan dengan prakiraan kondisi curah hujan pada bulan Mei hingga Desember diharapkan dapat menjadi acuan awal untuk perencanaan pertanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini disusun sebagai bagian dari kegiatan Penyusunan Kalender Tanam Interaktif dan Dinamik Nasional yang dibiayai oleh DIPA Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi tahun 2010. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Departemen Geofisika dan Meteorologi, FMIPA, IPB bekerja sama dengan Pusat Studi Iklim IPB (CCROM-SEAP, IPB) yang telah memberikan pengembangan konsep penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Departemen Ilmu Komputer, FMIPA, IPB. Terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. Irsal Las yang telah memberikan ide, saran, dan masukan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian. Terima kasih dalam kenangan juga disampaikan untuk Mendiang Ibu Dr. Eleonora Runtunuwu yang telah mengizinkan penulis mengikuti kegiatan penelitian. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada editor dari Seminar Nasional Biodiversitas yang telah memberikan masukan dan koreksi untuk perbaikan makalah ini. Semoga makalah ini bermanfaat bagi para pembaca dan pengambil kebijakan.

DAFTAR PUSTAKA

Battisti D, Vimont DJ, Naylor R et al. 2006. Downscaling Indonesian precipitation: present and future climate scenarios. Roundtable Discussion: Coping with Climate Variability and Changes in Food Production. Bogor, 8 November 2006.

- Boer R, Subbiah AR. 2005. Agriculture drought in Indonesia. In: Boken VS, Cracknell AP, Heathcote RL (eds). *Monitoring and Predicting Agricultural Drought: A Global Study*. Oxford University Press, New York.
- Boer R, Buono A, Suciandini. 2010. Pengembangan kalender tanaman dinamik sebagai alat dalam menyesuaikan pola tanam dengan prakiraan iklim musiman. Laporan Hasil Penelitian. Departemen Geofisika dan Meteorologi IPB dan CCROMSEAP-LPPM IPB, Bogor.
- Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan. 2010. Data kekeringan (terkena dan puso). Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Falcon W, Naylor R, Battisti D et al. 2006. Climate variability, climate change, and Indonesian rice production. Roundtable Discussion: Coping with Climate Variability and Changes in Food Production. Bogor, 8 November 2006.
- Giannini A, Robertson AW, Qian JH. 2007. A role for tropical tropospheric temperature adjustment to El Niño–Southern Oscillation in the seasonality of monsoonal Indonesia precipitation predictability. *J Geophys Res* 112(D16110): 1-14. Doi: 10.1029/2007JD008519.
- Hamada JI, Yamanaka MD, Matsumoto J et al. 2002. Spatial and temporal variations of the rainy season over Indonesia and their link to ENSO. *J Meteor Soc Japan* 80: 285-310.
- Las I, Unadi A, Subagyo K et al. 2007. Atlas kalender tanam Pulau Jawa. Skala 1:1.000.000 dan 1:250.000. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Bogor.
- Lo F, Wheeler MC, Meinke H et al. 2007. Probabilistic forecasts of the onset of the North Australian wet season. *Mon Weather Rev* 135: 3506-3520.
- Naylor RL, Battisti DS, Vimont DJ et al. 2007. Assessing the risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture. *Proc Nat Acad Sci* 104: 7752-7757.
- Neapolitan RE. 2004. *Learning Bayesian networks*. Prentice Hall, New Jersey.
- Robertson AW, Moron V, Swarinoto Y. 2009. Seasonal predictability of daily rainfall statistics over Indramayu district, Indonesia. *Int J Climatol* 29: 1449-1462.
- Runtunuwu E, Las I, Unadi A et al. 2009. Penyusunan kalender tanam Kalimantan dan Sulawesi untuk mengurangi risiko dan dampak variabilitas dan perubahan iklim. Laporan Tengah Tahun. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian, Bogor.
- Russell S, Peter N. 2003. *Artificial intelligence: a modern approach*. 2nd Edition. Prentice Hall Series, New Jersey.
- Stone RC, Hammer GL, Marcussen T. 1996. Prediction of global rainfall probabilities using phases of the Southern Oscillation Index. *Nature* 384: 252-255.