

## MASALAH DAN PERANAN CO<sub>2</sub> PADA PRODUKSI TANAMAN

Sutoyo

PS. Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi

---

### Abstract

Carbon dioxide is a gas that can be as the greenhouse effect. The greenhouse effect can occur naturally, and can occur due to human activities. The process of the greenhouse effect associated with the recycling flow of solar energy. Increased levels of CO<sub>2</sub> in the atmosphere due to human activity, especially transportation and industrial activities so that increasing consumption of fossil fuels, and changes in land use. These activities are difficult to control because of the demands for the fulfillment of a better life. On the other hand mitigation and adaptation efforts to reduce the CO<sub>2</sub> impact has not been completely worked well. On evaporation and temperature changes due to the greenhouse effect of CO<sub>2</sub> and global warming impacts of drought, rising sea water, and other sector losses, but profitable irrigated agricultural land, such as plant seeds and nuts. The direct effect of increased CO<sub>2</sub>, positive impact on crop production through increased leaf and canopy photosynthesis, its effect on C<sub>4</sub> plants also increase water use efficiency because it reduces the opening of stomata.

*Key words: CO<sub>2</sub>, greenhouse effect, photosynthesis*

---

### Pendahuluan

Karbon dioksida ialah salah satu gas yang dapat bersifat sebagai efek rumah kaca, gas-gas lainnya yang dapat bersifat sebagai efek rumah kaca yaitu sulfur dioksida, nitrogen monoksida dan nitrogen dioksida serta beberapa senyawa organik seperti gas metana dan khloro fluoro karbon. Efek rumah kaca ialah kenaikan suhu akibat terhambatnya gelombang panjang bebas ke atmosfer. Efek rumah kaca dapat terjadi secara alami, dan dapat terjadi akibat aktivitas manusia (Anonymous, 2004). Proses terjadinya efek rumah kaca berkaitan dengan daur aliran energi matahari. Kurang lebih 30% radiasi matahari yang mencapai tanah dipantulkan kembali ke angkasa dan diserap oleh uap air, gas karbon dioksida, nitrogen, oksigen, dan gas-gas lain di atmosfer. Sisanya 70%

diserap oleh tanah, laut, dan awan. Sinar matahari yang tidak terserap permukaan bumi akan dipantulkan kembali dari permukaan bumi ke angkasa. Setelah dipantulkan kembali berubah menjadi gelombang panjang yang berupa energi panas. Sebagian dari energi panas tersebut tidak dapat menembus kembali atau lolos keluar ke angkasa karena komposisi gas-gas atmosfer sudah terganggu. Akibatnya energi panas yang seharusnya lepas ke angkasa (stratosfer) menjadi terpancar kembali ke permukaan bumi (troposfer) dan dalam kurun waktu yang cukup lama, dapat memicu naiknya suhu rata-rata dipermukaan bumi maka terjadilah pemanasan global (Anonymous, 2008).

Cuaca ialah faktor penting bagi pertumbuhan dan produktifitas tanaman. Produktifitas pertanian berubah-ubah secara nyata dari tahun ke tahun akibat perubahan cuaca yang dratis. Tanaman

sangat peka pada perubahan cuaca yang sifatnya sementara dan drastis. Namun demikian gas karbon dioksida berperan penting dalam pertumbuhan dan produksi tanaman karena tersedianya gas CO<sub>2</sub> ini yang cukup dapat meningkatkan hasil fotosintesis. Oleh karena itu artikel ini disampaikan untuk membahas implikasi dari efek rumah kaca, yang berakibat meningkatnya kandungan CO<sub>2</sub> atmosfer pada produksi tanaman.

### Permasalahan

Meningkatnya kadar CO<sub>2</sub> di atmosfer akibat aktivitas manusia terutama kegiatan transportasi dan industri sehingga meningkatkan konsumsi bahan bakar fosil serta perubahan penggunaan lahan. Aktivitas manusia ini sulit dikendalikan karena tuntutan untuk pemenuhan kehidupan yang lebih baik. Disisi lain upaya mitigasi dan adaptasi upaya mengurangi dampak gas CO<sub>2</sub> sebagai efek rumah kaca belum sepenuhnya berjalan dengan baik. Upaya penanaman pohon sebagai salah satu usaha reduksi CO<sub>2</sub> kadang kala terjadi kontroversial terhadap perubahan penggunaan lahan.

