



Pengembangan Metode Deteksi Dini Kekeringan dan Banjir Untuk Tanaman Padi

Development of Early Detection Method for Drought and Flood on Rice Paddy

Elza Surmaini^{1*}, Erni Susanti¹, Yeli Sarvina¹ dan M. Ridho Syahputra²

¹Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi-Balitklimat, Bogor

²Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

ARTICLE INFO

Article history:

Received 21 May 2018

Received in revised from 11 October 2018

Accepted 16 November 2018

doi: 10.29244/j.agromet.32.2.81-92

Keywords:

Agricultural Drought

Duration

Flood

Intensity

Standardize Precipitation Index

ABSTRACT

Droughts and floods due to extreme climate events has caused yield loss in various regions of Indonesia, including the Provinces of Aceh and North Sumatra. An early detection model needs to be developed to anticipate the negative impacts of extreme climate event. The model may describe the association of surplus and rainfall deficits with paddy damage due to drought and flood. We used Standardized Precipitation Index (SPI) to explore drought and flood characteristics in period 1989-2016. The study aimed: (i) to analyze the relationship between SPI and paddy damage due to drought and flood events, (ii) to analyze the critical value of the duration and intensity of SPI which causes paddy damage, and (iii) to determine which districts were prone to drought and flood in the Provinces of Aceh and North Sumatra. The results concluded that SPI-3 and -6 months can better describe the frequency of drought and rice flooding. In addition, drought on paddy occurred mostly if the SPI was smaller than -1 which took place within 4-5 months, whereas flood occurred if the SPI was greater than 1. Short duration drought (2-3 months) were observed in five districts in Aceh (2) and North Sumatra (3). On other hand, more flood districts were identified (9 districts).

PENDAHULUAN

Indonesia menjadi salah satu negara dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi. Terdapat lebih dari 270 juta jiwa pada tahun 2018 di Indonesia, dimana sekitar 26 juta orang hidup di bawah garis kemiskinan (BPS, 2018). Sumber pendapatan penduduk di Indonesia sebagian besar dari sektor pertanian, terutama yang tinggal di daerah pedesaan dan pesisir. Namun demi-kian, kesejahteraan petani masih rendah akibat sub-sektor pertanian pangan yang sangat dipengaruhi oleh variabilitas iklim (Kirono et al., 2016; Liyantono et al., 2012; Ray et al., 2015) dan perubahan iklim (Bryan et al., 2013; Lipper et al., 2014; Vermeulen et al., 2012). Fenomena *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) yang berasosiasi dengan banjir (Sahu et al., 2012; Ward et al., 2016), kekeringan (Marlier et al., 2013; Wooster et al., 2012) dan serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) (Garrett et al., 2013; Pangga et al., 2013) telah menyebabkan gagal tanam,

gagal panen, hingga penurunan produksi pertanian di Indonesia (Surmaini et al., 2015).

Aceh dan Sumatera Utara merupakan provinsi dengan frekuensi kejadian kekeringan dan banjir yang cukup tinggi pada lahan sawah. Setiap tahun dilaporkan terjadi kerusakan tanaman padi akibat kekeringan dan banjir. Kementerian Pertanian melaporkan bahwa setiap kejadian El Niño periode 1989-2016, luas tanaman padi yang terdampak kekeringan di Provinsi Aceh dan Sumatera Utara mencapai 66 ribu hektar (ha), sedangkan pada tanaman padi yang terkena banjir mencapai 67 ribu ha. Hal tersebut mengakibatkan penurunan produksi padi yang signifikan. Menurut IPCC dalam laporan *Assessment Report 5* (IPCC, 2013) menyatakan bahwa intensitas, frekuensi dan durasi dari kejadian hujan lebat (*very likely*) dan kekeringan (*likely*) mengalami peningkatan yang menyebabkan peluang kejadian banjir dan kekeringan semakin besar di masa yang akan datang.

* Corresponding author: elzasurmaini@gmail.com

Namun, ditengah ancaman perubahan iklim, Indonesia tetap yakin untuk segera mencapai swa-sembada dan kedaulatan pangan. Bahkan Indonesia berambisi untuk bisa menjadi salah satu lumbung pangan dunia di masa yang akan datang (Surmaini et al., 2017). Ambisi tersebut tentu saja dengan memperhatikan berbagai faktor strategis dan potensi sumber daya, antara lain memanfaatkan potensi dan peluang di wilayah perbatasan (Kementrian Pertanian, 2017). Salah satu upaya untuk menekan kehilangan hasil akibat kekeringan dan banjir adalah membangun sistem peringatan dini risiko iklim untuk pertanian (Marvin et al., 2013; Otkin et al., 2014; Shukla et al., 2014).

Berbagai indeks telah dikembangkan untuk menggambarkan surplus dan defisit curah hujan, salah satunya adalah *Standardized Precipitation Index* (SPI) (Edwards and McKee, 1997; McKee et al., 1993). Indeks ini direkomendasikan the *World Meteorological Organization* (WMO) sebagai indikator kekeringan meteorologis (Hayes et al., 2011). Indeks ini telah digunakan secara luas untuk mengidentifikasi kekeringan meteorologis (Du et al., 2013; Dutta et al., 2013; Taufik et al., 2017; Thomas et al., 2015; Zarch et al., 2015), dan memonitor banjir (Wang et al., 2017), yang berdampak terhadap hasil tanaman (Sepulcre-Canto et al., 2012), dan sebagai indikator peringatan dini (Bachmair et al., 2016; Jayanthi et al., 2013).

Nilai SPI dihitung hanya berdasarkan curah hujan dan sangat bermanfaat untuk mengukur defisit curah hujan atau kekeringan meteorologi tanpa memperhitungkan evapotranspirasi (Trenberth et al., 2013). Berbagai skala SPI yang digunakan menunjukkan bahwa SPI dapat menggambarkan ketersediaan air tanah dalam jangka pendek dan jangka panjang (Hayes et al., 2011). SPI lebih dapat menggambarkan kekeringan di wilayah Indonesia pada saat El Nino dibandingkan menggunakan indeks curah hujan yang lain.

Penelitian ini bertujuan untuk: (i) melakukan analisis hubungan karakteristik SPI, terkait durasi, intensitas, dan tingkat keparahan dari kondisi defisit atau surplus curah hujan, dan (ii) menentukan batas kritis nilai durasi, dan intensitas SPI yang berpotensi menyebabkan banjir dan kekeringan pada tanaman padi.

METODE PENELITIAN

Data Penelitian

Data penelitian ini antara lain: (i) data curah hujan bulanan periode tahun 1989-2016 pada 34 stasiun di 21 kabupaten di Provinsi Aceh dan 48 stasiun di 28 kabupaten di Provinsi Sumatera Utara, (ii) Data observasi curah hujan bulanan dari *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC) yang dapat diakses melalui

<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.gpcc.html>, dan (iii) data luas wilayah sawah tanaman padi yang terkena akibat kekeringan dan banjir bulanan. Data ini diperoleh dari Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan.

Analisis *Standardized Precipitation Index* (SPI)

Pada penelitian ini, nilai SPI dihitung pada skala waktu 3, 6, 9 and 12 bulan. Untuk menghitung SPI, curah hujan bulanan dicocokkan dalam peluang distribusi menggunakan distribusi Gamma. Terdapat tiga jenis distribusi peluang yaitu gamma, normal dan log-normal, namun distribusi normal mempunyai hasil yang tidak terlalu baik. Distribusi Gamma dan log normal memiliki hasil yang lebih baik untuk data seri bulanan (Stagge et al., 2016; Svensson et al., 2017).

