

## PENGARUH PEMANASAN GLOBAL TERHADAP BEBERAPA TANAMAN C3 DI INDONESIA

### EFFECT OF GLOBAL WARMING ON SEVERAL C3 CROP IN INDONESIA

<sup>1</sup>Amar Ma'ruf, <sup>1</sup>Sri Ariani Safitri, <sup>2</sup>Apresus Sinaga  
Jurusan Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Asahan  
Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Balitbangtan Papua Barat

#### ABSTRACT

The threat and the world food crisis implicated globally since early 2008 is closely linked with global climate change. The decline in food production in many countries due to a variety of climate change include increased levels of greenhouse gases (GHG), changes in rainfall patterns and extreme climate events, the increase in air temperature, sea level rise and rob. Based on the type of photosynthesis, plants can be divided into C3, C4, and CAM. In this paper demonstrated the effect of global warming on several species of C3 plants, whether measured in terms of the productivity of plants, chlorophyll content due to high temperatures and evapotranspiration. Plants that are discussed are *Phaseolus radiatus*, *Glicine max L.*, *Capsicum frutescens L.*, and *Solanum tuberosum*. In the mung bean plants, the volume of rainfall in May greatly affect the productivity were planted in the growing season to two (MT) in dry land in Pati regency. The value of soybean evapotranspiration is influenced by rainfall. if the amount of rainfall is high then evapotranspiration too high. Evapotranspiration rate of soybean plants in Malang of the year 1997 - 2011 continues to increase. 1997 - 2001 the average rate of evapotranspiration soy 3.21 mm day<sup>-1</sup>, 2002-2006 average evapotranspiration rate of soybean 3.29 mm day<sup>-1</sup>, 2007-2011 evapotranspiration rate of soybean 3.35 mm day<sup>-1</sup>. The impact of climate change led to a decrease in the production of cayenne pepper (also in quality). If in 2009 the average production reached 1.237 kg, then in 2010 dropped to 615 kg. While the high temperature causes a decrease in chlorophyll content in potato.

*Keywords: Global warming, C3 crop*

#### ABSTRAK

Ancaman dan krisis pangan dunia yang menggejala secara global sejak awal 2008 memiliki kaitan sangat erat dengan perubahan iklim global. Penurunan produksi pangan di berbagai negara disebabkan oleh berbagai perubahan iklim antara lain peningkatan kadar gas rumah kaca (GRK), perubahan pola curah hujan dan kejadian iklim ekstrim, peningkatan suhu udara, kenaikan muka air laut dan rob. Berdasar tipe fotosintesis, tanaman dibedakan menjadi C3, C4, dan CAM. Pada makalah ini diperlihatkan pengaruh pemanasan global terhadap beberapa spesies tanaman C3, baik diukur dari produktivitas tanaman, kandungan klorofil akibat suhu tinggi, serta evapotranspirasi. Tanaman yang dibahas adalah *Phaseolus radiatus*, *Glicine max L.*, *Capsicum frutescens L.*, dan *Solanum tuberosum*. Pada tanaman kacang hijau, volume curah hujan bulan Mei sangat mempengaruhi produktivitas kacang hijau yang ditanam pada musim tanam ke dua (MT) di lahan kering di Kabupaten Pati. Besarnya nilai evapotranspirasi kedelai dipengaruhi oleh curah hujan. jika jumlah curah hujan tinggi maka evapotranspirasi juga tinggi. Laju evapotranspirasi tanaman kedelai di Malang dari tahun 1997 - 2011 terus meningkat. 1997 - 2001 rata-rata laju evapotranspirasi kedelai 3.21 mm hari<sup>-1</sup>, 2002 - 2006 rata-rata laju evapotranspirasi kedelai 3.29 mm hari<sup>-1</sup>, 2007 - 2011 laju evapotranspirasi kedelai 3.35 mm hari<sup>-1</sup>. Dampak perubahan iklim menyebabkan terjadinya

penurunan produksi cabai rawit (juga secara kualitas). Jika pada tahun 2009 rata-rata produksi cabai rawit mencapai 1.237 kg, maka pada tahun 2010 menurun tajam menjadi 615 kg. Sementara suhu tinggi menyebabkan penurunan kandungan klorofil pada kentang.

*Kata Kunci : Pemanasan global, tanaman C3*

## PENDAHULUAN

Ancaman dan krisis pangan dunia yang menggejala secara global sejak awal 2008 memiliki kaitan sangat erat dengan perubahan iklim global. Ancaman penurunan produksi pangan di berbagai negara oleh perubahan iklim yang memicu banjir, kemarau panjang dan kekeringan, kenaikan suhu, penurunan kualitas lahan dan lain-lain menjadi semakin nyata (Suberjo, 2010).

