

Penerapan Teknologi Pengendalian Hama Terpadu pada Tanaman Cabai Merah untuk Mitigasi Dampak Perubahan Iklim (Implementation of Integrated Pest Management for Mitigation of Climate Change on Chili Peppers)

Setiawati, W, Sumarni, N, Koesandriani, Y, Hasyim, A, Uhan, TS, dan Sutarya, R

Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jl. Tangkuban Parahu 517, Lembang, Bandung Barat 40791

E-mail : wsetiawati@yahoo.com

Naskah diterima tanggal 2 April 2013 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 18 Juni 2013

ABSTRAK. Penelitian dilaksanakan atas dasar adanya peningkatan serangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) yang sangat tinggi akibat terjadinya perubahan iklim. Penggunaan pestisida yang intensif tidak mampu menekan serangan OPT tersebut. Sampai saat ini belum terformulasi langkah yang tepat untuk pengendalian OPT sebagai upaya mitigasi perubahan iklim. Oleh sebab itu diperlukan inovasi teknologi pengendalian OPT pada tanaman cabai merah secara terintegrasi. Penerapan teknologi PHT yang diperbaiki merupakan solusi terbaik. Tujuan penelitian ialah menghasilkan rakitan teknologi PHT untuk mitigasi perubahan iklim yang dapat menekan penggunaan pestisida > 50% dan mengurangi emisi CO₂ > 10%. Penelitian dilaksanakan di Desa Kawali Mukti, Ciamis, Jawa Barat dari Bulan April sampai dengan September 2012. Rancangan percobaan yang digunakan ialah acak kelompok terdiri atas lima perlakuan (rakitan berbagai teknologi PHT dibandingkan dengan teknologi konvensional) serta lima ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi PHT- 4 (penggunaan varietas Kencana yang ditanam secara monokultur, penggunaan mulsa plastik hitam perak, pemupukan (pupuk kandang sebesar 30 t/ha dan NPK sebanyak 700 kg/ha), dan penggunaan pestisida berdasarkan ambang kendali), dapat menekan penggunaan pestisida sebesar 73,33% dengan hasil panen tetap tinggi yaitu sebesar 15,46 t/ha. Selain itu rakitan teknologi tersebut mampu mengurangi suhu lingkungan mikro sebesar 0,89°C dan emisi CO₂ dapat dikurangi sebesar 38,76%. Teknologi PHT tersebut dapat direkomendasikan sebagai teknologi untuk mitigasi perubahan iklim (kemarau panjang) pada budidaya cabai merah.

Katakunci: *Capsicum annuum*; Pengendalian hama terpadu; Perubahan iklim; OPT; CO₂

ABSTRACT. This research to be carried out, based on an increase pests and diseases incidence due to climate change. Incidence of this pests and diseases were outbreak more frequent and severe compare to the last years. Consumer concern about ineffectiveness of the control operations and environmental contamination led to a search for an environmentally friendly, effective alternative. There was also a need to develop an integrated pest management (IPM). Integrated pest management approach can be further elaborated and strengthened taking into consideration of climate related risks. The aim of this research was to find the new IPM technology that were reduced of pesticide use more than 50% and CO₂ more than 10%. The experiment was conducted at Kawali Mukti Village, Ciamis, West Java from April to September 2012. Randomized completely block design was used in this experiment with five treatments (IPM package technologies and conventional practices as a control) and five replications. Pest and diseases incidence, yield and CO₂ emission were observed. The results indicated that IPM-4 (Kencana variety on monoculture system, silver black plastic mulch, 30.0 t/ha of manure, 700 kg/ha of NPK, and the use of pesticide based on action threshold) could reduced use of pesticide up to 73.33% and had significantly higher marketable yield (15.46 t/ha) compared to another IPM package. These technology also could reduced temperature and CO₂ 0.89°C and 38.76%, respectively. Therefore these IPM package technologies can be recommended for mitigation climate change on chili peppers.

Keywords: *Capsicum annuum*; Integrated pest management; Climate change; Pests and diseases; CO₂

Fenomena perubahan iklim selain berdampak terjadinya banjir, kekeringan, dan longsor, juga secara langsung maupun tidak langsung berdampak terhadap terjadinya perubahan status organisme pengganggu tumbuhan (OPT), perubahan dominasi/komposisi jenis OPT di suatu wilayah dan perubahan daerah penyebaran OPT. Pada tanaman cabai merah tanda-tanda di lapangan menunjukkan telah terjadi perubahan tersebut, antara lain meningkatnya serangan penyakit virus kuning, antraknos, hawar daun, layu bakteri, lalat buah, dan ulat penggerek buah yang mengakibatkan kehilangan hasil 25 – 100% (Setiawati *et al.* 2011).

Perubahan iklim berkaitan dengan peningkatan kadar CO₂, akibatnya konsentrasi nitrogen dalam tanaman menurun. Hal ini dapat memicu OPT dalam meningkatkan biomassa yang dikonsumsi yang berarti kerusakan tanaman meningkat. Perubahan iklim juga berpengaruh langsung pada OPT dan musuh alaminya seperti perubahan pada penyebaran geografis, perkembangan makin cepat, jumlah generasi bertambah, musim untuk perkembangan menjadi lebih panjang, dan terjadi perubahan interaksi tumbuhan inang dan OPT (Aheer *et al.* 1994, Wiyono 2007, Al-Amin & Siwar 2008).



Menurut Yun & Ahn (2009) bahwa fotosintesis pada tanaman cabai merah meningkat sebesar 35% pada kadar CO₂ 700 ppm dan peningkatan temperatur sebesar 5°C. Selanjutnya Shin & Yun (2010) melaporkan bahwa pada kondisi seperti itu serangan penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*), *Phytophthora capsici*, dan *Xanthomonas campestris* meningkat masing-masing sebesar 25%, namun penyakit antraknos menurun sebesar 10%. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Chakraborty et al. (2002). Selanjutnya Pangga et al. (2004) melaporkan bahwa lebar kanopi mempunyai korelasi positif dengan serangan antraknos pada konsentrasi CO₂ 350 ppm dan 700 ppm. Populasi trips dan tungau sangat dipengaruhi oleh temperatur, kelembaban, dan curah hujan (Khan et al. 2008, Ashraf et al. 2011), sedang Bonaro et al. (2007) menyatakan bahwa pada temperatur 25 – 30°C perkembangan *Bemisia tabaci* menjadi lebih cepat. Setiawati et al. (2011) melaporkan bahwa terjadinya perubahan iklim berpengaruh terhadap resurgensi hama *Bactrocera* sp., trips, *B. tabaci*, dan *Myzus persicae*. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya perubahan perilaku petani dalam pengendalian OPT, khususnya penggunaan pestisida menjadi semakin intensif. Adiyoga (2007) melaporkan bahwa dalam satu musim tanam, para petani menggunakan pestisida sebanyak 21 kali. Sampai saat ini belum terformulasi langkah yang tepat untuk penanggulangannya. Oleh sebab itu diperlukan inovasi teknologi pengendalian OPT pada tanaman cabai merah secara terintegrasi.

