

## Potensi Penurunan Produksi Padi Akibat Variabilitas Curah Hujan di Kabupaten Subang Jawa Barat

### *Potential of Decrease in Rice Production Due to Precipitation Variability in Subang West Java*

Ruminta<sup>1\*</sup>, Agus Wahyudin<sup>1</sup>, Tati Nurmalia<sup>1</sup>, Joko Wiratmo<sup>2</sup>, dan Fiky Yulianto Wicaksono<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung-Sumedang KM. 21 Jatinangor Sumedang, Jawa Barat 45363, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha No 10 Bandung, Jawa Barat 49132, Indonesia

Diterima 19 September 2017/Disetujui 3 Juli 2018

#### ABSTRACT

*Research on hazard, vulnerability, and risks of the decline in rice production due to climate change has been implemented in Subang, West Java. This study was aimed to assess the level of hazard, vulnerability, and risks of the decline in rice production and identify areas that very high level of the decline in rice production. The descriptive explanatory study used data of climate and rice crop, and were evaluated using risk assessment concept where the risk was a function of hazard and vulnerability presented in spatial map using GIS. The results showed that Subang area had experienced climate change indicated by the changing patterns (trend) of precipitation, rainy day, and the distribution of annual precipitation. Rice harvested area decreased more than 5.2% per year occurred in Cisalak, Dawuan, Pabuaran, Patokbesi, Pagaden, and Pusakanagara Subdistricts. Rice production decreased over 11.2% annually occurred in Cisalak, Dawuan, Pabuaran, and Pusakanagara Subdistricts. The very high vulnerability existed in Pabuaran. The high risks of decline in harvested area and production were observed in Patokbesi and Pabuaran respectively. Factor contributing to the high risk of reduction in harvested area and production in Subang District were due to the limitation of water supply, suppression plant growth, and production.*

*Keywords: climate change, harvested area, vulnerability, rice production,*

#### ABSTRAK

*Penelitian tentang bahaya, kerentanan, dan risiko penurunan produksi padi akibat perubahan iklim telah dilaksanakan di Subang, Jawa Barat. Penelitian ini bertujuan untuk menilai tingkat bahaya, kerentanan, dan risiko penurunan produksi padi dan mengidentifikasi wilayah yang penurunan produksi padinya tinggi atau sangat tinggi. Penelitian ini menggunakan dua data utama yaitu iklim dan tanaman padi. Metode penelitian adalah penjelasan deskriptif menggunakan konsep penilaian risiko dimana risiko (risks) merupakan fungsi dari bahaya (hazard) dan kerentanan (vulnerability). Hasil penelitian disajikan pada peta spasial menggunakan GIS. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa wilayah Subang telah mengalami perubahan iklim yang ditunjukkan oleh perubahan pola (kecenderungan) curah hujan, hari hujan, dan distribusi curah hujan tahunan. Penurunan luas panen padi di atas 5.2% per tahun terjadi di wilayah Cisalak, Dawuan, Pabuaran, Patokbesi, Pagaden, dan Pusakanagara. Penurunan produksi padi lebih dari 11.2% per tahun terjadi di Cisalak, Dawuan, Pabuaran, dan Pusakanagara. Kerentanan yang sangat tinggi terjadi di Pabuaran. Tingkat risiko penurunan luas panen padi pada level yang sangat tinggi ditemukan di Patokbesi. Tingkat risiko penurunan produksi padi pada level tinggi hanya terjadi di Pabuaran. Tingginya risiko penurunan luas panen dan produksi padi di wilayah tersebut akibat terjadinya gangguan ketersediaan air, pertumbuhan, perkembangan, dan produksi tanaman sebagai dampak dari perubahan iklim.*

*Kata kunci: kerentanan, luas panen, perubahan iklim, produksi padi*

#### PENDAHULUAN

Perubahan iklim mempunyai dampak yang signifikan terhadap ketersediaan air, pertumbuhan, perkembangan,

dan produksi tanaman (Runtunuwu dan Syahbuddin, 2007), musim tanam, dan teknik budidaya tanaman pada suatu lahan. Berkurangnya curah hujan berdampak pada meningkatnya cekaman kekurangan air (Sulistyono *et al.*, 2005; Tubur *et al.*, 2012). Apabila kondisi ini disertai dengan naiknya suhu udara yang meningkatkan evapotranspirasi, maka luas lahan sawah yang dapat ditanami akan berkurang demikian

\* Penulis untuk korespondensi. e-mail: [r\\_ruminta@yahoo.com](mailto:r_ruminta@yahoo.com)

juga dengan luas panen (Handoko, 2007; Ruminta dan Handoko, 2016). Suhu yang lebih tinggi akan mengganggu sistem pertanian (Yoshimoto *et al.*, 2010). Tanaman sangat sensitif terhadap suhu tinggi selama tahap kritis seperti fase pembungaan dan perkembangan benih. Suhu tinggi yang terjadi bersamaan dengan kekeringan dapat menyebabkan bencana pada lahan pertanian (Shakoor *et al.*, 2015). Perubahan suhu dan kelembaban udara juga dapat memicu perkembangan dan ledakan hama dan penyakit tanaman.

