

DAMPAK PERUBAHAN IKLIM DAN STRATEGI ADAPTASI TANAMAN BUAH DAN SAYURAN DI DAERAH TROPIS

Climate Change Impact and Adaptation Strategy for Vegetable and Fruit Crops in the Tropic Region

Yeli Servina

Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
Jalan Tentara Pelajar No. 1A Cimanggu Bogor 16111
Telp. (0251) 8312760, Faks. (0251) 8312760
Email: ysvina@yahoo.com/yelisarvina@pertanian.go.id

Diterima: 25 November 2018; Direvisi: 18 Juni 2019; Disetujui: 11 September 2019

ABSTRAK

Perubahan iklim berdampak negatif terhadap pertanian di daerah tropis. Selama ini penelitian dampak perubahan iklim terhadap pertanian lebih banyak dilakukan pada tanaman pangan, sementara pada tanaman hortikultura, khususnya sayuran dan buah-buahan masih terbatas. Tulisan ini merupakan tinjauan tentang proyeksi dampak perubahan iklim di Indonesia yang meliputi curah hujan, suhu udara, dan iklim ekstrim terhadap produksi tanaman buah dan sayuran, di samping berbagai upaya adaptasi yang telah dilakukan dan tantangan pembangunan hortikultura ke depan. Perubahan iklim pada tanaman sayuran dan buah-buahan terbukti menurunkan kuantitas dan kualitas produksi, munculnya hama penyakit baru, meningkatnya serangan hama dan penyakit, gagal panen, penurunan kapasitas air irigasi, perubahan kesesuaian lahan dan tanaman. Beberapa langkah adaptasi yang sudah dilakukan yaitu penyesuaian sistem usaha tani yang meliputi penggunaan varietas toleran cekaman lingkungan, penyesuaian waktu tanam, penggunaan teknik irigasi hemat air, pengembangan teknologi pencarian sumber daya air baru, penggunaan rumah kaca/rumah plastik, peningkatan kemampuan petani dan penyuluh dalam memahami perubahan iklim melalui sekolah lapang. Ke depan masih perlu dilakukan kajian proyeksi iklim dengan berbagai skenario dan berbagai *Global circular model* (GCM) serta kajian dampak perubahan iklim terhadap tanaman sayur dan buah unggulan melalui pengembangan pemodelan sistem usaha tani. Informasi proyeksi dampak perubahan iklim diperlukan sebagai upaya adaptasi dan perencanaan pembangunan pertanian yang dikaitkan dengan perubahan iklim.

Kata kunci: Buah-buahan, sayuran, perubahan iklim, global circular model, adaptasi

ABSTRACT

Climate change has significant negative impact on agriculture in tropical region. In recent years, research on climate change has focused mainly on food crops while horticultural crops have received little attention. This paper is an overview of Indonesian future climate projection for precipitation, temperature and extreme climate, climate change impact and adaptation strategies on vegetable and fruit crops and future challenge for horticultural development under climate change. The climate change will

decrease crop productivity and quality, increase the incidence of new pest and disease, and the outbreaks on vegetable and fruit crops. Further climate change will disrupt water availability, alter climate-crop suitability and cause crop failure due to extreme climate. Several adaptation measures have been developed in farming system, among other adjustment of planting time, using resistant varieties to environmental stresses, adopting irrigation technology for efficient water use, using green house and increasing farmers and extension service capacity through climate field school. For future research it is necessary to assess climate projections with several scenarios and Global Circular Models (GCMs) and their impact on future vegetable and fruits crops by developing crop modeling which should be given a priority of in agriculture. This information crucially needed for adaptation strategy and a long term agricultural planning in the future.

Keywords: Vegetable, fruit, climate change, global circular model, adaptation

PENDAHULUAN

Produk hortikultura umumnya merupakan komoditas penting karena memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap devisa negara. Hal ini dibuktikan oleh beberapa indikator makro, antara lain pendapatan domestik bruto (PDB), jumlah rumah tangga yang terlibat dalam usaha tani, dan nilai tukar petani (NTP). Pada tahun 2017 PDB produk hortikultura mencapai Rp 134,821 milyar (Kementerian Pertanian 2018), dengan jumlah rumah tangga usaha pertanian 10,6 juta (BPS 2014), dan NTP 101,35 pada akhir tahun 2018 (BPS 2019).

Komoditas hortikultura meliputi tanaman semusim dan tanaman tahunan. Sampai saat ini, Kementerian Pertanian mencatat 323 jenis tanaman hortikultura yang terdiri atas 60 jenis buah-buahan, 80 jenis sayuran, 66 jenis biofarmaka (tanaman obat), dan 117 jenis tanaman hias (florikultura) (Direktorat Jenderal Hortikultura 2015). Namun baru sekitar 90 jenis komoditas hortikultura yang terdata pada statistik pertanian. Berdasarkan tingkat kepentingannya, komoditas hortikultura dibagi ke dalam

tiga kelompok, yaitu komoditas utama, komoditas penyangga, dan komoditas rintisan. Kementerian Pertanian telah menetapkan beberapa komoditas utama dan unggulan hortikultura yaitu cabai, bawang merah, kentang, jeruk, mangga, manggis, salak, pisang, durian, jahe, anggrek dan krisan.

Tingkat kesadaran masyarakat akan pentingnya produk hortikultura makin meningkat, tidak hanya sebagai bahan pangan tetapi juga memberikan manfaat untuk kesehatan, kecantikan, estetika dan kelestarian lingkungan. Peningkatan permintaan terhadap produk hortikultura juga terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Untuk dapat memenuhi permintaan pasar perlu diupayakan peningkatan produktivitas komoditas hortikultura secara berkelanjutan. Namun pembangunan pertanian hortikultura dihadapkan pada berbagai tantangan dan masalah, salah satunya perubahan iklim.

Tanaman hortikultura dibudayakan pada berbagai agroekosistem di perdesaan maupun di pinggiran perkotaan (*peri-urban farming*), baik di dataran tinggi maupun dataran rendah. Mengingat macam komoditas hortikultura sangat beragam dan dibudidayakan di hampir semua agroekosistem, maka kajian dampak perubahan iklim terhadap komoditas ini sangat diperlukan dalam upaya peningkatan produktivitas dan keberlanjutan sistem produksi.

Perubahan iklim memicu perubahan lingkungan yang menyebabkan berubahnya respon tanaman. Menurut Direktorat Perlindungan Hortikultura (2014), pada tahun 2010 terjadi fenomena iklim La-Niña dengan intensitas sedang, sehingga mengganggu produktivitas sayur-sayuran dan buah-buahan di Indonesia. Produksi buah-buahan saat itu menurun 35–75% dan produksi sayuran turun 20–25% dari kondisi iklim normal. Akibatnya, terjadi kelangkaan kedua produk penting tersebut yang memicu kenaikan harganya di pasar.

Selama ini kajian dampak perubahan iklim di Indonesia lebih terfokus pada tanaman pangan, sedangkan pada komoditas hortikultura masih sangat terbatas (Hutabarat *et al.* 2012). Penyusunan strategi khusus diperlukan untuk meminimalkan dampak perubahan iklim yang telah menyebabkan kerugian dan kehilangan hasil pertanian.

Makalah ini merupakan tinjauan proyeksi perubahan iklim Indonesia yang meliputi curah hujan, suhu udara dan iklim ekstrim, serta dampak perubahan iklim terhadap komoditas hortikultura, khususnya buah buahan dan sayuran.

PROYEKSI PERUBAHAN IKLIM INDONESIA

Proyeksi Perubahan Iklim

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) adalah lembaga khusus yang bertugas mengkaji

perubahan iklim dan dampaknya terhadap sosial ekonomi. IPCC merupakan gabungan *World Meteorological Organization* (WMO) dan *United Nations Environment Programme* (UNEP). IPCC mengeluarkan *Assessment report* yang berisi perkembangan hasil penelitian terkini terkait perubahan iklim yang meliputi penyebabnya, potensi dampak, dan strategi yang perlu dilakukan. Publikasi IPCC secara global telah dijadikan referensi oleh para peneliti iklim, pengambil kebijakan, dan kalangan ilmiah terkait.