Pertanian berkelanjutan merupakan pilihan yang tepat untuk memenuhi kebutuhan keamanan pangan dan mengatasi tantangan perubahan iklim (Badgley et al. 2007), salah satu di antaranya ialah dengan menerapkan teknologi pengendalian hama terpadu (PHT). Penerapan PHT mengalami perkembangan yang pesat, bahkan sampai pada penerapannya sebagai teknologi terobosan untuk memecahkan berbagai permasalahan penanganan OPT. Teknologi PHT yang diterapkan harus disesuaikan dengan variabilitas iklim yang meningkat dan kejadian cuaca yang lebih ekstrim (IPPC 2007).

Menurut Pretty & Hine (2001) beberapa komponen teknologi PHT yang dapat diterapkan sebagai mitigasi dampak perubahan iklim antara lain yaitu (1) menjaga sumber daya alam dengan cara pengelolaan hara dan penggunaan bahan organik, (2) penggunaan varietas yang tahan OPT dan tahan cekaman lingkungan, (3) pengendalian OPT melalui pengurangan penggunaan pestisida dengan cara meningkatkan penggunaan musuh alami, (4) mengurangi kekeringan/banjir dengan penggunaan mulsa dan sistem tanam polikultur, dan penggunaan bahan organik, (5) mengurangi emisi

gas rumah kaca dengan mengurangi penggunaan pupuk anorganik, dan (6) mengurangi suhu ekstrim dengan cara memperbaiki jarak tanam.

Beberapa teknologi tersebut sudah dihasilkan oleh Balitsa, namun demikian adopsi teknologi di tingkat pengguna sangat lambat dan parsial, serta belum dicoba dipadukan dalam rakitan teknologi yang komprehensif.

Tujuan penelitian ialah menghasilkan rakitan teknologi PHT untuk mitigasi dampak perubahan iklim yang dapat menekan penggunaan pestisida >50% dan mengurangi emisi CO₂ >10%. Hipotesis yang diajukan ialah bahwa pengurangan pupuk kandang, pupuk buatan, dan pestisida dapat mengurangi emisi CO₂, serangan OPT, namun hasil panen tetap tinggi.

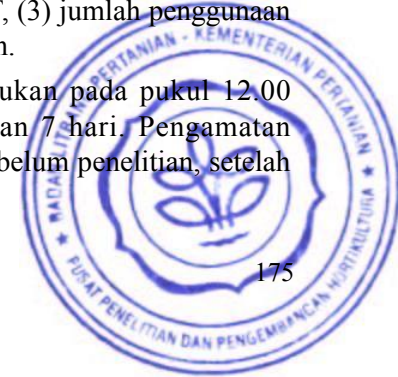
BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Desa Kawali Mukti, Kecamatan Kawali, Kabupaten Daerah Tingkat II Ciamis, Jawa Barat mulai Bulan April sampai September 2012. Tata letak penelitian disusun berdasarkan rancangan acak kelompok yang terdiri atas lima perlakuan dengan lima ulangan. Macam perlakuan disesuaikan dengan mitigasi dampak perubahan iklim dan disajikan pada Tabel 1. Rakitan teknologi konvensional yang diterapkan dalam penelitian ini berdasarkan hasil wawancara dengan 10 orang petani responden di sekitar lokasi penelitian.

Luas satuan petak percobaan yang digunakan ialah dalam bentuk bedengan lebar 1 m dan panjang 10 m. Setiap perlakuan terdiri atas tiga bedeng (120 tanaman/petak). Setiap petak percobaan dikelilingi oleh dua baris jagung sebagai pembatas. Pestisida diaplikasikan sesuai dengan ambang kendali sebagai berikut (a) intensitas serangan trips serta kutudaun 15%, (b) intensitas serangan tungau 10%, dan (c) intensitas serangan ulat grayak 12,5% dan intensitas serangan penyakit *Cercospora* sp. dan *Phytophthora* masing-masing sebesar 5% (Moekasan & Prabaningrum 2012).

Pengamatan dilakukan terhadap 10 tanaman contoh pada tiap perlakuan yang ditetapkan berdasarkan acak sistematis. Pengamatan pertama dilakukan pada umur 14 hari setelah tanam (HST) dengan interval 7 hari. Peubah yang diamati ialah (1) pertumbuhan tanaman (tinggi dan lebar kanopi), (2) jenis, populasi, dan intensitas serangan OPT, (3) jumlah penggunaan pestisida, dan (4) hasil panen.

Pengamatan suhu dilakukan pada pukul 12.00 dengan interval pengamatan 7 hari. Pengamatan CO₂ dilakukan lima kali (sebelum penelitian, setelah



Tabel 1. Teknologi PHT untuk mitigasi dampak perubahan iklim (IPM technologies for mitigation of climate change)

| Dampak perubahan iklim (Climate change) | Rakitan teknologi PHT-1 (IPM-1) | Rakitan teknologi PHT-2 (IPM-2) | Rakitan teknologi PHT-3 (IPM-3) | Rakitan teknologi PHT-4 (IPM-4) | Teknologi konvensional (Conventional technology) |
|---|--|--|--|--|--|
| Kekeringan | Varietas Lembang-1. Penggunaan mulsa organik (jerami) Tumpangsari (bawang daun) | Varietas Lembang-1. Penggunaan mulsa organik (jerami) Tumpangsari (bawang daun) | Varietas Lembang-1. Penggunaan mulsa plastik hitam perak Monokultur | Varietas Kencana Penggunaan mulsa plastik hitam perak Monokultur | Varietas Kencana Penggunaan mulsa plastik hitam perak Monokultur |
| Suhu ekstrim | Jarak tanam 50 x 60 cm | Jarak tanam 50 x 60 cm | Jarak tanam 50 x 70 cm | Jarak tanam 50 x 70 cm | Jarak tanam 50 x 60 cm |
| Serangan OPT | Penggunaan perangkap kuning dan feromonoid seks Pestisida kimia berdasarkan ambang kendali | Penggunaan perangkap kuning dan feromonoid seks Pestisida kimia berdasarkan ambang kendali | Penggunaan perangkap kuning dan feromonoid seks Pestisida kimia berdasarkan ambang kendali | Penggunaan perangkap kuning dan feromonoid seks Pestisida kimia berdasarkan ambang kendali | Penggunaan pestisida yang dilakukan secara rutin |
| Penurunan sumber daya air | Penambahan bahan organik Pembuatan embung | Penambahan bahan organik Pembuatan embung | Penambahan bahan organik Pembuatan embung | Penambahan bahan organik Pembuatan embung | Penambahan bahan organik Pembuatan embung |
| Penurunan unsur hara tanah akibat suhu tinggi | Penggunaan trichoderma 5 g/l | Penggunaan trichoderma 5 g/l | - | - | Penggunaan pupuk hayati |
| Pengurangan gas emisi GRK/CO ₂ | Pengurangan pupuk anorganik Penambahan bahan organik Pupuk kandang 120 kg/plot dan Pupuk NPK 3,9 kg/plot | Pengurangan pupuk anorganik Penambahan bahan organik Pupuk kandang 120 kg/plot dan Pupuk NPK 3,9 kg/plot | Pupuk kandang 80 kg/plot dan Pupuk NPK 5,4 kg/plot | Pupuk kandang 80 kg/plot dan Pupuk NPK 5,4 kg/plot | Pupuk kandang 100 kg/plot dan Pupuk NPK 4,5 kg/plot |

pengapuran, setelah pemupukan dasar, pada saat panen, dan pada akhir penelitian). Alat yang digunakan untuk pengukuran CO₂ ialah IRGA type Viasalla. Rumus yang digunakan untuk menghitung besaran flux CO₂ ialah sebagai berikut :

$$F = p \times V/A \times C/t \times 273/T \times \alpha$$

dimana :