Perubahan iklim di wilayah Indonesia diindikasikan dengan makin cepatnya periode *El-Nino* yang semula terjadi 5-6 tahun sekali, menjadi 2-3 tahun sekali (Mantom *et al.*, 2001). Hasil penelitian Ruminta dan Handoko (2016) menunjukkan bahwa di Sumatera Selatan telah terjadi peningkatan suhu udara sebesar 0.4 hingga 0.6 °C dan penurunan curah hujan hingga 197 mm. Selain itu ditemukan juga perubahan hitergraf (grafik kombinasi antara curah hujan dan suhu udara yang merupakan indeks kenyamanan tanaman) dan klasifikasi iklim Oldeman yang cenderung bersifat lebih kering. Perubahan iklim telah menyebabkan penurunan produksi padi sebesar 15.8% per tahun di Sumatera Selatan dan 11.9% per tahun di Malang, Jawa Timur. Menurut hasil penelitian Iqbal *et al.* (2009) penurunan produksi padi di Pakistan akibat perubahan iklim bahkan bisa mencapai 15% hingga 20%.

Kajian dampak perubahan iklim terhadap produksi tanaman menggunakan indikator yaitu tingkat bahaya, kerentanan, dan risiko (Tao *et al.*, 2011; Ruminta dan Handoko, 2016). Tingkat bahaya adalah potensi penurunan produksi tanaman padi sebagai akibat penurunan produktivitas, gagal tanam, gagal panen, dan penurunan luas lahan. Kerentanan adalah sejauh mana sistem pertanian tanaman padi rentan atau tidak dapat mengatasi dampak buruk perubahan iklim. Tingkat risiko adalah besarnya risiko yang ditimbulkan oleh perubahan iklim terhadap penurunan produksi tanaman padi. Analisis risiko penurunan produksi merupakan simultan dari penurunan produktivitas, gagal tanam, gagal panen, dan penurunan luas lahan sebagai akibat ancaman bahaya perubahan iklim.

Menurut Tiarniyu *et al.* (2015) dan Ruminta dan Handoko (2016), informasi tingkat kerentanan dan risiko dampak perubahan iklim pada suatu wilayah sangat penting sebagai bahan pertimbangan dalam penyusunan pedoman dan memformulasikan kebijakan untuk melakukan adaptasi budidaya padi sehingga produksinya bisa dipertahankan atau ditingkatkan.

Penelitian ini bertujuan untuk menilai tingkat bahaya, kerentanan, dan risiko penurunan produksi padi dan mengidentifikasi wilayah yang penurunan produksi padinya tinggi atau sangat tinggi.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di wilayah Subang yang merupakan salah satu sentra produksi padi Jawa Barat pada tahun 2014 hingga 2015. Penelitian ini menggunakan data iklim (curah hujan dan suhu udara bulanan), luas lahan sawah, luas panen padi, produktivitas padi, produksi padi, tata guna lahan pertanian, jaringan irigasi, dan data sosial

ekonomi yang diperoleh melalui survey dan observasi serta arsip dari Dinas Pertanian Kabupaten Subang, BPS, PU, dan BMKG. Metode penelitian adalah deskriptif eksplanatori yang menggunakan konsep penilaian risiko dimana risiko (*risks*) merupakan fungsi dari bahaya (*hazard*) dan kerentanan (*vulnerability*). Analisis bahaya menggunakan indikator utama yaitu penurunan produksi padi. Indeks bahaya merupakan tingkat penurunan produksi padi yang merupakan akumulasi dari penurunan produktivitas atau hasil tanaman dan penurunan produksi tanaman akibat gagal tanam, dan penurunan luas lahan yang distimuli oleh adanya perubahan curah hujan dan meningkatnya suhu udara.

Analisis kerentanan menggunakan tiga indikator yaitu keterpaparan (menggunakan komponen: luas lahan sawah dan jumlah petani), sensitivitas (menggunakan komponen: tipe lahan sawah, topografi, pendapatan pertanian), dan kapasitas adaptasi (menggunakan komponen: jaringan irigasi, keterampilan petani, dan akses modal). Satuan dari indikator dan komponennya pada analisis kerentanan adalah indeks (yaitu nilai standarisasi untuk menghilangkan perbedaan satuan dari masing-masing komponennya). Tingkat kerentanan sangat tergantung pada besarnya bobot dari ketiga indikator tersebut. Besarnya bobot keterpaparan, sensitivitas, dan kapasitas adaptasi menggunakan metode *multi criteria analysis* yaitu *analytical hierarchy process* (AHP). Indeks kerentanan berbanding lurus dengan keterpaparan dan sensitivitas serta berbanding terbalik dengan kapasitas adaptasi, yang dapat dinyatakan dalam bentuk formulasi berikut ini (Wolf, 2011; Ruminta dan Handoko, 2016): 
$$V = \frac{E \cdot S}{AC}$$

dimana  $V$  = Kerentanan,  $E$  = Keterpaparan,  $S$  = Sensitivitas, dan  $AC$  = Kapasitas adaptasi

Analisis risiko penurunan produksi padi merupakan perkalian antara bahaya dengan kerentanan (Tao *et al.*, 2011; Ruminta dan Handoko, 2016). Perhitungan indeks risiko penurunan produksi padi akibat perubahan iklim dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$R = H \cdot V$$

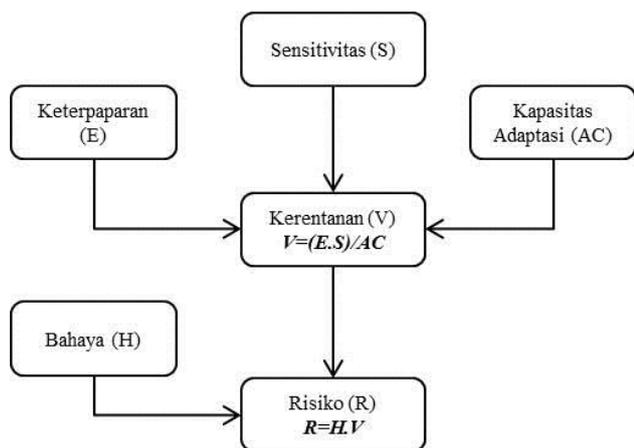
dimana  $R$  = Risiko,  $H$  = Bahaya, dan  $V$  = Kerentanan.