Nilai SPI di setiap titik pengamatan dihitung berdasarkan data presipitasi jangka panjang (minimal 30 tahun). Data ini di-fit ke suatu fungsi distribusi probabilitas, yang kemudian ditransformasikan ke distribusi normal, sehingga rata-rata SPI di lokasi tersebut sama dengan nol. Nilai SPI positif menunjukkan presipitasi di atas median dan sebaliknya nilai negatif menunjukkan presipitasi di bawah median. Distribusi curah hujan paling cocok didekati dengan distribusi gamma, yang disajikan pada Persamaan (1).

$$g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad \text{for } x > 0 \quad (1)$$

dimana x adalah jumlah presipitasi di skala waktu yg dipilih.

Parameter alpha dan beta dari fitting kemudian digunakan untuk menghitung probabilitas kumulatif curah hujan di setiap bulan pengamatan berdasarkan skala waktu yang dipilih, dengan Persamaan (2).

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad (2)$$

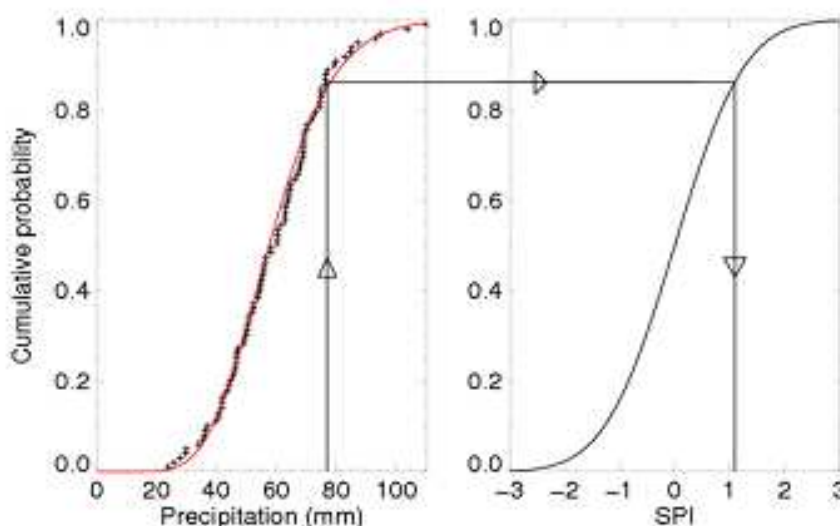
Dengan memasukkan $x = \hat{\beta}$, Persamaan (2) disederhanakan menjadi Persamaan (3).

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt \quad (3)$$

Untuk $x=0$ (tidak ada presipitasi) probabilitas kumulatif didekati dengan q , yaitu perbandingan antara jumlah kejadian presipitasi nol dengan jumlah total data. Akhirnya probabilitas kumulatif total dihitung dengan Persamaan (4).

$$H(x) = q + (1 - q) G(x) \quad (4)$$

Probabilitas kumulatif $H(x)$ kemudian ditrans-formasi ke variabel random berdistribusi normal dengan mean nol dan variansi 1, yang didefinisikan sebagai nilai SPI (Gambar 1) atau secara numerik diestimasi dengan Persamaan (5-8). Nilai c_0 ditentukan sebesar 2.515517, c_1 0.802853, c_2 0.010328, d_1 1.432788, d_2 0.189269, dan d_3 0.001308.



Gambar 1 Transformasi peluang kumulatif curah hujan ke variabel acak berdistribusi normal (SPI)

$$SPI = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \text{ for } 0 < H(x) \leq 0.5 \quad (5)$$

$$SPI = + \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \text{ for } 0.5 < H(x) \leq 1.0 \quad (6)$$

dimana:

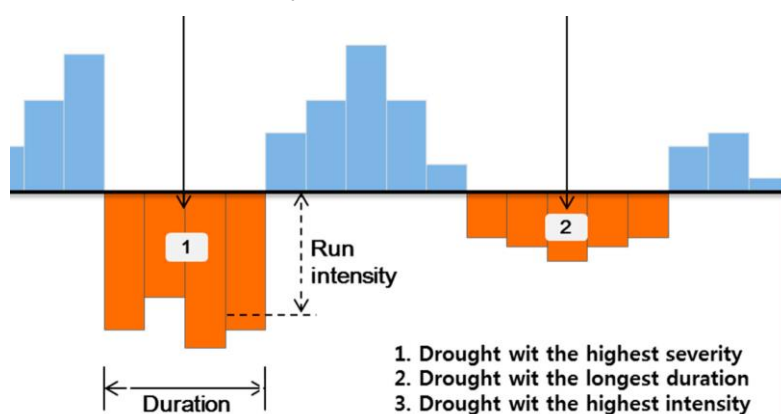
$$t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{(H(x))^2} \right)} \quad \text{for } 0 < H(x) \leq 0.5 \quad (7)$$

$$t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{(1.0 - H(x))^2} \right)} \quad \text{for } 0.5 < H(x) \leq 1.0 \quad (8)$$

Analisis Karakteristik SPI

Karakteristik SPI dianalisis menggunakan Run Theory (Lee et al., 2017) untuk menghitung durasi, intensitas dan tingkat keparahan kekeringan (Gambar 2). Kekeringan didefinisikan dengan nilai $SPI < -0.5$ dan durasi kekeringan (D) merupakan periode nilai SPI negatif. Tingkat keparahan kekeringan (*drought severity*) merupakan hasil kumulatif nilai SPI negatif. Untuk kemudahan nilai S dirubah dalam bentuk positif

dengan persamaan $S = - \sum_{i=1}^D SPI_i$, dimana intensitas kekeringan (I) merupakan nilai rata-rata parameter kekeringan dibawah nilai kritis yang dihitung dengan persamaan $I = \frac{S}{D}$. Luas kerusakan dihitung berdasarkan data terkena tanaman padi akibat kekeringan dan banjir bulanan periode tahun 1989-2016. Selanjutnya data tersebut diplot dengan intensitas SPI berdasarkan durasi.



Gambar 2 Karakteristik kekeringan menurut Run Theory.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis SPI-3 untuk menentukan defisit dan surplus curah hujan

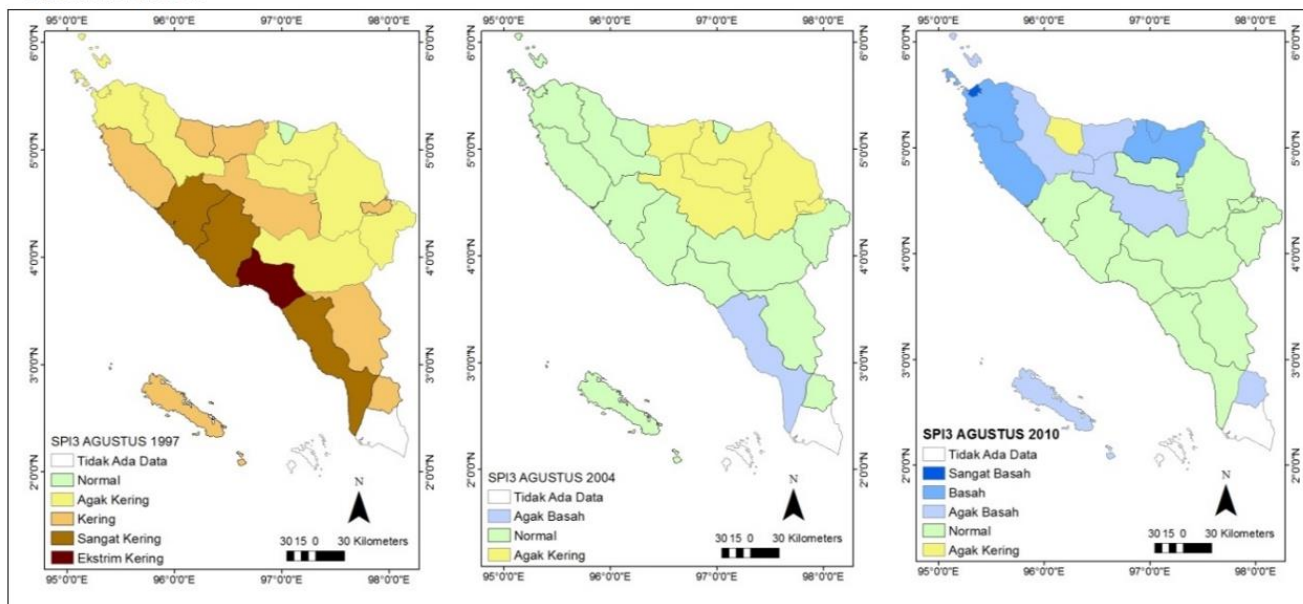
Hasil perhitungan SPI-3 untuk wilayah Provinsi Aceh dan Sumatera Utara menunjukkan bahwa SPI-3