- F = CO₂ flux (mg C/m².jam)
- p = Berat jenis CO₂ (1,96 x 10⁻⁶ mg/m³)
- V = Volume sungkup (m³)---- (0,0095 m³)
- A = Luas dasar sungkup (m²)----- (0,0398 m²)
- C/t = Perubahan konsentrasi CO₂ (m³/m³.jam)
- T = Temperatur absolut (°K)
- α = Koefisien konversi (CO₂ C) (12/44)--(0,2727)

Data peubah pengamatan dianalisis dengan sidik ragam. Jika terdapat perbedaan pengaruh perlakuan yang nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut LSD pada taraf nilai kepercayaan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Tanaman (Tinggi Tanaman dan Lebar Kanopi)

Hasil pengamatan terhadap pertumbuhan cabai merah selama penelitian berlangsung disajikan pada Tabel 2 dan 3. Dari kedua tabel tersebut dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan tinggi tanaman dan lebar kanopi cabai merah pada perlakuan yang diuji. Pada awal pertumbuhan, cabai merah varietas Lembang-1 mempunyai pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan pertumbuhan varietas Kencana. Namun demikian, pada akhir pengamatan (84 HST) pertumbuhan cabai merah pada semua perlakuan relatif seragam. Pada pengamatan terakhir tinggi tanaman cabai merah rerata mencapai >70 cm dan lebar kanopi cabai merah >60 cm.

OPT yang Menyerang Tanaman Cabai Merah

Hasil pengamatan terhadap populasi OPT dan kerusakan tanaman yang diakibatkan selama



Tabel 2. Rerata tinggi tanaman cabai merah pada tiap perlakuan PHT (The average of plant height on chili peppers at IPM treatments)

| Perlakuan (Treatments) | Tinggi tanaman pada pengamatan ke- (Plant height at) HST (DAP), cm | | | | | |
|-----------------------------|--|----------|---------|---------|---------|---------|
| | 14 | 28 | 42 | 56 | 70 | 84 |
| PHT-1 (IPM-1) | 17,36 a | 30,02 ab | 51,14 a | 64,76 a | 69,72 a | 71,52 a |
| PHT-2 (IPM-2) | 14,80 b | 26,90 bc | 42,40 b | 61,16 a | 67,68 a | 71,32 a |
| PHT-3 (IPM-3) | 16,76 ab | 30,98 a | 48,06 a | 64,18 a | 68,96 a | 72,38 a |
| PHT-4 (IPM-4) | 13,48 b | 25,44 c | 42,38 b | 62,64 a | 68,72 a | 71,52 a |
| Konvensional (Conventional) | 13,40 b | 24,20 c | 42,24 b | 60,64 a | 69,34 a | 71,56 a |
| KK (CV), % | 5,57 | 9,79 | 9,25 | 6,53 | 5,87 | 5,55 |

HST (DAP) = Hari setelah tanam (Days after planting)

Angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada masing-masing pengamatan tidak berbeda nyata menurut uji LSD pada taraf 5% (Mean followed by the same letters in each observation are not significantly different according to LSD at 5%)

Tabel 3 . Rerata lebar kanopi tanaman cabai merah pada tiap perlakuan PHT (The average of canopy width on chili peppers at IPM treatments)

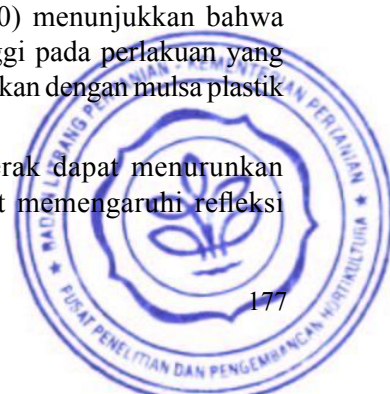
| Perlakuan (Treatments) | Lebar kanopi pada pengamatan ke- (Canopy width at) HST (DAP), cm | | | | | |
|-----------------------------|--|---------|----------|-----------|----------|----------|
| | 14 | 28 | 42 | 56 | 70 | 84 |
| PHT-1 (IPM-1) | 13,71 a | 25,26 a | 29,12 a | 52,87 ab | 59,14 a | 62,12 a |
| PHT-2 (IPM-2) | 12,04 b | 23,96 a | 25,61 b | 45,50 c | 53,13 b | 56,90 b |
| PHT-3 (IPM-3) | 13,70 a | 26,04 a | 27,03 ab | 54,12 a | 60,39 a | 63,42 a |
| PHT-4 (IPM-4) | 11,62 b | 23,92 a | 25,33 b | 49,76 abc | 57,98 a | 60,84 ab |
| Konvensional (Conventional) | 11,79 b | 25,10 a | 24,40 b | 51,40 bc | 58,65 ab | 63,20 ab |
| KK (CV), % | 6,20 | 15,90 | 6,81 | 7,54 | 5,92 | 6,10 |

pelaksanaan penelitian PHT disajikan pada Tabel 4 sampai dengan Tabel 7 dan Gambar 1. OPT penting yang menyerang tanaman cabai merah antara lain *Polypagotarsonemus latus*, *Thrips parvispinus*, *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera litura*, *B. tabaci*, *Bactrocera* spp., dan penyakit yang diakibatkan oleh *Cercospora capsici*. Serangan OPT tersebut berbeda pada tiap perlakuan yang diuji. Dari tabel dan gambar tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan mulsa, varietas, cara tanam, dan pemupukan berpengaruh terhadap serangan OPT. Serangan tertinggi terjadi pada perlakuan PHT-1 dan PHT-2 terutama untuk hama pengisap seperti *T. parvispinus* dan *P. latus*.

Populasi kedua OPT tersebut mulai tampak sejak pengamatan pada umur 35 HST sampai dengan pengamatan terakhir (70 HST). Serangan *P. latus* sudah mencapai ambang kendali sejak tanaman berumur 35 HST. Pada petak perlakuan PHT-1 dan PHT-2, kerusakan tanaman akibat serangan *P. latus* mencapai ambang kendali sebanyak empat kali, perlakuan PHT-3 sebanyak tiga kali, dan perlakuan PHT-4 sebanyak dua kali, sedangkan ambang kendali untuk trips tercapai pada umur 42-70 HST untuk perlakuan PHT-2, 49-70 HST untuk petak PHT-1, dan 70 HST untuk petak PHT-3 dan PHT-4.