Diagram alir perhitungan indeks kerentanan dan risiko penurunan produksi padi ditunjukkan pada Gambar 1. Tingkat bahaya, kerentanan, dan risiko penurunan produksi padi disajikan pada peta spasial menggunakan GIS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Indikasi Perubahan Iklim di Kabupaten Subang*

Berdasarkan hasil kajian, Kabupaten Subang telah mengalami perubahan iklim, yang diindikasikan oleh adanya perubahan pola curah hujan dan hari hujan (Gambar 2) dan kecenderungannya (Gambar 3). Trend curah hujan cenderung menurun sementara itu hari hujan semakin bertambah. Hal ini berpotensi menyebabkan kekeringan. Curah hujan mempunyai pola kecenderungan menurun seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil kajian perubahan iklim ini tidak berbeda dengan hasil penelitian sebelumnya



Gambar 1. Diagram alir perhitungan indeks kerentanan dan risiko penurunan produksi padi

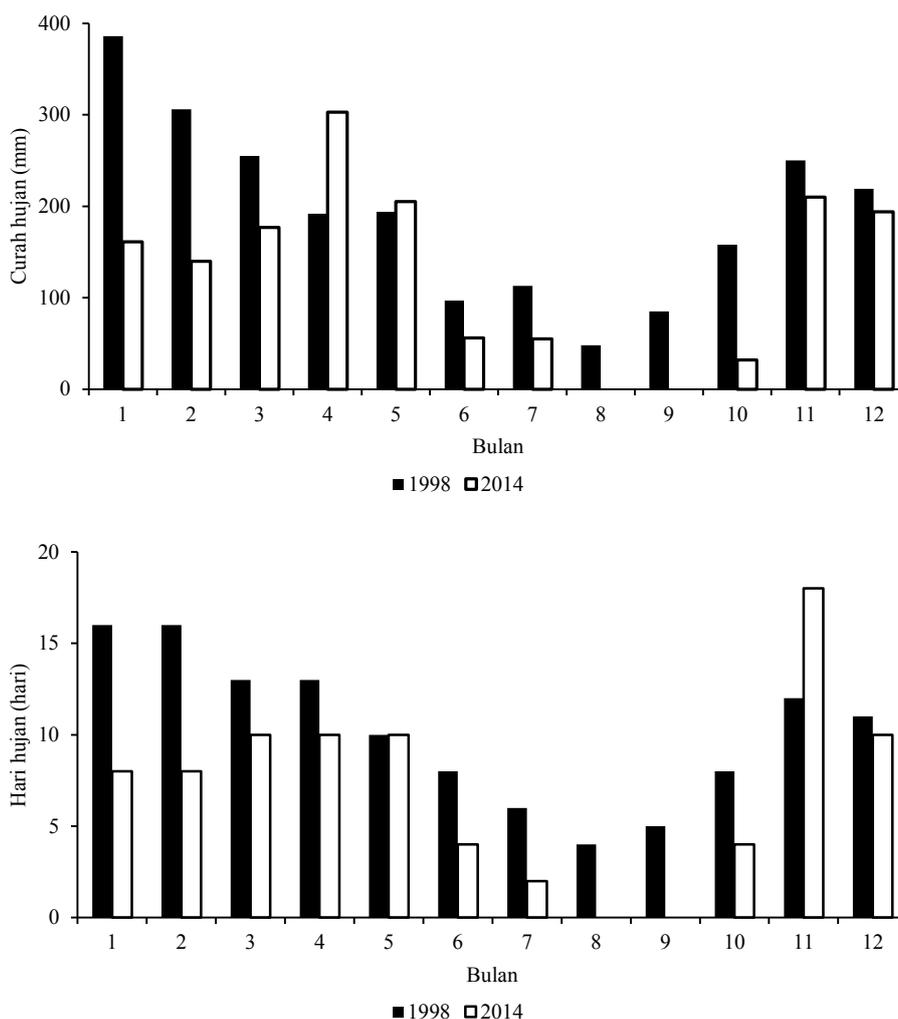
yang dilakukan di tempat lain seperti Sumatera Selatan (Ruminta dan Handoko, 2016) bahwa pola curah hujan telah mengalami perubahan.

Dampak dari perubahan pola curah hujan yang cenderung menurun adalah ketersediaan air bagi pertanian