### Pembahasan

#### *1. Pengaruh efek rumah kaca pada produksi tanaman*

Faktor lingkungan yang berpengaruh pada pertumbuhan dan produksi tanaman diantaranya peningkatan kadar CO<sub>2</sub> dan pemanasan bumi. Berdasarkan pemodelan komputer, muka bumi rata-rata akan memanas sebesar 1,5-4,5°C jika kadar CO<sub>2</sub> meningkat dua kali. Secara keseluruhan bumi akan memanas 3 kali 1,5°C pada akhir abad nanti, sehingga terjadi pemanasan yang cukup tinggi di bumi ini (Anonymous, 1996).

Dampak kenaikan suhu akan berpengaruh pada pola hujan. Sebagian besar tanaman pangan dan serat serta beberapa spesies lain perubahan dalam ketersediaan air memiliki akibat yang lebih besar dibanding kenaikan suhu. Perubahan yang diperkirakan, jika terjadi dalam pola hujan dan suhu dengan kadar CO<sub>2</sub> yang tinggi akan menguntungkan produksi tanaman pangan beririgasi. Sebagai contoh, terjadi pertambahan areal pertanian beririgasi di Amerika yaitu terjadi di Delta Misisipi dan dataran utara, juga terjadi di India, China dan Rusia bagian selatan. Di USA, area tanam jagung, gandum musim dingin akan bergeser ke utara dan akan digantikan tanaman sorgum dan tanaman padi-padian (Anonymous, 2008).

Pemanasan global berpengaruh pada variabel yang berpengaruh pada produktifitas pertanian. Hal ini akan sangat penting bagi pertanian yang terkait zona suhu, baik bagi pertambahan maupun intensitas masa tanam atau satuan tingkat pertumbuhan. Perhatian petani akan tertuju pada perbedaan musiman antar tahun pada curah hujan, salju, lama musim tanam, dan beda suhu harian yang berpengaruh pada tahap pertumbuhan (Anonymous, 2007).

Keprihatinan akan perubahan cuaca di masa depan dan perubahan yang lebih besar lagi akan diimbangi dengan penelitian mengenai manfaat peningkatan CO<sub>2</sub> bagi fotosintesis dan berkurangnya kebutuhan tanaman akan air, dan tetap meningkatnya hasil. Selama 70 tahun perubahan cuaca mencerminkan bahwa hasil tanam di USA, Rusia, India, China, Argentina, Canada dan Australia, dengan cuaca baik dapat menjaga keamanan pangan negara dari cuaca yang buruk.

## 2. Pengaruh biologis pertumbuhan tanaman dalam rumah kaca

Penelitian mengenai manfaat pengkayaan CO<sub>2</sub> telah dimulai di abad yang lalu. Awal tahun 1888, manfaat pemupukan dengan CO<sub>2</sub> telah dilakukan pada tanaman di dalam rumah kaca di Jerman dan di Inggris serta 80 tahun yang lalu di USA. Hasil yang menguntungkan pertama kali dilaporkan terjadi pada tanaman pangan: letuce, tomat, mentimun dan beberapa jenis tanaman hias. Banyak hasil penelitian yang menunjukkan bahwa tanaman yang diberi pengkayaan CO<sub>2</sub> akan meningkatkan pertumbuhan dan produksi, sebagai contoh penelitian yang dilakukan Wittwer dan Robb bahwa tanaman tomat mencapai usia dewasa dan hasil produksi yang tinggi dalam rumah kaca yang diperkaya CO<sub>2</sub>. Sementara Strain dan Cure menyusun Bibliographi literature mengenai pengkayaan CO<sub>2</sub> dan efeknya pada lingkungan dan tanaman yang lengkap. Kimball dan kawan-kawan pada tahun 1983, 1985 dan 1996 mengumpulkan 770 penelitian mengenai hasil tanaman dalam rumah kaca dengan pengkayaan CO<sub>2</sub> dan terbukti hasil tanaman tersebut meningkat 32%.