Sumarni (1996) melaporkan bahwa penggunaan mulsa jerami cocok untuk pertanaman cabai pada musim kemarau, sedangkan mulsa plastik dapat digunakan pada musim penghujan maupun musim kemarau. Dari Tabel 4, dapat dilihat bahwa penggunaan mulsa jerami dapat meningkatkan serangan *T. parvispinus* (9,73 ekor) dan *P. latus* (52,05%) dibandingkan dengan penggunaan mulsa plastik hitam perak masing-masing sebanyak 6,55 ekor untuk *T. parvispinus* dan 26,76% untuk serangan *P. latus*. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian-penelitian sebelumnya yang menyatakan mulsa jerami sangat disukai terutama oleh *T. parvispinus* karena dapat digunakan sebagai tempat peletakan telur. Phoebe *et al.* (2012) menyatakan bahwa penggunaan mulsa jerami dapat meningkatkan populasi trips. Namun demikian, bila dibandingkan dengan tanpa mulsa, penggunaan mulsa jerami dapat menurunkan populasi trips sebesar 54% (Larentzake *et al.* 2006). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Gunaeni & Wulandari (2010) menunjukkan bahwa populasi kutudaun lebih tinggi pada perlakuan yang diberi mulsa jerami dibandingkan dengan mulsa plastik hitam perak.

Mulsa plastik hitam perak dapat menurunkan populasi trips, karena dapat memengaruhi refleksi



Tabel 4. Rerata populasi *T. parvispinus* pada tiap perlakuan PHT (*The average of *T. parvispinus* populations on IPM treatments*)

| Perlakuan (Treatments) | Rerata populasi <i>T. parvispinus</i> (<i>The average of <i>T. parvispinus</i></i>), HST (DAP), % | | | | | |
|--------------------------------------|--|---------|---------|---------|---------|--------|
| | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 | 70 |
| PHT-1 (<i>IPM-1</i>) | 0,58 ab | 0,74 ab | 0,86 ab | 0,86 ab | 0,64 ab | 5,62 b |
| PHT-2 (<i>IPM-2</i>) | 0,72 a | 1,08 a | 1,16 a | 1,30 a | 0,70 a | 5,20 b |
| PHT-3 (<i>IPM-3</i>) | 0,26 b | 0,28 bc | 0,20 b | 0,52 bc | 0,24 c | 5,34 b |
| PHT-4 (<i>IPM-4</i>) | 0,22 b | 0,20 c | 0,28 b | 0,52 bc | 0,34 c | 4,70 b |
| Konvensional (<i>Conventional</i>) | 0,20 b | 0,44 bc | 0,20 b | 0,28 c | 0,38 bc | 8,36 a |
| KK (CV), % | 27,17 | 24,15 | 28,73 | 29,80 | 25,73 | 21,51 |

Tabel 5. Kerusakan tanaman akibat serangan hama-hama pengisap daun (*Plant damage due to sucking insects*)

| Perlakuan (Treatments) | Rerata kerusakan tanaman pada pengamatan ke (<i>The average of plant damage at</i>), HST (DAP), % | | | | | |
|--------------------------------------|--|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 | 70 |
| PHT-1 (<i>IPM-1</i>) | 7,55 b | 14,18 a | 15,07 b * | 15,33 a * | 13,33 b | 32,87 a * |
| PHT-2 (<i>IPM-2</i>) | 12,44 a | 16,00 a* | 20,40 a* | 18,44 a* | 16,00 a * | 33,33 a * |
| PHT-3 (<i>IPM-3</i>) | 3,33 c | 8,22 b | 7,79 c | 8,00 b | 8,45 c | 24,44b * |
| PHT-4 (<i>IPM-4</i>) | 4,44 c | 7,11 b | 6,44 c | 9,11 b | 8,89 c | 27,56 b* |
| Konvensional (<i>Conventional</i>) | 4,89 bc | 7,11 b | 6,22 c | 8,20 b | 9,78 c | 32,44 a |
| KK (CV), % | 21,78 | 26,24 | 21,79 | 20,73 | 16,66 | 9,61 |

* Mencapai ambang kendali (*Achieve threshold control*)

cahaya dan suhu (Stapleton & Summers 2002, Lamont *et al.* 1990, Grovers *et al.* 1998, Hoddle *et al.* 2002). Menurut Fahrurrozi & Sewart (1994), cahaya matahari yang dapat dipantulkan oleh warna perak sebesar 33%. Varietas cabai merah yang digunakan juga memengaruhi serangan kedua OPT tersebut. Varietas Kencana tampaknya lebih toleran dibandingkan dengan varietas Lembang-1.

Penyakit penting yang menyerang tanaman cabai merah selama percobaan berlangsung ialah penyakit yang diakibatkan oleh *C. capsici*. Serangan penyakit tersebut mulai tampak sejak umur tanaman 49 HST. Intensitas serangan terus meningkat sejalan dengan

bertambahnya umur tanaman. Ambang kendali pada semua perlakuan hanya terjadi pada umur 70 HST (Tabel 7). Dilihat dari tingkat serangan pada perlakuan PHT-3 dan PHT-4 mempunyai tingkat serangan OPT terendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

OPT lain yang ditemukan menyerang tanaman cabai merah ialah ulat buah (*H. armigera*), ulat grayak (*S. litura*), dan kutukebul (*B. tabaci*). Serangan hama *S. litura* cukup tinggi pada perlakuan PHT-1 dan PHT-2, yang kemungkinan disebabkan oleh adanya tanaman bawang daun yang ditanam secara tumpang sari dengan cabai merah pada kedua perlakuan tersebut yang memicu tingginya serangan *S. litura*.

Tabel 6. Kerusakan tanaman akibat serangan tungau (*P. latus*) (*Plant damage due to broad mite (*P. latus*)*)

| Perlakuan (Treatments) | Rerata kerusakan tanaman pada pengamatan ke (<i>Plant damage due to broad mite at</i>), HST (DAP), % | | | | | |
|--------------------------------------|---|-----------|-----------|------------|---------|--------|
| | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 | 70 |
| PHT-1 (<i>IPM-1</i>) | 15,76 a * | 15,39 a * | 14,36 a * | 19,49 a * | 4,44 a | 0,00 a |
| PHT-2 (<i>IPM-2</i>) | 16,44 a * | 10,22 b * | 11,56 b * | 11,55 b * | 4,89 a | 0,00 a |
| PHT-3 (<i>IPM-3</i>) | 11,77 b * | 18,44 a * | 4,66 c | 15,55 ab * | 0,44 b | 0,00 a |
| PHT-4 (<i>IPM-4</i>) | 16,66 a * | 4,67 c | 4,89 c | 15,11 b * | 1,33 b | 0,00 a |
| Konvensional (<i>Conventional</i>) | 6,67 b | 4,00 c | 4,89 c | 6,67 c | 2,67 ab | 1,11 a |
| KK (CV), % | 26,77 | 19,51 | 18,49 | 21,24 | 26,13 | 19,26 |