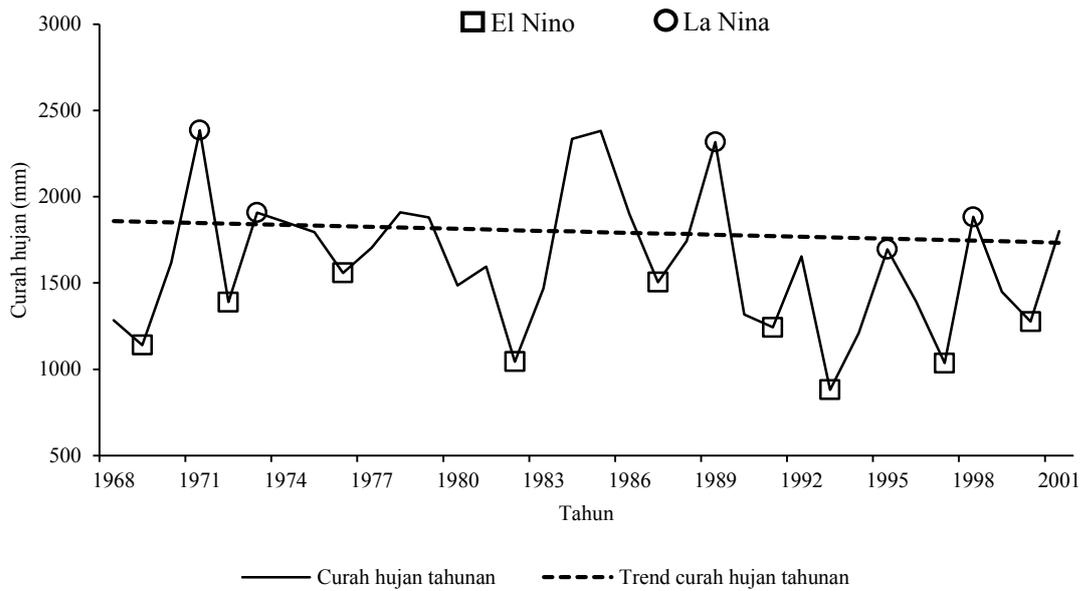
di masa datang semakin berkurang. Berdasarkan perubahan pola curah hujan tersebut, di masa datang wilayah Kabupaten Subang makin kering dan terancam bahaya kekeringan. Jika perubahan iklim tersebut berlanjut terus, tanpa ada adaptasi yang tepat, tentu akan berdampak pada ketersediaan air bagi pertanian padi sawah terutama pada lahan tadah hujan. Adanya perubahan iklim di wilayah pertanian sawah seperti telah diinformasikan oleh Jin dan Zhu (2008), Runtunuwu dan Kondoh (2008), dan Dulbari *et al.* (2018) akan berdampak pada menurunnya luas panen, produktivitas dan produksi padi sawah dan pada akhirnya akan mengganggu ketahanan pangan.

*Penurunan Luas Panen dan Produksi Padi*

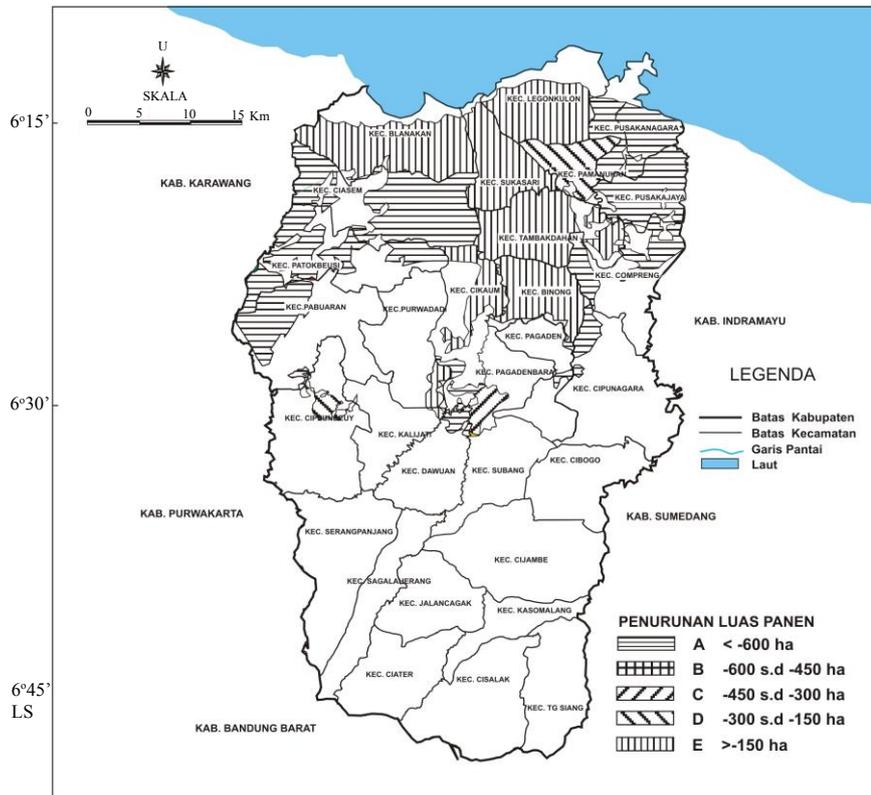
Luas panen, produksi, dan produktivitas padi sawah di Kabupaten Subang untuk 10 tahun terakhir masing-masing adalah rata-rata 169,102 ha, 1,148,947 ton dan 6.2 ton ha<sup>-1</sup>. Berdasarkan hasil kajian ini, luas panen padi sawah mengalami penurunan di atas 5.2% per tahun terjadi pada lahan sawah di Cisalak, Dawuan, Pabuaran, Patokbesi, Pagaden, dan Pusakanagara (Gambar 4). Sementara itu penurunan produksi padi sawah di atas 11.2% per tahun



Gambar 2. Perubahan pola curah hujan dan hari hujan di Kabupaten Subang tahun 1998 (La Nina) dan 2014 (El Nino)



