

## **DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP SEKTOR PERTANIAN DI PROVINSI BALI**

I Made Sudarma<sup>1</sup>, Abd. Rahman As-syakur<sup>1</sup>  
Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH), Universitas Udayana  
sudarmaimade@yahoo.com

### **ABSTRAK**

Perubahan iklim merupakan hal yang tidak dapat dihindari akibat pemanasan global yang berdampak luas terhadap berbagai sendi kehidupan. Perubahan pola curah hujan, peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrem, serta kenaikan suhu udara dan permukaan air laut merupakan dampak serius dari perubahan iklim yang berpengaruh terhadap sektor pertanian. Untuk Indonesia ancaman akan perubahan iklim akan memberikan dampak yang serius terhadap pencapaian target pembangunan berkelanjutan. Untuk Provinsi Bali, perubahan iklim menyebabkan terganggunya suplai air untuk berbagai sektor termasuk pertanian akibat perubahan curah hujan. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan luas lahan yang semula sangat sesuai secara agroklimat untuk tanaman padi menurun sebesar 20% dalam rentang waktu 1990-2009. Perubahan perilaku curah hujan yang menyebabkan pergeseran musim kemarau dan hujan menyebabkan pola tanam padi saat ini tidak sesuai lagi seperti pada masa-masa sebelumnya. Dalam upaya menyikapi perubahan iklim, mitigasi perubahan iklim yang bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dan upaya mitigasi dapat dilakukan melalui penggunaan varietas rendah emisi, penggunaan pupuk organik, serta penyesuaian teknik budidaya melalui pengelolaan air dan lahan serta mensosialisasikan pentingnya asuransi pertanian dalam mengurangi kerugian petani akibat perubahan iklim sangat perlu diintensifkan.

**Kata Kunci:** Perubahan Iklim, Pertanian, Mitigasi, Adaptasi

### **THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE AGRICULTURAL SECTOR IN BALI PROVINCE**

#### **ABSTRACT**

Climate change is an unavoidable thing due to global warming which has a wide impact on various aspect of life. Changes of rainfall patterns, increas of the frequency of extreme climate and an increase in air and sea levels are serious impacts of climate change that will affect the agricultural sector. For Indonesia, the threat of climate change will have a serious impact on achieving sustainable development targets. For the Bali Province, climate change causes disruption of water supply for

various sectors, including agriculture sector. This is indicated by the decrease of land area that was very suitable for paddy rice until 20% as long in the period 1990-2009. Due to changes in rainfall by climate change, the current cropping pattern of rice must also be adjusted. In an effort to address climate change, can be done through the plant of low emission varieties, use of organic fertilizers, adjusting cultivation techniques through water and land management and socializing the importance of agricultural insurance for reducing farmers' risk due to climate change.

**Keywords:** Climate change, agriculture, mitigation, adaptation

## PENDAHULUAN

Perubahan iklim (*climate change*) adalah kondisi beberapa unsur iklim yang *magnitude* dan atau intensitasnya cenderung berubah atau menyimpang dari dinamika dan kondisi rata-rata. Penyebab utama perubahan iklim adalah kegiatan manusia (antropogenik) yang berkaitan dengan meningkatnya emisi GRK. Perubahan iklim yang terjadi akibat emisi atau pelepasan gas rumah kaca semakin hari makin mengancam kehidupan umat manusia dan keanekaragaman hayati di muka bumi. Tanda-tanda fenomena ini semakin dirasakan, sebagaimana yang dialami Indonesia sebagai negara kepulauan, yang sangat rentan terhadap perubahan iklim karena telah menyebabkan berbagai bencana, seperti: banjir, longsor, kemarau panjang, angin kencang dan gelombang air laut tinggi. Ancaman bencana bahkan dapat terjadi dalam intensitas yang lebih besar dan secara langsung dirasakan, misalnya pada masyarakat petani dan nelayan serta pada masyarakat yang tinggal di pesisir, pedesaan, maupun perkotaan. Dampak lebih luasnya tidak saja merusak lingkungan tetapi juga membahayakan kesehatan manusia, mengganggu ketersediaan bahan pangan, kegiatan pembangunan ekonomi, pengelolaan sumberdaya alam, dan infrastruktur. Hal ini akan

dapat menjadi ancaman terhadap keberhasilan pencapaian pembangunan sosial ekonomi Indonesia.