Untuk melihat proyeksi iklim ke depan digunakan berbagai model iklim yang dikenal sebagai *Global Circular Model* (GCM) dan disimulasi dengan berbagai skenario proyeksi. Berbagai lembaga iklim dunia telah mengeluarkan GCM yang tergabung dalam *Couple Model Intercomparison Project Phase 5* (CMIP5). Sampai saat ini multimodel CMIP5 terdiri atas 28 pusat pemodelan iklim dan 40 GCM.

Pada tahun 1992 IPCC mengeluarkan skenario proyeksi IS92. Ini merupakan skenario global pertama yang mengestimasi gas rumah kaca. Pada tahun 1996 IPCC memutuskan untuk mengembangkan skenario emisi baru melalui *Special Report on Emissions Scenarios* (SRES). Skenario emisi ini digunakan sebagai input dalam *Assessment Report III dan IV*. Skenario SRES terbagi menjadi empat *storyline* yang disebut family A1, A2, B1, dan B2. Tiap *storyline* menampilkan perbedaan demografi, sosial, ekonomi, teknologi, dan pembangunan lingkungan (IPCC 2000). Pada *Assessment Report 5* (AR5) digunakan skenario baru yaitu *Representative Concentration Pathways* (RCP). Skenario ini didasarkan pada *radiative forcing* yang didefinisikan sebagai perbedaan energi yang diterima bumi dengan yang dipantulkan. Nilai *radiative forcing* yang makin besar menandakan energi yang masuk ke bumi makin banyak sehingga dapat memanaskan bumi. Hubungan antara konsentrasi CO₂ dan *radiative forcing* adalah logaritmik perubahan konsentrasi kecil yang dapat meningkatkan *radiative forcing*. Terdapat empat skenario RCP, yaitu RCP 2,6 (strategi mitigasi agresif), RCP 8,5 (business as usual), RCP 6,0 (menengah-tinggi), dan RCP 4,5 (menengah-rendah).

Proyeksi Suhu Udara, Curah Hujan, dan Iklim Ekstrim Indonesia

Indonesia Climate Change Sectoral roadmap (ICCSR) (2009) melaporkan suhu di Indonesia pada periode 2020–2050 diproyeksikan akan meningkat rata-rata 0,8–1,0°C. Peningkatan suhu udara di wilayah Jawa-Bali 2°C, 2,5°C dan 3°C masing-masing untuk skenario B1, A1B, dan A2. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan GCM dan skenario RCP, suhu udara di Indonesia meningkat dibandingkan periode 1980–2010 dimana pada periode 2011–2040 dengan skenario RCP 8,5 suhu udara diproyeksikan meningkat 0,8–0,6°C, dan pada tahun 2041 sekitar 1,6–1,8°C. (Faqih *et al.* 2016).

Akan halnya curah hujan, sebagian wilayah Indonesia diproyeksikan akan mengalami peningkatan dan sebagian lagi menurun. Wilayah yang diproyeksi mengalami peningkatan curah hujan adalah Sumatera dan Kalimantan bagian utara, Sulawesi dan sebagian besar Papua. Wilayah yang diproyeksi mengalami penurunan curah hujan ialah bagian selatan Sumatera dan Kalimantan, sebagian besar Jawa, Bali dan Nusa Tenggara (Faqih *et al.* 2016).

Awal musim hujan dan musim kemarau juga diproyeksikan berubah. Awal musim kemarau pada sebagian besar daerah Pulau Jawa lebih cepat, sedangkan awal musim hujan cenderung mundur. Pulau Jawa diproyeksikan mengalami musim kemarau yang lebih panjang dan musim hujan yang lebih pendek dibandingkan kondisi saat ini (Setyawardhana and Susandi 2015). Disamping perubahan awal musim, distribusi hujan bulanan diproyeksikan berubah dan berbeda antar wilayah (ICCSR[Indonesia Climate Change Sectoral roadmap] 2010). Tren perubahan distribusi curah hujan dapat dilihat pada Tabel 1.

Informasi unsur iklim lain yang sangat penting bagi pertanian ialah kebutuhan proyeksi iklim ekstrem. Iklim ekstrim telah menyebabkan kehilangan hasil pertanian yang sangat signifikan (Surmaini and Faqih 2016). Gustomy (2016) melaporkan peluang curah hujan ekstrim di Indonesia diproyeksikan cenderung meningkat di tinjau dari aspek intensitas, frekuensi maupun wilayah yang terdampak (Faqih *et al.* 2016).

DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP PRODUKTIVITAS TANAMAN

Perubahan iklim menyebabkan berubahnya kondisi lingkungan yang berdampak terhadap kurang optimalnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pada kondisi yang kurang optimum, pertumbuhan tanaman akan terganggu yang pada akhirnya menurunkan produksi dan kualitas hasil. Setiap tanaman membutuhkan kondisi iklim yang berbeda untuk dapat berproduksi optimal, sehingga perubahan iklim akan memberikan dampak yang berbeda pula terhadap setiap jenis tanaman. Jenis tanaman hortikultura cukup banyak sehingga sulit mengambil kesimpulan mengenai dampak perubahan iklim terhadap pertumbuhan dan produksi komoditas ini secara umum. Oleh karena itu dibutuhkan penelitian yang intensif dan komprehensif (Hutabarat *et al.* 2012).

Dampak perubahan iklim terhadap produksi komoditas hortikultura juga bergantung pada kondisi geografi dan intensitas perubahan iklim itu sendiri (Webb 2014). Untuk mengetahui dampak perubahan iklim terhadap komoditas hortikultura dibutuhkan informasi respons fisiologis pertumbuhan, perkembangan serta kualitas, produksi, dan produktivitas tanaman.

Dampak Perubahan Suhu Udara

Suhu udara adalah salah satu faktor iklim yang sangat mempengaruhi tanaman. Pengaruh suhu udara terhadap tanaman sudah banyak dikaji melalui fenologi yaitu ilmu tentang fase-fase pertumbuhan tanaman secara alami. Setiap tanaman memiliki karakter fenologi yang berbeda dan merupakan indikator penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Fenologi sangat dipengaruhi oleh suhu sehingga dapat dijadikan sebagai indikator sensitif dan akurat dalam mempelajari pengaruh perubahan iklim, terutama peningkatan suhu udara, terhadap pertumbuhan tanaman seperti pergeseran waktu berbunga dan sebagainya (Chmielewski *et al.* 2004; Tao *et al.* 2006; Cleland *et al.* 2007; Pau *et al.* 2011; Wang *et al.* 2017; Zhu *et al.* 2017).

Mengingat variasi spasial dan temporal suhu udara di Indonesia tidak terlalu besar maka kajian tentang fenologi jarang dilakukan. Kajian perubahan iklim dan fenologi tanaman lebih banyak dilakukan di negara-negara subtropis karena variasi suhu udara secara spasial dan temporal sangat tinggi. Kajian fenologi di Indonesia sangat penting untuk tanaman hortikultura yang berasal dari negara subtropis seperti kentang yang sangat sensitif terhadap suhu udara. Kajian fenologi di Indonesia juga penting untuk melihat proyeksi produksi tanaman pada masa yang akan datang karena suhu udara diproyeksikan meningkat. Namun penelitian tersebut sampai saat ini masih terbatas.

Beberapa penelitian menyebutkan telah terjadi perubahan fenologi tanaman sayuran akibat peningkatan suhu udara seperti pada komoditas salada (Pearson *et al.* 1997), kentang (Pulatov *et al.* 2015), dan kacang polong (Anwar *et al.* 2015). Di samping perubahan fenologi, peningkatan suhu juga menyebabkan perubahan morfologi tanaman. Handayani *et al.* (2013) melaporkan peningkatan suhu udara menyebabkan tanaman kentang tumbuh lebih tegak, batang memanjang, ukuran daun mengecil, dan permukaan umbi tidak teratur. Peningkatan suhu udara juga mempengaruhi kandungan gula, asam organik, dan kadar aktioksidan sayuran. (Moretti *et al.* 2010).

Salwati *et al.* (2013) meneliti model simulasi tanaman kentang pada tiga dataran tinggi di Indonesia. Penelitian bertujuan melihat pengaruh faktor iklim terhadap fenologi tanaman kentang melalui model simulasi dan validasi di lapang. Hasil penelitian menunjukkan model yang diteliti dapat mensimulasi proses dari setiap fase perkembangan tanaman, produksi biomassa dari masing-masing organ tanaman berupa akar, batang, daun, dan umbi, serta *leaf area indeks* (LAI) dan kadar air tanah sesuai dengan pengukuran di lapang. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan model simulasi dapat digunakan untuk melihat proyeksi produksi dan perencanaan budi daya tanaman pada masa yang akan datang.