dapat menggambarkan kondisi kering dan basah dengan baik. Gambar 3 merupakan peta SPI-3 di kedua provinsi pada tahun kering (1997), tahun normal (2004) dan tahun basah (2010). Berdasarkan peta SPI-3, keragaman di provinsi Aceh dapat duraikan sebagai berikut: (a) Pada tahun normal tidak ditemukan SPI-3

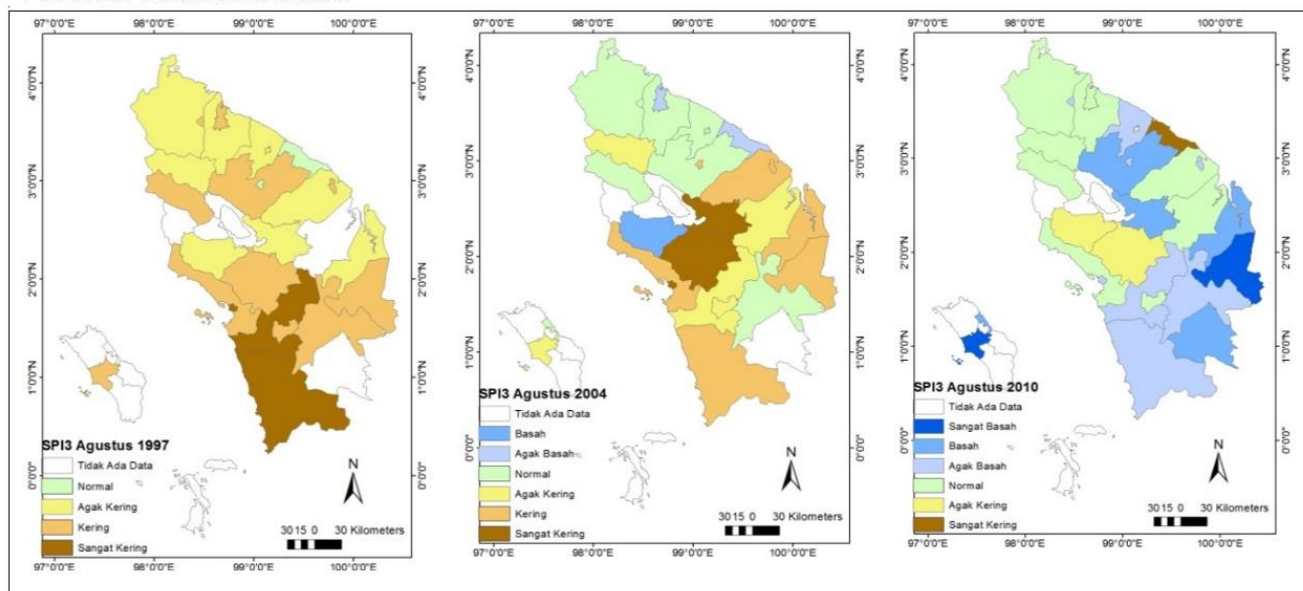
dengan kategori kering sampai ekstrim kering dan basah sampai ekstrem basah. Terdapat tiga kategori SPI-3, yaitu Agak basah di Kabupaten Aceh Selatan, agak kering di Kabupaten Bireun, Aceh Utara, Bener Meriah, Aceh Tengah, Aceh Timur dan Kota Langsa sedangkan kabupaten lainnya kelas SPI nya normal. (b) Pada kondisi El Niño tahun 1997, SPI-3 dengan kategori sangat kering dan ekstrem kering terdapat beberapa

kabupaten, yaitu: Aceh Barat, Nagan Raya dan Aceh Selatan. Sedangkan di kabupaten lain tidak terdapat SPI-3 dengan kategori agak basah sampai ekstrem basah. (c) Pada kondisi La Nina 2010 kategori SPI-3 berkisar dari agak kering sampai sangat basah. Di bagian utara Propinsi Aceh mulai agak basah sampai sangat basah kecuali di Kabupaten Pidie memiliki kondisi agak kering.

Provinsi Aceh



Provinsi Sumatera Utara



Gambar 3 Sebaran nilai rata-rata SPI3 pada bulan Agustus tahun 1997, 2004, dan 2010 di Provinsi Aceh dan Provinsi Sumatera Utara.

Di Propinsi Sumatera Utara, keragaman pada antar kabupaten untuk ke tiga kondisi tersebut lebih tinggi. Dibandingkan kondisi normal 2004, kondisi El Niño 1997 dan La Niña 2010 menunjukkan pengaruhnya terhadap kelas SPI. Kriteria SPI-3 untuk kondisi normal, kering dan basah diuraikan sebagai berikut:

- Pada kondisi normal di bagian utara Propinsi Sumatera Utara kondisinya sangat beragam, dari basah sampai sangat kering. SPI sangat kering ditemukan di Tapanuli Utara dan Toba Samosir, SPI kering terdapat di Kabupaten Mandailing Natal, Tapanuli Tengah, Labuhan Batu Selatan, Nias Barat, dan Labuhan Batu. SPI agak basah

ditemukan di Kabupaten Batubara dan sangat basah terdapat di Kabupaten Tapanuli Utara. Sementara SPI kabupaten lain adalah normal.