Komunitas internasional meyakini bahwa saat ini perubahan iklim telah dan sedang terjadi dan berdampak luas terhadap kehidupan manusia. Salah satu landasan ilmiah penting yang membahas isu perubahan iklim adalah laporan penilaian keempat (*Fourth Assessment Report, AR4*), yang diterbitkan oleh Panel antar Pemerintah mengenai Perubahan Iklim (*Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC*) pada tahun 2007. Laporan tersebut menegaskan peran kontribusi kegiatan manusia (faktor antropogenik) dalam meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer yang mempercepat laju kenaikan temperatur global (*global warming*) serta diyakini telah mengakibatkan perubahan iklim di berbagai tempat. Laporan IPCC tahun 2018 kembali menegaskan peran kegiatan manusia dimasa lalu dan saat ini terhadap peningkatan gas rumah kaca (GRK) yang menyebabkan kenaikan temperatur global. Saat ini, laju peningkatan temperatur permukaan rata-rata global telah mencapai 1°C di atas masa pra-industri dan diperkirakan akan mencapai 1,5 °C antara tahun 2030 dan 2052, apabila kondisi laju

peningkatan GRK masih sama seperti masa sekarang (IPCC, 2018). Berdasarkan hasil inventori GRK yang dilakukan oleh UNFCCC (2006), Indonesia berada dalam urutan ke-16 dari 20 negara penyumbang emisi GRK terbesar di dunia, dengan Amerika Serikat sebagai penyumbang emisi terbesar disusul oleh negara-negara Eropa Barat dan China. Emisi GRK yang dihasilkan oleh berbagai negara di dunia diprediksi akan terus bertambah pada masa mendatang karena meningkatnya kebutuhan akan pangan, penggunaan lahan marginal, peningkatan konsumsi daging, dan kebijakan perdagangan internasional yang menyebabkan peningkatan penggunaan energi untuk transportasi.

#### **EMISI GRK SEKTOR PERTANIAN**

Di tingkat dunia, sektor pertanian menyumbang sekitar 14% dari total emisi pada tahun 2000. Sektor pertanian melepaskan emisi GRK ke atmosfer dalam jumlah yang cukup signifikan, yaitu berupa CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O (Paustian *et al.* 2004). CO<sub>2</sub> sebagian besar dilepaskan dari proses pembusukan oleh mikroba, pembakaran serasah tanaman, dan dari bahan organik tanah (Janzen 2004; Smith 2004). Sumber emisi tertinggi sektor pertanian berasal dari penggunaan pupuk, peternakan, lahan sawah, limbah ternak, dan pembakaran sisa-sisa pertanian (WRI 2005). Emisi dari kegiatan produksi padi dan pembakaran biomassa sebagian besar merupakan kontribusi dari negara berkembang, yaitu masing-masing 97% dan 92%, di mana emisi metana (CH<sub>4</sub>) dari padi umumnya berasal dari Asia Selatan dan Asia Timur (82%). Metana dihasilkan apabila dekomposisi bahan

organik terjadi pada kondisi kekurangan oksigen, terutama pada proses fermentasi pencernaan ruminansia, kotoran ternak, dan lahan sawah (Mosier 2001). N<sub>2</sub>O dihasilkan dari transformasi mikroba pada tanah dan kotoran ternak dan meningkat apabila ketersediaan nitrogen melebihi kebutuhan tanaman, terutama pada kondisi basah (Smith dan Conen 2004)

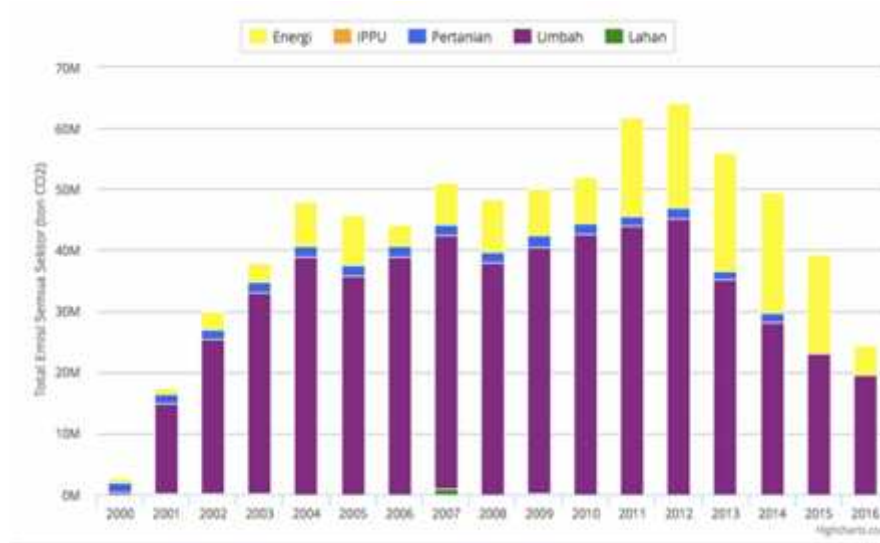
Menurut US-EPA (2006), emisi sektor pertanian Indonesia pada tahun 2005 mencapai 141 juta ton karbon ekuivalen (Mt CO<sub>2</sub>e). Dibandingkan dengan negara lain seperti Amerika Serikat yang mencapai 442 Mt CO<sub>2</sub>e, China 1.171 Mt CO<sub>2</sub>e, Brasil 598 Mt CO<sub>2</sub>e, dan India 442 Mt CO<sub>2</sub>e pada tahun yang sama, emisi dari sektor pertanian Indonesia termasuk kecil. Hasil inventori GRK Indonesia dari *Second National Communication* (UNDP Indonesia 2009) menunjukkan kontribusi emisi sektor pertanian jauh lebih rendah, yaitu 51,20 Mt CO<sub>2</sub>e atau hanya 8 % dari total emisi Indonesia (436,90 Mt CO<sub>2</sub>e), tidak termasuk emisi dari degradasi hutan, kebakaran gambut, dan dari drainase lahan gambut.