Tabel 1. Tren perubahan curah hujan Indonesia 2070-2011 berdasarkan GCM dengan scenario A2.

Wilayah		Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jawa-Bali	Barat												
	Tengah												
	Timur												
	Bali												
Sumatera	Utara												
	Tengah-Utara												
	Tengah-Selatan												
	Selatan												
Sulawesi	Utara												
	Tengah												
	Selatan												
	Tenggara												
Kalimantan	Utara Bagian Barat												
	Selatan Bagian Barat												
	Utara Bagian Timur												
	Selatan Bagian Timur												
	Timur												
Maluku	Utara												
	Tengah												
	Barat												
	Selatan												
Nusa Tenggara	Barat												
	Tengah												
	timur												
	pulau Timor												
Papua	Barat												
	Tengah												
	Timur												
	Selatan												

Sumber : ICCSR[Indonesia Climate Change Sectoral roadmap] 2010.

□

Dampak lain peningkatan suhu udara ialah meningkatnya serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Kenaikan suhu udara juga mempengaruhi siklus hidup OPT, suhu yang tinggi akan mempercepat siklus hidupnya sehingga siklus regenerasinya sangat cepat (Forrest 2016; Nopsa *et al.* 2014). Lebih lanjut Susanti *et al.* (2011) mengkaji hama dominan pada budi daya bawang merah di Brebes, Jawa Barat, menggunakan data perkembangan OPT periode 1993–2009. Kajian ini menemukan adanya hama-hama dominan baru yang sebelumnya belum pernah muncul. Perubahan hama dominan diperkirakan disebabkan oleh peningkatan suhu udara. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Susilawati

(2004) yang juga melaporkan adanya hama-hama baru yang menyerang beberapa sayuran dataran rendah.

Fenologi buah-buahan seperti apel, cheri, pear dan bits mengalami perubahan akibat peningkatan suhu udara (Chmielewski *et al.* 2004). Hal yang sama juga dilaporkan pada tanaman anggur di berbagai belahan dunia (Pieri *et al.* 2012; Jones and Alves 2012; Webb *et al.* 2012; Ramos 2017; Primack *et al.* 2009; Guédon and Legave 2008).

Peningkatan suhu udara juga berdampak negatif terhadap kualitas buah. mempengaruhi kualitas apel di China (Qu and dan Zhou 2016), dan menyebabkan kerusakan pigmen warna buah-buahan di Jepang (Morinaga 2007). Suhu udara yang terlalu tinggi juga

dapat mempengaruhi kadar gula pada buah-buahan semusim seperti melon dan strawberry serta menurunkan kandungan vitamin C pada buah kiwi (Richardson *et al.* 2004).

Proses panen dan pascapanen buah-buahan seperti pengangkutan dan penyimpanan juga sangat dipengaruhi oleh suhu udara (Chandradewi 2014; Oramahi *et al.* 2009; Asgar and Mussadad 2008). Proses pemanen dan penyimpanan pada kondisi yang tidak tepat dapat mempercepat proses pembusukan buah. Pada kasus tertentu dapat merusak kandungan gizi buah. Proses pembusukan buah dapat terjadi karena perubahan suhu udara lebih parah terjadi di daerah tropika basah seperti Indonesia (Essonon *et al.* 2007).

Dampak Perubahan Curah Hujan

Variabilitas curah hujan Indonesia sangat tinggi, baik secara spasial maupun temporal. Secara ekonomi, perubahan intensitas dan frekuensi curah hujan sangat berpengaruh terhadap pertanian Indonesia. Dampak perubahan curah hujan nyata terhadap peningkatan serangan OPT pada tanaman sayuran (Susanti *et al.* 2015; Bande *et al.* 2015; Nurhayati and Situmorang 2008).

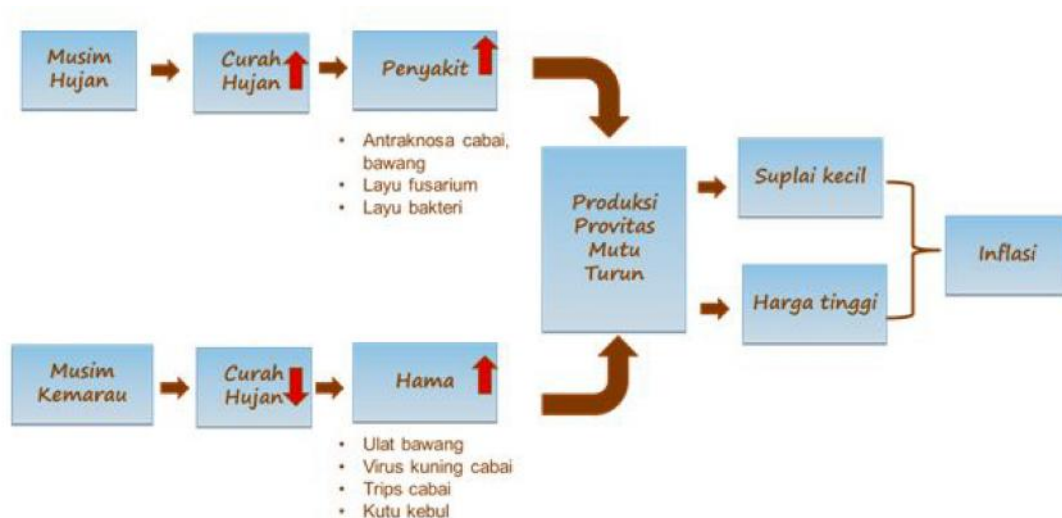
Direktorat Perlindungan Hortikultura (2015) menyatakan perubahan intensitas curah hujan memicu ledakan hama dan penyakit pada budi daya cabai dan bawang merah sehingga mempengaruhi laju inflasi di Indonesia (Gambar 1). Pada saat curah hujan tinggi, serangan penyakit meningkat di antaranya penyakit layu fusarium, layu bakteri, dan antraknosa cabai. Pada saat curah hujan rendah, serangan hama meningkat, di antaranya ulat bawang, virus kuning cabai, trips cabai, dan kutu kebul.

Ketersediaan air menentukan keberhasilan budi daya sayuran. Oleh karena itu, pada budi daya sayuran semusim, penentuan waktu tanam berdasarkan ketersediaan air menjadi penting. Falatehan and Rifqie (2008) menemukan perbedaan waktu tanam kubis di Kabupaten Bandung menyebabkan perbedaan produksi dan pendapatan petani. Tanaman kubis yang ditanam di awal musim hujan mampu berproduksi lebih tinggi dibandingkan dengan yang ditanam di tengah musim hujan. Hasil penelitian ini menunjukkan penyesuaian waktu tanam berdasarkan ketersediaan air yang bergantung pada curah hujan, sangat penting untuk mendapatkan hasil optimal.

Naura and Riana (2018) melakukan penelitian dampak perubahan iklim, dalam hal ini curah hujan pada produksi dan pendapatan usaha tani cabai merah di Malang, Jawa Timur. Hasil penelitian menunjukkan perubahan curah hujan berpengaruh nyata terhadap produksi dan pendapatan petani cabai.

Adiyoga and Basuki (2018) mengkaji persepsi petani sayuran terhadap perubahan iklim di Sulawesi Selatan. Secara umum hasil penelitian menunjukkan perubahan iklim tidak jarang menggagalkan panen dengan risiko kerugian yang semakin tinggi dan berpengaruh langsung terhadap keberlanjutan usaha tani, serangan hama penyakit tanaman meningkat dan munculnya hama penyakit baru.

Pada tanaman buah-buahan, perubahan pola dan intensitas curah hujan juga berpengaruh nyata terhadap serangan OPT. Muryati (2007) melaporkan pada tanaman jeruk serangan hama penggerek buah dipengaruhi oleh hari hujan. Sementara itu Manurung *et al.* (2012) melaporkan serangan lalat buah juga dipengaruhi oleh jumlah dan hari hujan. Lebih lanjut Setiawati *et al.* (2002) juga melaporkan bahwa adanya peningkatan serangan hama *Liriomyza huidobrensis* tanaman kentang pada



Gambar 1. Pengaruh curah hujan terhadap serangan hama penyakit dan produktivitas cabai dan bawang merah (Sumber: Direktorat Perlindungan Hortikultura 2015).

musim kemarau. Hari hujan meningkatkan intensitas penularan penyakit getah kuning pada buah manggis yang menyebabkan penurunan kualitas buah (Mansyah *et al.* 2009).