Dalam laporan yang dikeluarkannya tahun 2001, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) menyimpulkan bahwa temperatur udara global telah meningkat 0,6 derajat Celsius (1 derajat Fahrenheit) sejak 1861. Pemanasan tersebut terutama disebabkan oleh aktivitas manusia yang menambah gas-gas rumah kaca ke atmosfer. IPCC memprediksi peningkatan temperatur rata-rata global akan meningkat 1,1 hingga 6,4 °C (2,0 hingga 11,5 °F) antara tahun 1990 dan 2100 (IPCC, 2007). Kondisi ini akan mengakibatkan iklim tetap terus menghangat selama periode tertentu akibat emisi yang telah dilepaskan sebelumnya dan karbon dioksida akan tetap berada di atmosfer selama seratus tahun atau lebih sebelum alam mampu menyerapnya kembali (Stocker, et al., 2007). Dampak dari pemanasan global (Global warming) akan mempengaruhi pola presipitasi, evaporasi, water run-off, kelembaban tanah dan variasi iklim yang sangat fluktuatif secara keseluruhan mengancam keberhasilan produksi pangan.

Berdasarkan tipe fotosintesis, tumbuhan dibagi ke dalam tiga kelompok besar, yaitu C3, C4, dan CAM (crassulacean acid metabolism). Tumbuhan C4 dan CAM lebih adaptif di daerah panas dan kering dibandingkan dengan tumbuhan C3. Namun tanaman C3 lebih adaptif pada kondisi kandungan CO<sub>2</sub> atmosfer tinggi. Sebagian besar tanaman pertanian, seperti padi, kentang, kedelai, kacang-kacangan, dan kapas termasuk kelompok C3. Tanaman pangan yang tumbuh di daerah tropis, terutama gandum, akan mengalami penurunan hasil yang nyata dengan adanya kenaikan sedikit suhu karena gandum umumnya dibudidayakan pada kondisi suhu toleransi maksimum. Perubahan iklim berpengaruh terhadap jenis hama dan penyakit, juga akan mempengaruhi kecepatan perkembangan individu hama dan penyakit, jumlah generasi hama, dan tingkat inokulum patogen, atau kepekaan tanaman inang. (Irianto, 2009) Dengan perubahan iklim yang terjadi sekarang, pada makalah ini dijelaskan mengenai respon tanaman C3 akibat pemanasan global.

## PEMBAHASAN

### **Pengaruh Pemanasan Global Terhadap Lingkungan**

Pengaruh pemanasan global terhadap lingkungan juga disajikan pada makalah ini. Pembahasan mengenai pengaruhnya pada lingkungan bertujuan supaya penyajian terstruktur. Sebab, perubahan produktivitas tanaman akibat pemanasan global dipengaruhi oleh perangkat-perangkat lingkungan. Berikut beberapa data mengenai perubahan lingkungan akibat pemanasan global.

a. Peningkatan Kadar Gas Rumah Kaca

Tabel 1. Emisi Karbon Dioksida Per Kapita Per Negara

Rank	Negara	Jumlah
1	Amerika Serikat	5.762.050
2	Tiongkok	3.473.600
3	Rusia	1.540.360
4	Jepang	1.224.740
5	India	1.007.980
6	Jerman	837.425
7	Britania Raya	558.225
8	Kanda	521.404
9	Italia	446.596
10	Meksiko	385.075
11	Perancis	363.484
12	Ukraina	348.357
13	Afrika Selatan	344.590
14	Australia	332.377
15	Brasil	327.858
16	Spanyol	304.882
17	Polandia	303.778
18	Indonesia	286.027

Sumber: *World Resources Institut, 2003*

Pada tabel 1 terlihat penyumbang emisi terbesar adalah negara-negara industri. Perhitungan Delft Hydraulics Belanda dan Wetlands International memperkirakan sekitar 2000 juta tonCO<sub>2</sub> diemisikan ke udara per tahun akibat dari kebakaran dan konversi lahan gambut. Padahal berdasarkan konvensi perubahan iklim, Indonesia termasuk ke dalam negara non-Annex I yang artinya, tidak terlalu bertanggung jawab dalam mengurangi emisi CO<sub>2</sub> karena jumlah emisinya kecil yaitu 0,4%. Namun demikian Indonesia perlu lebih memperhatikan kebakaran gambut yang selalu terjadi setiap tahun yang umumnya mengganggu daerah sekitar bahkan sampai ke negara tetangga. (Kusminingrum, 2008).

b. Perubahan Pola Curah Hujan

Perubahan pola hujan sudah terjadi sejak beberapa dekade terakhir di beberapawilayah di Indonesia, seperti pergeseran awal musim hujan dan perubahan pola curah hujan. Selain itu terjadi kecenderungan perubahan intensitas curahhujan bulanan

dengan keragaman dan deviasi yang semakin tinggi serta peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrim, terutama curah hujan, angin, dan banjir rob.