Tabel 7. Kerusakan tanaman cabai merah akibat serangan penyakit *Cercospora capsici* (Plant damage due to *C. capsici*)

| Perlakuan (Treatments) | Rerata kerusakan pada pengamatan ke- (The average of plant damage at), HST (DAP), % | | | | | |
|-----------------------------|---|------|---------|---------|---------|-----------|
| | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 | 70 |
| PHT-1 (IPM-1) | 0,00 | 0,00 | 1,77 ab | 3,11 a | 3,33 a | 30,33 a * |
| PHT-2 (IPM-2) | 0,00 | 0,00 | 2,44 a | 3,78 a | 2,44 ab | 28,89 a* |
| PHT-3 (IPM-3) | 0,00 | 0,00 | 0,00 b | 1,55 b | 0,89 b | 22,00 b * |
| PHT-4 (IPM-4) | 0,00 | 0,00 | 1,55 ab | 2,89 ab | 1,33 ab | 20,89 b* |
| Konvensional (Conventional) | 0,00 | 0,00 | 2,67 a | 4,00 a | 1,11 b | 28,89 a |
| KK (CV), % | - | - | 17,92 | 16,94 | 20,47 | 15,38 |

Dalam konsepsi PHT, penggunaan pestisida dilakukan bila populasi hama atau kerusakan tanaman sudah melampaui ambang kendali. Penerapan PHT pada kondisi ekstrim (kemarau panjang) dapat mengurangi penggunaan pestisida bila dibandingkan dengan perlakuan konvensional atau yang biasa dilakukan oleh petani. Pada perlakuan konvensional pestisida digunakan secara terjadwal dengan interval penyemprotan 1 minggu, sehingga jumlah penyemprotan selama musim tanam sebanyak 15 kali. Pestisida yang digunakan antara lain profenofos, abamektin, karbosulfan, sipermetrin, propineb, mankozeb, dan asibenzolar s-metil/mankozeb, sedangkan pada petak PHT pestisida yang digunakan ialah abamektin, dikofol, dan mankozeb. Dengan demikian, penerapan PHT dapat mengurangi pestisida sebesar 46,67–73,33 % (Tabel 8).

Suhu dan Curah Hujan

Serangga mempunyai kisaran suhu tertentu untuk kelangsungan hidupnya. Umumnya kisaran suhu minimum yang efektif ialah 15°C, suhu optimum 25°C, dan suhu maksimum 45°C. Pada saat penelitian berlangsung suhu di sekitar pertanaman cabai merah berkisar 24 – 31°C atau rerata berkisar 28,50–29,50°C (Tabel 9). Kisaran suhu tersebut sangat cocok untuk

perkembangan hama dan penyakit pada tanaman cabai merah. Bergant *et al.* (2005) menyatakan bahwa perkembangbiakan trips sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan terutama suhu. Suhu yang optimum berkisar 15 – 28°C. Populasi trips meningkat pada suhu 15,6–28,2°C dan curah hujan sekitar 30,3 mm (Waiganjo *et al.* 2008). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Lorini & Junior (1990) menyatakan bahwa pada suhu 18 dan 20°C populasi trips dapat mencapai 174,6 /tanaman. Jones & Brown *et al.* (1983) melaporkan bahwa suhu optimum untuk perkembangbiakan *P. latus* ialah 23,7°C, sedangkan untuk penyakit *C. capsici* berkisar 20–30°C (Nsabiyera *et al.* 2012).

Koesandriani (1996) melaporkan bahwa curah hujan yang baik untuk pertumbuhan dan pembuahan tanaman cabai berkisar 600 – 1200 mm/tahun atau 50 – 100 mm/bulan, sedangkan suhu udara yang optimal berkisar 21–28°C. Selama percobaan berlangsung suhu udara dan curah hujan berada di atas ambang toleransi, berkisar 28,50–29,50°C dengan curah hujan rerata 14,50 mm/bulan. Penggunaan mulsa plastik hitam perak lebih mampu menahan penguapan air tanah dan kelembaban tanah dibandingkan dengan penggunaan mulsa jerami. Dari Tabel 9 dapat dilihat, bahwa penggunaan mulsa plastik hitam perak dapat mengurangi suhu di sekitar tanaman cabai sebesar

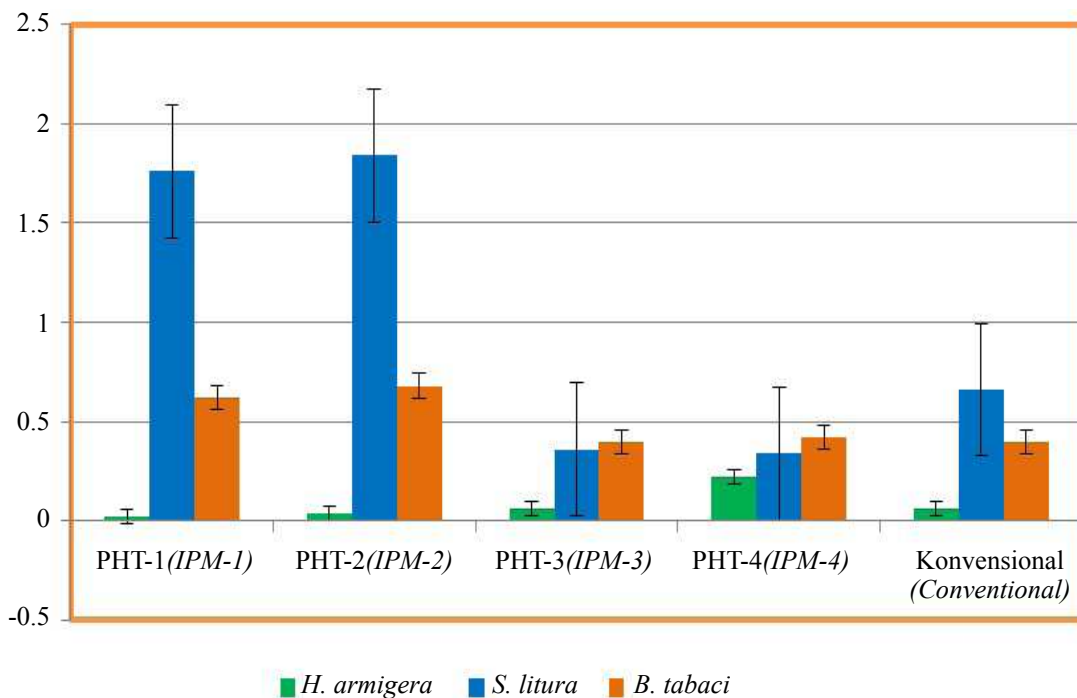
Tabel 8. Penggunaan pestisida pada tiap perlakuan PHT (The use of pesticide at different IPM treatments)

| Perlakuan (Treatments) | Jenis pestisida (Kind of pesticides) | | | | Jumlah penyemprotan (Number of applications) | Efisiensi penyemprotan (Efficiency of applications) % |
|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|--|---|
| | Insektisida (Insecticide) | Fungisida (Fungicide) | Akarisida (Acaricide) | Bakterisida (Bactericide) | | |
| PHT-1 (IPM-1) | 3 | 1 | 4 | - | 8 | 46,67 |
| PHT-2 (IPM-2) | 5 | 1 | 4 | - | 10 | 33,33 |
| PHT-3 (IPM-3) | 1 | 1 | 3 | - | 5 | 66,67 |
| PHT-4 (IPM-4) | 1 | 1 | 2 | - | 4 | 73,33 |
| Konvensional (Conventional) | 11 | 3 | - | 1 | 15 | - |



