

ADAPTASI TANAMAN HORTIKULTURA TERHADAP PERUBAHAN IKLIM PADA LAHAN KERING

Adaptation of Horticultural Crops to Climate Change in the Upland

¹⁾Yusdar Hilman, ²⁾Suciantini, dan ³⁾Rini Rosliani

¹⁾Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Jalan Tentara Pelajar 3C, Bogor 16111
Telp. (0251) 8372096, Faks. (0251) 8387651

²⁾Balai Agroklimat dan Hidrologi, Jalan Tentara Belajar 1A, Bogor 16111
Telp. (0251) 8312760, Faks. (0251) 8312760

³⁾Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jalan Tangkuban Parahu 517 Lembang, Bandung Barat 40791
Telp. (022) 2786245 Faks. (022) 2789951
E-mail: yusdarhilman24@gmail.com

Diterima: 26 September 2018; Direvisi: 25 Maret 2019; Disetujui: 9 April 2019

ABSTRAK

Sistem produksi hortikultura (buah buahan, sayuran, dan tanaman hias) yang berdaya saing tinggi dan bernilai tambah memerlukan dukungan teknologi. Tulisan ini merangkum teknologi adaptasi komoditas hortikultura pada lahan kering dalam upaya meminimalisasi tingkat kehilangan hasil akibat perubahan iklim. Usaha tani tanaman hortikultura pada lahan kering dihadapkan pada berbagai masalah, di antaranya tanaman mudah dan cepat rusak, sensitif terhadap cekaman lingkungan, dan rentan terhadap hama dan penyakit. Masalah lain yang berdampak negatif terhadap sistem produksi komoditas hortikultura ialah perubahan iklim ekstrem, terutama el-nino dan la-nina. Perubahan iklim tidak hanya menyebabkan kegagalan panen, tetapi juga merusak sumber daya lahan pertanian, meningkatkan luas areal dan intensitas tanaman yang mengalami kekeringan, meningkatkan kelembaban, dan perkembangan hama dan penyakit tanaman. Oleh karena itu diperlukan integrasi pengelolaan lahan dan aplikasi teknologi adaptif perubahan iklim, penyusunan konsep mitigasi bencana, observasi perubahan iklim, dan analisis kebijakan yang terkait dengan aplikasi teknologi adaptasi terhadap perubahan iklim. Pembahasan difokuskan pada tanaman yang secara ekonomi menguntungkan, antara lain kentang, bawang merah, cabai untuk komoditas sayuran; pisang, jeruk, dan melon untuk komoditas buah-buahan; dan krisan, anggrek, polycias dan gerbera untuk tanaman hias. Komoditas hortikultura tersebut tersebar di dua zonasi ketinggian tempat, yakni dataran rendah (0–600 m dpl) dan dataran tinggi (> 600 m dpl). Beberapa teknologi adaptasi yang dapat diadopsi di antaranya (1) irigasi hemat air (irigasi tetes dan irigasi curah pada bawang merah), (2) budi daya tanaman sehat (benih bermutu, varietas toleran penyakit dan lingkungan suboptimal untuk komoditas kentang, cabai, bawang merah, dan pisang), (3) pengendalian hama dan penyakit ramah lingkungan (konsep ambang pengendalian pada cabai, jeruk), dan (4) perlindungan hasil dan peningkatan kualitas hasil panen (penggunaan mulsa plastik hitam perak pada tanaman bawang merah dan melon, serta penggunaan naungan pada tanaman hias anggrek dan krisan).

Kata kunci: hortikultura, perubahan iklim, lahan kering, teknologi adaptasi

ABSTRACT

Horticultural products (fruits, vegetables and ornamental crops) which have high competitiveness and added value, require supporting appropriate cultivation technology. The objective of this paper was to sort out adaptive technologies that can be implemented for horticultural cultivation, especially on dry land, to minimize yield loss due to climate changes. Horticultural crops in dry lands faced various problems. Characteristics of horticultural crops, among others were easily damage, bulky, sensitive to water stress and the incidence of pests and diseases. Another issue that has begun to happen in the field is the occurrence of extreme climate change, especially El Nino or La Nina that caused crop failures, damage to agricultural land resources, increased in frequency, extent, and intensity of drought, increased moisture, increased in the susceptibility to pests and the disease. Thus the integrated efforts that are needed in strengthening the capability of dry land to face climate change are by the application of adaptative technology, drafting disaster mitigation concepts, observing climate change, policy analysis related to the application of adaptive technology on climate change. The discussed Horticulture Commodities are focused on economically profitable crops, including: vegetables (potatoes, shallots, chili), fruits (bananas, citrus and melons) and ornamental crops (chrysanthemums, orchids, Polycias and Gerbera) scattered in two zoning zones where namely (i) lowland (0-600 meters above sea level); (ii) highlands (> 600 meters above sea level) and (iii) in both elevations of the site which have wet climates and dry climates. Attempts to be made to promote horticultural crops include performing water-efficient irrigation (drip irrigation), mulching, the use of shading on certain crops, proper fertilization, the use of organic fertilizer, planting system and planting distance, and tolerant varieties. Some adaptative technologies that can be adopted for horticultural crops include (1) developing water-saving irrigation technologies (drip and sprinkler irrigation on shallots), (2) applying healthy crop cultivation (good quality seeds, variety tolerant to disease and sub-optimal environment for tomatoes, red or hot chilli shallots and bananas), (3) using environmentally friendly chemical control (concept of threshold control in red or hot chilli), (4) protecting yield and quality of

harvest (the use of silver black mulch on shallots and melons, and the use of shade for ornamental plants on dry land).

Keywords: Horticulture, climate change, upland, adaptation technology

PENDAHULUAN

Dalam budi daya sayuran, perubahan iklim, terutama suhu, berdampak terhadap peningkatan populasi serangga vektor seperti *Bemisia tabaci*, penyebab penyakit virus kuning pada cabai. Patogen yang ditularkan vektor tersebut perlu mendapat perhatian, karena kerusakan tanaman akan meningkat berlipat ganda (Ghini *et al.* 2011; Garrett *et al.* 2006). Perubahan suhu dapat menyebabkan ledakan hama antara lain lalat buah, *Thrips palmi*, leaf borer worm (*Epilachna dodecastigma*), fruit borer caterpillars, neck stem borer caterpillars serangga yang merusak tanaman cabai seperti (*Agrotis*), *Heliotis sp.*, *Aphids* (Datta 2013). Peningkatan suhu juga memperberat intensitas infeksi patogen *Alternaria solani* pada tomat dan patogen late blight oleh *Phytophthora infestans* pada kentang. Infeksi patogen *Pythium* dan *Ryzoctonia sp* menyebabkan kematian benih kentang dan cabai di persemaian.