Beberapa ahli menemukan dan memprediksi arah perubahan pola hujan di Bagian Barat Indonesia, terutama di Bagian Utara Sumatera dan Kalimantan, dimana intensitas curah hujan cenderung lebih rendah, tetapi dengan periode yang lebih panjang. Sebaliknya, di Wilayah Selatan Jawa dan Bali intensitas curah hujan cenderung meningkat tetapi dengan periode yang lebih singkat (Naylor, 2007). Secara nasional, Boer et al. (2009) mengungkapkan tren perubahan secara spasial, di mana curah hujan pada musim hujan lebih bervariasi dibandingkan dengan musim kemarau.

Perubahan iklim juga berdampak terhadap peningkatan hujan musiman Desember, Januari, Februari (DJF) secara signifikan di sebagian besar wilayah di Jawa, Kawasan Timur Indonesia, dan Sulawesi. Sebaliknya, perubahan iklim berdampak terhadap penurunan hujan musiman Juni, Juli, Agustus (JJA) secara signifikan di sebagian besar wilayah Jawa, Papua, Bagian Barat Sumatera, dan Bagian Timur Selatan Kalimantan. Perubahan iklim mengakibatkan musim kemarau memanjang di sebagian besar wilayah Jawa, Bagian Selatan Sumatera, Kalimantan Tengah, Sulawesi Selatan, dan Nusa Tenggara. Keragaman iklim antar-musim dan tahunan, terutama yang menyebabkan munculnya iklim ekstrim akibat fenomena El Nino Southern Oscillation (ENSO) dan Osilasi Atlantik atau Osilasi Pasifik, juga semakin meningkat dan menguat. Menurut Timmerman et al. (1999) dari Max Planck Institute dan Hansen et al. (2006), pemanasan global cenderung meningkatkan frekuensi El-Nino (Gambar 4) dan menguatkan fenomena La-Nina. Peningkatan siklus ENSO dari 3-7 tahun sekali menjadi 2-5 tahun sekali (Ratag, 2001).

#### c. Peningkatan Suhu Udara

Peningkatan suhu udara dalam seabad terakhir memang telah terjadi. Menurut laporan IPCC (2007), kenaikan suhu pada periode 2000-2100 diprediksi sebesar 2,1-3,9°C. Indikasi peningkatan suhu tercermin dari mencairnya glasiers di Amerika Selatan berdasarkan hasil identifikasi pada tahun 1928 dan 2004. Menurut laporan NASA, tahun 2005 merupakan tahun terpanas dalam seabad terakhir. Suhu udara di Indonesia dalam periode 2005-2035 rata-rata akan meningkat 1-1,5°C. Penelitian Runtunuwu dan Kondoh (2008) menunjukkan telah terjadi peningkatan suhu udara global selama 100 tahun terakhir, rata-rata 0,57°C. Menurut Boer (2007), peningkatan suhu udara di Jakarta dalam periode 1880-2000 rata-rata 1,4°C pada bulan Juli dan 1,04°C pada bulan Januari.

Peningkatan suhu menyebabkan terjadinya peningkatan transpirasi yang selanjutnya menurunkan produktivitas tanaman pangan (Las, 2007), meningkatkan konsumsi air, mempercepat pematangan buah/biji, menurunkan mutu hasil dan berkembangnya berbagai hama penyakit (OPT). Direktur Jenderal IRRI menyatakan bahwa setiap kenaikan suhu 1°C akan menurunkan produksi padi sebesar 8-10%. Hasil penelitian Tschirley (2007) menunjukkan telah terjadi penurunan hasil pertanian lebih dari 20% apabila suhu naik lebih dari 4°C. Menggunakan model simulasi tanaman, John Sheehy (IRRI, 2007) menyatakan bahwa kenaikan hasil padi akibat kenaikan konsentrasi CO<sub>2</sub> 75 ppm adalah 0,5 ton/ha dan penurunan hasil akibat kenaikan suhu 1°C adalah 0,6 ton ha<sup>-1</sup>.

Menurut Peng et al. (2004), setiap kenaikan suhu minimum 1°C akan menurunkan hasil padi sebesar 10%. Jawa Tengah, Yogyakarta, Jawa Barat, dan wilayah lainnya, terutama di dataran rendah, akan mengalami penurunan produksi pangan. Walaupun masih perlu dikaji secara lebih mendalam, Handoko et al. (2008) mengindikasikan bahwa tanpa intervensi berupa upaya adaptasi, penurunan produksi jagung mencapai 10,5-19,9%

hingga tahun 2050 akibat kenaikan suhu udara. Penelitian terbaru KP3I (Boer, 2008) menunjukkan, peningkatan suhu akibat naiknya konsentrasi CO<sub>2</sub> akan menurunkan hasil tanaman. Apabila laju konversi lahan sawah 0,77% per tahun dan tidak ada peningkatan indeks penanaman, maka produksi padi di tingkat kabupaten pada tahun 2025 akan mengalami penurunan sebesar 42.500-162.500 ton, kecuali jika diimbangi dengan peningkatan indeks pertanian. Suhu udara maksimum dan minimum di Indonesia, berdasarkan data dari Provinsi Sumatera Utara, Jawa Barat, Jawa Timur, dan Sulawesi Selatan dalam periode 1971-2002 (Handoko et al., 2008), menunjukkan tren meningkat di hampir seluruh wilayah.