Tabel 9. Suhu udara di sekitar pertanaman cabai dan curah hujan selama bulan April-September 2012 (The air temperature around of chili peppers plant and rainfall during April - September 2012)

| Bulan (Month) | Suhu udara di sekitar tanaman (Temperature around the plant), °C | | | | | Curah hujan per bulan (Rainfall/ Month), mm |
|-----------------------|--|---------------|---------------|---------------|-----------------------------|---|
| | PHT-1 (IPM-1) | PHT-2 (IPM-2) | PHT-3 (IPM-3) | PHT-4 (IPM-4) | Konvensional (Conventional) | |
| April (April) | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 40 |
| Mei (May) | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 30,5 |
| Juni (June) | 28 | 28 | 26 | 27 | 27 | 4 |
| Juli (July) | 27 | 27 | 26 | 25 | 27 | 9 |
| Agustus (August) | 31 | 31 | 29 | 29 | 31 | 1 |
| September (September) | 28 | 26 | 25 | 26 | 25 | 2,5 |



Gambar 1. Total populasi *H. armigera*, *S. litura*, dan *B. tabaci* selama penelitian berlangsung (Populations of *H. armigera*, *S. litura*, and *B. tabaci* during the experiment)

0,89°C. Hal ini terjadi karena penguapan air tanah yang terjadi dihambat oleh permukaan plastik yang menutupinya, dan kembali lagi ke rizosfir. Penggunaan mulsa plastik juga mencegah terjadi perkolasi dan gerakan air tanah, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air irigasi (Lamont 1993).

Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂)

Hasil analisis CO₂ sebelum, selama, dan sesudah penelitian disajikan pada Tabel 10. Dari data hasil perhitungan besarnya flux CO₂ pada areal penelitian menunjukkan bahwa rerata besaran flux CO₂ yang dihasilkan pada lahan tersebut cukup bervariasi. Adanya perbedaan magnitude flux CO₂ pada lahan tersebut berkaitan erat dengan sistem budidaya yang

diterapkan (Wang *et al.* 2011). Karbondioksida terbebaskan dari tanah ke atmosfer melalui proses respirasi. Respirasi tanah merupakan gabungan antara tiga proses biologi yaitu respirasi mikroorganisme, respirasi akar, dan respirasi hewan yang ada di permukaan tanah atau pada lapisan tanah atas yang mana residu tanaman terkonsentrasi serta satu proses non-biologis, yaitu proses oksidasi kimia yang dapat terjadi pada suhu tinggi (Rastogi *et al.* 2002).

Penggunaan kapur dapat meningkatkan kadar CO₂ yang cukup signifikan. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (West & McBride 2005). Hal ini disebabkan pada saat pengapuran terjadi peningkatan suhu tanah. Fang *et al.* (2010) mengindikasikan bahwa suhu tanah menjadi penyebab



Tabel 10. Besaran flux CO₂ (10⁻⁴ mg/m²/jam) selama penelitian berlangsung (CO₂ fluxes during the experiment)

| Waktu pengamatan (<i>Time of observations</i>) | Perlakuan (<i>Treatments</i>) | | | | |
|---|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------------|
| | PHT-1 (IPM-1) | PHT-2 (IPM-2) | PHT-3 (IPM-3) | PHT-4 (IPM-4) | Konvensional (Conventional) |
| Sebelum penelitian (<i>Before experiment</i>) | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Setelah pengapuran (<i>After liming</i>) | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Setelah pemupukan (<i>After fertilizing</i>) | 62 | 66 | 24 | 27 | 30 |
| Saat panen cabai (<i>Harvest time</i>) | 21 | 17 | 13 | 13 | 18 |
| Akhir penelitian (<i>The end of experiment</i>) | 15 | 14 | 11 | 11 | 12 |
| Rerata (<i>Average</i>) | 25,8 | 25,6 | 15,8 | 16,4 | 18,2 |

49–96% variasi pada flux CO₂. Selain itu penggunaan pupuk kandang yang tinggi pada perlakuan PHT-1 dan PHT-2, juga dapat meningkatkan kadar CO₂. Rastogi *et al.* (2002) menyatakan bahwa aplikasi bahan organik ke dalam tanah dapat meningkatkan emisi CO₂. Hal ini disebabkan karena aplikasi pupuk organik mampu menyediakan C organik bagi mikroorganisme tanah, sehingga penambahan pupuk dalam jumlah besar dapat meningkatkan emisi CO₂ secara signifikan. Namun demikian, gas ini kembali digunakan tanaman saat berlangsungnya proses fotosintesis dan dikonservasikan ke bentuk biomas tanaman. Dumale *et al.* (2011) melaporkan bahwa penggunaan pupuk kandang dapat meningkatkan kadar CO₂ pada 3 hari setelah pemberian dan kadar CO₂ menurun kembali pada 110 hari setelah aplikasi. Hal yang sama dapat dilihat pada Tabel 10, pada saat tanaman cabai mulai panen sampai dengan akhir penelitian kadar CO₂ terus berkurang.

Produksi CO₂ dari tanah berasal dari hasil dekomposisi bahan organik secara aerobik, respirasi akar tanaman, dan mikroorganisme. Hal tersebut terkait dengan peran tanah sebagai *C-sink* potensial dan dapat mengganggu peningkatan CO₂ atmosfer, kapasitasnya bergantung pada input karbon dari produktivitas relatif tanaman terhadap pengeluaran karbon yang dikendalikan oleh mikrob dekomposisi (Rudrappa *et al.* 2006).

Penggunaan pupuk kandang sebesar 30 t/ha, pupuk NPK 700 kg/ha, dan pengurangan penggunaan pestisida pada perlakuan PHT-3 dan PHT-4 merupakan perlakuan yang terbaik dengan pengurangan emisi CO₂ masing-masing mencapai 35,94 dan 38,76% selama fase pertumbuhan cabai merah dibandingkan dengan perlakuan konvensional.

Hasil Panen Cabai Merah

Hasil panen cabai merah disajikan pada Tabel 11. Hasil cabai merah sangat ditentukan oleh perlakuan yang diuji. Tanaman cabai pada perlakuan PHT-4 mampu menghasilkan 15,46 t/ha, diikuti berturut turut oleh perlakuan PHT-3 sebesar 13,20 t/ha dan perlakuan konvensional sebesar 12,60 t/ha. Hasil panen cabai merah terendah terjadi pada perlakuan PHT-1 dan PHT-2 masing-masing sebesar 10,37 dan 11,04 t/ha.