Pada komoditas buah-buahan, peningkatan suhu dapat meningkatkan aktivitas vektor *Diaphorina citri* yang menyebabkan penyakit citrus vein phloem degeneration (CVPD) pada jeruk. Sementara itu, peningkatan curah hujan meningkatkan serangan *Citripestis sagittiferella* (hama penggerek buah) pada jeruk (Muryati 2007). Perubahan iklim lainnya seperti peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer dan kenaikan konsentrasi O₃ (ozon) pada troposfer berpengaruh terhadap el-nino yang berpengaruh terhadap peningkatan produksi komoditas buah-buahan. Pengaruh positifnya adalah tanaman buah-buahan berbunga serempak, lebat, dan waktu berbunga lebih cepat, khususnya pada tanaman mangga. Sebaliknya, pada tahun 2010 kejadian iklim ekstrem la-nina atau hujan hampir sepanjang tahun yang berdampak terhadap anjloknya produksi dan mutu mangga, pisang, dan jeruk 20–25%, manggis 15–20%, beberapa tanaman sayuran 20–25% dan tanaman hias sekitar 10% (Sarvina and Sari 2016). Pola hujan yang berubah-ubah akibat perubahan iklim mengacaukan pola tanam sehingga musim tanam yang tepat sulit diprediksi (Sudarma and As-syakur 2018).

Dalam kondisi perubahan iklim, pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT), termasuk tanaman hias perlu mendapat perhatian, terutama penyakit layu pada Polycias dan kutu putih *Paraccus marginatus*. Polycias merupakan komoditas andalan ekspor nasional. Pada tanaman hias yang dibudidayakan di rumah kaca, pengaruh gas rumah kaca (GRK) meningkatkan konsentrasi CO₂ yang meningkatkan laju pertumbuhan dan menambah ukuran bunga, dan pada

krisan meningkatkan laju pertumbuhan relatif dan kualitas produk (De 2018).

Selain meningkatkan serangan OPT, perubahan iklim juga menyebabkan perubahan fisiologis tanaman sayuran, buah-buahan, dan tanaman hias. Pada tanaman cabai, suhu tinggi menyebabkan kegagalan pembentukan buah, termasuk tunas jatuh/gugur, bunga abnormal, produksi polen sedikit, viabilitas miskin, keguguran ovul, reduksi ketersediaan karbohidrat, dan ketidaknormalan reproduksi lainnya (Datta 2013).

Pada komoditas buah-buahan, perubahan iklim yang menyebabkan meningkatnya intensitas curah hujan berdampak terhadap penurunan kualitas rasa buah mangga menjadi kurang manis. Sebaliknya, apabila kelembaban menurun < 38,5% maka kualitas buah tidak normal dan aroma khas jeruk berkurang. Pada kelembaban (RH) udara normal (70–80%), tanaman jeruk menghasilkan buah berdaging halus, air buah lebih banyak, rasa lebih segar, dan aroma khas jeruk lebih kuat.

Karbondioksida adalah kebutuhan dasar tanaman hias yang dibudidayakan di rumah kaca. Laju fotosintesis meningkat dengan meningkatnya konsentrasi CO₂. Siklus Calvin-Benson dimulai dengan karboksilase gula (RUBP) yang dikatalisasi oleh enzim RUBP clase. Pada kondisi suhu normal, volume O₂ berkompetisi dengan CO₂ pada letak aktif enzim dan dapat mengurangi laju fiksasi CO₂. Enzim berfungsi sebagai oksigenase dalam bentuk senyawa yang selanjutnya dimetabolisasi dalam reaksi yang bergantung pada cahaya untuk melepas CO₂. Kehilangan CO₂ dalam cahaya dibentuk sebagai fotorespirasi. Oleh karena itu, pada budi daya tanaman hias di rumah kaca, CO₂ meningkat hingga 900 ppm, dan O₂ dari proses fotosintesis dieliminasi oleh rasio CO₂/O₂. Peningkatan konsentrasi CO₂ mengurangi transpirasi tanaman 20-40%. Secara umum, rasio poliamina/etilene tinggi pada fase muda, sedangkan perubahan dari rendah dalam fase tua dan kondisi cekaman seperti salinitas menyebabkan pergeseran yang lebih cepat dari keseimbangan yang menyebabkan rasio penuaan meningkat. Meningkatnya CO₂ dapat menyebabkan pergeseran terbalik dengan meningkatkan sintesis poliamina. Pengayaan CO₂ meningkatkan resistensi stomata pada tanaman C₄ dibanding tanaman C₃ (De 2018).

Terkait adaptasi perubahan iklim ada beberapa metode yang dapat diaplikasikan pada tanaman hortikultura, di antaranya: (1) mengembangkan teknologi irigasi hemat air (irigasi tetes dan irigasi curah pada bawang merah), (2) menerapkan budi daya tanaman sehat (benih bermutu, menyediakan varietas toleran penyakit dan lingkungan suboptimal pada cabai, bawang merah, dan pisang), (3) menerapkan teknologi pengendalian OPT ramah lingkungan (konsep ambang pengendalian pada cabai), (4) melindungi hasil dan kualitas hasil panen menggunakan mulsa plastik hitam perak pada tanaman bawang merah dan melon, dan (5) memberikan naungan pada tanaman hias krisan dan anggrek.

Melalui mitigasi, usaha yang dapat dilakukan adalah mengurangi (mengerem) faktor penyebab terjadinya pemanasan global dari sumbernya. Dalam skala kecil tindakan mitigasi dapat dilakukan melalui pengelolaan sampah organik (*re-use dan recycling*) dan praktek bio-industry dan atau integrasi ternak dan tanaman (*Zero waste*).

Tulisan ini mengidentifikasi teknologi yang dapat diimplementasikan pada budi komoditas hortikultura di lahan kering dalam kondisi perubahan iklim yang telah terjadi di berbagai belahan dunia.