d. Kenaikan Muka Air Laut dan Rob

Dampak kenaikan muka air laut juga nyata terjadi di Indonesia (Meiviana et al. 2004). Dalam periode 1925-89, muka air laut naik 4,38 mm tahun<sup>-1</sup> di Jakarta, 9,27 mm/tahun di Semarang, dan 5,47 mm tahun<sup>-1</sup> di Surabaya. Penelitian Sofian (2010) dalam Boer (2011) membuktikan bahwa kenaikan muka air laut di Indonesia dalam periode 1993-2008 berkisar antara 0,2-0,6 cm per tahun. Suhu muka air laut juga meningkat rata-rata 0.020-0.023°C tahun<sup>-1</sup>.

Pada bulan Agustus 2010, di kutub utara telah terlepas bongkahan es (giant ice berg) sebesar Provinsi DKI Jakarta dengan ketebalan sekitar 500 m. Para ahli meyakini bahwa di wilayah kutub setiap hari terjadi erosi gunung es akibat pemanasan global. Oleh karena itu, pengamatan terhadap permukaan air laut menjadi sangat penting, apalagi hampir seluruh kota besar di dunia dan zona industri berada di tepi laut.

### Dampak Pemanasan Global Terhadap Beberapa Tanaman C3

Untuk mengetahui dampak perubahan iklim pada tanaman C3, pada makalah ini dijelaskan melalui data pada tanaman *Phaseolus radiatus*, *Glicine max* L., *Capsicum frutescens* L., dan *Solanum tuberosum*. Spesies tersebut merupakan jenis tanaman C3 yang banyak dibudidayakan di seluruh Indonesia.

a. *Phaseolus radiatus*

*Phaseolus radiates* atau kacang hijau banyak dibudidayakan di Indonesia. Produktivitasnya mengalami perubahan seiring pemanasan global. Berikut terdapat data yang menjelaskan perubahan produktivitas kacang hijau akibat pemanasan global melalui variasi curah hujan. Data ini diperoleh dari percobaan di berbagai kecamatan Kabupaten Pati. Secara umum hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan volume curah hujan pada bulan Mei dan Juni berpengaruh terhadap produktivitas kacang hijau di lahan sawah tadah hujan pada MT II di Kabupaten Pati. Jika volume curah hujan bulan Mei mengalami penurunan dibandingkan dengan tahun sebelumnya secara umum di lima wilayah Kecamatan yaitu: Kayen, Tambakromo, Winong, Jaken, dan Jakenan produktivitas kacang hijau juga mengalami penurunan. Demikian juga sebaliknya jika volume curah hujan bulan Mei atau bulan Juni mengalami peningkatan juga akan berdampak terhadap peningkatan produktivitas kacang hijau di lima wilayah Kecamatan tersebut. (Aryanto, 2011).

Berdasar data Tabel 2 di bawah ini dan persentase laju peningkatan atau penurunan produktivitas kacang hijau di masing-masing kecamatan sangat bervariasi bergantung pada besar kecilnya laju peningkatan atau penurunan volume curah hujan. Jika volume curah hujan pada bulan Mei kurang dari 100 mm bulan<sup>-1</sup> mengakibatkan penurunan produktivitas antara 0,42% sampai dengan 20,29%. Laju penurunan terbesar terjadi di Kecamatan Jaken yaitu sebesar 20,29% (penurunan volume curah hujan sebesar 201 mm)

dan terkecil pada Kecamatan Winong yaitu sebesar 0,42% (penurunan volume curah hujan sebesar 31 mm). (Aryanto, 2011).

Tabel 2. Data Curah Hujan, Produktivitas Kacang Hijau, Peningkatan Produktivitas di Beberapa Kecamatan di Kabupaten Pati – Jawa Tengah dari Tahun 2005 – 2009

Bulan	Curah hujan (mm bulan <sup>-1</sup> )				
	Kecamatan Kayen				
	2005	2006	2007	2008	2009
April	244	355	320	0	313
Mei	37	138	88	138	147
Juni	65	6	88	0	57
Juli	66	0	0	0	10
Produktivitas (kw ha <sup>-1</sup> )	10.60	12.06	10.97	11.97	12.10
Peningkatan Produktivitas (%)		13.77	-9.04	9.12	1.09
	Kecamatan Tambrakomo				
April	244	0	496	0	240
Mei	37	127	34	127	160
Juni	65	53	79	6	18
Juli	66	0	0	0	20
Produktivitas (kw ha <sup>-1</sup> )	10.50	12.53	10.97	11.78	12.10
Peningkatan Produktivitas (%)		19.33	-12.45	7.38	2.72
	Kecamatan Winong				
April	135	171	193	0	124
Mei	49	161	24	161	130
Juni	59	0	114	53	15
Juli	61	0	12	0	0
Produktivitas (kw ha <sup>-1</sup> )	10.17	11.81	10.86	11.86	11.81
Peningkatan Produktivitas (%)		16.13	-8.04	9.21	-0.42
	Kecamatan Jaken				
April	225.00	146.00	114.00	0.00	133.00
Mei	20.00	241.00	40.00	241.00	127.00
Juni	125.00	0.00	110.00	0.00	22.00
Juli	4.00	0.00	4.00	12.40	4.00
Produktivitas (kw ha <sup>-1</sup> )	10.65	12.22	9.74	27.31	12.10
Peningkatan Produktivitas (%)		14.74	-20.29		-2.42
	Kecamatan Jakenan				
April	88	102	95	102	133
Mei	22	77	22	77	39
Juni	17	0	83	2	45
Juli	28	0	29	0	7
Produktivitas (kw ha <sup>-1</sup> )	10.53	10.79	10.61	11.23	11.10
Peningkatan Produktivitas (%)		2.47	-1.67	5.84	-1.16