Hasil cabai merah sangat dipengaruhi oleh perlakuan yang diuji dan secara tidak langsung dengan serangan OPT. Penggunaan mulsa plastik hitam perak, pupuk kandang (30 t/ha), dan pupuk buatan (700 kg/ha) dapat menekan serangan OPT dan mampu mempertahankan hasil cabai merah sebesar 15,46 t/ha. Soetiarso *et al.* (2006) dan Fahrurrozi *et al.* (2006) melaporkan bahwa penggunaan mulsa plastik hitam perak dapat meningkatkan bobot hasil cabai merah. Hal tersebut disebabkan karena mulsa dapat menekan pertumbuhan gulma yang merupakan pesaing utama

Tabel 11. Hasil panen cabai merah (*Yield of chili peppers*)

| Perlakuan (<i>Treatments</i>) | Bobot buah (<i>Fruit weight</i>) | | | Buah terserang lalat buah (<i>Fruits attack by fruit flies</i>), % |
|--------------------------------------|--|--------------------------|-------|---|
| | Tanaman contoh (<i>Sample plant</i>), g | Petak (<i>Plot</i>) kg | t/ha | |
| PHT-1 (<i>IPM-1</i>) | 386,4 c | 31,11 c | 10,37 | 4,56 a |
| PHT-2 (<i>IPM-2</i>) | 378,6 c | 33,13 c | 11,04 | 4,65 a |
| PHT-3 (<i>IPM-3</i>) | 749,8 ab | 39,59 b | 13,20 | 2,13 b |
| PHT-4 (<i>IPM-4</i>) | 803,0 a | 46,38 a | 15,46 | 2,48 b |
| Konvensional (<i>Conventional</i>) | 598,4 b | 37,80 b | 12,60 | 3,28 ab |
| KK (<i>CV</i>), % | 21,52 | 5,27 | - | 19,99 |



dalam pengambilan cahaya, air, dan unsur hara, serta memperlambat pelepasan karbondioksida tanah hasil respirasi aktivitas mikroorganisme (Fahrurrozi *et al.* 2001), serta dapat menekan serangan hama dan penyakit utama. Penggunaan varietas juga mempunyai kontribusi terhadap perbedaan bobot hasil cabai merah. Varietas Kencana lebih tahan terhadap kondisi kering dibandingkan dengan varietas Lembang-1.

OPT penting lain yang menyerang buah cabai ialah lalat buah (*Bactrocera* sp.), serangan tertinggi terjadi pada petak perlakuan PHT-1 dan PHT-2 masing-masing sebesar 4,56 dan 4,65%, berbeda nyata dengan perlakuan PHT-3 dan PHT-4 yang dapat menekan serangan lalat buah sebesar 44,73–55,26%.

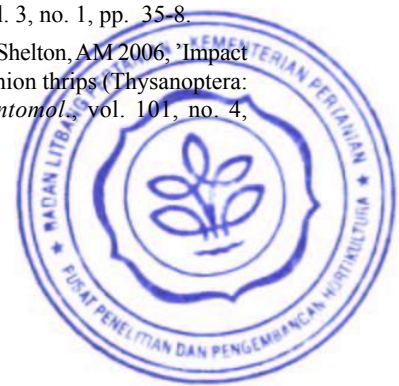
KESIMPULAN DAN SARAN

1. Rakitan teknologi PHT (varietas Kencana yang ditanam secara monokultur, mulsa plastik hitam perak, pupuk kandang sebanyak 30 t/ha, pupuk NPK 700 kg/ha, dan pestisida berdasarkan ambang kendali) dapat menekan penggunaan pestisida sebesar 73,33%, mengurangi suhu udara dan CO₂ masing-masing sebesar 0,89°C dan 38,76% dengan hasil panen tetap tinggi yaitu sebesar 15,46 t/ha.
2. Teknologi tersebut dapat direkomendasikan untuk mitigasi dampak perubahan iklim pada budidaya tanaman cabai merah.

PUSTAKA

1. Adiyoga, W 2007, *Overview of production, consumption, and distribution aspects of hot pepper in Indonesia*, Annual Report Indonesian Vegetables Research Institute, Lembang.
2. Aheer, GM, Ahmed, KJ & Ali, A 1994, 'Role of weather in fluctuating aphid density in wheat crop', *J. Agric. Res.*, vol. 32, pp. 295-301.
3. Al-Amin, AQ & Siwar, C 2008, 'The economic dimensions of climate change: impacts and adaptation practices in Malaysia', *Proceedings of the 9th International Business Research Conference*, Melbourne, Australia, pp. 24-6.
4. Ashraf, A, Montasser, Ahmed, M, Taha, Hanafi, ARI & Gamal, M Hassan 2011, 'Biology and control of the broad mite *Polyphagotarsonemus latus* (Banks 1904) (Acari : Tarsonemidae)', *Int. J. Environ. Sci. and Engineer (IJESE)*, vol.1, pp.26-34.
5. Badgley, J, Foereid, B, Hastings, A & Smith, P 2007, *Cool farming: climate impacts of agriculture and mitigation potential*, Amsterdam, Greenpeace International.
6. Bergant, K, Trdan, S, Znidarcis, D, Crepinsek, Z & Bogataj, LK 2005, 'Impact of climate change on developmental dynamics of *Thrips tabaci* (Thysanoptera : Thripidae): can it be quantified', *Environ. Entomol.*, vol. 34, no. 4, pp. 755-67.