Rahayu and Muhandoyo (2014) mengidentifikasi bahwa curah hujan adalah faktor iklim yang paling berpengaruh terhadap produksi apel di Malang, Jawa Timur. Hasil penelitian ini relatif berbeda dengan penelitian (Ruminta 2014) yang melaporkan bahwa produksi apel di Batu Malang lebih dipengaruhi oleh faktor non iklim dibandingkan dengan iklim. Namun ke depan pengaruh perubahan kondisi iklim diperkirakan akan berdampak lebih signifikan.

Pada tanaman buah-buahan tahunan seperti manggis, durian, mangga dan alpukat, curah hujan menentukan proses produksi, pengaruhnya bergantung pada fase tanaman. Curah hujan tinggi pada fase berbunga dan berbuah dapat menyebabkan gugurnya bunga dan calon buah. Pada proses pematangan buah, curah hujan tinggi mempercepat pembersihan buah sehingga merusak kualitas buah.

Periode kering merupakan proses *stressing* yang sangat dibutuhkan tanaman tahunan dalam pembentukan bunga. Curah hujan tinggi pada periode ini menyebabkan kegagalan pembentukan bunga. Salakpetch (2005) menyebutkan bahwa pembungaan pada tanaman tahunan seperti durian dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal lebih disebabkan oleh kondisi hormon sedangkan faktor eksternal yang utama adalah periode kering yang harus terjadi secara kontinu antara 7–14 hari yang akan menghasilkan tekanan daun - 0,08 MPa. Suhu udara yang rendah 20–22°C dan kelembaban udara 50–60% dibutuhkan tanaman untuk pengembangan bunga. Hal ini sejalan dengan temuan Sutrisno and Kartiwa (2013) bahwa tingkat pembungaan mangga di Indramayu Jawa Barat sangat dipengaruhi oleh curah hujan.

Pengaruh lain dari curah hujan terhadap tanaman buah-buahan ialah ketersediaan air untuk irigasi. Sebagian besar tanaman buah-buahan dibudidayakan pada lahan kering. Penurunan curah hujan berpotensi menurunkan produksi. Kebutuhan irigasi juga diprediksi akan meningkat karena suhu udara yang tinggi menyebabkan laju transpirasi tanaman juga semakin tinggi.

Dampak Iklim Ekstrem

Kondisi iklim yang paling banyak menyebabkan kehilangan hasil komoditas hortikultura ialah iklim ekstrem. Pada tanaman sayuran seperti cabai dan bawang merah, curah hujan ekstrem berpengaruh langsung yang menyebabkan tanaman mengalami kerusakan dan mati muda, memicu perkembangan penyakit cendawan (antaknosa) dan bakteri. Hal ini menyebabkan produktivitas menurun 20–25%, bahkan dapat mengalami gagal panen (Direktorat Perlindungan Hortikultura 2014).

Surmaini and Faqih (2016) menyatakan iklim ekstrem yang paling besar pengaruhnya terhadap pertanian di Indonesia ialah kejadian El-Niño dan La-Niña. El-Niño menyebabkan penurunan curah hujan yang menyebabkan kekeringan dan pada tahun La-Niña terjadi peningkatan curah hujan yang memicu terjadinya banjir. El-Niño memberikan dampak yang lebih signifikan terhadap produksi tanaman pangan (Surmani dan Faqih 2016). Sebaliknya, pada tanaman hortikultura dampak La-Niña lebih signifikan (Sarvina and Sari 2017).

Sarjana *et al.* (2007) melaporkan El-Niño sangat mengganggu usaha tani hortikultura di Jawa Tengah. Akibat kemarau panjang, petani mengalami penurunan produksi, penundaan jadwal tanam, kekurangan air, dan meningkatnya biaya usaha tani. Pahlevi (2002) juga melaporkan bahwa budi daya kentang dan cabai di Kabupaten Bandung dan Sukabumi Jawa Barat dipengaruhi oleh ENSO, sehingga perlu diwaspadai waktu tanam pada kejadian El-Niño dan La-Niña guna menekan kehilangan hasil.

Aldrian (2016) melaporkan berbagai fenomena iklim ekstrem lain yang sering terjadi di Indonesia dan berdampak buruk terhadap pertanian (Tabel 2). Namun belum banyak penelitian yang mengkaji dampak fenomena tersebut secara detail terhadap pertanian, terutama tanaman sayuran dan buah-buahan. Kajian-kajian tersebut harus dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya, wilayah yang terdampak dan periode yang paling berpengaruh. Penelitian fenomena iklim El-Niño dan La-Niña diharapkan dapat menghasilkan informasi indikator iklim tertentu yang paling berpengaruh terhadap sistem usaha tani tanaman sayuran dan buah-buahan. Informasi indikator ini dapat digunakan untuk prediksi kondisi usaha tani sehingga kehilangan hasil akibat faktor iklim dapat ditekan.

Kesesuaian Lahan

Suhu udara dan curah hujan adalah faktor lingkungan yang sangat penting dalam kajian kesesuaian lahan dan tanaman. Perubahan curah hujan dan suhu udara akibat perubahan iklim akan menyebabkan kesesuaian lahan dan tanaman juga berubah. Sampai saat ini belum ada penelitian tentang pengaruh dampak perubahan iklim terhadap kesesuaian lahan bagi tanaman sayuran dan buah-buahan di Indonesia. Namun untuk komoditas kopi, Schroth *et al.* (2015) telah melakukan penelitian dimana perubahan iklim telah menyebabkan kesesuaian lahan tanaman kopi mengalami pergeseran. Penelitian ini juga sudah menghasilkan proyeksi kesesuaian lahan pada masa yang akan datang dengan menggunakan berbagai model iklim.

Proyeksi kesesuaian lahan diperlukan dalam pengembangan tanaman tahunan karena memerlukan investasi yang besar dan siklus hidupnya yang panjang. Pada tanaman semusim, penyesuaian terhadap kondisi iklim

Tabel 2. Berbagai fenomena iklim ekstrim dan dampaknya terhadap pertanian di Indonesia.

Gejala iklim dan referensi	Dampak iklim ekstrem	Durasi waktu
Pergerakan semu <i>Inter Tropical Convergence Zone</i> (ITCZ)	Pergeseran awal musim	Tahunan
<i>The Indonesian throughflow</i>	Low SST, laju penguapan rendah	Musim kemarau
<i>ENSO activity</i>	Kekeringan dan kebakaran hutan	1,5 tahun
<i>Indian Dipole Mode Activity</i>	Kekeringan di Jawa, Lampung, Sumsel (Indonesia barat daya)	3 bulan
<i>Indian Summer Monsoon</i>	Kekeringan di Aceh, Sumut (Indonesia barat laut)	Musim kemarau
<i>Cold surge and cross equatorial advection</i>	Kekeringan dan kebakaran hutan di Riau, Jambi, Kalbar, banjir di Jawa barat	Mingguan
<i>Intra seasonal variability (MJO), easterly Kelvin wave and equatorial jet</i>	Bervariasi mengikuti tahun normal atau ENSO	30-90 harian

Sumber: Aldrian (2016).

dapat dilakukan melalui pengaturan waktu tanam atau memindahkan lokasi budi daya.

BERBAGAI UPAYA ADAPTASI

Untuk dapat menstabilkan produksi akibat perubahan iklim maka perlu dilakukan berbagai upaya adaptasi. Kementerian Pertanian telah melakukan beberapa upaya adaptasi seperti penyesuaian sistem usaha tani, di antaranya penyesuaian waktu tanam, pemilihan lokasi, pemilihan varietas, penggunaan rumah kaca, rumah plastik dan pengembangan teknologi irigasi serta peningkatan kapasitas petani dan penyuluh melalui sekolah iklim.