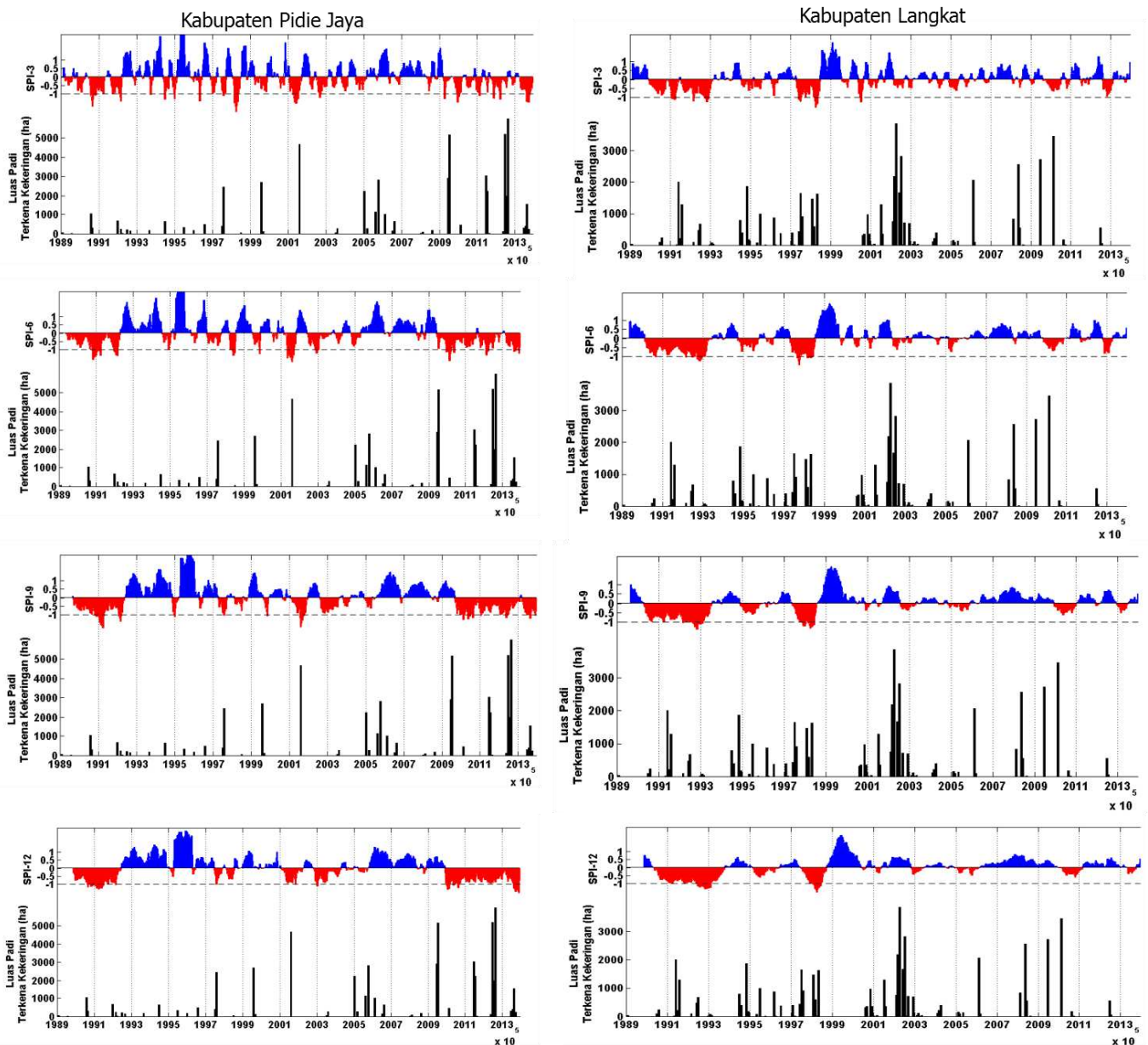
- b. Pada tahun El Niño 1997, terdapat kategori SPI-3 dari agak kering sampai sangat kering. Kabupaten dengan kondisi sangat kering adalah Kabupaten Mandailing Natal dan Tapanuli Selatan, kering di Kabupaten Padang Lawas Utara, Padang Lawas Selatan, Tapanuli Utara, Tapanuli Tengah, Toba Samosir, Simalungun, Nias Barat, dan Dairi. Kondisi agak kering terdapat di Kabupaten Humbang Hasudutan, Asahan, Serdang Bedagai, Deli Serdang, Langkat, dan Karo. Sedangkan di Kabupaten Batubara kondisi kelas SPI nya normal.
- c. Pada kondisi normal tahun 2004 kelas SPI yang ditemukan adalah sangat kering sampai sangat basah. Sedangkan kejadian La Niña 2010 terlihat mempengaruhi nilai SPI di selatan Provinsi Sumatera Utara dari normal sampai sangat kering menjadi normal di Labuhan Batu Utara sampai sangat basah di Labuhan Batu Selatan. Sedangkan di bagian selatan Provinsi Sumatera Utara pada tahun normal 2004 kondisi normal di Padang Lawas Utara sampai sangat kering di Kabupaten Tapanuli Utara.
- d. Pada kondisi La Nina 2010 sebagian besar adalah normal dan basah namun juga terdapat kabupaten dengan kelas SPI sangat kering yaitu kabupaten Batubara. Secara umum kondisi basah ditemukan di bagian selatan Sumatera Utara dan kondisi normal terdapat di bagian utara provinsi Sumatera Utara.

Korelasi SPI-3 dengan Luas Tanaman Padi Terkena Kekeringan

Kondisi defisit curah hujan atau periode kering ditunjukkan oleh SPI negatif yang lebih kecil dari 0 (grafik berwarna merah). Gambar 4 merupakan grafik SPI dalam skala waktu 3, 6, 9 dan 12 bulan dan luas tanaman padi terkena kekeringan di Kabupaten Pidie Jaya Aceh dan Kabupaten Langkat Sumatera Utara. Berdasarkan Gambar 4, kejadian padi terkena kekeringan umumnya bersamaan dengan kondisi SPI negatif. Hal ini menunjukkan bahwa SPI negatif dapat digunakan untuk mendeteksi kekeringan agronomis. Pada kejadian dengan luas kekeringan tanaman padi yang tinggi, SPI negatif beberapa waktu lebih awal dari kejadian kekeringan padi sehingga SPI negatif juga dapat digunakan untuk mendeteksi dini kekeringan padi. Berbeda dengan kekeringan meteorologis yang agak sulit dideteksi menggunakan SPI karena *lag* yang lebih pendek (Rostamian et al., 2013). Pada skala waktu yang lebih pendek, SPI 3 dan 6 bulan dapat

menggambarkan frekuensi kejadian kekeringan padi dengan lebih baik. Sebaliknya pada skala waktu yang lebih panjang 6 dan 9 bulan, beberapa kejadian kekeringan padi tidak dapat dideteksi dengan baik. Penggunaan SPI dengan skala waktu yang lebih panjang tidak disarankan walaupun seri data panjang (Guttman, 1999). Selain itu, terdapat konsensus bahwa SPI dengan skala waktu yang lebih pendek (3 atau 6 bulan) dapat menjelaskan kekeringan. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa tanaman padi terkena kekeringan juga dapat digambarkan dengan baik dengan skala waktu 3 atau 6 bulan, karena karena skala waktu tersebut lebih efektif menunjukkan kondisi air tanah tanaman dalam musim tanam. Sebaliknya, dengan menggunakan SPI-9 dan SPI-12 beberapa kejadian kekeringan padi tidak dapat dideteksi dengan baik. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa SPI dalam skala waktu yang lebih panjang lebih sesuai untuk tujuan pengelolaan air (Edwards and McKee, 1997).

Dampak kondisi kekeringan untuk setiap kabupaten juga berbeda, hal tersebut sangat ditentukan karakteristik lahan sawah dan kondisi hidrologisnya. Untuk kabupaten Pidie Jaya, umumnya setelah terjadi $SPI < -1$ akan diikuti oleh luas kekeringan terkena di lahan sawah. Tahun-tahun dimana nilai $SPI < -1$ yang diikuti dengan kejadian kekeringan adalah 1991, 1992, 1993, 1995, 1997, 1998, 2001, 2005, 2006, 2007, 2009, 2011 dan 2013. Tapi ada beberapa kejadian $SPI < -1$ yang tidak diikuti kekeringan di lahan sawah seperti pada tahun 1999 dan 2010. Intensitas keparahan dan lamanya periode SPI juga menentukan ada tidaknya pertanaman padi di lahan sawah (luas tanam). Lahan sawah yang periode $SPI < -1$ nya lama dan intensitas yang tinggi maka tidak tercatat kekeringannya karena tidak ada tanam di lahan sawah sehingga tidak tercatat ada data luas terkena kekeringan padahal sesungguhnya lahan sawah tersebut kekeringan. Oleh karena itu, hubungan SPI dengan kejadian kekeringan perlu lebih detail diperhatikan dengan melihat durasi, intensitas dan tingkat keparahan dan dampaknya pada tanaman padi yang terkena kekeringan maupun pada luas tanam. Sedangkan beberapa kejadian kekeringan di Kabupaten Langkat, Sumatera Utara pada saat nilai $SPI < -1$ adalah pada tahun 1991/1992, 1993, 1997/1998, dan 2013. Secara umum hampir semua kejadian kekeringan terjadi ketika nilai SPI bernilai negative. Namun ada beberapa kejadian kekeringan yang luas dengan nilai SPI tapi besar dari -1 yaitu kejadian kekeringan tahun 1995, 2002, 2003, 2006, 2009, 2010, dan 2011.