Definisi Lahan Kering

Lahan kering dapat diartikan sebagai sebidang tanah yang dapat dimanfaatkan untuk usaha tani menggunakan air secara terbatas (sumber air biasanya dari hujan). Dalam pemanfaatan lahan kering untuk usaha pertanian sering dijumpai berbagai kendala, karena memiliki kondisi yang beragam. Lahan kering dicirikan oleh: (1) peka terhadap erosi pada vegetasi tanah terbuka, (2) tingkat kesuburan tanah rendah, (3) air merupakan faktor pembatas (tadah hujan), dan (4) lapisan olah dan lapisan tanah di bawahnya memiliki kelembaban yang sangat rendah. Di Indonesia, lahan kering yang berpotensi dimanfaatkan untuk pertanian tanaman pangan dan hortikultura sekitar 80 juta hektar, sedangkan data terkini menunjukkan lahan kering sudah dimanfaatkan seluas 8 juta hektar dan pada tahun depan meningkat menjadi 10 juta hektar (Nursyamsi 2018). Sumber air pengairan selain berasal dari air hujan, juga dari mata air yang terdapat di dalam tanah, seperti embung, sumur gali, dan air tanah. Air sungai berasal dari dua macam sungai, yaitu sungai kecil yang debit airnya berubah-ubah dan sungai besar.

Berdasarkan zonasi ketinggian tempat (elevasi), Junghuhn (2013) mengklasifikasi daerah iklim menjadi: (1) Daerah panas dengan ketinggian tempat 0–600 m dpl. (meter di atas permukaan laut) dan suhu 26,3–22°C. Tanaman aneka sayuran yang sering dijumpai pada zonasi ini antara lain bawang merah dan cabai; aneka tanaman hias berupa anggrek, aneka tanaman buah seperti mangga, pisang, dll; (2) Daerah sedang dengan ketinggian tempat 600–1.500 m dpl dan suhu 22–17,1°C. Tanaman aneka sayuran yang diusahakan petani antara lain cabai rawit, cabai besar, cabai keriting; aneka tanaman hias antara lain anggrek bulan, mawar, dan krisan; (3) Daerah sejuk dengan ketinggian tempat 1.500–2.500 m dpl, tanaman aneka sayuran yang dijumpai antara lain bawang putih dan kentang; aneka buah antara lain pisang ambon lumut, aneka tanaman hias antara lain mawar; dan (4) Daerah dingin dengan ketinggian > 2.500 m dpl dengan tanaman aneka sayuran tetapi tidak dibudidayakan karena merusak kelestarian lingkungan, aneka tanaman hias dari jenis lumut (Bryophyta), tanaman Edelweiss dan Nepenthes. Di Indonesia daerah panas dengan ketinggian tempat 0–600 m dpl. termasuk dataran rendah, sedangkan daerah

sedang, sejuk, dan dingin termasuk dataran tinggi (> 600 m dpl.).

Lahan kering dataran rendah terluas terdapat di Kalimantan, Sumatera, dan Jawa terutama Jawa Barat dan Jawa Timur, sedangkan lahan kering dataran tinggi terluas terdapat di Papua, Kalimantan, dan Sumatera. Lahan kering yang terdiri atas lahan tegal/kebun, ladang, huma, dan lahan yang tidak diusahakan terdapat sekitar 31,41 juta hektar dan sebagian besar beriklim kering tipe D dan E berdasarkan klasifikasi Oldeman *dalam* Hidayat and Mulyani (2005) serta Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (2014).

Masalah yang sering dijumpai pada lahan kering antara lain keterbatasan air, kesuburan tanah rendah, peka terhadap erosi, topografi bergelombang sampai berbukit, produktivitas rendah, dan ketersediaan sarana kurang memadai (Supriyanto 2010; Surmaini *et al.* 2011). Pada kasus kekeringan yang terjadi pada tahun 2010 terjadi peningkatan serangan hama dan penyakit pada bawang merah, kentang, cabai rawit, dan cabai merah. Hal serupa juga terjadi pada komoditas buah yang berbunga serentak, lebat, dan waktu inisiasi bunga pendek, khususnya mangga dan jeruk (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2013). Petani di Kecamatan Geragkak, Kabupaten Buleleng, Bali, sering mengalami gagal panen cabai dan cabai rawit (Negara *et al.* 2015). Berdasarkan data (BPS 2017), petani yang mengalami kerusakan pertanaman akibat kekeringan maupun bencana alam lainnya akan mendapat pertanggung jawaban asuransi. Petani yang akan mendapat dana pertanggung jawaban adalah yang tingkat kerusakan pertanamannya mencapai 75% atau lebih.

Hal mendasar yang perlu diperhatikan dalam pengembangan komoditas hortikultura ialah kerentanan tanaman terhadap sistem penggunaan lahan, sifat tanah, pola tanam, teknologi pengelolaan tanah, air, tanaman, dan varietas. Oleh sebab itu, kerentanan tanaman hortikultura terhadap perubahan pola curah hujan akan berimbas pada luas areal tanam dan produksi tanaman. Ayyogari *et al.* (2014) menyatakan perubahan iklim menyebabkan produksi dan kualitas hasil tanaman sayuran menurun serta intensitas serangan hama dan penyakit meningkat. Pengaruh perubahan iklim terhadap hasil sayuran yaitu melalui peningkatan serangan OPT, distribusi dan ekologi serangga, waktu muncul, migrasi ke tempat baru, serta interaksi inang dengan patogen. Peningkatan suhu global dapat menyebabkan kerentanan varietas, mempercepat pematangan buah, dan menurunkan produksi komoditas hortikultura (Rai *et al.* 2015).

INOVASI ADAPTASI TERHADAP PERUBAHAN IKLIM

Inovasi teknologi adaptif komoditas hortikultura terhadap perubahan iklim pada lahan kering diuraikan di bawah ini.

Tanaman Sayuran

Cabai

Budi daya hemat air. Lahan kering menghadapi tantangan yang masif karena perubahan iklim. Pada budi daya tanaman sayuran, jaringan irigasi tetes (*drip irrigation*) dapat diatur sesuai kebutuhan tanaman (*crop water requirement*) sehingga penggunaan air lebih hemat (Tabel 1).

Tabel 1 menunjukkan makin turun putaran motor pompa makin sedikit volume air untuk menyiram tanaman dan makin menurun debit pompa air. Sistem irigasi tetes merupakan salah satu teknologi penggunaan air yang efisien dan efektif, karena pemberian air dapat diatur secara tepat, mencakup volume maupun distribusi air. Selain itu, penggunaan sistem irigasi tetes dapat meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman karena lahan dapat ditanami sepanjang tahun sehingga indeks pertanaman meningkat dan kegiatan budi daya tidak bergantung pada musim hujan (Kasiran 2006; Agus *et al.* 2005; Amminudin *et al.* 2014).