Perubahan iklim merupakan hal yang tidak dapat dihindari akibat pemanasan global dan akan berdampak luas terhadap berbagai aspek kehidupan, termasuk sektor pertanian. Hasil analisis global terhadap indeks perubahan iklim, yaitu nilai yang mengukur penyimpangan iklim di masa yang akan datang dengan kondisi yang terjadi saat ini, oleh Baettig *et al.* (2007) adalah sebesar 7 dan 8. Nilai ini memberikan arti bahwa Indonesia akan mengalami peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrim seperti banjir dan kekeringan pada

masa datang. Kondisi ini telah dirasakan oleh Indonesia berupa kejadian banjir dan kekeringan sehingga menyebabkan kerusakan tanaman padi sawah pada periode tahun 1989-2007 cukup signifikan. Perubahan pola curah hujan dan kenaikan suhu udara menyebabkan produksi pertanian menurun secara signifikan. Kejadian iklim ekstrem berupa banjir dan kekeringan menyebabkan tanaman yang mengalami puso semakin luas. Peningkatan permukaan air laut menyebabkan penciutan lahan sawah di daerah pesisir dan kerusakan tanaman akibat salinitas. Dampak perubahan iklim yang demikian besar memerlukan upaya aktif untuk mengantisipasinya melalui strategi

mitigasi dan adaptasi (Surmaini, *et all.* 2011).

Untuk Provinsi Bali, emisi GRK Provinsi Bali berasal dari 3 (tiga) bidang yaitu 1) berbasis lahan, 2) berbasis energi dan 3) pengelolaan limbah, dimana pada tahun 2010 emisi GRK mencapai sekitar 22,4 juta ton CO<sub>2</sub>-eq. Gambar 1 dibawah ini menggambarkan kontribusi per bidang untuk tahun 2017 di Provinsi Bali. Hasil proyeksi Business as Usual (BAU) Provinsi Bali tahun 2020 tanpa intervensi aksi mitigasi, bidang berbasis energi menempati porsi penyumbang emisi GRK terbesar sebanyak 86%, sedangkan bidang berbasis lahan dan limbah secara berturut-turut menyumbang 13% dan 1% dari total BAU 2020 di Provinsi Bali.



Gambar 1. Profil Emisi GRK Provinsi Bali

Sumber: BPPIKHL Jawa-Bali -Nusra, Sign Smart (2017)

### **DAMPAK PERUBAHAN IKLIM PADA SEKTOR PERTANIAN**

Meningkatnya suhu global diperkirakan akan menyebabkan banyak perubahan di permukaan bumi seperti ditunjukkan oleh

semakin meningkatnya intensitas fenomena cuaca yang ekstrim. Perubahan iklim merupakan salah satu ancaman yang sangat serius terhadap sektor pertanian dan potensial mendatangkan masalah baru bagi keberlanjutan produksi