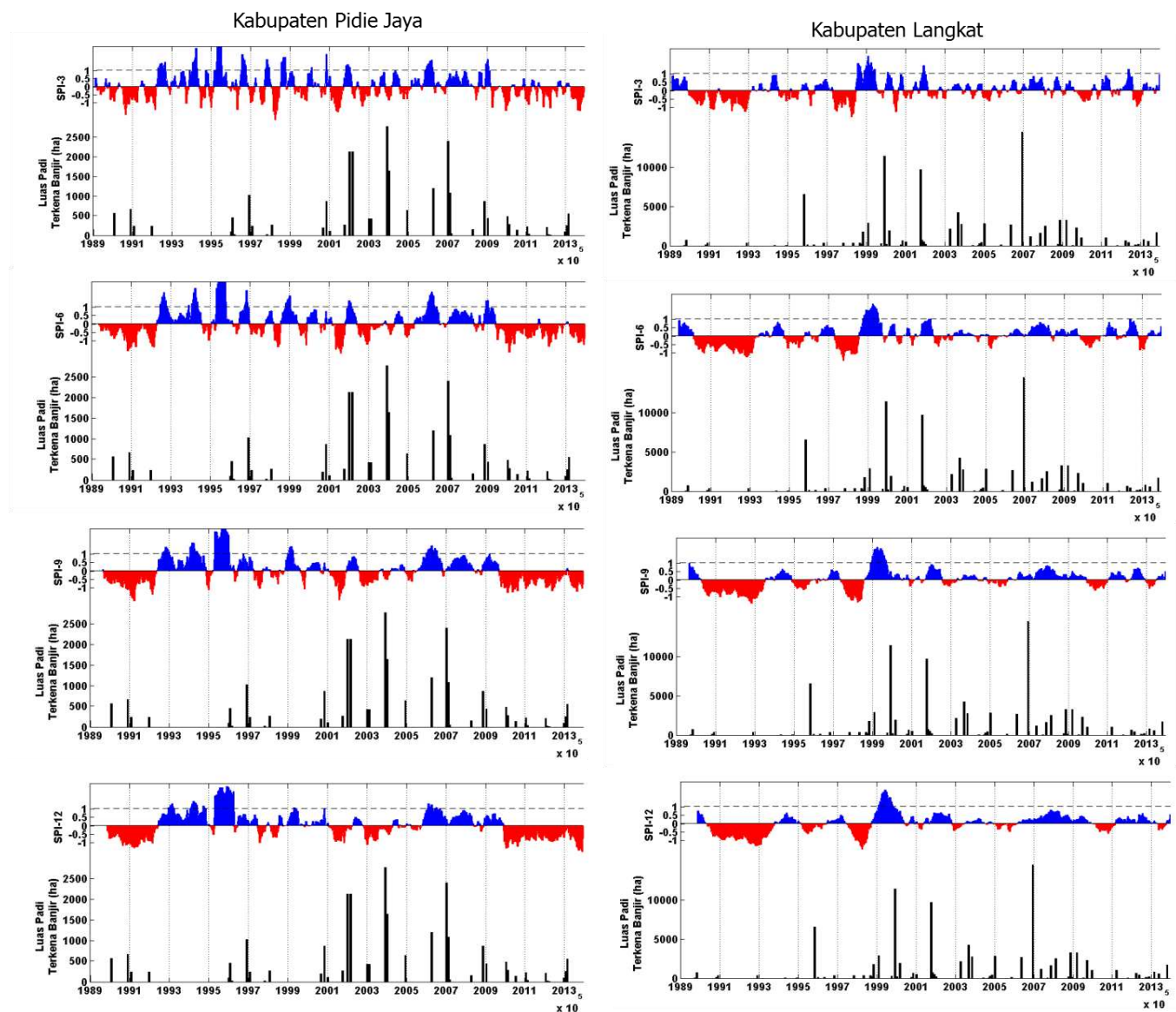
Gambar 1 Grafik SPI-3, SPI-6, SPI-9, dan SPI-12 dengan luas padi terkena kekeringan di Kabupaten Pidie Jaya, Aceh, dan Kabupaten Langkat, Sumatera Utara.

SPI dengan Luas Tanaman Padi Terkena Banjir

Kondisi surplus curah hujan atau periode basah ditunjukkan oleh SPI positif yang lebih besar dari 1 (grafik berwarna biru). Gambar 5 mengilustrasikan SPI dalam skala waktu 3, 6, 9 dan 12 bulan dengan luas tanaman padi terkena banjir. Gambar tersebut menunjukkan kejadian tanaman padi terkena banjir umumnya bersamaan dengan SPI positif. Hal ini menunjukkan bahwa SPI positif dapat digunakan untuk mendeteksi tanaman padi yang terkena banjir. Terdapat perbedaan karakteristik kejadian padi terkena banjir dengan terkena kekeringan. Tanaman padi terkena banjir umumnya terjadi pada saat SPI > 1, dan kejadiannya tidak lama setelah awal SPI positif. Hal ini mengindikasikan lag yang pendek antara periode surplus curah hujan dengan kejadian tanaman padi terkena banjir. Oleh karena itu penggunaan nilai SPI

lebih sulit untuk mendeteksi tanaman padi yang terkena banjir.

Sama halnya seperti kejadian kekeringan, pada skala waktu yang lebih pendek, 3 dan 6 bulan SPI dapat menggambarkan frekuensi kejadian tanaman padi terkena banjir dengan lebih baik. Sebaliknya pada skala waktu yang lebih panjang 6 dan 9 bulan, beberapa kejadian banjir tidak dapat dideteksi dengan baik. Apabila dibandingkan dengan kejadian kekeringan, pola SPI positif dengan luas tanaman padi yang terkena banjir tidak konsisten. Contohnya, di Kabupaten Pidie Jaya dan Langkat. Pada tahun 1998, SPI3 positif bersamaan dengan kejadian padi terkena, namun tanaman padi terkena banjir juga terjadi pada periode SPI negatif. Oleh karena itu perlu dilihat kondisi yang lebih spesifik yang dapat digunakan untuk mendeteksi kejadian banjir.