Sumber: Aryanto, 2011

Demikian juga persentase laju peningkatan produktivitas kacang hijau juga bervariasi tergantung pada tingkat peningkatan volume curah hujan, dengan persentase peningkatan produktivitas kacang hijau berkisar antara 2,47% sampai dengan 27,31%. Adapun peningkatan terkecil terjadi di Kecamatan Jakenan yaitu sebesar 2,47% (peningkatan volume curah hujan sebesar 55 mm) dan terbesar di Kecamatan Jaken sebesar 27,31% (peningkatan volume curah hujan sebesar 201 mm) sangat menentukan produktivitas kacang hijau pada musim tanam ke dua (MT II). Hal ini sesuai dengan pendapat Oldeman (1980), mengungkapkan bahwa kebutuhan air untuk tanaman padi adalah 150 mm per bulan sedangkan untuk tanaman palawija adalah 70 mm bulan<sup>-1</sup>, dengan asumsi bahwa peluang terjadinya hujan yang sama adalah 75% maka untuk mencukupi kebutuhan air tanaman padi 150 mm bulan<sup>-1</sup> diperlukan curah hujan sebesar 220 mm bulan<sup>-1</sup>, sedangkan untuk mencukupi kebutuhan air tanaman palawija diperlukan curah hujan sebesar 120 mm bulan<sup>-1</sup>.

b. *Glycine max* L.

Pada data tanaman *Glycine max* L. atau kedelai, data yang diperoleh berkaitan dengan laju transpirasi. Diawali dengan mendapatkan data curah hujan setempat. Analisa Perubahan Curah Hujan curah hujan biasanya dinyatakan oleh jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu dan disebut intensitas curah hujan (Sosrodarsono, 1976). Data Curah Hujan yang digunakan berupa data Curah Hujan bulanan selama 15 tahun terakhir (1997-2011) dari stasiun iklim Karangploso. (Tabel 3.).

Data curah hujan ini digunakan untuk mengetahui perubahan curah hujan di Kabupaten Malang dan pengaruh perubahannya selama 15 tahun terakhir serta salah satu faktor yang digunakan untuk mengetahui nilai laju evapotranspirasi. Data dirata-rata per 5 tahunan pertanian yang dibutuhkan tanaman untuk evapotranspirasi. (Rizkiyah, 2012)

Evapotranspirasi tanaman kedelai diperoleh dari nilai koefisien tanaman dikalikan nilai evapotranspirasi. Musim tanam kedelai di Kabupaten Malang dimulai bulan Juli setelah panen padi ke dua dan umumnya September sudah mulai masuk masa panen kedelai. Besarnya nilai ETc kedelai dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini. Kebutuhan air tercukupi. Begitupun sebaliknya, jika jumlah curah hujan lebih rendah dari evapotranspirasi tanaman, maka kebutuhan air tidak tercukupi. (Rizkiyah, 2012)

Tabel 3. Data Curah Hujan Tahunan di Stasiun Iklim Karangploso (1997-2011)

Bulan	Curah Hujan (mm)		
	1997 – 2001	2002 – 2006	2007 – 2011
Januari	285	328	221.2
Februari	313.5	330.6	267
Maret	203.4	210	281
April	120.2	110.2	210.7
Mei	76.2	84	141.9
Juni	64.2	10	24.4
Juli	29.6	13.8	28.2
Agustus	38	1.8	36.4
September	37	3.2	42.2
Oktober	128.4	34	78.4
November	269.8	172.6	277
Desember	163	281.4	283
Total	1728.6	1580.4	1891.4
Rata-rata	144.05	131.7	157.61

Sumber: Rizkiyah, 2012

Tabel 4. Data Evapotranspirasi Tanaman Kedelai

Bulan	Etc (mm hari <sup>-1</sup> )		
	1997 – 2001	2002 – 2006	2007 – 2011
Juli	3.14	3.31	3.38
Agustus	4.36	4.54	4.54
September	2.13	2.03	2.13
Jumlah	9.63	9.88	10.04
Rata-rata	3.21	3.29	3.35

Sumber: Rizkiyah, 2012

c. *Capsicum frutescens* L.