Sistem Usaha Tani

Penyesuaian waktu tanam

Waktu tanam sayuran dan buah-buahan semusim perlu disesuaikan karena adanya pergeseran musim. Kalender tanam adalah salah satu inovasi Badan Litbang Pertanian yang digunakan untuk menentukan waktu tanam yang tepat bagi tanaman pangan berdasarkan dinamika iklim (Ramadhani *et al.* 2013). Kalender tanam dimaksudkan untuk membantu petani dalam menentukan waktu terbaik dimana risiko iklim paling kecil dan potensi produksi paling tinggi. Namun kalender tanam yang sudah dikembangkan baru terbatas pada tanaman padi, jagung, dan kedelai. Pada tahun 2016, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Litbang Kementerian Pertanian mulai menginisiasi penyusunan kalender tanam komoditas hortikultura yang difokuskan pada bawang merah. (Pramudia and Puspita 2017; Kiloes and Pramudia 2017). Komoditas ini dianggap penting karena fluktuasi produksi dan harganya yang tinggi.

Pada tanaman buah-buahan tahunan seperti durian, manggis, dan rambutan perlu dilakukan penyesuaian kalender budi dayanya. Santoso (2014) sudah membuat kalender budi daya tanaman durian, pada saat terjadi pergeseran musim maka perlu dilakukan penyesuaian kegiatan dalam kalender budi daya tersebut.

Untuk penyesuaian waktu tanam dan kalender budi daya pada tanaman buah-buahan dan sayuran diperlukan prakiraan musim (*seasonal forecasting*). BMKG telah mengeluarkan prediksi musim menggunakan zona musim. Badan Litbang Pertanian melalui Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi (Balitklimat) juga telah mengeluarkan prediksi iklim yang lebih spesifik untuk pertanian. Informasi tersebut dapat diunduh pada: http://balitklimat.litbang.pertanian.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=1410:prediksi-iklim-okt17-mar18&catid=73:prediksi-iklim-pertanian&Itemid=10. Namun pemanfaatan informasi prakiraan iklim untuk budi daya tanaman hortikultura perlu ditingkatkan keakuratannya, diseminasi, dan penggunaannya di tingkat petani.

Pengembangan varietas dan teknologi rumah kaca

Salah satu langkah adaptasi yang sangat penting ialah penggunaan dan pengembangan varietas yang adaptif dan toleran terhadap cekaman lingkungan dan tahan serangan hama penyakit tanaman. Pengembangan varietas membutuhkan waktu yang lama. Proyeksi iklim ke depan dapat menjadi landasan awal bagi penelitian dan pengembangan pemuliaan tanaman. Jika suatu daerah diproyeksi akan mengalami penurunan curah hujan maka varietas yang akan dikembangkan adalah varietas toleran kekeringan dan sebaliknya.

Teknologi lain yang sudah diterapkan dalam rangka adaptasi perubahan iklim ialah teknologi rumah kaca. Teknologi rumah kaca di Indonesia lebih banyak ditujukan

untuk mengurangi serangan hama dan penyakit serta menciptakan kondisi lingkungan optimal bagi pertumbuhan tanaman. Teknologi ini mampu mengurangi serangan hama pada tanaman cabai di dataran rendah 12–28,5%, menekan penggunaan pestisida, dan meningkatkan produksi hingga 927,5% dibandingkan dengan budi daya di lingkungan terbuka (Moekasam and Prabaningrum 2012). Pada dataran tinggi, penggunaan teknologi ini juga mampu menekan penggunaan pestisida, meningkatkan hasil cabai sehingga dapat direkomendasikan sebagai teknologi baru budi daya cabai merah di dataran tinggi (Moekasam *et al.* 2015). Adiyoga *et al.* (2007) melaporkan budi daya tanaman paprika, cherry, tomat, dan mentimun di rumah kaca berdasarkan indikator efisiensi pengusahaannya bernilai positif yang berarti menguntungkan. Kajian tentang bentuk rumah kaca yang sesuai untuk suatu wilayah sangat penting dilakukan, karena perbedaan bentuk rumah kaca mempengaruhi kondisi lingkungan di dalam rumah kaca tersebut (Gunadi *et al.* 2008).

Kendala utama budi daya komoditas hortikultura di rumah kaca, terutama di dataran rendah, ialah suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan di luar rumah kaca sehingga transpirasi dalam rumah kaca sangat tinggi. Jika tidak diiringi oleh irigasi yang tepat, tanaman menjadi mati. Oleh sebab itu perlu diupayakan menstabilkan suhu di dalam rumah kaca, antara lain dengan membuat alat pemantauan iklim seperti yang dikembangkan Wahono *et al.* (2014). Alat ini mampu menurunkan suhu 3–9°C dan meningkatkan kelembaban 25–30%. Balitklimat juga telah mengembangkan pemantauan iklim mikro menggunakan *wireless sensor network* (WSN) (Lestari *et al.* 2013). Untuk pengembangan alat ini ke depan masih harus dikaji kelayakannya dari segi ekonomi dan teknis.

Pengembangan teknologi irigasi

Untuk mengatasi kelangkaan air bagi pertanian di masa yang akan datang, terutama di wilayah yang diproyeksi akan mengalami penurunan curah hujan, perlu dikembangkan teknologi pengurangan atau penghematan penggunaan air dan teknologi mendapatkan sumber daya air. Upaya penghematan penggunaan air dapat dilakukan melalui perbaikan saluran irigasi, penjadwalan irigasi yang tepat, pengembangan varietas rendah kebutuhan air, pengurangan area irigasi, dan perbaikan retensi tanah. Untuk memperoleh air antara lain dapat dilakukan melalui penerapan teknologi panen hujan, pencarian sumber daya air, dan pembangunan embung atau kolam sederhana penampung air.

Irigasi tetes adalah sistem irigasi yang telah banyak digunakan pada budi daya tanaman hortikultura (Setiapermas and Zamawi 2015; Setiapermas and Sodik 2008; Fitriana *et al.* 2015). Dengan sistem ini, penggunaan air lebih efisien karena irigasi dapat diberikan sesuai

kebutuhan tanaman dan area irigasi lebih kecil sehingga menghemat penggunaan air. Namun penelitian tentang kebutuhan air untuk setiap komoditas hortikultura masih diperlukan.

Balai Penelitian Agroklimate dan Hidrologi telah mengembangkan sistem irigasi tetes menggunakan radiasi surya pada lahan kering (Balitklimat 2017). Rejekiningrum and Kertiwa (2017) melaporkan teknologi sistem irigasi tetes dengan radiasi surya telah dikembangkan di Playen, Gunung Kidul, dan Bantul Yogyakarta. Penggunaan teknologi radiasi surya ini dapat menghemat pengeluaran untuk irigasi, lebih ramah lingkungan dan mampu menurunkan emisi gas rumah kaca. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Joubert, M.D., Ridwan, D. dan Pratiwi (2017).

Kementerian Pertanian sejak 2014 telah mengembangkan embung pertanian (Direktorat Irigasi Pertanian 2017). Embung pertanian adalah salah satu teknologi panen air (*water harvesting*) dan konservasi air yang sederhana dengan biaya relatif murah dan dapat dijangkau oleh petani. Hamdani *et al.* (2016) menyatakan teknologi panen hujan dan aliran permukaan di Limampocoe, Kecamatan Cenranae, Kabupaten Maros Sykawsu Selatan mampu meningkatkan intensitas pertanaman dan pendapatan petani.

Untuk meningkatkan retensi tanah telah dikembangkan teknologi pembenah tanah (Dariah *et al.* 2015) dan pengembangan biochar (Nurida 2014). Biochar berfungsi sebagai pembenah tanah yang dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah sehingga mampu meretensi hara dan air pada lahan yang tergradasi. Biochar dikembangkan dari sisa-sisa bahan pertanian seperti sabut, tempurung kelapa, dan kulit jagung.

Peningkatan Kapasitas Petani dan Penyuluh

Sekolah lapangan adalah salah satu upaya untuk meningkatkan kapasitas petani dalam beradaptasi terhadap perubahan iklim (Winarto *et al.* 2008). Edukasi terpadu melalui penyuluhan pertanian maupun sekolah lapang iklim perlu terus dilakukan untuk mengoreksi beberapa perbedaan persepsi tentang penyebab perubahan iklim (Adiyoga and Basuki 2018). Persepsi petani yang berbeda terhadap perubahan iklim mempengaruhi mereka untuk dapat beradaptasi (Hasan and Kumar 2019). Oleh karenanya diperlukan sekolah lapang iklim untuk menyamakan persepsi serta mendiseminasikan teknologi adaptasi terhadap perubahan iklim.