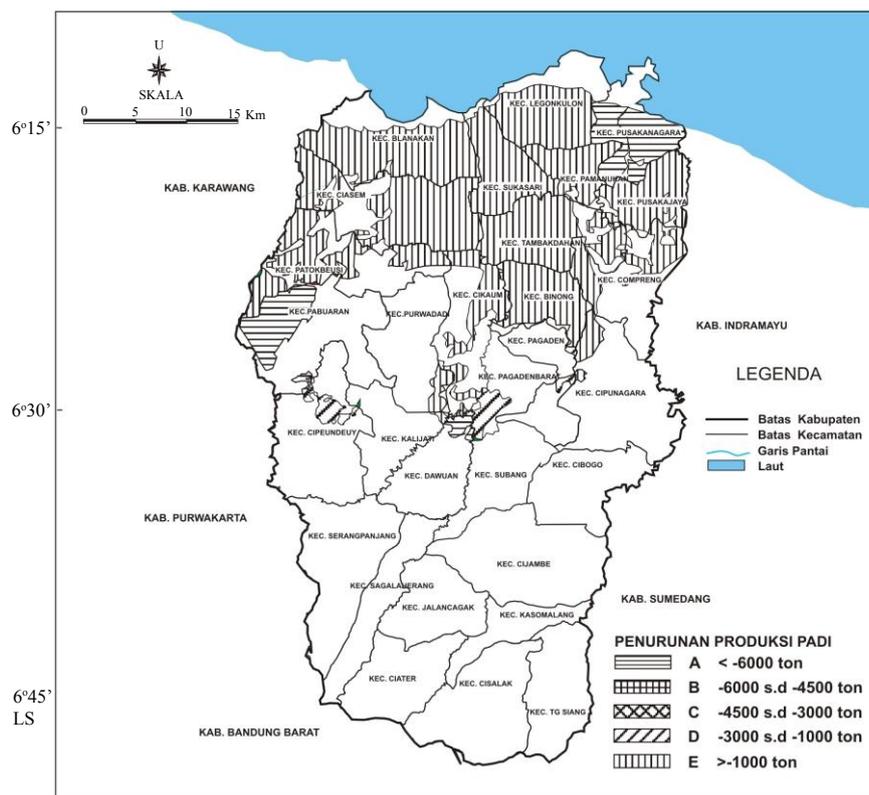
Gambar 3. Kecenderungan pola curah hujan di Kabupaten Subang



Gambar 4. Distribusi kecamatan yang memiliki penurunan luas panen padi sawah di Kabupaten Subang

terjadi pada lahan sawah di Cisalak, Dawuan, Pabuaran, dan Pusakanagara seperti ditunjukkan Gambar 5. Penurunan luas panen 5.2% dan produksi padi 11.2% setara dengan penurunan luas panen padi seluas 200 ha per tahun dan penurunan produksi padi sebesar 1,000 ton per tahun. Penurunan produksi padi di Kabupaten Subang hampir sama dengan penurunan produksi padi di Malang Raya yaitu 11.9% per tahun dan lebih kecil dari penurunan produksi

padi di Sumatera Selatan yaitu 15.8% per tahun (Ruminta dan Handoko, 2016). Hasil kajian tersebut juga menegaskan bahwa perubahan iklim berpotensi menurunkan luas panen dan produksi padi sawah seperti yang diindikasikan dari penelitian sejenis di tempat lain (Aggrawal, 2008; Li *et al.*, 2009; Masutomi *et al.*, 2009). Bahkan menurut hasil penelitian Iqbal *et al.* (2009) penurunan produksi padi akibat perubahan iklim bisa mencapai 15% hingga 20%.



Gambar 5. Distribusi kecamatan yang memiliki penurunan produksi padi sawah di Kabupaten Subang

*Kerentanan Akibat Perubahan Iklim*

Analisis kerentanan akibat perubahan iklim di wilayah Kabupaten Subang menggunakan tiga indikator yaitu keterpaparan, sensitivitas, dan kapasitas adaptif. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat kerentanan bervariasi antara level rendah hingga tinggi dengan indeks kerentanan antara 0.00 sd 0.80. Indeks kerentanan di atas 0.60 (level tinggi) hanya terjadi di Pabuaran karena mempunyai indeks sensitivitas yang tinggi dan kapasitas adaptasi yang rendah dibanding wilayah lainnya. Pabuaran mempunyai sawah tadah hujan yang luas tetapi jaringan irigasi kurang. Sebagian besar wilayah Kabupaten Subang lainnya mempunyai indeks kerentanan di bawah 0.60 (Gambar 6). Lahan sawah yang paling rentan akibat perubahan iklim adalah Pabuaran dan daerah yang cukup rentan adalah Serangpanjang, Ciater, Tanjungsiang, Cijambe, Cibogo, Kalijati, Cipeundeuy, Cikaum, Pagaden barat, Cipunagara, dan Comprenng. Wilayah tersebut umumnya mempunyai sawah tadah hujan tidak terlalu luas dan mempunyai jaringan irigasi walaupun irigasi non teknis. Daerah yang rentan mempunyai potensi risiko yang besar pada penurunan luas panen dan produksi padi sawah.