*Capsicum frutescens* L. atau cabai rawit dapat tumbuh baik di dataran tinggi maupun dataran rendah. Akan tetapi, tanaman ini tidak tahan terhadap hujan, terutama pada waktu berbunga karena bunga-bunganya akan mudah gugur (Sunarjono, 2010). Mengingat kondisi cuaca yang tidak menentu dengan curah hujan yang tinggi menyebabkan penurunan produksi cabai akhir tahun 2010 hingga awal tahun 2011 mencapai 50% (Anonim, 2010).

Dari hasil pada Tabel 5, telah terjadi penurunan tingkat produktivitas lahan dari tahun 2009 ke tahun 2010. Penurunan produktivitas lahan dari 3.512kg ha<sup>-1</sup> pada tahun 2009 menjadi 2.072kg ha<sup>-1</sup> pada tahun 2010. Oleh sebab itu, berdasarkan hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan, bahwa kondisi lingkungan, seperti perubahan iklim membawa dampak yang nyata terhadap produksi cabai rawit di lokasi penelitian. (Maulidah et al. 2012)

Perubahan iklim yang ditandai dengan peningkatan curah hujan membawa dampak buruk pada tanaman cabai rawit di awal masa pertumbuhannya. Musim tanam di lokasi penelitian terjadi pada awal Bulan Juli sampai dengan September. Pada bulan-bulan yang sama, terjadi peningkatan curah hujan di lokasi penelitian. Hal ini yang menjadi alasan utama terjadinya penurunan produksi karena tanaman banyak yang layu dan kemudian mati. Hujan yang terus terjadi hingga Bulan Desember, mengakibatkan rontoknya bunga tanaman cabai rawit karena bunga muncul antara bulan Oktober sampai September. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa perubahan iklim menyebabkan terjadinya penurunan produksi cabai rawit. (Maulidah et al. 2012).

Tabel 5. Produktivitas Usaha Tani Cabai Rawit

Uraian	Nilai	
	Tahun 2009	Tahun 2010
Produksi (Kg)	1.237	615
Luas Lahan (ha)	0.329	0.28
<b>Produktivitas (Kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>3.512</b>	<b>2.072</b>

Sumber: Maulidah et al. 2012

Selain dari kuantitasnya, penurunan juga terjadi pada kualitas tanaman cabai rawit. Jika pada tahun 2009 kualitas cabai rawit dikatakan bagus dengan pertumbuhan yang normal, maka berbeda pada tahun 2010 yang kualitasnya menurun meskipun ukuran buahnya lebih besar. Penurunan ini ditandai dengan semakin banyaknya buah yang busuk dengan ciri tanaman lebih pendek dan daun keriput. (Maulidah et al. 2012).

d. *Solanum tuberosum*

Pada tanaman kentang, data diambil berdasarkan peningkatan suhu pada lahan budidaya kentang, dengan mengukur kandungan klorofil pada berbagai varietas kentang pada perlakuan suhu tinggi dan suhu rendah. Suhu tinggi sebagai gambaran akibat pemanasan global.

Pada tabel 6 dan 7 terlihat adanya peningkatan maupun penurunan nisbah klorofil a : b. Hal ini berhubungan dengan perubahan kandungan klorofil a dan b pada kondisi suhu tinggi. Penelitian Almeselmani et al. (2012) pada tanaman gandum memperlihatkan genotip yang toleran memiliki nisbah klorofil a : b berkisar 2 sampai 3. Menurut Rana et al. (2011), penurunan nisbah klorofil a : b akibat kondisi suhu tinggi merupakan salah satu indikator toleransi suatu genotip terhadap cekaman suhu tinggi. Hal ini perlu dipelajari lebih lanjut, karena beberapa varietas dan klon yang mengalami penurunan nisbah klorofil a : b, justru mengalami kerusakan membran sel yang tinggi pada suhu tinggi, meskipun yang lainnya memiliki kerusakan membran sel yang rendah (Handayani et al. 2013).

Secara umum, terdapat penurunan kandungan klorofil a dan b, serta klorofil total akibat perbedaan suhu dalam pertumbuhan planlet. Pada data di atas, varietas Ping 06 dan klon CIP 395195.7 memiliki kandungan total klorofil yang tinggi pada kondisi suhu tinggi, dengan penurunan total klorofil yang relatif lebih rendah daripada varietas dan klon yang lain. Genotip dengan kandungan klorofil tinggi dan tingkat penurunan klorofil yang rendah pada suhu tinggi mengindikasikan bahwa tanaman tersebut toleran terhadap cekaman suhu tinggi (Reynolds et al. 1990, Efeoglu & Terzioglu 2009). Almeselmani et al. (2012) menyebutkan bahwa toleransi terhadap suhu tinggi ditandai dengan rendahnya penurunan yang terjadi pada kandungan klorofil, total klorofil, dan nisbah klorofil a : b. Reynolds et al. (1990) menyebutkan bahwa kehilangan klorofil yang besar dan berkurangnya laju pengikatan CO<sub>2</sub> pada genotip kentang yang sensitif suhu tinggi menyebabkan penurunan proses fotosintesis dan pertumbuhan tajuk tanaman.