Kementerian Pertanian sejak tahun 2012 telah menyelenggarakan sekolah lapang iklim (SLI) hortikultura (Direktorat Perlindungan Hortikultura 2014). SLI diselenggarakan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani dalam memanfaatkan informasi iklim

untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim terhadap kegiatan usaha tani. SLI diselenggarakan bekerja sama dengan BMKG sebagai institusi yang berkewajiban menghasilkan informasi iklim. Materi yang dikembangkan dalam sekolah iklim ialah pengenalan unsur cuaca dan iklim, pencatatan data iklim, dampak perubahan iklim terhadap pertumbuhan tanaman, dan pengendalian hama terpadu.

PENELITIAN PROYEKSI DAMPAK PERUBAHAN IKLIM PADA TANAMAN BUAH DAN SAYURAN

Penelitian dampak perubahan iklim yang sudah dilakukan umumnya menggunakan data historis dan data pengamatan lapang. Informasi dari hasil penelitian ini sangat penting untuk mengetahui pengaruh unsur iklim terhadap tanaman buah dan sayuran. Kajian dan penelitian proyeksi iklim dan dampaknya pada tanaman buah dan sayuran masih terbatas. Penelitian akan menghasilkan informasi proyeksi produksi, proyeksi serangan hama dan penyakit, kebutuhan air tanaman, proyeksi kesesuaian lahan dan tanaman serta dampak sosial ekonomi. Penelitian ini perlu dilakukan pada berbagai tanaman sayuran dan buah-buahan pada berbagai agroekosistem dan skenario iklim karena dampak perubahan iklim sangat bergantung pada komoditas, agroekosistem, dan intensitas perubahan iklim itu sendiri. Informasi proyeksi ini dapat dijadikan data awal dalam menyusun langkah adaptasi dan perencanaan pertanian jangka panjang.

Pemodelan tanaman adalah perangkat yang dapat digunakan untuk melakukan analisis dampak perubahan iklim pada berbagai macam komoditas sayuran dan buah-buahan. Pengembangan model simulasi tanaman di Indonesia masih terbatas. Beberapa model yang sudah dikembangkan dapat mempresentasi kondisi lapang cukup baik, sehingga dapat digunakan untuk melihat dampak perubahan iklim terhadap pertumbuhan tanaman. Pengembangan model simulasi ini menjadi topik penelitian pertanian di beberapa negara.

Local Climate Smart Horticulture adalah salah satu teknologi adaptasi komoditas hortikultura yang sudah dikembangkan di India (Malhotra 2017; Sahu 2016). Teknologi ini memadukan semua teknologi adaptasi dan mitigasi spesifik lokasi di sentra-sentra hortikultura. Untuk dapat mewujudkan *climate smart horticulture* perlu dilakukan kajian tentang dampak perubahan iklim dalam skala yang lebih luas. Kementerian Pertanian telah melakukan pengembangan kawasan hortikultura. Ke depan, prinsip *Local Climate Smart Horticulture* dapat diintegrasikan dalam pengembangan kawasan hortikultura.

KESIMPULAN

Dampak perubahan iklim terhadap tanaman buah dan sayuran di daerah tropis Indonesia di antaranya ialah penurunan produksi, baik kuantitas maupun kualitas, munculnya hama baru, peningkatan serangan hama dan penyakit serta gagal panen akibat iklim ekstrim. Beberapa upaya adaptasi yang perlu dikembangkan adalah penyesuaian waktu tanam, pengembangan prediksi iklim untuk pertanian, pengembangan varietas toleran cekaman lingkungan, teknologi rumah kaca, teknologi irigasi dan panen air serta peningkatan kapasitas penyuluh dan petani melalui sekolah lapang iklim.

Pada periode 2020-2050 Indonesia diproyeksikan akan mengalami peningkatan suhu udara dan perubahan curah hujan, baik intensitas dan frekuensi. Awal musim hujan diproyeksikan berubah dan peluang curah hujan ekstrim diproyeksikan cenderung meningkat. Dampak perubahan iklim terhadap pertumbuhan komoditas buah dan sayuran dapat diidentifikasi melalui pemodelan tanaman dengan berbagai skenario. Kajian proyeksi iklim dengan berbagai skenario dan pemodelan tanaman perlu terus dikembangkan sehingga diperoleh informasi kuantitatif proyeksi dampak perubahan iklim pada tanaman buah dan sayuran. Informasi ini sangat penting dalam penyusunan langkah adaptasi dan perencanaan pertanian hortikultura dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyoga, W. and Basuki, R.S. (2018). Persepsi Petani Sayuran Tentang Dampak Perubahan Iklim di Sulawesi Selatan. *J. Hort* **28**(1):133–146.
- Adiyoga, W., Gunadi, N., Moekasam, T.K. and Subhan (2007). Identifikasi Potensi dan Kendala Produksi Paprika di Rumah Plastik. *J. Hort*. **17**(1):88–98.
- Aldrian, E. (2016). Sistem Peringatan Dini Menghadapi Iklim Ekstrem. *Jurnal Sumber Daya Lahan* **10**(2):79–90.
- Anwar, R.M., Liu, D.L., Farquharson, R. and Macadam, I. (2015). Climate Change Impacts on Phenology and Yields of Five Broadacre Crops at Four Climatologically Distinct Locations In Australia. *Agricultural Systems* **132**:133–144.
- Asgar, A. and Mussadad, D. (2008). Pengaruh Media, Suhu, dan Lama Blansing Sebelum Pengeringan terhadap Mutu Lobak Kering. *J. Hort*. **18**(1):87–94.
- Balitklimat (2017). *Pertanian Modern Menggunakan Sistem Irigasi Pompa Tenaga Surya*. [26 Oktober 2017]. Available at: http://balitklimat.litbang.pertanian.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=1407:sistem-irigasi-pompa-tenaga-surya&catid=57:hasil-hasil-penelitian&Itemid=68.
- Bande, S., Hadisutrisno, B. and Somowijarjo, S. (2015). Peran Unsur Cuaca Terhadap Peningkatan Penyakit Busuk Pangkal Batang Lada di Sentra Produksi Lada Daerah Sulawesi Tenggara. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* **22**(2):187–193.
- BPS (2014). Analisis Rumah Tangga Usaha Hortikultura di Indonesia. *BPS. Jakarta*.
- BPS (2019). Statistik Nilai Tukar Petani 2009. *BPS. Jakarta*.