Kondisi kekeringan menurunkan luas tanam, produksi, dan produktivitas sayuran. Di Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan, penggenangan tanah biasanya terjadi pada bulan Mei dan bergeser ke bulan Juni, sehingga petani mengalami kesulitan menentukan waktu tanam sayuran yang tepat. Sementara kekeringan pada tanaman bawang merah yang terjadi di Enrekang, Sukawesi Selatan, dapat diatasi dengan irigasi curah.

Pengendalian hama dan penyakit. Perubahan iklim berkontribusi terhadap tingkat kesulitan dalam mengendalikan penyakit tanaman sayuran seperti anthracnose pada cabai merah, penyakit keriting dan layu *Fusarium* pada cabai. Metode pengendalian menggunakan bahan kimia sintetis masih dominan dipraktikkan petani untuk menekan perkembangan penyakit yang mengancam keberlanjutan usaha tani sayuran di dataran medium dalam jangka panjang. Pencegahan dapat pula dilakukan dengan memilih benih sehat dan bebas patogen.

Pengendalian juga dapat dilakukan dengan metode ambang kendali Moekasan *et al.* (2013), pemusnahan tanaman yang tertular dan penyemprotan fungisida, peningkatan daya tahan tanaman cabai terhadap virus

kuning, aplikasi hara berimbang, misalnya penggunaan pupuk organik cair yang mengandung zat hara makro dan mikro lengkap. Tujuannya ialah agar tanaman cabai tumbuh subur dan sehat sehingga lebih tahan terhadap patogen. Tanaman cabai umumnya sensitif terhadap kondisi drainase yang buruk dan kendala penanaman cabai dalam musim hujan sangat kompleks, antara lain penyakit layu *Fusarium*, busuk batang, busuk abu-abu, dan busuk buah *Anthracnose*. Sampai saat ini varietas cabai yang telah diuji dan adaptif dibudidayakan pada musim hujan di dataran medium (500 m dpl) yaitu cabai keriting varietas Kencana dengan potensi hasil 12,1–22,9 t/ha, umur panen 95–98 hari, dan varietas Ciko dengan potensi hasil 13,4–2,5 t/ha, umur panen 81–84 hari (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura 2014).

Bawang Merah

Penggunaan mulsa. Dalam sistem budi daya sayuran, mulsa berperan ganda, yaitu meminimalisasi dampak kemarau panjang akibat radiasi matahari sehingga pengaruh suhu tinggi dapat ditekan. Hasil penelitian penggunaan mulsa pada bawang merah pada lahan kering di Riau (jenis tanah *Fluventic Dystrudept*) menunjukkan mulsa plastik hitam perak meningkatkan tinggi tanaman, jumlah siung, dan bobot umbi bawang merah (Gambar 1).

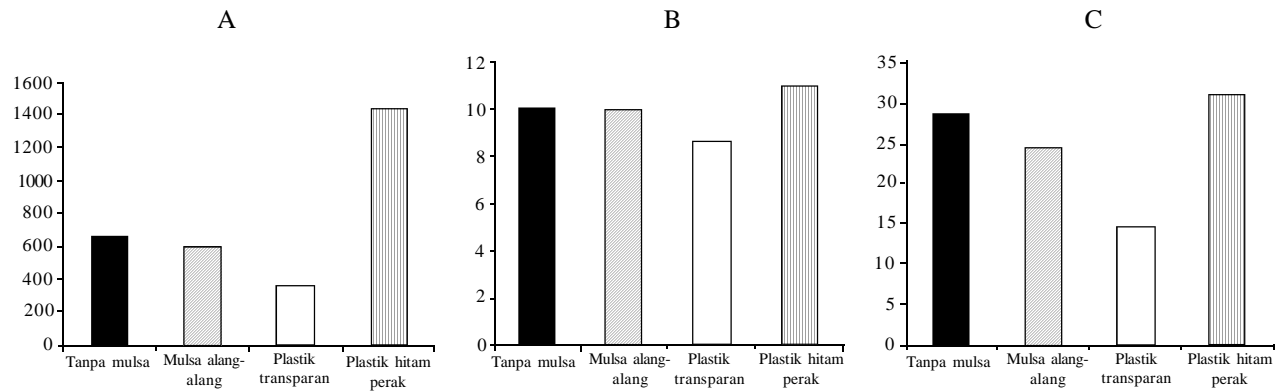
Varietas sayuran yang adaptif. Kentang, bawang merah, dan cabai adalah sayuran penting yang sangat rentan terhadap perubahan iklim. Introduksi varietas unggul baru bawang merah diperlukan, terutama yang tahan terhadap hama dan penyakit. Dengan demikian dapat memfasilitasi seleksi varietas yang akan dikembangkan (Miranda *et al.* 2011 dalam Kurniawati 2012). Varietas bawang merah yang mampu beradaptasi terhadap musim hujan disajikan pada Tabel 2. Beberapa varietas bawang merah memiliki keunggulan dari segi umur panen (genjah), potensi hasil (tinggi), dan periode ketahanan simpan (panjang).

Varietas Sembrani berpotensi hasil tinggi dan umur genjah. Sementara potensi hasil varietas Pancasona hampir menyamai Sembrani tetapi ketahanan simpannya kurang baik. Varietas Trisula paling genjah dan periode ketahanan simpannya paling panjang. Varietas Maja memiliki potensi hasil tertinggi.

Tabel 1. Volume penggunaan air sistem irigasi tetes sesuai kebutuhan tanaman dengan kecepatan putar motor pompa.

Putaran motor pompa (rpm)	Jumlah air penyiram tanaman	Debit pompa (liter/menit)	Jumlah lubang tetes/polibag
2.400	0,563182	53	186
2.000	0,506185	47	186
1.800	0,448612	42	186
1.600	0,367981	35	186

Sumber: Amminudin *et al.* (2014).



Gambar 1. Pengaruh jenis mulsa terhadap bobot umbi (A), jumlah siung per rumpun (B) dan tinggi tanaman (C) bawang merah. (Tabrani *et al.* 2005).

Kentang

Untuk menangani dampak perubahan iklim dengan suhu yang lebih tinggi pada tanaman kentang telah dilakukan pengujian dua klon (CIP 394616,117 dan CIP 392781,1) di dataran rendah. Hasil pengujian menunjukkan klon CIP 392781,1 toleran suhu tinggi. Dalam menghadapi iklim la-nina (hujan berkepanjangan), Balai Penelitian Tanaman Sayuran telah menemukan kentang transgenik yang tahan terhadap *Late Blight Diseases* (penyakit hawar daun), penyakit utama pada budi daya kentang pada musim hujan. Varietas Katadina disukai oleh konsumen. Sumber gen tahan berasal dari kentang liar *Solanum bulbocastanum* (Gunadi *et al.* 2013), sedangkan pengendalian Phytophthora pada tanaman kentang dianjurkan menggunakan varietas tahan, Repita.