Tabel 6. Kandungan klorofil ( mg g<sup>-1</sup> bobot basah) pada suhu 20°C

Varietas/klon	Klorofil a	Klorofil b	Total klorofil	Rasio Klorofil a:b
Amudra	1.47 d	0.51	1.98 h	3.07
Atlantik M	1.85 cd	0.60	2.45 fg	3.18
Cipanas	2.21 bc	0.87	3.09 cd	2.84
CIP 390663.8	2.05 bc	0.90	2.96 dc	2.52
CIP 392781.1	1.96 bc	0.85	2.81 cf	2.38
CIP 394613.139	2.26 bc	0.68	2.94 dc	3.75
CIP 394614.117	1.45 d	0.79	2.24 gh	1.88
CIP 395195.7	2.64 ab	1.01	3.66 ab	2.82
Erika	1.39 d	0.45	1.85 h	3.09
GM 05	1.75 cd	0.67	2.43 fg	2.69
GM 08	1.48 d	0.50	1.98 h	3.07
Granola	1.74 cd	0.65	2.39 fg	2.69
Manohara	2.95 ab	1.25	4.20 ab	2.64
Margahayu	2.19 bc	0.77	2.96 dc	2.83
Merbabu 17	2.13 bc	0.96	3.10 cd	3.50
N.1	3.29 a	1.15	4.44 a	2.85
Ping 06	2.90 ab	1.00	3.90 ab	2.89
P1.2	1.81 cd	1.06	2.87 dc	1.71
Repita	2.56 ab	0.87	3.43 bc	3.72
Tenggo	2.54 ab	0.87	3.41 bc	3.08
<b>Rerata Umum</b>	<b>2.13</b>	<b>0.82</b>	<b>2.95</b>	<b>2.86</b>

Sumber: Handayani et al., 2013

Tabel 7. Kandungan klorofil ( $\text{mg g}^{-1}$  bobot basah) pada suhu  $27^{\circ}\text{C}$

Varietas/klon	Klorofil a	Klorofil b	Total klorofil	Rasio Klorofil a:b
Amudra	0.77 fg	0.30 gh	1.07 hi	3.01
Atlantik M	0.89 cf	0.31 gh	1.20 gh	2.92
Cipanas	1.32 dc	0.70 bc	2.02 cf	2.02
CIP 390663.8	1.67 bc	0.61 cd	2.28 cd	2.97
CIP 392781.1	2.07 ab	0.66 bc	2.73 bc	3.12
CIP 394613.139	2.15 ab	0.67 bc	2.82 bc	3.26
CIP 394614.117	0.81 cf	0.69 bc	1.50 fg	1.18
CIP 395195.7	2.37 a	0.93 ab	3.30 ab	2.62
Erika	0.54 h	0.17 a	0.71 j	3.86
GM 05	1.06 dc	0.36 fg	1.42 fg	3.05
GM 08	1.40 dc	0.45 cd	1.84 cf	3.25
Granola	1.48 cd	0.49 cd	1.97 cf	3.03
Manohara	1.21 dc	0.46 cd	1.67 cf	2.63
Margahayu	0.65 gh	0.27 hi	0.91 ij	2.59
Merbabu 17	1.48 cd	0.56 cd	2.03 cf	2.78
N.1	1.35 dc	0.40 dc	1.75 cf	3.39
Ping 06	2.63 a	0.91 a	3.54 a	2.90
P1.2	1.18 dc	0.99 a	2.17 dc	1.19
Repita	0.72 fg	0.39 cf	1.12 gh	2.01
Tenggo	0.87 cf	0.28 gh	1.14 gh	3.22
<b>Rerata Umum</b>	<b>1.33</b>	<b>0.53</b>	<b>1.86</b>	<b>2.75</b>

Sumber: Handayani et al., 2013

## KESIMPULAN

Pada tanaman kacang hijau, volume curah hujan bulan Mei sangat mempengaruhi produktivitas kacang hijau yang ditanam pada musim tanam ke dua (MT) di lahan kering di Kabupaten Pati.

Besarnya nilai evapotranspirasi kedelai dipengaruhi oleh curah hujan. Jika jumlah curah hujan tinggi maka evapotranspirasi juga tinggi. Laju evapotranspirasi tanaman kedelai di Malang dari tahun 1997 – 2011 terus meningkat. 1997 – 2001 rata-rata laju evapotranspirasi kedelai  $3.21 \text{ mm hari}^{-1}$ , 2002 – 2006 rata-rata laju evapotranspirasi kedelai  $3.29 \text{ mm hari}^{-1}$ , 2007 – 2011 laju evapotranspirasi kedelai  $3.35 \text{ mm hari}^{-1}$ .