pangan dan sistem produksi pertanian pada umumnya. Pertanian merupakan subsektor tanaman pangan dan hortikultura yang paling rentan terhadap perubahan pola curah hujan. Berdasarkan laporan DNPI (2013) sektor pertanian mengalami gangguan langsung akibat perubahan iklim. Perubahan iklim mengakibatkan peningkatan curah hujan di wilayah tertentu dan sekaligus kekeringan di tempat yang lain (Kusnanto, 2011). Hal ini berdampak bagi petani yang tidak lagi memprediksi musim tanam secara akurat. Tanaman hortikultura umumnya merupakan tanaman semusim yang relatif sensitif terhadap cekaman (kelebihan dan kekurangan) air. Secara teknis, kerentanan tanaman hortikultura sangat berhubungan dengan sistem penggunaan lahan, sifat tanah, pola tanam, teknologi pengelolaan tanah, air, tanaman, dan varietas. Oleh sebab itu, kerentanan tanaman hortikultura terhadap pola curah hujan akan berimbas pada luas areal tanam, produktivitas dan kualitas hasil. Kejadian iklim ekstrim, terutama El-Nino atau La-Nina, antara lain menyebabkan: (a) kegagalan panen, penurunan indeks pertanaman (IP) yang berujung pada penurunan produktivitas dan produksi, (b) kerusakan sumberdaya lahan pertanian, (c) peningkatan frekuensi, luas, dan bobot/intensitas kekeringan, (d) peningkatan kelembaban, dan (e) peningkatan intensitas gangguan organisme pengganggu tanaman (OPT).

Penelitian yang dilakukan oleh Santoso (2016) di Maluku menunjukkan bahwa kedelai merupakan komoditas yang paling sensitif terhadap perubahan iklim karena memiliki dampak penurunan

produksi sebesar 10,7% pada kondisi El Nino dan sebesar 11,4 % pada kondisi La Nina. Padi sawah yang umumnya diusahakan pada lahan basah, mengalami pengaruh penurunan produksi 2,9% pada saat El Nino dan sebaliknya terjadi peningkatan produksi 2,4% pada saat La Nina. Jagung mendapatkan pengaruh penurunan produksi 7,4% pada saat El Nino dan peningkatan produksi 3,9% pada saat La Nina. Ubi jalar adalah tanaman yang paling toleran terhadap perubahan iklim karena memperoleh dampak peningkatan produksi 2,5% pada kondisi El Nino. Terkait dengan pemahaman petani terhadap perubahan iklim, hasil penelitian Negara (2016) menunjukkan bahwa pengetahuan petani stroberi tentang perubahan iklim di Desa Pancasari terkategori tinggi (skor 3,81) ditinjau dari parameter pengertian perubahan iklim, sumber informasi perubahan iklim, bentuk perubahan iklim yang dirasakan, dan dampak perubahan iklim terhadap perkebunan stroberi. Terdapat hubungan positif tingkat pengetahuan petani tentang perubahan iklim terhadap adaptasi budidaya stroberi di Desa Pancasari.

Hasil penelitian Peng *et al.* (2004), setiap kenaikan suhu minimal 1°C akan menurunkan hasil tanaman padi sebesar 10%. Matthews *et al.* (1997) menunjukkan bahwa kenaikan suhu 1°C akan menurunkan produksi 5-7%. Penurunan tersebut disebabkan berkurangnya pembentukan *sink*, lebih pendeknya periode pertumbuhan, dan meningkatnya respirasi (Matthews dan Wassman 2003). Kenaikan permukaan air laut juga berdampak serius pada sektor pertanian. Dampak paling nyata adalah penciptaan lahan pertanian di

pesisir pantai (Jawa, Bali, Sumatera Utara, Lampung, Nusa Tenggara Barat, dan Kalimantan), kerusakan infrastruktur pertanian, dan peningkatan salinitas yang merusak tanaman (Las 2007).