Tanaman Buah-buahan

Pisang

Buah tropika umumnya terkena dampak langsung perubahan iklim, antara lain pada fase pembungaan dan fruitset, kerontokan buah, serangan hama penyakit, dan gangguan pertumbuhan tanaman. Beberapa teknologi

tanaman pisang untuk adaptasi perubahan iklim disajikan pada Tabel 3.

Melon

Pada budi daya melon di lahan kering, penggunaan mulsa dapat meningkatkan hasil buah. Mulsa yang digunakan dapat berupa mulsa organik seperti jerami dan dapat juga mulsa plastik hitam perak. Keuntungan penggunaan mulsa organik yaitu bahan mudah didapat dan juga dapat digunakan untuk menambah bahan organik tanah pada bedengan untuk beberapa musim tanam. Keuntungan penggunaan mulsa yang berasal dari bahan sintesis dapat memantulkan sinar ultra violet yang sangat berguna dalam proses fotosintesis sehingga meningkatkan aktivitas dan proses kimiawi dalam jaringan tanaman. Pemberian mulsa plastik hitam perak dapat meningkatkan hasil dan kadar gula melon (Gambar 2).

Pada tanaman melon, suhu merupakan faktor pembatas produksi. Pada tanaman buah-buahan yang diintroduksi dari daerah subtropis perlu memperhatikan suhu kritis bagi tanaman untuk berproduksi optimal. Suhu yang sesuai akan menunjang kelancaran metabolisme. Peningkatan suhu dapat mempengaruhi fotosintesis, respirasi, evapotranspirasi, dan mengurangi *water use efisiensi* (WUE) pada tanaman (Zhao and Yu, 2008 dalam Guoju *et al.* 2013).

Tabel 2. Varietas, umur panen, potensi hasil dan ketahanan simpan bawang merah.

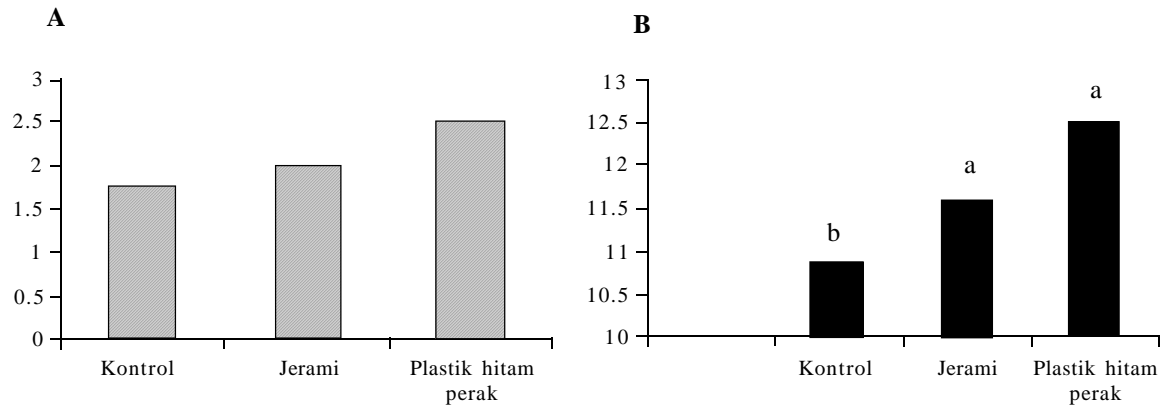
Varietas	Umur panen (hari)	Potensi hasil(t/ha)	Ketahanan simpan (bulan)
Sembrani	54–56 (dataran rendah)	9–24,0	4
Pancasona	68–75 (dataran tinggi)	6,90–23,70	3
Trisula	57	6,50–23,21	4
Maja	55	12	4

Sumber: Suwandi (2018); Suwandi *et al.* (2013).

Tabel 3. Teknologi adaptasi perubahan iklim pada tanaman pisang.

Jenis tanaman, varietas, teknologi budi daya	Dampak terhadap perubahan iklim
Pisang varietas Ketan, Muli, Mas	Terhindar dari serangan penyakit darah, terutama yang ditularkan melalui serangga pengunjung bunga.
Pisang varietas Kepok Tanjung	Berpengaruh nyata terhadap penyakit darah

Sumber: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2013).



Gambar 2. Pengaruh mulsa terhadap bobot buah melon (A) dan kadar gula melon (B) pada lahan kering tanah Latosol (Sudjiyanto and Kristiani 2009).

Mangga

Sukhvibul *et al.* 1999 dalam Huang *et al.* (2010) menyatakan suhu berkaitan erat dengan perkembangan morfologi pada fase pembungaan mangga. Pengaruh keragaman iklim terhadap fotosintesis, pertumbuhan vegetatif, pembungaan, pematangan, dan kualitas mangga disajikan pada Tabel 4. Pada Tabel 4 tampak tiga variabel iklim (suhu, cahaya, dan CO₂) berpengaruh positif terhadap hasil fotosintesis pada tanaman mangga.

Jeruk

Suhu kekeringan ekstrem dapat diatasi dengan penyiraman tanaman pada pagi dan sore. Pada curah hujan dan kelembaban tinggi perlu pengaturan percabangan tanaman supaya tanaman tidak lembab. Penyiraman tanaman tidak perlu berlebihan agar tanah tidak terlalu basah dan tanaman tidak kelebihan air. Volume air yang disiramkan cukup untuk menyiram akar tanaman sepanjang malam. Pada pagi dan sore, penguapan air biasanya tidak terlalu besar sehingga air yang diserap akar dapat lebih maksimal. Jika penyiraman tanaman dilakukan pada siang hari yang terik dikhawatirkan air pengairan akan cepat menguap sehingga air yang diserap akar

tanaman lebih sedikit. Pada tanaman jeruk, perubahan suhu ekstrem dapat diatasi dengan pengaturan jarak tanam (Tabel 5).

Tanaman Hias

Aneka bunga potong

Tanaman bunga potong yang berumbi (freesia, lily), tanaman pot berbunga (kastuba, kalanchoe), dan tanaman pot tidak berbunga (dracena dan ficus) telah dievaluasi oleh Marcelis *et al.* (2008). Pada sebagian besar tanaman hias, peningkatan 1% cahaya meningkatkan 0,5-1,0% produk bunga yang dapat dipanen. Widiastuti *et al.* (2004) mengamati tanaman krisan di bawah intensitas cahaya 55%, 75%, hingga 100%. Hasil penelitian menunjukkan cabang tanaman krisan akan muncul lebih cepat apabila intensitas cahaya makin tinggi.