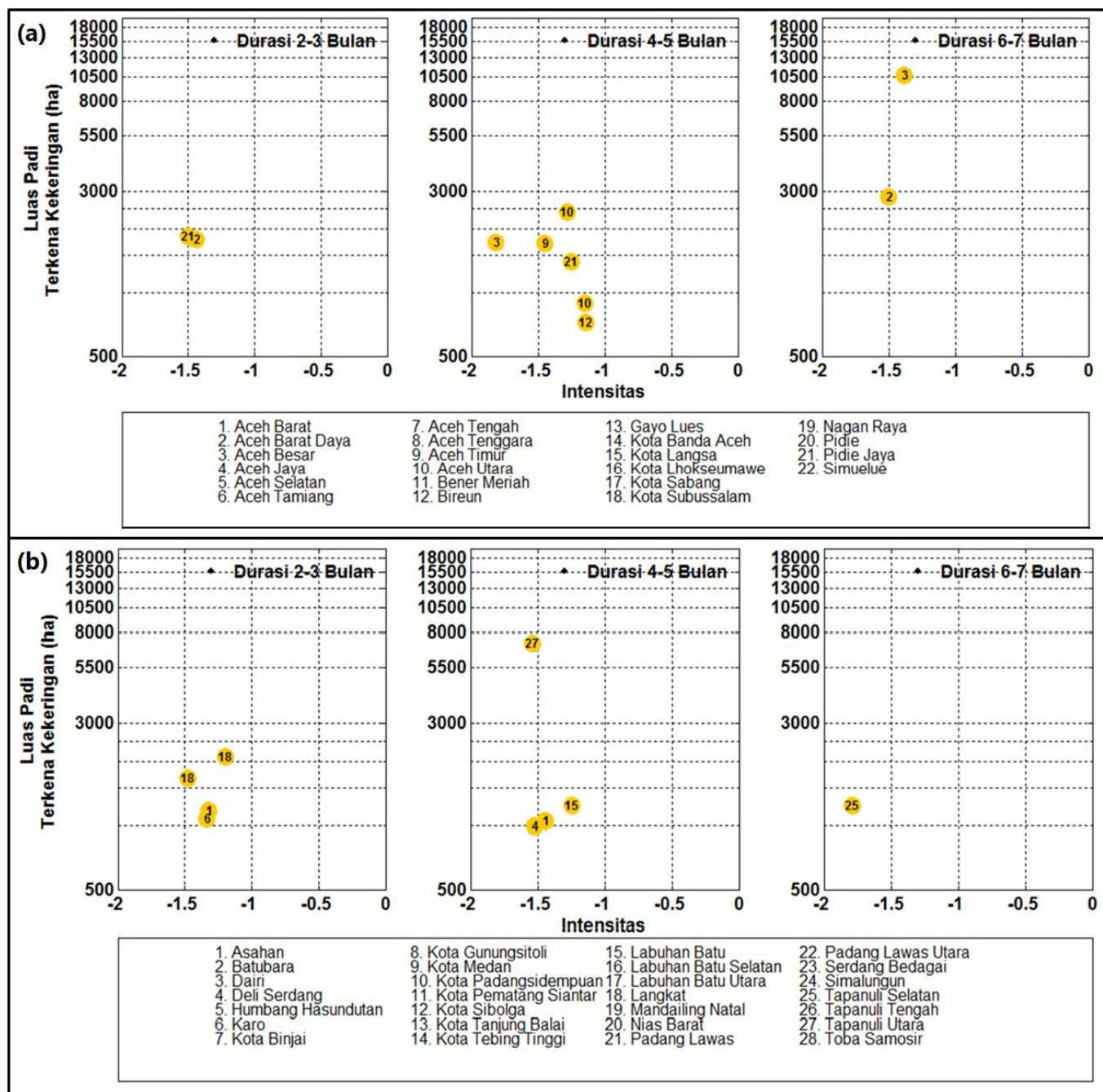


Gambar 2 Grafik SPI-3, SPI-6, SPI-9, dan SPI-12 dengan luas padi terkena banjir di Kabupaten Pidie Jaya, Aceh, dan Kabupaten Langkat, Sumatera Utara.

Durasi dan Intensitas SPI Sebagai Indikator Tanaman Padi Terkena Kekeringan dan Banjir

Seperti yang telah diuraikan diatas, bahwa hubungan luas tanaman padi terkena kekeringan dan banjir dengan SPI sangat berbeda pada setiap kabupaten. Oleh karena itu perlu dianalisis lebih lanjut dengan melihat karakteristik setiap kejadian periode kering dan periode basah masing-masing dengan kejadian tanaman padi terkena kekeringan dan banjir. Karakteristik durasi dan intensitas SPI yang berpotensi menyebabkan tanaman padi terkena kekeringan untuk Provinsi Aceh dan Sumatera Utara disajikan pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6, dijelaskan bahwa tana-man padi pada sebagian besar kabupaten di Provinsi Aceh mengalami kekeringan jika SPI lebih kecil dari -1 yang berlangsung dalam waktu 4-5 bulan. Daerah dengan durasi yang lebih pendek (2-3 bulan) sudah mengalami kekeringan merupakan daerah yang

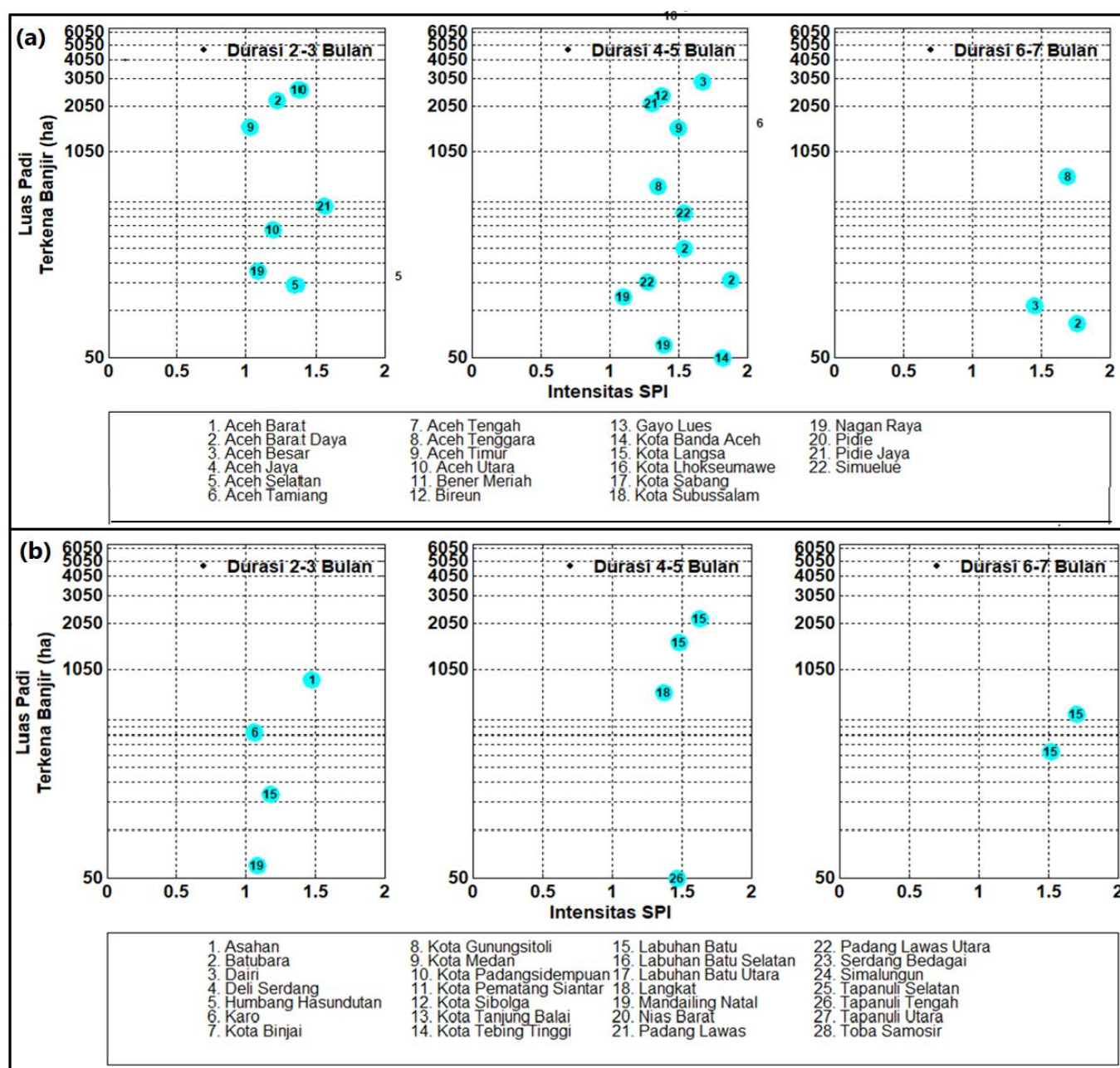
sangat rentan yaitu Aceh dan Aceh Barat Daya. Di Provinsi Sumatera Utara, sebagian besar kabupaten yang padinya terkena kekeringan memiliki SPI antara -1 dan -1.5 dengan durasi 2-3 bulan dan durasi 4-5 bulan. Untuk durasi 6-7 bulan, hanya terdapat satu kejadian kekeringan. Kejadian SPI lebih kecil dari satu dengan durasi 2-5 bulan dengan luasan terkena kekeringan > 500 ha, hanya terjadi di beberapa kabupaten yaitu Aceh Barat, Aceh Barat Daya, Dairi, Aceh Timur, Aceh Utara, Bireun, dan Pidie Jaya. Di Provinsi Sumatera Utara, sebagian besar kabupaten yang terkena kekeringan memiliki SPI antara -1 dan -1.5. durasi 2-3 bulan dan durasi 4-5 bulan. Untuk durasi 6-7 bulan, hanya terdapat satu kejadian kekeringan. Di Provinsi Sumatera kabupaten dengan durasi 2-3 sudah mengalami kekeringan adalah Kabupaten Asahan, Karo dan Langkat.