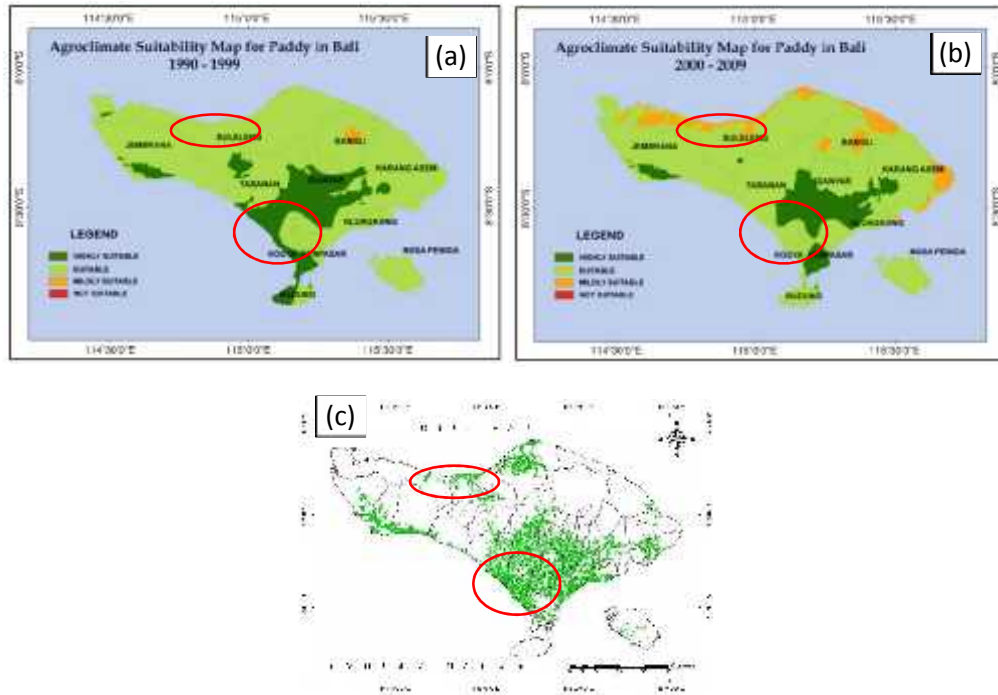
Potensi kehilangan luas lahan sawah akibat naiknya permukaan air laut berkisar antara 113.000-146.000 ha, lahan kering areal tanaman pangan 16.600-32.000 ha, dan lahan kering areal perkebunan 7.000-9.000 ha. Menjelang tahun 2050, tanpa upaya adaptasi perubahan iklim secara nasional, diperkirakan produksi tanaman pangan strategis akan menurun 20,30-27,10% untuk padi, 13,60% untuk jagung, 12,40% untuk kedelai, dan 7,60% untuk tebu dibandingkan produksi tahun 2006. Potensi penurunan produksi padi tersebut terkait dengan berkurangnya lahan sawah di Jawa seluas 113.003-146.473 ha, di Sumatera Utara 1.314-1.345 ha, dan di Sulawesi 13.672-17.069 ha (Handoko *et al.* 2008).

Beberapa kajian ilmiah yang dilakukan di Provinsi Bali dari data observasi lapangan menunjukkan adanya indikasi perubahan iklim di Provinsi Bali. Hasil studi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG; 2010) menunjukkan bahwa pola curah hujan di Provinsi Bali telah berubah berdasarkan data tahun 1951 sampai 2010 (50 tahun), dimana pada beberapa tempat di Bali awal musim hujan dan kemaraunya lebih maju atau mundur dibandingkan dengan kondisi normalnya. Menurut Takama *et al.* (2017) variabilitas hujan di Bali memang sangat tinggi, dimana saat curah hujan menurun secara signifikan akan menyebabkan musim hujan yang kering dan sebaliknya saat curah hujan meningkat secara

signifikan juga diikuti oleh kondisi musim kemarau yang lebih basah. Kondisi tersebut menyebabkan terganggunya suplai air untuk berbagai sector termasuk pertanian. Lebih lanjut, hasil studi Prasetya dan Novianti (2011) juga menunjukkan bahwa lahan yang sangat sesuai secara agroklimat untuk tanaman padi di Provinsi Bali telah menurun sebesar 20% antara rentang waktu 1990-1999 dan 2000-2009 (Gambar 2(a) 2(b) dan 2 (c)), dimana yang dominan disebabkan oleh perubahan curah hujan. Studi tersebut juga mengindikasikan bahwa pada rentang waktu tahun 1970 sampai 2000 curah hujan saat musim hujan berubah sebesar 46% dan 54% saat musim kemarau. Di wilayah Tabanan selatan yang merupakan salah satu sentra padi bagi Provinsi Bali kesesuaian agroklimatnya menurun dari sangat sesuai menjadi sesuai, sedangkan di wilayah Kecamatan Seririt yang merupakan salah satu sentra padi untuk wilayah utara Bali kesesuaian agroklimatnya juga menurun dari sesuai menjadi sesuai marginal. Perubahan kesesuaian tersebut menyebabkan meningkatnya tingkat kerentanan sektor pertanian, khususnya budidaya padi, terhadap perubahan iklim di Provinsi Bali. Penelitian lain yang dilakukan oleh As-syakur *et al.* (2017) juga mengindikasikan bahwa anomaly iklim seperti El Nino juga berdampak terhadap produktivitas pertanian di Provinsi Bali. Hasil studi mereka memperlihatkan bahwa kejadian El Nino tahun 2015 mengakibatkan penurunan curah hujan tahunan yang mencapai 30,39% dan menyebabkan sebagian besar wilayah kabupaten/kota di Provinsi Bali mengalami kekeringan pertanian