- Chandradewi, N.A. (2014). Pengaruh Iradiasi dan Suhu Terhadap Perubahan Kesegaran Cabai Merah (*Capsicum Annum* L.) Selama Penyimpanan. *Skripsi Fakultas Pertanian Institute Pertanian Bogor*.
- Chmielewski, F., Müller, A. and Bruns, E. (2004). Climate Changes and Trends in Phenology of Fruit Trees and Field Crops in Germany, 1961 – 2000. *Agriculture and Forest Meteorology* 121:69–78.
- Cleland, E.E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H.A. and Schwartz, M.D. (2007). Shifting Plant Phenology in Response to Global Change. *Trend in Ecology and Evolution* 22(7):357–365.
- Dariah, A., Sutono, S., Nurida, N.L., Hartatik, W. and Pratiwi, E. (2015). Pembenah Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Pertanian. *Jurnal Sumber Daya Lahan* 9(2):67–84.
- Direktorat Irigasi Pertanian (2017). Pedoman Teknis Pengembangan Embung Pertanian. *Direktorat Irigasi Pertanian*. p. 52 pp.
- Direktorat Jenderal Hortikultura (2015). Rencana Strategis Direktorat Jenderal Hortikultura 2015-2019. *Direktorat Jenderal Hortikultura*. p. 61 pp.
- Direktorat Perlindungan Hortikultura (2014). *Sekolah Lapang Iklim Hortikultura Antisipasi Terhadap Perubahan Iklim*. http://ditlin.hortikultura.pertanian.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=41:sekolah-lapang-iklim-hortikultura&catid=19:berita-terbaru [20 Oktober 2017]. Available at: http://ditlin.hortikultura.pertanian.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=41:sekolah-lapang-iklim-hortikultura&catid=19:berita-terbaru.
- Direktorat Perlindungan Hortikultura (2015). Pengembangan Hortikultura Ramah Lingkungan. *Makalah Pada Workshop Perubahan Iklim, Biro Perencanaan Kementerian Pertanian, 27 Oktober 2015*.
- Essono, G., Ayodele, M., Akoo, A., Foko, J., Olembo, S. and Gockowski, J. (2007). *Aspergillus* Species On Cassava Chips In Storage In Rural Areas Of Southern Cameroon/ :Their Relationship With Storage Duration, Moisture Content And Processing Methods. *African Jurnal of Microbiology*(5):1–8.
- Falatehan, A.F. and Rifqie, A.S. (2008). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Kubis di Desa Cimenyan, Kabupaten Bandung. *Jurnal Agribisnis dan Ekonomi Pertanian* 2(2):1–10.
- Faqih, A.R., Hidayat, S.D., Jatmiko and Radini (2016). *Climate Modeling and Analysis for Indonesia 3rd National Communication (TNC): Historical And Climate And Future Climate Scenarios In Indonesia. Final Report. Ministry of Environment and Forestry (MoEF). United National Development Programme (UNDP) and Bog*.
- Fitriana, N., Diah, F. and Norma, M. (2015). Irigasi Tetes/ : Solusi Kekurangan Air pada Musim Kemarau. Hlm 273- 277. Dalam I. Jatnika, M. J. A. Syah, D. Widiastoety, M. P. Yufdy, S. Prabawati, S. Pratikno, O. Lutjfiyah (ed). *Inovasi Hortikultura Pengungkit Peningkatan Pendapatan Rakyat .Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*.
- Forrest, J.R.K. (2016). Complex Responses of Insect Phenology to Climate Change. *Insect Science* 17:49–54.
- Guédon, Y. and Legave, J.V. (2008). Analyzing the Time-Course Variation of Apple and Pear Tree Dates of Flowering Stages in The Global Warming Context. *Ecological Modelling* 219(1–2):189–199.
- Gunadi, N., Moekasan, T.K., Everaarts, A., Putter, H. De and Adiyoga, W. (2008). Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Paprika yang Ditanam pada Dua Tipe Konstruksi Rumah Plastik dan Dua Jenis Media Tanam. *J. Hort.* 18(3):295–306.
- Gustomy, A. (2016). *Proyeksi Perubahan Curah Hujan Ekstrem Di Indonesia Berdasarkan Skenario Representative Concentration Pathways (RCP)*. *Skripsi Fakultas MIPA Institut Pertanian Bogor*.
- Hamdani, A., Talaohu, S.H. and Heryani, N. (2016). Pengembangan Teknologi Panen Hujan dan Aliran Permukaan: Analisis Usahatani Pemanfaatan Sumberdaya Air. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian* 19(2):153–165.
- Handayani, T., Basundan, P., Murti, R.H. and Sofiali, E. (2013). Perubahan Morfologi dan Toleransi Tanaman Kentang Terhadap Suhu Tinggi. *J. Hort.* 23(4):318–328.
- Hasan, M.K. and Kumar, L. (2019). Comparison between meteorological data and farmer perceptions of climate and vulnerability in relation to adaptation. *Journal of Environmental Management*(237):54–62.
- Hutabarat, B., Setiyanto, A., Kustiari, R. and Sulser, T.B. (2012). Conjecturing Production , Imports And Consumption Of Horticulture In Indonesia In 2050/ :A Gams Simulation Through Changes in Yields Induced by Climate Change. *Jurnal Agro Ekonomi* 30(1):1–23.
- ICCSR[Indonesia Climate Change Sectoral roadmap] (2010). *Synthesis Report. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional*.
- IPCC (2000). *Emissions Scenarios, Summary for Policymakers. A Special Report of IPCC Working Group III*.
- Jones, G.V. and Alves, F. (2012). Impact of Climate Change on Wine Production: A Global Overview and Regional Assessment in The Douro Valley Of Portugal. *Int. J. Glob. Warm*(4):383–406.
- Joubert, M.D., Ridwan, D. dan Pratiwi, R.M. (2017). Kinerja Jaringan Irigasi Air Tanah Pada Irigasi Hemat Air Berbasis Pompa Air Tenaga Surya. *Jurnal Irigasi* 1 1(2):125 – 132.
- Kementerian Pertanian (2018). *Statistik Pertanian 2018. Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian*.
- Kiloes, M.A. and Pramudia, A. (2017). *Penyusunan Kerangka Berpikir Kalender Tanam Dalam Rangka Stabilisasi Produksi Dan Harga Bawang Merah Nasional*.
- Lestari, W., Sarvina, Y. and E., S. (2013). Wireless Sensor Network pada Otomatisasi Modifikasi Iklim Mikro. *Buletin Hasil Penelitian Agroklimat dan Hidrologi*(10):62–70.
- Malhotra, S.K. (2017). Horticultural Crops dan Climate Change: A review. *Journal of Agricultural Science* 87(1):12–22.
- Mansyah, E., A.S., M.J., Muas, I., Jumjundisng, Martias, T., Purnama and Fatria, D. (2009). *Pengaruh Curah Hujan Terhadap Getah Kuning Pada Buah Manggis. Kumpulan Makalah Seminar Ilmiah Perhimpunan Hortikultura Indonesia. Bogor 20–22 Oktober 2009*.
- Manurung, B., Prastowo, P. and Tarigan, E.E. (2012). Pola Aktivitas Harian dan Dinamika Populasi Lalat Buah *Bactrocera Dorsalis* Complex Pada Pertanaman Jeruk di Dataran Tinggi Kabupaten Karo Provinsi Sumatera Utara. *J. HPT Tropika* 12(2):103–110.
- Moekasam, T. and Prabaningrum, L. (2012). Penggunaan Rumah Kasa untuk Mengatasi Serangan Organisme Pengganggu Tumbuhan pada Tanaman Cabai Merah di Dataran Rendah. *J. Hort.* 22(1):65–75.
- Moekasam, T.K., Gunadi, N., Adiyoga, W. and Sulastrini, I. (2015). Moekasam, T.K., Gunadi, N., Adiyoga, W., Sulastrini, I. *J. Hort.* 25(2):180–192.
- Moretti, C.I., Mattos, L.M., Calbo, A.G. and Sargent, S.A. (2010). Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops: A review. *Food Research International*(43):1824–1832.
- Morinaga, K. (2007). Impact of Climate Change on Horticulture Industry and Technological Countermeasures in Japan, 1–8. http://www.ftc.agnet.org/files/lib_articles/20120104150721/eb629.pdf [15 Oktober 2017].
- Muryati (2007). Pengaruh Umur Buah dan Faktor Iklim Terhadap Serangan Penggerek Buah Jeruk *Citripestis sagittiferella* Mr. (*Lepidoptera/ : Pyralidae*). *J. Hort.* 17(2):188–195.