Bunga Pot

Salah satu tanaman hias yang tergolong bunga pot adalah anggrek (Tabel 6). Hasil penelitian Widiastoety and Bahar (1995) dan Widiastoety *et al.* (2000) menunjukkan daun terlebar dan tunas anggrek terbaik diperoleh pada perlakuan intensitas cahaya 55%, dibandingkan dengan

Tabel 4. Pengaruh keragaman iklim terhadap fotosintesis dan kualitas buah mangga.

Variabel	Perubahan yang terjadi	Perubahan fotosintesis	Perubahan kualitas buah
Suhu	Meningkat	Positif	+ Pembuaian lebih cepat+/- kualitas
Cahaya	Meningkat	Positif/negatif	+ Warna kulit, kualitas dan ukuran
CO ₂	Meningkat	Positif	+ Kesegaran buah meningkat, tahan simpan
VPD	Meningkat	Negatif	n.i
Kekeringan	Meningkat	Negatif	+ Kualitas, -Ukuran
Banjir	Meningkat/menurun	Negatif	n.i

n.i. = no information = tidak ada informasi

Sumber: Normand *et al.* 2013.

Tabel 5. Dampak perubahan iklim dan upaya adaptasi yang dapat dilakukan pada tanaman jeruk.

Komponen iklim	Dampak perubahan iklim	Adaptasi yang dapat dilakukan
Suhu	Suhu mempengaruhi perkembangan populasi kutu daun (<i>Toxoptera citricidus</i>). Semakin tinggi suhu di lapang semakin rendah populasi kutu daun.	Pengaturan jarak tanam, pengamatan terhadap gejala pada daun dan bunga yang berlebihan.
Kelembaban	Kelembaban yang optimal bagi perkembangan kutu daun adalah 73-100%. Jika kelembaban berada pada titik optimum maka populasi kutu daun semakin meningkat.	Pengendalian mekanis dan fisik dilakukan dengan membersihkan dan memetik daun yang terserang <i>Triteza</i> .
Curah hujan tinggi dan lama (la-nina)	Populasi kutu daun pada tanaman jeruk siam turun ketika kena air hujan, tetapi penyakit embun tepung (<i>Oidium tingtonium</i>) meningkat.	Melakukan pemangkasan tunas, penyemprotan menjelang bertunas dan tunas muda dengan fungisida siprokonozal, benomil, propineb.
Kemarau panjang (el-nino)	Populasi kutu daun (<i>Toxoptera citricidus</i>) pada tanaman jeruk meningkat pada musim kemarau dan berkurang pada musim hujan.	Tanaman jeruk sehat, sanitasi kebun harus bersih

Sumber: Mutmainnah 2016.

tanaman yang mendapat perlakuan intensitas cahaya 65% dan 75%. Naungan 75% menyebabkan tanaman mengalami etiolasi (tangkai bunga tinggi) dan kualitas bunga rendah. Lebih lanjut Widiastoety *et al.* (2000) mengemukakan, semakin tinggi intensitas cahaya pada tanaman anggrek semakin tinggi tanaman dan semakin banyak jumlah daun (Tabel 6). Pada anggrek bulan (*Phalaenopsis*), jumlah daun tidak berubah selama periode induksi dan tidak dipengaruhi oleh penyinaran (Paradiso and De Pascale 2014).

Bunga potong lainnya

Pada tanaman mawar, suhu yang tinggi dapat mengurangi kuantitas dan kualitas bunga di antaranya jumlah bunga dan petal, memperpendek tangkai bunga, dan periode pembungaan lebih awal. Pembungaan lebih awal disebabkan karena pada suhu yang tinggi, enzim-enzim terpacu untuk mempercepat reaksi. Di samping itu, suhu yang sangat tinggi dapat mematikan tanaman akibat koagulasi protein. Terhentinya pertumbuhan tanaman pada suhu tinggi merupakan gambaran terganggunya keseimbangan metabolik. Deuter (2008) menyatakan

sebagian besar tanaman hias sensitif terhadap suhu dan membutuhkan suhu yang spesifik untuk produksi dan kualitas yang optimum. Pada tanaman, suhu berpengaruh terhadap waktu dan keandalan pertumbuhan, pembungaan, pembentukan buah, pematangan, dan kualitas produk yang dihasilkan.

Peningkatan konsentrasi CO₂ pada atmosfer sudah terjadi sejak lama, dan semakin tinggi dalam beberapa dekade terakhir. Peningkatan CO₂ di udara di samping berpengaruh terhadap proses fotosintesis juga mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca (GRK). Pengaruh CO₂ terhadap karakter morfologi tanaman hias disajikan pada Tabel 7.

Cahaya merupakan faktor yang menentukan kualitas daun tanaman hias dataran rendah (0-600 m dpl) (De 2018). Daun puring (*Coedium sp*) tampak berwarna cerah jika mendapat pencahayaan penuh, tetapi untuk anggrek Vanda memerlukan peneduh dengan intensitas cahaya 65-75% cahaya UV atau 25-35% peneduh, suhu udara 20-26°C. Di dataran tinggi (>600 m dpl.) cukup dengan peneduh plastik transparan, bunga anggrek tampak lebih menarik. Kebutuhan CO₂ adalah 900 kg untuk melakukan fotosintesis selama 12 jam.

Tabel 6. Pengaruh perlakuan berbagai tingkat intensitas cahaya terhadap parameter produksi tanaman anggrek.

Intensitas cahaya (%)	Tinggi tanaman	Jumlah daun tajuk	Bobot kering akar	Bobot kering bersih	Laju asimilasi	Saat muncul cabang pertama	Jumlah cabang
55	39,16 a	23,50 b	4,31 b	1,74 a	4,29 a	16,16 a	3,25 a
75	42,98 ab	26,11 ab	5,39 a	1,90 a	4,86 a	18,92 b	3,47 a
100	46,20 b	28,35 a	4,91 ab	1,98 a	4,18 a	21,57 c	2,76 b

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%
 Sumber: Widiastuti *et al.* (2004).

Tabel 7. Pengaruh CO₂ terhadap karakter morfologi tanaman hias.