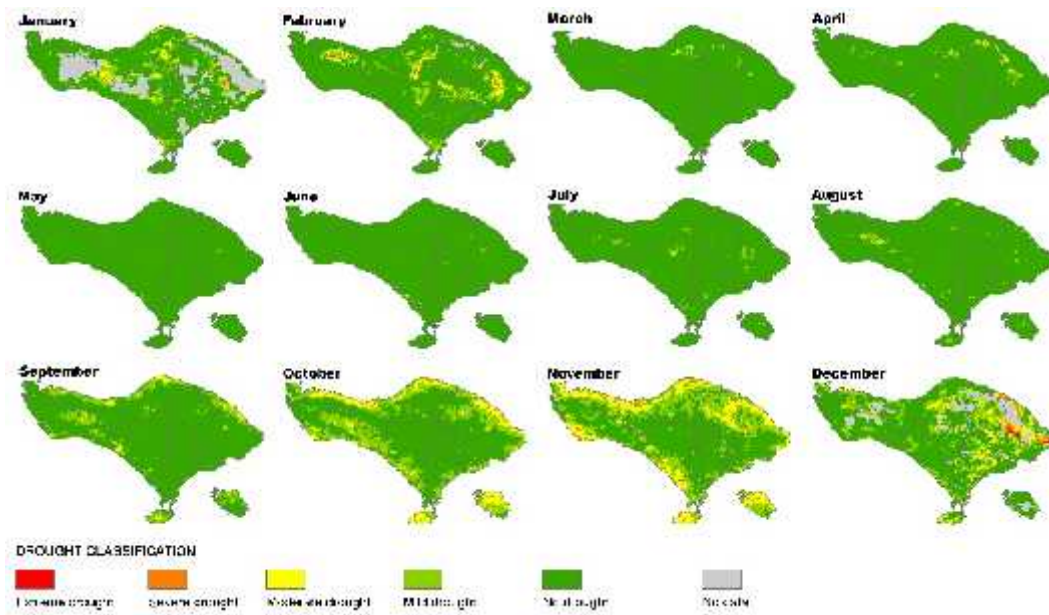
(yang terlihat dari nilai indeks kesehatan tanaman) dengan intensitas rendah sampai ekstrim, dimana wilayah pesisir adalah wilayah yang paling luas mengalami kekeringan

(Gambar 3). Kekeringan tersebut berdampak pada penurunan produksi tanaman pangan dan sayur-sayuran sebesar 8,67% dan 2,94%.



Gambar 2. Peta Wilayah Kesesuaian Agroklimat Untuk Tanaman Padi di Provinsi Bali pada rentang waktu tahun (a) 1990-1999 dan (b) 2000-2009. (c) sebaran areal lahan sawah berdasarkan hasil analisis data penginderaan jauh MODIS tahun 2008 (Jayanti et al., 2012)

Keterangan: warna hijau tua menunjukkan wilayah yang sangat sesuai untuk tanaman padi (Prasetya dan Novianti, 2011).



Gambar 3. Pola spasial bulanan kelas kekeringan di Provinsi Bali berdasarkan nilai indeks kesehatan tanaman (vegetation Health index (VHI)) selama tahun kejadian El Niño 2015 (As-syakur et al., 2017)

Berdasarkan kajian dan proyeksi yang dilakukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Jepang (MOEJ) bekerjasama dengan Bappenas (2018), beberapa sektor penting yang menjadi tulang punggung PDRB Provinsi Bali akan mengalami dampak yang cukup serius akibat perubahan iklim. Hasil identifikasi perubahan iklim yang terjadi di Provinsi Bali diperkirakan kedepannya, yakni tahun 2030 akan lebih banyak hujan di musim hujan dan sedikit air di musim kemarau. Musim kemarau akan semakin panjang yaitu sampai bulan Oktober dan jumlah hari hujan yang lebat ( $> 15$  mm/hari) juga mengalami kecenderungan penurunan. Di sisi lain, kenaikan suhu akibat perubahan iklim diperkirakan konstan yaitu  $1^{\circ}\text{C}$  serta ada peningkatan jumlah hari yang bersuhu ekstrem (di atas  $36^{\circ}\text{C}$ ). Kondisi tersebut akan meningkatkan potensi kejadian banjir dan kekeringan dan berdampak pada beberapa sektor diantaranya adalah

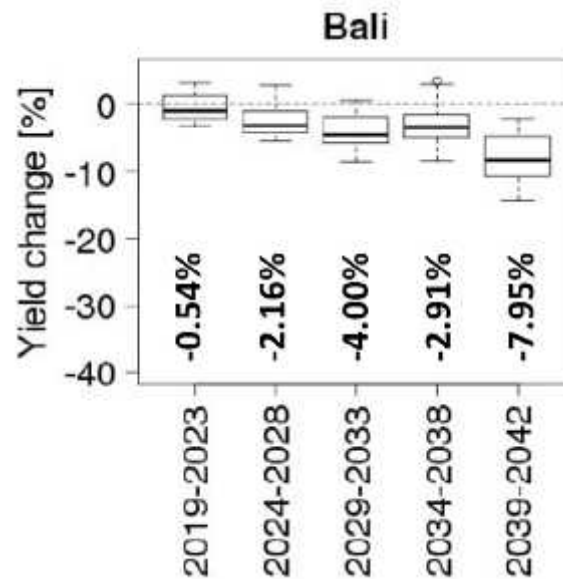
sumber daya air, penurunan produktivitas pertanian, menurunnya produksi perikanan, serta menurunkan daya tahan tubuh manusia.