Gambar 6 Hubungan karakteristik SPI dengan luas tanaman padi terkena kekeringan: (a) di Provinsi Aceh, dan (b) Sumatera Utara.

Diagram pencar antara intensitas dan durasi SPI dengan luas padi terkena banjir untuk Provinsi Aceh disajikan pada Gambar 7. SPI yang menyebabkan tanaman padi terkena banjir di Provinsi Aceh adalah pada intensitas 1-2 dibedakan pada durasi 2-3 bulan, 4-5 bulan, dan 6-7 bulan. Untuk provinsi Aceh, kejadian banjir paling banyak, terjadi pada durasi 4-5 bulan. Jumlah kabupaten yang tanaman padinya terkena banjir juga lebih banyak dibanding akibat kekeringan, namun dengan luasan yang lebih kecil. Kejadian banjir yang menyebabkan tanaman padi terkena kekeringan adalah dengan durasi SPI 2-3 bulan

dan 4-5 bulan. Kabupaten yang sering mengalami banjir adalah Aceh Barat Daya dan Nagan Raya. Sama dengan Provinsi Aceh, nilai SPI yang menyebabkan padi terkena banjir adalah pada intensitas 1 sampai 2 pada durasi 2-3 bulan, tingkat keparahan 4-6 pada durasi 4-5 bulan. Kejadian banjir di Sumatera Utara lebih sedikit dibandingkan dengan provinsi Aceh. Lahan sawah terkena banjir di provinsi Sumatera Utara terdapat di kabupaten Asahan, Karo, Labuhan batu, dan Tapanuli tengah. Kabupaten yang paling sering mengalami banjir adalah Labuhan Batu.



Gambar 7 Hubungan karakteristik SPI dengan luas tanaman padi terkena banjir: (a) di Provinsi Aceh, dan (b) Sumatera Utara.

KESIMPULAN

Pada skala waktu yang lebih pendek, SPI 3 dan 6 bulan dapat menggambarkan frekuensi kejadian kekeringan padi dengan lebih baik. Sebaliknya pada skala waktu yang lebih panjang 6 dan 9 bulan, beberapa kejadian kekeringan dan banjir pada tanaman padi tidak dapat dideteksi dengan baik. SPI dapat menggambarkan kondisi defisit dan surplus curah hujan dengan baik untuk wilayah Aceh dan Sumatera Utara. Karakteristik SPI berupa intensitas dan durasi dapat dijadikan indikator untuk menunjukkan potensi tanaman padi terkena kekeringan dan banjir.

Kekeringan pada tanaman padi sebagian besar terjadi jika SPI lebih kecil dari -1 yang berlangsung dalam waktu 4-5 bulan. Daerah dengan durasi yang lebih pendek (2-3 bulan) sudah mengalami kekeringan

merupakan daerah yang sangat rentan yaitu Aceh dan Aceh Barat Daya (Provinsi Aceh), Kabupaten Asahan, Karo dan Langkat (Provinsi Sumatera Utara). Banjir pada tanaman padi sebagian besar terjadi jika SPI lebih besar dari 1 yang berlangsung dalam waktu 2-3 bulan dan 4-5 bulan. Daerah dengan durasi yang lebih pendek (2-3 bulan) sudah mengalami banjir merupakan daerah yang sangat rentan. Jumlah kejadian tanaman padi terkena banjir tinggi di Provinsi Aceh dibanding Sumatera Utara. Kabupaten yang sering mengalami banjir adalah Aceh Barat Daya dan Nagan Raya (Aceh) dan Labuhan Batu (Sumatera Utara).

DAFTAR PUSTAKA

Bachmair, S., Stahl, K., Collins, K., Hannaford, J., Acreman, M., Svoboda, M., Knutson, C., Smith, K.H., Wall,

- N., Fuchs, B., Crossman, N.D., Overton, I.C., 2016. Drought indicators revisited: the need for a wider consideration of environment and society. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 3, 516–536. <https://doi.org/10.1002/wat2.1154>
- BPS, 2018. Profil Kemiskinan di Indonesia-Maret 2018. *Berita Resmi Statistik* 21, 1–8.
- Bryan, E., Ringler, C., Okoba, B., Roncoli, C., Silvestri, S., Herrero, M., 2013. Adapting agriculture to climate change in Kenya: Household strategies and determinants. *Journal of Environmental Management* 114, 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.036>
- Du, J., Fang, J., Xu, W., Shi, P., 2013. Analysis of dry/wet conditions using the standardized precipitation index and its potential usefulness for drought/flood monitoring in Hunan Province, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 27, 377–387. <https://doi.org/10.1007/s00477-012-0589-6>
- Dutta, D., Kundu, A., Patel, N.R., 2013. Predicting agricultural drought in eastern Rajasthan of India using NDVI and standardized precipitation index. *Geocarto International* 28, 192–209. <https://doi.org/10.1080/10106049.2012.679975>
- Edwards, D.C., McKee, T.B., 1997. Characteristics of 20th Century Drought in the United States at Multiple Time Scales.
- Garrett, K.A., Dobson, A.D.M., Kroschel, J., Natarajan, B., Orlandini, S., Tonnang, H.E.Z., Valdivia, C., 2013. The effects of climate variability and the color of weather time series on agricultural diseases and pests, and on decisions for their management. *Agricultural and Forest Meteorology* 170, 216–227. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.04.018>
- Guttman, N., 1999. Accepting the standardized precipitation index: A calculation algorithm. *Journal of American Water Resource. Journal of the American Water Resources Association (American Water Resources Association)* 35, 311–322.
- Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N., Widhalm, M., 2011. The Lincoln Declaration on Drought Indices: Universal Meteorological Drought Index Recommended. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 92, 485–488. <https://doi.org/10.1175/2010BAMS3103.1>
- IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, United Kingdom (UK).
- Jayanthi, H., Husak, G.J., Funk, C., Magadzire, T., Chavula, A., Verdin, J.P., 2013. Modeling rain-fed maize vulnerability to droughts using the standardized precipitation index from satellite estimated rainfall—Southern Malawi case study. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 4, 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2013.02.001>
- Kementrian Pertanian, 2017. Grand Design Pengembangan Lumbung Pangan Beroreintasi Eskpor di Wilayah Perbatasan. Kementrian Pertanian, Jakarta.
- Kirono, D.G.C., Butler, J.R.A., McGregor, J.L., Ripaldi, A., Katzfey, J., Nguyen, K., 2016. Historical and future seasonal rainfall variability in Nusa Tenggara Barat Province, Indonesia: Implications for the agriculture and water sectors. *Climate Risk Management* 12, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2015.12.002>
- Lee, S.-H., Yoo, S.-H., Choi, J.-Y., Bae, S., 2017. Assessment of the Impact of Climate Change on Drought Characteristics in the Hwanghae Plain, North Korea Using Time Series SPI and SPEI: 1981–2100. *Water* 9. <https://doi.org/10.3390/w9080579>
- Lipper, L., Thornton, P., Campbell, B.M., Baedeker, T., Braimoh, A., Bwalya, M., Caron, P., Cattaneo, A., Garrity, D., Henry, K., Hottle, R., Jackson, L., Jarvis, A., Kossam, F., Mann, W., McCarthy, N., Meybeck, A., Neufeldt, H., Remington, T., Sen, P.T., Sessa, R., Shula, R., Tibu, A., Torquebiau, E.F., 2014. Climate-smart agriculture for food security. *Nature Climate Change* 4, 1068.
- Liyantono, Kato, T., Yoshida, K., Kuroda, H., 2012. The Influence of El Niño Southern Oscillation on Agricultural Production Sustainability in a Tropical Monsoon Region: Case Study in Nganjuk District, East Java, Indonesia. *Journal of Developments in Sustainable Agriculture* 7, 65–74. <https://doi.org/10.11178/jdsa.7.65>
- Marlier, M.E., DeFries, R.S., Voulgarakis, A., Kinney, P.L., Randerson, J.T., Shindell, D.T., Chen, Y., Faluvegi, G., 2013. El Nino and health risks from landscape fire emissions in southeast Asia. *Nature Clim. Change* 3, 131–136. <https://doi.org/10.1038/nclimate1658>
- Marvin, H.J.P., Kleter, G.A., Van der Fels-Klerx, H.J. (Ine), Noordam, M.Y., Franz, E., Willems, D.J.M., Boxall, A., 2013. Proactive systems for early warning of potential impacts of natural disasters on food safety: Climate-change-induced extreme