Tanaman hias	Karakter morfologi	Perubahan yang terjadi
Gerbera	Pertumbuhan daun	- Jumlah daun pertanaman - Bobot daun total meningkat, satu atau dua lapisan sel palisade dan sel mesofil palisade lebih rapat
	Pertumbuhan tangkai	- Secara umum, bobot kering per panjang tangkai per unit lebih berat
Crysanthemum	Formasi Akar	Persentase perakaran meningkat, jumlah akar per tangkai juga meningkat
Mawar	Percabangan dan anakan Pembungaan	- Peningkatan jumlah tunas lateral, pengayaan CO ₂ - Jumlah bunga total anyelir meningkat, percabangan lateral meningkat. - Pelemahan dominansi tunas apical mawar.

Sumber: De 2018.

KESIMPULAN

Perubahan iklim telah terjadi di berbagai wilayah di Indonesia, baik di dataran rendah (0-600 m dpl) hingga dataran tinggi (>600 m dpl). Perubahan iklim di sentra produksi hortikultura dapat menurunkan produksi dan produktivitas aneka sayuran, buah-buahan, dan tanaman hias. Upaya adaptasi terhadap dampak perubahan iklim pada tanaman hortikultura memerlukan dukungan teknologi, antara lain: (1) varietas unggul (sayuran, buah buahan, dan tanaman hias) yang lebih toleran terhadap cuaca panas dan hujan lebat; (2) budi daya hemat air seperti irigasi tetes dan irigasi curah pada bawang merah dan cabai; (3) budi daya tanaman sehat (benih bermutu); (4) pengendalian hama dan penyakit ramah lingkungan (penanaman varietas adaptif); (5) mulsa pada tanaman bawang merah, bawang putih, dan bunga krisan, serta pembungkusan buah untuk menghindari lalat buah, (6) varietas tahan dan toleran hama dan penyakit seperti krisan varietas Puspita Nusantara, cabai varietas Kencana, pisang varietas Muli dan pisang keprok varietas Tanjung untuk menghindari penyakit darah.

Untuk menghindari suhu ekstrem diperlukan pengairan tanaman pada pagi dan sore, jika kelembaban tinggi dilakukan penyemprotan dengan interval pendek.

Teknologi adaptasi berupa pengaturan jarak tanam pada jeruk diperlukan untuk mengendalikan kutu daun, pemangkasan tunas dan budi daya tanaman sehat untuk mengendalikan kutu daun dan *Toxoptera citricidus* pada jeruk siam, dan pengayaan CO₂ untuk meningkatkan hasil dan kualitas tanaman hias di rumah kaca.