Kajian MOEJ (2018) tersebut mengaskan bahwa sumberdaya air dan ketersediaan air bersih akan menjadi masalah yang cukup serius di masa yang akan datang. Dengan semakin tingginya jumlah hujan saat musim hujan dan semakin panjangnya musim kemarau, maka potensi bencana banjir dan longsor saat musim hujan dan potensi bencana kekeringan saat musim kemarau akan semakin meningkat. Disisi lain, tingginya perbedaan jumlah hujan pada kedua musim menyebabkan tingginya surplus air pada musim hujan dan defisit air bersih saat musim kemarau yang berdampak pada distribusi air kepada penduduk, wisatawan dan sektor-sektor lain yang membutuhkan air. Pada sektor pertanian, perubahan iklim dapat menyebabkan potensi



penurunan kualitas bulir padi. Selain itu, perubahan iklim juga berpotensi menurunkan produktivitas padi di Bali sebesar 0.54% (rentang waktu 2019-2023) dan memiliki kecenderungan penurunan yang lebih besar, yaitu menurun 7,95% pada rentang waktu 2039-2042 (Gambar 5).

Penurunan kualitas bulir padi disebabkan oleh suhu udara yang semakin hangat akibat pemanasan global, sementara itu menurunnya produktivitas padi disebabkan oleh pergeseran musim yaitu semakin panjangnya musim kemarau.



Gambar 4. Proyeksi Perubahan Produksi Padi Tahun 2019-2042 Sebagai Dampak Perubahan Iklim.

### REKOMENDASI

Perubahan perilaku curah hujan yang menyebabkan pergeseran musim kemarau dan hujan menyebabkan pola tanam padi saat ini tidak sesuai lagi seperti pada masa-masa lalu. Pada kondisi iklim ekstrem kering, ketersediaan air irigasi menjadi terbatas sehingga menyebabkan produksi menurun karena puso. Pada musim hujan yang ekstrim basah, dimana terjadi genangan banjir juga akan menurunkan produksi. Oleh karena itu, kebutuhan prediksi curah hujan yang akurat yang disertai dengan sosialisasi pergeseran musim tanam di waktu yang tepat akan sangat dibutuhkan di masa yang akan datang untuk meminimalisir

kegagalan panen akibat dampak perubahan iklim.

Mitigasi perubahan iklim yang bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dari lahan pertanian serta juga dari sisi mitigasi dapat dilakukan melalui penggunaan varietas rendah emisi, penggunaan pupuk organik, serta penyesuaian teknik budidaya melalui pengelolaan air dan lahan yang dapat menurunkan emisi GRK.

Perubahan iklim yang terjadi perlu disikapi dengan meningkatkan konsolidasi dan koordinasi antar stakeholder atas penyebab maupun dampaknya bagi manusia dan lingkungan. Khusus kepada petani,