- events as case in point. *Food Control* 34, 444–456.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.04.037>
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Presented at the 8th Conference on Applied Climatology, California, 17–22 January 1993, pp. 179–184.
- Otkin, J.A., Shafer, M., Svoboda, M., Wardlow, B., Anderson, M.C., Hain, C., Basara, J., 2014. Facilitating the Use of Drought Early Warning Information through Interactions with Agricultural Stakeholders. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 96, 1073–1078.
<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00219.1>
- Pangga, I.B., Hanan, J., Chakraborty, S., 2013. Climate change impacts on plant canopy architecture: implications for pest and pathogen management. *European Journal of Plant Pathology* 135, 595–610.
<https://doi.org/10.1007/s10658-012-0118-y>
- Ray, D.K., Gerber, J.S., MacDonald, G.K., West, P.C., 2015. Climate variation explains a third of global crop yield variability. *Nature Communications* 6, 5989.
- Rostamian, R., Eslamian, S., Farzaneh, M., 2013. Application of Standardised Precipitation Index for Predicting meteorological drought intensity in Beheshtabad watershed. *Central Iran. International Journal of Hydrology Science and Technology* 3.
<https://doi.org/10.1504/IJHST.2013.055233>
- Sahu, N., Behera, S.K., Yamashiki, Y., Takara, K., Yamagata, T., 2012. IOD and ENSO impacts on the extreme stream-flows of Citarum river in Indonesia. *Climate Dynamics* 39, 1673–1680.
<https://doi.org/10.1007/s00382-011-1158-2>
- Sepulcre-Canto, G., Horion, S., Singleton, A., Carrao, H., Vogt, J., 2012. Development of a Combined Drought Indicator to detect agricultural drought in Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 12, 3519–3531.
<https://doi.org/10.5194/nhess-12-3519-2012>
- Shukla, S., McNally, A., Husak, G., Funk, C., 2014. A seasonal agricultural drought forecast system for food-insecure regions of East Africa. *Hydrology and Earth System Sciences* 18, 3907–3921. <https://doi.org/10.5194/hess-18-3907-2014>
- Stagge, J.H., Tallaksen, L.M., Gudmundsson, L., Van Loon, A.F., Stahl, K., 2016. Response to comment on 'Candidate Distributions for Climatological Drought Indices (SPI and SPEI).' *International Journal of Climatology* 36, 2132–2138. <https://doi.org/10.1002/joc.4564>
- Surmaini, E., Estiningtyas, W., Las, I., 2017. Mewujudkan Sistem Usahatani Inovatif Menghadapi Tantangan Perubahan Iklim dan Iklim Ekstrim, in: *Memperkuat Kemampuan Wilayah Menghadap Perubahan Iklim*. IAARD Press, Jakarta, pp. 11–43.
- Surmaini, E., Hadi, T.W., Subagyo, K., Puspito, N.T., 2015. Early detection of drought impact on rice paddies in Indonesia by means of Niño 3.4 index. *Theoretical and Applied Climatology* 121, 669–684. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1258-0>
- Svensson, C., Hannaford, J., Prosdocimi, I., 2017. Statistical distributions for monthly aggregations of precipitation and streamflow in drought indicator applications. *Water Resources Research* 53, 999–1018.
<https://doi.org/10.1002/2016WR019276>
- Taufik, M., Torfs, P.J.J.F., Uijlenhoet, R., Jones, P.D., Murdiyarso, D., Van Lanen, H.A.J., 2017. Amplification of wildfire area burnt by hydrological drought in the humid tropics. *Nature Climate Change* 7, 428.
- Thomas, T., Nayak, P.C., Ghosh, N.C., 2015. Spatiotemporal Analysis of Drought Characteristics in the Bundelkhand Region of Central India using the Standardized Precipitation Index. *Journal of Hydrologic Engineering* 20, 05015004.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001189](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001189)
- Trenberth, K.E., Dai, A., van der Schrier, G., Jones, P.D., Barichivich, J., Briffa, K.R., Sheffield, J., 2013. Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change* 4, 17–22.
<https://doi.org/10.1038/nclimate2067>
- Vermeulen, S.J., Aggarwal, P.K., Ainslie, A., Angelone, C., Campbell, B.M., Challinor, A.J., Hansen, J.W., Ingram, J.S.I., Jarvis, A., Kristjanson, P., Lau, C., Nelson, G.C., Thornton, P.K., Wollenberg, E., 2012. Options for support to agriculture and food security under climate change. *Environmental Science & Policy* 15, 136–144.
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.09.003>
- Wang, Y., Chen, X., Chen, Y., Liu, M., Gao, L., 2017. Flood/drought event identification using an effective indicator based on the correlations between multiple time scales of the Standardized Precipitation Index and river discharge. *Theoretical and Applied Climatology* 128, 159–168.
<https://doi.org/10.1007/s00704-015-1699-0>

- Ward, P.J., Kummu, M., Lall, U., 2016. Flood frequencies and durations and their response to El Niño Southern Oscillation: Global analysis. *Journal of Hydrology* 539, 358–378. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.05.045>
- Wooster, M.J., Perry, G.L.W., Zoumas, A., 2012. Fire, drought and El Niño relationships on Borneo (Southeast Asia) in the pre-MODIS era (1980–2000). *Biogeosciences* 9, 317–340. <https://doi.org/10.5194/bg-9-317-2012>
- Zarch, M.A.A., Sivakumar, B., Sharma, A., 2015. Droughts in a warming climate: A global assessment of Standardized precipitation index (SPI) and Reconnaissance drought index (RDI). *Journal of Hydrology* 526, 183–195. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.09.071>