Dampak perubahan iklim menyebabkan terjadinya penurunan produksi cabai rawit (juga secara kualitas). Jika pada tahun 2009 rata-rata produksi cabai rawit mencapai 1.237 kg, maka pada tahun 2010 menurun tajam menjadi 615 kg. Pada tanaman kentang, suhu tinggi menyebabkan penurunan kandungan klorofil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Almeselmani, M, Deshmukh, PS & Chinnusamy, V 2012, *Effects of prolonged high temperature stress on respiration, photosynthesis and gene expression in wheat (Triticum aestivum L.) varieties differing in their thermotolerance*, Plant Stress, vol. 6, no. 1, pp. 25-32.
- Ariyanto, S Eko, 2011. *Kajian Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produktivitas Kacang Hijau (Phaseolus Radiatus L.) Di Lahan Kering*.
- Balouchi, H.R. 2010. *Screening wheat parents of mapping population for heat and drought tolerance, detection of wheat genetic variation*, J. Biological and Life Science, vol. 6, no. 1, pp. 56-66.

- Boer, R. and A.R. Subbiah. 2005. Agriculture drought in Indonesia. p. 330–344. In V. S. Boken, A.P. Cracknell, and R.L. Heathcote (Eds.). *Monitoring and Predicting Agricultural Drought: A global study*. Oxford Univ. Press.
- Efeoglu, B & Terzioglu, S 2009, *Photosynthetic responses of two wheat varieties to high temperature*. Eur.Asia J. BioSci., vol. 3, pp. 97-106.
- Handoko I, Sugiarto Y, Syaikat Y. 2008. *Keterkaitan Perubahan Iklim dan Produksi Pangan Strategis :Telaah kebijakan independen dalam bidang perdagangan dan pembangunan*. Seameo Biotrop forKemitraanpartnership.
- Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo,K., Lea, D.W., and Medina-Elizade, M.2006. *Global temperature change*. PNAS 103: 14288-14293.
- IPCC. 2007. IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. Intergovernmental Panel on ClimateChange, Geneva.
- Liu, X & Huang, B 2000, *Heat stress injury in relation to membrane lipid peroxidation in Creeping Bentgrass*, Crop Sci., vol. 40, pp. 503-10.
- Maulidah, Silvana & Santoso, Heru & Subagyo, Hadi & Rifqiyyah, Qiki. 2012. *Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produksi Dan Pendapatan Usaha Tani Cabai Rawit*. Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.
- Meiviana, A., D. R. Sulistiowati, M. H. Soejachmoen. 2004. *Bumi Makin Panas. Ancaman Perubahan Iklim di Indonesia*. Kementrian Lingkungan Hidup Republik Indonesia dan Yayasan Pelangi Indonesia).
- Naylor, R.L., D.S. Battisti, D.J. Vimont, W.P. Falcon, and M.B. Burke. 2007. *Assessing risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture*. proceeding of the National Academic of Science 114:7752-7757.
- Peng S, Huang J, Sheehy JE, Laza RC, Visperas RM, Zhong X, Centeno GS, Khush GS, Cassman KG (2004). *Rice yields decline with higher night temperature from global warming*. Proceeding of National Academy of Science of the United State of America (PNAS) 101:9971-9975.
- Rana, RM, Khan, SH, Ali, Z, Khan, AI & Khan, IA 2011, *Elucidation of thermotolerance diversity in cotton (Gossypium hirsutum L.) using physio-molecular approaches*, *Genet. and Mol. Research*, vol. 10, no. 2, pp.1156-67.
- Ratag, M.A. 2001. *Model Iklim Global dan Area Terbatas serta Aplikasinya di Indonesia*. Paper disampaikan pada Seminar Sehari Peningkatan Kesiapan Indonesia dalam Implementasi Kebijakan Perubahan Iklim. Bogor, 1 November 2001.
- Reynolds, MP, Ewing, EE & Owens, TG 1990, *Photosynthesis at high temperature in tuber-bearing Solanum species, A comparison between accessions of contrasting heat tolerance*. Plant Phisiol., vol. 93, pp.791-97.
- Rizqiyah, Firzah 2012. *Dampak Pengaruh Perubahan Iklim Global Terhadap Produksi Kedelai (Glicine Max L Merril) Di Kabupaten Malang*. urusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
- Tewari, AK & Tripathy, BC 1998, *Temperature-stress-induced impairment of chlorophyll biosynthetic reactions in cucumber and wheat*, Plant Physiol., vol. 117, pp. 851-58.
- Timmerman, A., J. Oberhuber, A. Bacher, M. Esch, M. Latif, and E. Roeckner. 1999. *Increased El Nino frequency in a climate model forced by future greenhouse warming*. Nature 398.
- Tschirley, J. 2007. *Climate Change Adaptation: Planning and Practices*. Power Point Keynote Presentation of FAO Environment, Climatechange, Bioenergy Division, 10-12 September 2007, Rome.