7. Bonaro, O, Lurette, A, Vidal, C & Fargues, J 2007, 'Modelling temperature-dependent bionomics of *Bemisia tabaci* (Q-biotype)', *Physiol. Entomol.*, vol. 32, pp. 50-5.
8. Chakraborty, S, Tiedemann, AV & Teng, PS 2000, 'Climate change potential impact on plant diseases', *Environ. Pollut.*, vol. 108, pp. 317-96.
9. Dumale, WA, Miyazaki, T, Nishimura, T & Seki, K 2011, 'Short-term dynamics of the active and passive soil organic carbon pools in a volcanic soil treated with fresh organic matter', *E-Int. Sci. Res. J.*, vol. 3, no.2, pp. 128-44.
10. Fang, HJ, Yu, GR, Cheng, SL, Zhu, TH, Wang, YS, Yan, JH, Wang, M, Cao, M & Zhou, M 2010, 'Effects of multiple environmental factors on CO₂ emission and CH₄ uptake from old-growth forest soils', *Biogeosciences*, vol.7, pp. 395- 407.
11. Fahrurrozi & Stewart, KA 1994, 'Effects of mulch optical properties on weed growth and development', *HortSci.*, vol. 29, no. 6, pp. 545.
12. Fahrurrozi, Stewart, KA & Jenni, S 2001, 'The early growth of muskmelon in mulched mini-tunnel containing a thermal-water tube, I, the carbon dioxide concentration in the tunnel', *J. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, vol. 126, pp. 757-63.
13. Fahrurrozi, Setyowati, N & Sarjono 2006, 'Efektivitas penggunaan ulang mulsa plastik hitam perak dengan pemberian pupuk nitrogen terhadap pertumbuhan dan hasil cabai', *Bionatura*, vol. 8, hlm. 17-23.
14. Grovers RL, Kennedy, GG & Walgenbach, JF 1998, 'Inoculation of tomato spotted wilt virus into cotton', *Plant Dis. J.*, vol. 82, pp. 800-959.
15. Gunaeni, N & Wulandari, A 2010, 'Cara pengendalian nonkimiawi terhadap serangga vektor kutudaun dan intensitas serangan penyakit virus mozaik pada tanaman cabai merah', *J. Hort.*, vol. 24, no. 4, hlm. 368-76.
16. Hoddle, MS, Lindsay, R & David, M 2002, 'Attraction of thrips (Thysanoptera: Thripidae and Aelothripidae) to colored sticky cards in California avocado orchard', *Crop Protection J.*, vol. 21, pp. 383-8.
17. IPCC 2007, *Climate change 2007: synthesis report, contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
18. Jones, VJ & Brown, RD 1983, 'Reproductive responses of the broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Acarina : Tarsonemidae), to constant temperature – humidity regimes', *Annal of the Entomol. Soc. of Am.*, vol. 76, no. 3, pp. 466-9.
19. Khan, MA, Khaloq, A, Subhani, MN & Saleem, MW 2008, 'Incidence and development of *Thrips tabaci* and *Tetranychus urticae* on field grown cotton Int', *J. Agri. Biol.*, vol. 10, no. 2, pp. 232-4.
20. Koesandriani, Y 1996, 'Pengaruh naungan kasa terhadap hasil beberapa kultivar cabai', *J. Hort.*, vol. 6, no. 1, pp. 1-16.
21. Lamont, WJ, Serensen, KA & Averre, CW 1990, 'Painting aluminium strips on black plastic mulch reduces mosaic symptoms on summer squash', *Hortic. Soc. Am.*, 25 10, 1305.
22. Lamont, WJ 1993, 'Plastic mulches for the production of vegetable crops', *Hor. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 35-8.
23. Larentzake, E, Plate, J, Nault, BA & Shelton, AM 2006, 'Impact of straw mulch on populations of onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) in onion', *J. Econ. Entomol.*, vol. 101, no. 4, pp.1317-24.



24. Lorini, I & Junior, VM 1990, 'Population fluctuations of *Thrips tabaci* Lindeman 1888 (Thysanoptera: Thripidae) on garlic crop', *An. Soc. Entomol. Brasil*, vol. 19, no. 2, pp. 367-71.
25. Moekasan, TK & Prabaningrum, L 2012, "Penggunaan rumah kaca untuk mengatasi serangan organisme pengganggu tumbuhan pada tanaman cabai merah di dataran rendah", *J. Hort.*, vol. 22, no. 1, hlm. 66-76.
26. Nsabiya, V, Ochwo-Ssemakula, O & Ssrwagi, P 2012, 'Hot pepper reaction to field diseases', *Afr. Crop Sci. J.*, vol. 20, no. 1, pp. 77-97.
27. Pangga, IB, Chakraborty, S & Yates, D 2004, 'Canopy size and induced resistance in *Stylosanthes scabra* determine Anthracnose severity at high CO₂', *Phytopathol.*, vol. 94, pp. 221-7.
28. Phoebe, R, Wangai, A, I, Tabu, I, Ombiri, J, & Ramkat, R, 2012, *Effect of mulch and stage of inoculation on incidence and severity of tomato spotted wilt virus (TSWV) diseases on different varieties of cucumber (Cucumis sativus L.)*, viewed 9 February 2013, <<http://www.kari.org/fileadmin/publications/10thProceedings/Volone/EffectsMulch.pdf>>.
29. Pretty, J & Hine, R 2001, *Reducing food poverty with sustainable agriculture: a summary of new evidence*, UK: University of Essex Centre for Environment and Society.
30. Rastogi, M, Singh, S & Pathak, H 2002, 'Emission of carbon dioxide from soil', *Current Science*, vol. 82, pp. 510-7.
31. Rudrappa, L, Purakayastha, TJ, Singh, D & Bhadraray, S 2006, 'Long-term manuring and fertilization effects on soil organic carbon pools in a typical haplustert of semi-arid subtropical India', *Soil Tillage and Res.*, vol. 88, pp. 180-92.
32. Setiawati, W, Sutarya, R, Sumiarta, K, Kamandalu, A, Suryawan, IB, Latifah, E & Luther, G 2011, 'Incidence and severity of pest and diseases on vegetables in relation to climate change (with emphasis on East Java and Bali)', *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Hortikultura Indonesia*. Balitsa Lembang 23 – 24 November 2011.
33. Shin, JW & Yun, SC 2010, 'Elevated CO₂ and temperature effects on the incidence of four major chili pepper diseases' *Plant Pathol. J.*, vol. 26, no. 2, pp. 178-84.
34. Soetiarso, TA, Ameriana, M, Prabaningrum, L & Sumarni, N, 2006, 'Pertumbuhan, hasil, dan kelayakan finansial penggunaan mulsa dan pupuk buatan pada usahatani cabai merah di luar musim', *J. Hort.*, vol. 16, no. 1, hlm. 63-76.
35. Stapleton, JJ & Summers, CG, 2002, 'Reflective mulches for management of aphids and aphid borne virus diseases in late-season cantaloupe', *Crop Prot.* vol. 21, pp. 891-8.
36. Sumarni, N 1996, 'Budidaya cabai merah dalam Duriat, AS, Hadisoeganda, AWW, Soetiarso, TA & Prabaningrum, L (eds.)', *Teknologi produksi cabai merah*, Balai Penelitian Tanaman sayuran, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta, hlm. 37-47.
37. Waiganjo, MM, Gitonga, LM & Mueke, JM 2008, 'Effect of weather on thrips population dynamics and its implications on the thrips pest management', *Afr. J. Hort. Sci.*, vol. 1, pp. 82-90.
38. Wang, J, Xiong, Z & Yan, X 2011, 'Fertilizer-Induced emission factors and background emissions of N₂O from vegetable in China', *Atmospheric Environ.*, vol. 45, pp. 6923-29.
39. West, TO & McBride, AC 2005, 'The contribution of agricultural lime to carbon dioxide emissions in the United States: dissolution, transport, and net emissions', *Agric. Ecosys. and Environ.*, vol. 108, pp. 145-54.
40. Wiyono, S 2007, 'Climate change and pests and diseases explosion, paper presented in One Day Seminar on Biodiversity in the middle of global warming, KEHATI Foundation, Jakarta, 28 June 2007.
41. Yun, SC & Ahn, MI 2009. Effects on net photosynthesis in field-grown hot peppers responding to the increased CO₂ and temperature', *Kor. J. Environ. Agri.*, vol. 28, pp. 106-12.