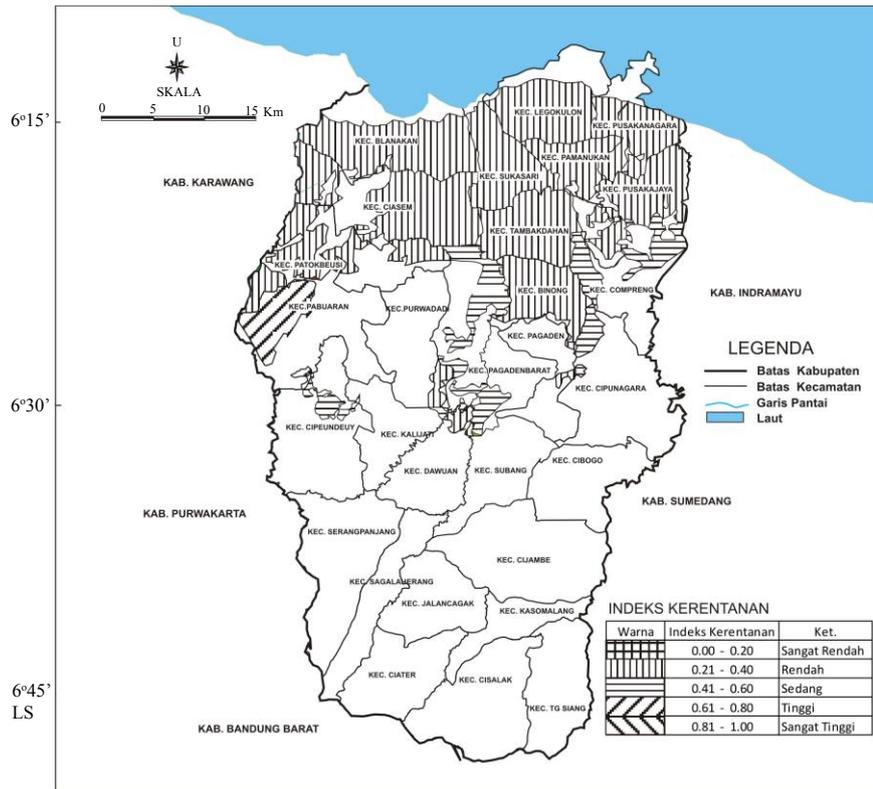
Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa tingkat kerentanan di Kabupaten Subang lebih rendah dibanding kerentanan di Sumatera Selatan karena lahan sawah non irigasi di Kabupaten Subang tidak terlalu dominan. Disamping itu Kabupaten Subang mempunyai tingkat kerentanan rendah karena tingkat keterpaparan dan sensitivitas lebih rendah sementara itu tingkat kapasitas

adaptasinya cukup tinggi. Kabupaten Subang mempunyai sawah irigasi yang cukup luas, infrastruktur irigasi cukup memadai, kemampuan petaninya cukup baik, dan akses terhadap modal juga cukup baik.

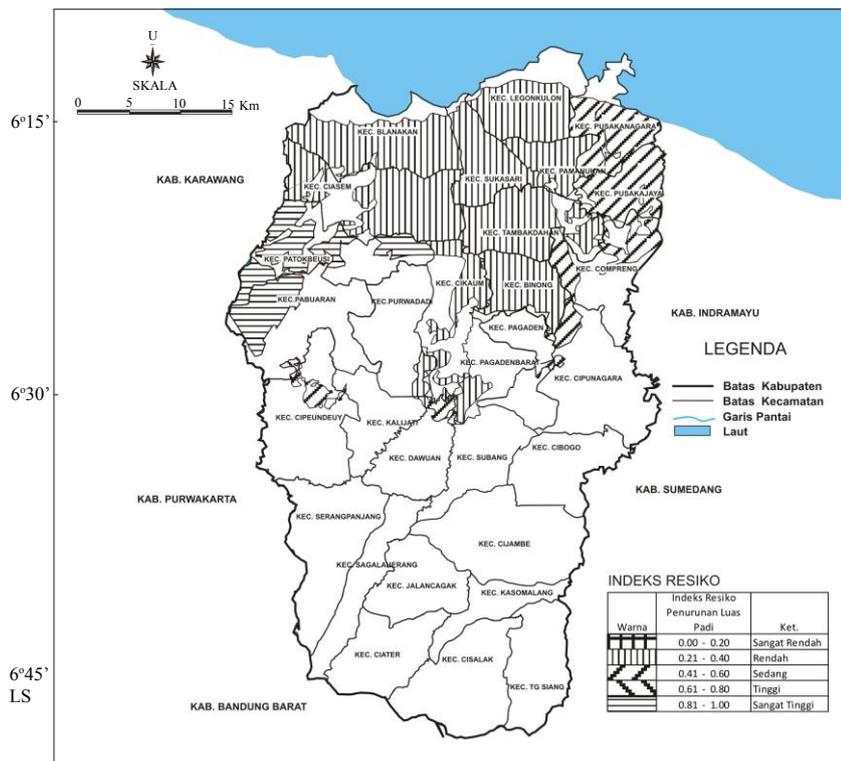
*Risiko Penurunan Luas Panen dan Produksi Padi*

Potensi risiko penurunan luas panen dan produksi padi sawah akibat perubahan iklim di Kabupaten Subang dianalisis menggunakan dua indikator yaitu bahaya dan kerentanan. Hasil analisis menunjukkan bahwa indeks risiko penurunan luas panen di atas 0.80 (level sangat tinggi) terjadi pada lahan sawah di Pabuaran dan Patokbesi. Kedua wilayah tersebut mempunyai tingkat kerentanan yang tinggi dan kapasitas adaptasi yang rendah dibanding wilayah lainnya. Sementara itu lahan sawah Ciater, Tanjungsiang, Dawuan, Cikaum, Cipunagara, dan Comprenng mempunyai tingkat risiko penurunan luas panen pada level sedang (Gambar 7). Wilayah tersebut umumnya berisiko terjadi penurunan produksi padi sawah akibat terganggunya ketersediaan air, pertumbuhan, perkembangan, dan produksi tanaman sebagai dampak dari perubahan iklim. Oleh karena itu perlu upaya adaptasi yang tepat untuk menghadapi risiko penurunan produksi tersebut yaitu melalui teknik budidaya, penggunaan pupuk dan benih padi unggul yang lebih baik.