Implikasi dari penelitian ini ialah: (1) merakit varietas unggul sayuran yang lebih adaptif terhadap suhu panas dan kekeringan serta curah hujan tinggi, misalnya sayuran dataran rendah (0-600 m dpl) seperti bawang merah dan cabai merah tahan hujan, tomat, kubis, sawi; jeruk keprok dengan rasa manis (> 12°Brix), (2) Merakit bunga mawar dan krisan dataran tinggi (> 600 m dpl.) yang toleran tanpa naungan, (3) Membuat sistem peringatan dini pada budi daya komoditas hortikultura, terutama dalam menghadapi cuaca ekstrem dan ledakan hama/penyakit (*Spodoptera*) pada bawang merah dan buah-buahan (ulat dan lalat buah pada mangga), (4) Sosialisasi kepada petani tentang meluasnya hama/penyakit akibat perubahan iklim (suhu, kelembaban, cahaya, GRK-CO₂ dll) pada komoditas hortikultura. Selain dengan teknologi adaptasi, dampak perubahan iklim hendaknya diimbangi dengan tindakan mitigasi dan antisipasi, misalnya kalender tanam, penggunaan varietas rendah emisi, dan pupuk organik sehingga dapat menekan biaya usaha tani.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., Surmaini, E. and Sutrisno, N. (2005). Teknologi Hemat Air dan Teknologi Irigasi Suplemen, di dalam Teknologi Pengelolaan Tanah Kering. *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian, Jakarta*. pp. 223–245.
- Amminudin, Suwardji and Basuki, E. (2014). Rancang bangun alat penyiraman tanaman otomatis dengan sistem irigasi tetes berbasis pompa energi surya dari sumber air sumur tanah dalam pada lahan kering. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem* 2(2): 79–86.
- Ayyogari, K., Sidhya, P. and Pandit, M.K. (2014). Impact of climate change on vegetable –a review. *International Journal of Agriculture, Environment & Biotechnology. IJAEB* 7(1): 145–155.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2013). Pedoman Umum Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian. *Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian*.
- Bank Indonesia. (2015). Laporan Perekonomian Indonesia 2015. Inflasi Volatile Food (VF): Sumbangan Inflasi 9 Komoditas Pangan Strategis. hlm. 96–98.
- BPS (2017). Statistik Hortikultura Provinsi Bali Tahun 2017. Denpasar. *BPS*.
- Datta, S. (2013). Impact of climate change in Indian horticulture - A Review. *International Journal of Science, Environment and Technology* 2(4): 661–671.
- De (2018). Impact of climate change on floriculture and landscape gardening. *International Journal of Agriculture Science* 10(11): 6253–6256.
- Deuter, P. (2008). Defining the impacts of climate change on horticulture in Australia. *Garnault Climate Change Review*.
- Garrett, K.A., Dendy, S.P., Frank, E.E., M.N. Rouse and Travers (2006). Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems S. E. *Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems S. E.* 44: 489–509.
- Ghini, R., Bettiol, W. and Hamada, E. (2011). Diseases in tropical and plantation crops as affected by climate changes: current knowledge and perspectives. *Plant Pathology* 60: 122–132.
- Gunadi, N., Prabaningrum, L., Moekasan, T. and Sulastrini, I. (2013). *Assembling Production Technology of Chili-Paper under Netting House Inaccordance with Tropical Conditions and Needs of Farmers in Highlands in Order to Improve Product Quality and Ensuring Continuity of Supply throughout the Year*.
- Guoju, X., Fengju, Z., Zhengji, Q., Yubi, Y., Runyuan, W. and Juying, H. (2013). Response to climate change for potato water use efficiency in semi-arid areas of China. *Agricultural Water Management* 127: 119–123.
- Hidayat, A. and Mulyani, A. (2005). Lahan Kering Untuk Pertanian. *Teknologi Pengelolaan Lahan Kering. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Tanah Dan Agroklimat. Bogor*.
- Huang, J., Ma, W., Liang, G., Zhang, L., Wang, W., Cai, Z. and Wen, S. (2010). Effects of low temperatures on sexual reproduction of 'Tainong 1' mango (*Mangifera indica*). *Scientia Horticultura* 126: 109–119.
- Junghuhn, F.W. (2013). *Klasifikasi Iklim Junghuhn.GEO WEBCLASS*. Available at: <https://agnazgeograph.wordpress.com/2013/01/23/klasifikasi-iklim-junghuhn/>.
- Kasiran (2006). Teknologi irigasi tetes "RO DRIP" untuk budidaya tanaman sayuran di lahan kering dataran rendah. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* 8(1): 26–30.
- Kurniawati (2012). *Pengetahuan Dan Adaptasi Petani Sayuran Terhadap Perubahan Iklim (Studi Kasus: Desa Cibodas, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat)*. Tesis, Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Marcelis, L., Broekhuijsen, A., Meinen, E., Nijs, E. and Raaphorst, M. (2008). Quantification of the growth response o light quantity of greenhouse grown crops. *ISHS Acta Horticulturae* 711. *V International Symposium on Artificial Lighting in Horticulture*.
- Moekasan, T., Prabaningrum, L., Adiyoga, W. and Gunadi, N. (2013). OPT tanaman sayuran dan palawija serta strategi pengendaliannya. *Balitsa Dan WUR, the Netherlands*.
- Muryati (2007). Pengaruh umur buah dan faktor iklim terhadap serangan penggerek buah Jeruk Citrifestis *agritiferella*: Mr. (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Horti* 17(2): 188–195.
- Mutmainnah (2016). Dampak perubahan iklim (DPI) terhadap organisme pengganggu tumbuhan (OPT) pada tanaman hortikultura. *Dinas Pertanian, Perkebunan Dan Peternakan Bangka Belitung*.
- Negara, KRS, M. Antara, dan IN. Dhana. (2015). Hubungan tingkat pengetahuan petani tentang perubahan iklim dengan adaptasi budidaya stroberi di Desa Pancasari, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng. *Ecotrophic* 9(2): 34–40.
- Normand, F., Lauri, P. and Legave, J. (2013). *Climate Change and Its Probable Impact on Mango Production and Cultivation. X International Mango Symposium (Mango: Opprtunities and Challenges in the 21st Century) 3–7 June 2013, Punta Cana, Dominican Republic. Bahan Tayang*.
- Nursyamsi, D. (2018). *Di Indonesia Ada 80 Juta Hektar Lahan Kering, Bisa Untuk Tanaman Pangan*. Available at: <http://jateng.tribunnews.com/2018/07/02/di-indonesia-ada-80-juta-hektare-lahan-kering-bisa-untuk-tanaman-pangan>. [Diakses pada 16 Februari 2018].
- Paradiso, R. and De Pascale, S. (2014). Effects of Plant Size, Temperature, and Light Intensity on Flowering of *Phalaenopsis* Hybrids in Mediterranean Greenhouses. *The Scientific World Journal* 2014:1–9. doi: <https://doi.org/10.1155/2014/420807>.
- Pasandaran, E. dan G. Irianto. (2009). *Membangun Kemampuan Antisipatif dan Adaptif Masyarakat terhadap terhadap Perubahan Iklim. Buku: Kearifan Lokal sebagai Landasan Membangun Sekolah Iklim. Badan Litbang Pertanian*. Penyunting: Wienarto, N; I. Amien; Haroyono; E. Pasandaran.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (2014). *Statistik Lahan Pertanian Th 2009–2013. Setjen Pertanian. Kementerian Pertanian*.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura (2014). *Benih cabai kencana banyak diminati pengunjung PF2N Makassar. Badan Litbang Pertanian, Kementan*.
- Rai, R., Joshi, S., Roy, S., Singh, O., Samir, M. and Chandra, A. (2015). Implication of changing climate on productivity of temperate fruit crops with special reference to apple. *Journal of Horticulture*.
- Ruminta (2015). Dampak perubahan iklim pada produksi apel di Batu Malang. *Jurnal Kultivasi* 14(2): 42–48.
- Sarvina, Y. and Sari, K. (2016). Identifikasi kondisi iklim sentra produksi durian dan rambutan. *Bul. Hasil Penel. Agroklimat dan Hidrologi* 13: 12–24.
- Sudarma, I. and As-syakur, A. (2018). Dampak Perubahan Iklim terhadap Sektor Pertanian di Provinsi Bali. *Jurnal Sosial Ekonomi dan Agribisnis, Univ. Udayana* 12(1): 87–98.
- Sudjianto, U. and Kristiani, V. (2009). Studi pemulaan dan dosis NPK pada hasil buah Melon (*Cucumis melon* L). *Jurnal Sains dan Teknologi* 2(2): 1–7.
- Supriyanto (2010). *Pengembangan Sorgum Di Lahan Kering Untuk Memenuhi Kebutuhan Pangan, Pakan, Energi Dan Industri*. Available at: www.dppm.uir.ac.id/.../DPPM-UII_06_45-51_PENGEMBANGAN_SORGUM. [20 September 2012].
- Surmaini, E., Runtunuwu, E. and Las, I. (2011). Upaya sektor pertanian dalam menghadapi perubahan iklim. *Jurnal Litbang Pertanian* 30(1): 1–7.

- Suwandi (2018). *Menakar Kebutuhan Hara Tanaman Dalam Pengembangan Inovasi Budidaya Sayuran Berkelanjutan. Orasi Pengukuhan Prof. Riset Bidang Budidaya Tanaman. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.*
- Suwandi, Lukman, L., Sutarja, R. and Adiyoga, W. (2013). Vegetable Innovative Technologies for Climate Change Adaptation in the Tropics. *Proceeding International Conference on Tropical Horticulture 2013*. pp. 40–59.
- Tabrani, G., Arisanti, R. and Gusmawartati (2005). Peningkatan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) dengan pemberian pupuk KCl dan mulsa. *J.Sagu* IV(1): 24–31.
- Widiastoety, D. and Bahar, F.A. (1995). Pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan Anggrek Dendrobium. *Jurnal Holtikultura* 4(5): 72–75.
- Widiastoety, D., Prasetyo, W. and Solvia, N. (2000). Pengaruh naungan terhadap produksi tiga kultivar bunga anggrek Dendrobium. *Jurnal Hortikultura* 4: 302–306.
- Widiastuti, L., Tohari and Sulistyarningsih, E. (2004). Pengaruh intensitas cahaya dan kadar daminosida terhadap iklim mikro dan pertumbuhan tanaman krisan dalam pot. *Ilmu Pertanian* 11(2): 35–42.