- Naura, A. and Riana, F.D. (2018). Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produksi dan Pendapatan Usahatani Cabai Merah (Kasus Di Dusun Sumberbendo, Desa Kucur, Kabupaten Malang). *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis (JEPA)* 2(2):147–158.
- Nopsa, J.F.H., Sharman, S.T. and Garret, K.A. (2014). ClimateChange and Plant Disease. *Encyclopedia of Agriculture and Food System*(2):232–243.
- Nurhayati and Situmorang, A. (2008). Pengaruh Pola Hari Hujan Terhadap Perkembangan Penyakit Gugur Daun *Corynespora* pada Tanaman Karet Menghasilkan. *J. HPT Tropika* 8(1):63–70.
- Nurida, N.L. (2014). Potensi Pemanfaatan Biochar untuk Rehabilitasi Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Sumber Daya Lahan*:57–68.
- Oramahi, H.A., Sumardiyono, C., Pusposendjojo, N. and Haryadi (2009). Pengaruh Kelembaban Relatif dan Suhu Terhadap Aktivitas Glukoamilase *Aspergillus Flavus* Pada Penyakit Simpanan Gapek. *J. HPT Tropika* 9(1):67:72.
- Pahlevi, L. (2002). Pengaruh Anomali Iklim Terhadap Keragaman Produksi Tanaman Kentang Dan Cabe Studi Kasus: Kabupaten Bandung Dan Sukabumi. Thesis Fakultas MIPA Institut Pertanian Bogor.
- Pau, S., Wolkovich, E.M., Cook, B.I. and Jonathan, T. (2011). Predicting Phenology by Integrating Ecology, Evolution and Climate Science. *Global Change Biology*(17):3633–3643.
- Pearson, S., Wheeler, T.R., Hadley, P. and Wheldon, A.E. (1997). A Validated Model to Predict The Effects of Environment on The Growth of Lettuce (*Lactuca Sativa* L.): Implications for Climate Change. *Journal of Horticultural Science*(72):503–517.
- Pieri, P., Lebon, E. and Brisson, N. (2012). Climate Change Impact on French Vineyards as predicted by Models. *Acta Horti*(931):29–37.
- Pramudia, A. and Puspita (2017). Karakteristik Pola Tanam Di Beberapa Sentra Produksi Sebagai Dasar Penyusunan Kalender Tanam Bawang Merah. Presentasi Pada Lokakarya Dan Seminar Adaptasi Dan Mitigasi Perubahan Iklim. Bogor 13-14 September 2017. Diselenggarakan Oleh Balai Besar Sumber Day.
- Primack, R.B., Higuchi, H. and Miller-rushing, A.J. (2009). The Impact of Climate Change on Cherry Trees and Other Species in Japan. *Biological Conservation* 142(9):1943–1949.
- Pulatov, B., Linderson, M., Hall, K. and Jönsson, A.M. (2015). Modeling Climate Change Impact on Potato Crop Phenology, and Risk of Frost Damage and Heat Stress In Northern Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*:281–292.
- Qu, Z. and dan Zhou, G. (2016). Possible Impact of Climate Change on the Quality of Apples from the Major Producing Areas of China. *Atmosphere*(7):113:118.
- Rahayu, J. and Muhandoyo (2014). Dampak Perubabahan Iklim Terhadap Usaha Apel Di Kecamatan Pomcokusumo Kabupaten Malang. http://jurnal.yudharta.ac.id/wp-content/uploads/2014/04/Jul-Rahayu_Dampak-Perubahan-Iklim-Terhadap-Usaha-Apel-di-Kec.-Poncokusumo-Kab.-Malang.pdf [6 November 2017).
- Ramadhani, F., Runtunuwu, E. and Syahbuddin, H. (2013). Sistem Teknologi Informasi Kalender Tanam Terpadu. *Informatika Pertanian* 22(2):103–122.
- Ramos, M.C. (2017). Projection of Phenology Response to Climate Change in Rainfed Vineyards in North-East Spain. *Agricultural and Forest Meteorology* 247(104–115).
- Rejekiingrum, P. and Kertiwa, B. (2017). Pengembangan Sistem Irigasi Pompa Tenaga Surya Hemat Air dan Energi Untuk Antisipasi Perubahan Iklim di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Tanah dan Iklim* 41(2):159–171.
- Richardson, A.C., Marsh, K.B., Bolding, H.L., Pickering, A.H., Bulley, M., Frearson, N.J., ... Macrae, E.A. (2004). High Growing Temperatures Reduce Fruit Carbohydrate and Vitamin C in Kiwifruit. *Plant Cell and Environment* (27):423–435.
- Ruminta (2014). Dampak Perubahan Iklim Pada Produksi Apel di Batu Malang. *Jurnal Kultivasi* 14(2):42–48.
- Sahu, F.M. (2016). Climate Smart Horticulture/ : Converting Waste. *International Journal of Science, Environment and Technology* 5(3):1296–1302.
- Salakpetch, S.H.O. (2005). Durian (*Durio zibethinus* L.) Flowering, Fruit Set and Pruning. *Proceedings Fifteenth Annual Inetrnational Tropical Fruit Conference. Hawaii October 21–23*. pp. 21–23.
- Salwati, Handoko, Las, I. and Hidayati, R. (2013). Model Simulasi Perkembangan, Pertumbuhan dan Neraca Air Tanaman Kentang pada Dataran Tinggi di Indonesia. *Informatika Pertanian* 22(1):53–64.
- Santoso, P.J. (2014). Kalender Budidaya Durian. *Iptek Hortikultura* 10:49–56.
- Sarvina, Y. and Sari, K. (2017). Dampak ENSO Terhadap Produksi dan Puncak Panen Durian di Indonesia. *Jurnal Tanah dan Iklim* 41(2):149–158.
- Schroth, G.L., Sofia, D., Cuero, B., Neilson, J. and Bunn, C. (2015). Winner or Loser of Climate Change/ ? A Modeling Study of Current and Future Climatic Suitability of Arabica Coffee in Indonesia. *Reg. Environ Change*(15): 1437–1482.
- Setiapermas, M.N. and Sodik, J. (2008). Pemanfaatan Sumber Air Pegunungan untuk Mengantisipasi Kekeringan pada Musim Kemarau untuk Tanaman Kubis. *Jurnal Agromet* 22(2): 174–181.
- Setiapermas, M.N. and Zamawi (2015). Pemanfaatan Jaringan Irigasi Tetes di Dalam Budidaya Tanaman Hortikultura. Hlm 263–272. *Dalam* I. Jatnika, M. J. A. Syah, D, Widiastoety, M. P. Yufdy, S. Prabawati, S. Pratikno, O. Lutjiyah (ed). Inovasi Hortikultura Pengungkit Peningkatan Pendapatan Rak.
- Setiawati, W., Somantri, A. and Purwati (2002). Dinamika Populasi dan Pola Infestasi *Liriomyza huidobrensis* Blanchard pada Tanaman Kentang di Musim Kemarau dan Musim Hujan. *J. Hort.* 12(4): 261–269.
- Setyawardhana, H. and Susandi, A. (2015). Proyeksi Awal Musim di Jawa Berbasis Hasil Downscaling Conformal Cubic Atmospheric Model (CCAM). *Jurnal Sains Dirgantara* 13(1):1–14.
- Surmaini, E. and Faqih, A. (2016). Kejadian Iklim Ekstrem dan Dampaknya Terhadap Pertanian Tanaman Pangan di Indonesia. *Jurnal Sumber Daya Lahan* 10(2):115–128.
- Susanti, E., Surmaini, E., Buono, A. and Heryani, N. (2015). Prototype of Information System for Horticulture Pest and Disease Distribution. *. Informatika Pertanian* 24(2):179–190.
- Susanti, E., Surmaini, E. and Sarvina, Y. (2011). Dinamika Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) Dominan Pada Pertanaman Bawang Merah. *Prosiding Seminar Sumber Daya Lahan Pertanian, Banjar Baru 13-14 Juli 2011*.
- Susilawati (2004). Lalat Pengorok Daun *Liriomyza sativae* Blanchard Hama Baru pada Beberapa Sayuran Dataran Rendah. *J. Hort.* 14(4): 279–286.
- Sutrisno, N. and Kertiwa, B. (2013). *Pengembangan Tanaman Mangga Berbasis Iklim Dan Dinamika Waktu Panen*. http://repository.ut.ac.id/6372/1/FMIPA2016_05.pdf [20 Oktober 2017].
- Tao, F., Yokozawa, M., Xu, Y., Hayashi, Y. and Zhang, Z. (2006). Climate Changes and Trends in Phenology and Yields of Field Crops in China, 1981–2000. *Climate Changes and Trends in Phenology and Yields of Field Crops in China, 1981–2000* (138):82–92.
- Wahono, S., Sugiyanto and Yohana, E. (2014). Eksperimen Pengaturan Suhu dan Kelembaban Pada Rumah Tanaman. 2(1):49–56.
- Wang, X., Gao, Q., Wang, C. and Yu, M. (2017). Spatio Temporal Patterns of Vegetation Phenology Change and Relationships

- With Climate in The Two Transects of East China. *Global Ecology and Conservation* (10):206–219.
- Webb, L. (2014). Climate Change/ : Horticulture. *Encyclopedia of Agriculture and Food System* (2):266–283.
- Webb, L.B., Whetton, P.H., Bhend, J., Darbyshire, R., Briggs, P.R. and Barlow, E.W.R. (2012). Earlier Wine-Grape Ripening Driven by Climatic Warming and Drying and Management Practices. *Nat. Clim. Change* (2):259–264.
- Winarto, Y.T., Stigter, K., Anantasari, E. and S.N., H. (2008). Climate Field Schools in Indonesia: Improving 'response farming' to climate. *Leisa Magazine* 24(4).
- Zhu, W., Jiang, N., Chen, G. and Zhang, D. (2017). Divergent Shifts and Responses Of Plant Autumn Phenology to Climate Change on The Qinghai-Tibetan Plateau. *Agricultural and Forest Meteorology* (239):166–175.