Hasil kajian menunjukkan bahwa indeks risiko penurunan produksi padi sawah di atas 0.60 (level tinggi) hanya terjadi di wilayah Pabuaran. Sementara itu, daerah yang cukup berisiko mengalami penurunan produksi padi sawah akibat perubahan iklim ada di wilayah Serangpanjang,



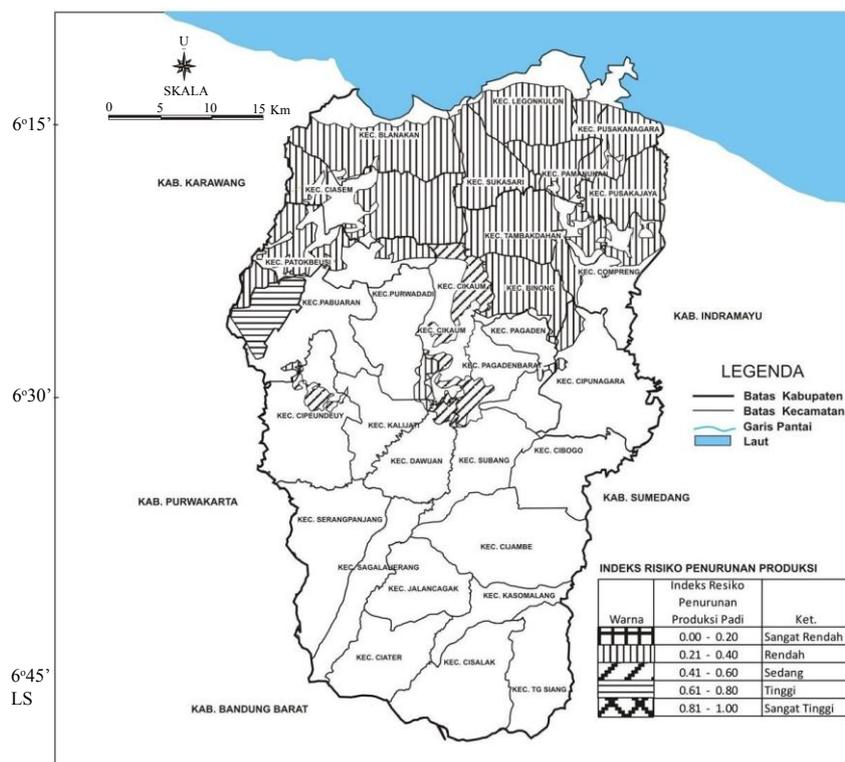
Gambar 6. Peta distribusi kecamatan yang memiliki kerentanan di Kabupaten Subang



Gambar 7. Peta distribusi kecamatan yang memiliki risiko penurunan luas panen padi di Kabupaten Subang

Ciater, Cisolak, Tanjungsiang, Cijambe, Cibogo, Dawuan, Cipeundeuy, Cikaum, dan Pagaden Barat (Gambar 8). Penurunan produksi padi tersebut diindikasikan akibat

dampak dari perubahan iklim. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian di tempat lain yang menunjukkan bahwa dampak perubahan iklim yang paling besar adalah penurunan



Gambar 8. Peta distribusi kecamatan yang memiliki risiko penurunan produksi padi di Kabupaten Subang

produksi serealia (termasuk padi) yang merupakan bahan makanan utama dan ancaman ketahanan pangan dunia (Challinor *et al.*, 2007; Kang *et al.*, 2009; Selvaraju *et al.*, 2011). Hasil penelitian Ruminta dan Handoko (2016) di Sumatera Selatan menunjukkan bahwa perubahan iklim dapat menurunkan produksi padi sawah hingga 15.8% per tahun.

Hasil kajian bahaya, kerentanan, dan risiko penurunan produksi tanaman akibat perubahan iklim juga telah dilakukan di beberapa tempat di dunia seperti di Nigeria (Tiamiyu *et al.*, 2007), Afrika (Challinor *et al.*, 2007), India (Aggrawal, 2008); Pakistan (Iqbal *et al.*, 2009); dan Asia (Masutomi *et al.*, 2009). Beberapa kajian tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil kajian di Indonesia (Sumatra Selatan) dan mengindikasikan bahwa perubahan iklim menyebabkan peningkatan bahaya, kerentanan, dan risiko penurunan produksi tanaman pangan. Hal ini tentu merupakan salah satu ancaman bagi ketersediaan dan ketahanan pangan dunia.

*Implikasi dan Tindak Lanjut*

Hasil kajian menunjukkan bahwa Kabupaten Subang cukup rentan dan berisiko mengalami penurunan produksi padi sehingga perlu melakukan adaptasi strategis untuk menghadapi perubahan iklim agar produksi padi dapat dipertahankan atau ditingkatkan. Ada beberapa pilihan adaptasi untuk menghadapi dampak perubahan iklim seperti yang disajikan oleh Metternicht *et al.* (2014) yaitu meningkatkan infrastruktur irigasi, teknik budidaya

yang baik, penggunaan pupuk yang tepat, meningkatkan keterampilan petani, dan memperbesar akses terhadap modal. Salah satu pilihan adaptasi lainnya adalah menggunakan varietas padi unggul yang toleran terhadap cekaman iklim (kekeringan atau rendaman), misalnya hasil seleksi varietas padi yang dilakukan oleh Yullianida (2014).