peranan asuransi pertanian perlu lebih disosialisasikan lagi dalam upaya menghindari kerugian petani karena kegagalan panen akibat perubahan iklim baik karena kekeringan maupun serangan hama penyakit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- As-syakur, A.R., Nuarsa, I.W., dan Osawa, T. (2017). Impacts of El Nino on Agricultural Drought in Bali, Indonesia. In Proceedings of the 19th Symposium on Remote Sensing for Environment, Chiba, Japan, 16 February 2017.
- Baettig, M.B., M. Wild, and D.M. Imboden. 2007. A Climate Change Index: Where Climate Change May Be Most Prominent in The 21<sup>st</sup> Century.
- Boer, R. 2007. Fenomena Perubahan Iklim: Dampak dan Strategi Menghadapinya. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan dan Lingkungan Pertanian, Bogor, 7-8 November 2007. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- DNPI. 2013. *Perubahan Iklim dan Tantangan Peradaban Bangsa Lima Tahun DNPI 2008-2013*. Jakarta: DNPI.
- Handoko, I., Y. Sugiarto, dan Y. Syaukat. 2008. Keterkaitan Perubahan Iklim dan Produksi Pangan Strategis: Telaah kebijakan independen dalam bidang perdagangan dan pembangunan. SEAMEO BIOTROP untuk Kemitraan.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, and C.E. Hanson (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge.
- Janzen, H.H. 2004. Carbon cycling: A Measure of Ecosystem – A Soil Science Perspective. *Agric. Ecosyst. Environ.*
- Jayanti, I. A. G. K., Osawa, T., Adnyana, I. W. S., Tanaka, T., Nuarsa, I. W., & As-syakur, A. R. (2012). Multitemporal MODIS Data to Mapping Rice Field Distribution in Bali Province of Indonesia Based on the Temporal Dynamic Characteristics of the Rice Plant. *Earth Science Research*, 1(1).
- Kusnanto, Hari. 2011. *Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim*. Yogyakarta: BPFE.
- Kementerian Dalam Negeri, Bappenas, KLH, Republik Indonesia. 2014. Potret Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisis Gas Rumah Kaca (RAD-GRK). Versi Januari 2014.
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas. Republik Indonesia 2014. Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API).
- Las, I. 2007. Menyiasati Fenomena Anomali Iklim bagi Pemantapan Produksi Padi Nasional pada Era Revolusi Hijau Lestari. *Jurnal Biotek-LIPI*. Naskah Orasi Pengukuhan Profesor Riset Badan Litbang Pertanian, Bogor, 6 Agustus 2004.
- Matthews, R.B. and R. Wassman. 2003. Modelling the Impact of Climate Change and Mmethane Reduction on Rice Production: A review. *Eur. J. Agron.*

The Ministry of the Environment Japan (MOEJ) dan BAPPENAS. 2018. Kerjasama mengenai Kajian Dampak Perubahan Iklim untuk Perencanaan Adaptasi Lokal di Republik Indonesia. Disampaikan Dalam Transitional Workshop, Agustus 2018. Denpasar.

The University of Tokyo, National Institute for Environmental Studies, Ibaraki University, Nippon Koei, Udayana University, and IPB Supported by

Mosier, A.R. 2001. Exchange of gaseous nitrogen compound between agricultural system and the atmosphere. *Plant Soil*.

Negara, Kadek Ryan Surya, 2015. Hubungan Tingkat Pengetahuan Petani Tentang Perubahan Iklim Dengan Adaptasi Budidaya Stroberi Di Desa Pancasari, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng. *Thesis*. Program Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Udayana.

Peng, S., J. Huang, J.E. Sheelhy, R.C. Laza, R.M. Visperas, X. Zhong, G.S. Centeno, G.S. Khush, and K.G. Cassman. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*.

Prasetya, R., and Novianti, R. (2011). Agroclimate Suitability Map for Paddy in Bali. In sub-joint coordination committee meeting of project for capacity development for climate change strategies in Indonesia: subproject 2 – vulnerability assessment, 16–18 Mar 2011.

Putra, (2017). Profil Emisi Gas Rumah Kaca, Kerentanan Perubahan Iklim dan Kerawanan Kekakaran Hutan dan

Lahan Provinsi Bali. Balai Pengendalian Perubahan Iklim Dan Kebakaran Hutan dan Lahan (BPPKHL) Wilayah Jawa Bali dan Nusa Tenggara

Santoso, A. Budi. 2016 Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Produksi Tanaman Pangan di Provinsi Maluku. *Jurnal Penelitian Tanaman Pangan* Vo. 35 No. 1 2016.

Smith, K.A. and F. Conen. 2004. Impact of land management on fluxes of trace greenhouse gases. *Soil Use Manag.* (20): 255–263.

Surmaini, E., Rakman, dan R. Boer. 2008. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produksi Padi: Studi Kasus Pada Daerah Dengan Tiga Ketinggian Berbeda. *Prosiding Seminar Nasional dan Dialog Sumberdaya Lahan Pertanian*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.

Takama, T., Aldrian, E., Kusumaningtyas, S. D., & Sulistya, W. (2017). Identified Vulnerability Contexts for A Paddy Production Assessment with Climate Change in Bali, Indonesia. *Climate and Development*, 9(2).

UNDP Indonesia. 2009. Indonesian National Greenhouse GAS Inventory under the UNFCCC: Enabling activities for the preparation of Indonesia's Second National Communication to the UNFCCC. United Nations Development Programme (UNDP) Indonesia, Jakarta.

US-EPA (United States Environmental Protection Agency). 2006. Global Anthropogenic Non-CO2 Greenhouse Gas Emission: 1990–2020. EPA 430-

R-06-003, June 2006. Washington  
D.C.

WRI. 2005. Navigating the number.  
World Resources Institute (WRI),  
Washington, D.C.