**KESIMPULAN**

Wilayah Kabupaten Subang telah mengalami perubahan pola (kecenderungan) curah hujan, hari hujan, dan distribusi curah hujan tahunan sehingga berpotensi menyebabkan bahaya, kerentanan, dan risiko penurunan produksi padi. Wilayah Subang mengalami penurunan luas panen padi sebesar 5.2% per tahun dan penurunan produksi padi sebesar 11.2% seperti di Cisalak, Dawuan, Pabuaran, dan Pusakanagara. Tingkat kerentanan umumnya cukup rendah kecuali di Pabuaran (indeks kerentanan > 0.80). Daerah yang paling berisiko (indeks risiko > 0.80) pada penurunan luas panen dan produksi padi yaitu Pabuaran dan Patokbesi karena mempunyai tingkat kerentanan yang tinggi dan kapasitas adaptasi yang rendah. Faktor dominan yang menyebabkan wilayah Subang berisiko mengalami penurunan produksi padi adalah kekeringan akibat perubahan iklim karena sawah non irigasi masih cukup luas dan infrastruktur irigasi kurang baik. Wilayah tersebut perlu melakukan adaptasi strategis untuk menghadapi penurunan luas panen dan produksi padi akibat perubahan iklim sehingga produksi padi dapat dipertahankan atau ditingkatkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aggrawal, P.K. 2008. Global climate change and India agriculture: Impacts adaptation and mitigation. *Indian J. Agri. Sci.* 78:911-19.
- Challinor, A., T. Wheeler, C. Garforth, P. Crauford, A. Kassam. 2007. Assessing the vulnerability of food crop systems in Africa to climate change. *Climatic Change* 83:381-399.
- Dulbari, E. Santosa, Y. Koesmaryono, E. Sulistyono. 2018. Pendugaan kehilangan hasil pada tanaman padi rebah akibat terpaan angin kencang dan curah hujan tinggi. *J. Agron. Indonesia* 46:17-23.
- Handoko. 2007. Relationship between crop developmental phases and air temperature and its effect on yield of the wheat crop (*Triticum aestivum* L.) grown in Java Island, Indonesia. *J. Biotropia* 14:51-61.
- Iqbal, M.M., M.A. Goheer, A.M. Khan. 2009. Climate-change aspersions on food security of Pakistan. *Sci. Vision* 15:15-23.
- Jin, Z.Q., D.W. Zhu. 2008. Impacts of changes in climate and its variability on food production in Northeast China. *Acta Agron. Sinica* 34:1588-1597.
- Kang, Y., S. Khan, X. Ma. 2009. Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security. *Progress Nat. Sci.* 19:1665-1674.
- Li Y.P., W. Ye, M. Wang, X.D. Yan. 2009. Climate change and drought: A risk assessment of crop-yield impacts. *Climate Res.* 39:31-46.
- Mantom, M.J., P.M. Della-Marta, M.R. Haylock, K.J. Hennessy, N. Nicholls, L.E. Chambers, D.A. Collins, G. Daw. 2001: Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific; 1961-1998. *Int. J. Clim.* 21:269-284.
- Masutomi, Y., K. Takahashi, H. Harasawa, Y. Matsuoka. 2009. Impact assessment of climate change on rice production in Asia in comprehensive consideration of process/parameter uncertainty in general circulation models. *Agri. Ecosyst. Environ.* 131:281-291.
- Metternicht, G., A. Sabelli, J. Spensley. 2014. Climate change vulnerability, impact and adaptation assessment. *International J. Clim. Change Strategies Manag.* 6:442-476.
- Ruminta, Handoko. 2016. Vulnerability assessment of climate on agriculture sector in the South Sumatra Province, Indonesia. *Asian J. Crop Sci.* 8:31-42.
- Runtuwu, E., H. Syahbuddin. 2007. Perubahan pola curah hujan dan dampaknya terhadap potensi periode masa tanam. *J. Tanah klim.* 26:1-12.
- Runtuwu, E., A. Kondoh. 2008. Assessing global climate variability and change under coldest and warmest periods at different latitudinal regions. *Indonesian J. Agri. Sci.* 9:7-18.
- Shakoor, U., A. Saboor, I. Baig, A. Afzal, A. Rahman. 2015. Climate variability impacts on rice crop production in Pakistan. *Pakistan J. Agric. Res.* 28(1):19-27.
- Selvaraju, R, R. Gommers, M. Bernardi. 2011. Climate science in support of sustainable agriculture and food security. *Climate Res.* 47:95-110.
- Sulistyono, E., Suwanto, Y. Ramdiani. 2005. Defisit evapotranspirasi sebagai indikator kekurangan air pada padi gogo (*Oryza sativa* L.). *J. Agron. Indonesia* 33:6-11.
- Tao, S., Y. Xu, K. Liu, J. Pan, S. Gou. 2011. Research progress in agricultural vulnerability to climate change. *Adv. Climate Change Res.* 2:203-210.
- Tiamiyu, S.A., J. N. Eze, T.M. Yusuf, A.T. Maji, S.O. Bakare. 2015. Rainfall variability and its effect on yield of rice in Nigeria. *Internat. Lett. Nat. Sci.* 49 :63-68
- Tubur, H.W., M.A. Chozin, E. Santosa, A. Junaedi. 2012. Respon agronomi varietas padi terhadap periode kekeringan pada sistem sawah. *J. Agron. Indonesia.* 40:167-173.
- Wolf, S. 2011. Vulnerability and risk: comparing assessment approaches. *Nat. Hazards* 61:099-1113.
- Yoshimoto, M., M. Yokozawa, T. Iizumi, M. Okada, M. Nishimori, Y. Masaki, Y. Ishigooka, T. Kuwagata, M. Kondo, T. Ishimaru, M. Fukuoka, T. Hasegawa. 2010. Projection of effects of climate change on rice yield and keys to reduce its uncertainties. *Crop Environ. Biometrics* 7:260-268.
- Yullianida, S.W. Ardie, H. Aswidinnoor. 2014. Uji cepat toleransi tanaman padi terhadap cekaman rendaman pada fase vegetatif. *J. Agron. Indonesia* 42:89-95.