Pada tahun 1982 diselenggarakan Konferensi Internasional yang bertujuan mengidentifikasi makalah yang terkait dengan pengaruh biologis langsung dari pengaruh peningkatan CO<sub>2</sub> pada produktifitas tanaman sebagai sesuatu yang tidak terpisahkan dengan efisiensi fotosintesis dan efisiensi penggunaan air. Penyerapan nitrogen biologis terkait dengan unsur-unsur iklim seperti cahaya, suhu dan kelembaban. Dokumentasi yang lebih lengkap mengenai efek langsung CO<sub>2</sub> pada produktifitas tanaman diterbitkan Departemen Energi USA pada tahun 1985-1987 secara berseri, makalah Wittwer tahun 1985 dan 1992. Semua itu dilengkapi oleh laporan Enoch dan Kimball pada 1968 mengenai

Pengkayaan karbon dioksida pada tanaman rumah kaca meliputi status dan sumber CO<sub>2</sub>, fisiologi, hasil dan ekonomi. Telah dilakukan juga riset selama 35 tahun oleh sebuah grup dalam Komisi Tanaman Terlindung pada International Society for Horticultural Science yang membuktikan bahwa pengkayaan CO<sub>2</sub> menambah hasil sebesar 12-13%, dibanding pada kadar atmosfer biasa sebesar 335 ppm. Pengaruh paling nyata dari pengkayaan tersebut ialah efisiensi fotosintesis dan penggunaan Air.

## 3. Pengaruh CO<sub>2</sub> pada proses fisiologis tanaman

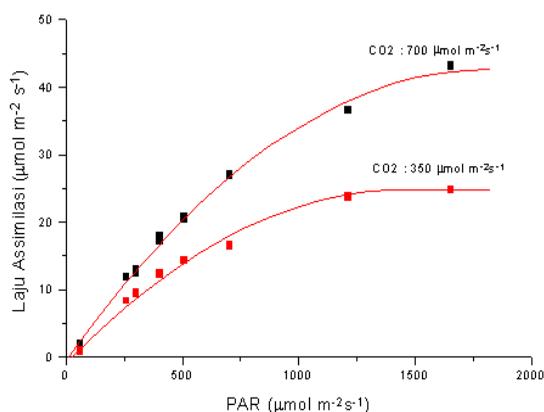
Gas CO<sub>2</sub> adalah sumber karbon utama bagi pertumbuhan tanaman. Konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer saat ini belum optimal sehingga penambahan CO<sub>2</sub> pada tanaman di dalam industri pertanian di dalam rumah kaca ialah kegiatan normal untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman seperti tomat, selada, mentimun dan bunga potong. Pengaruh fisiologis utama dari kenaikan CO<sub>2</sub> ialah meningkatnya laju asimilasi (laju pengikatan CO<sub>2</sub> untuk membentuk karbohidrat, fotosintesis) di dalam daun. Efisiensi penggunaan faktor pertumbuhan lainnya: radiasi matahari, air dan nutrisi juga akan ikut meningkat.

### a. Fotosintesis

Hubungan antara CO<sub>2</sub> ambient (dapat diartikan sebagai kondisi normal CO<sub>2</sub> di atmosfer) dengan proses fotosintesis baik ditingkat daun maupun ditingkat kanopi tanaman dan kontribusinya pada akumulasi biomasa telah banyak diteliti.

Energi untuk terlaksananya proses fotosintesis datang dari radiasi matahari pada panjang gelombang tertentu (PAR, Photosynthetically Active Radiation, 400-700  $\mu\text{m}$ ). Baik PAR, maupun CO<sub>2</sub> konsentrasinya masih sub-optimal sehingga fotosintesis akan meningkat dengan meningkatnya CO<sub>2</sub>, pada kondisi

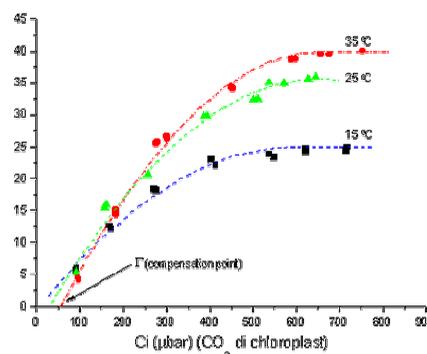
PAR rendah maupun tinggi. Untuk lebih jelas, lihat Gambar 1.



Gambar 1. Peningkatan laju asimilasi tanaman kedelai ( $C_3$ ) dengan pertambahan PAR pada konsentrasi  $\text{CO}_2$  berbeda. Sumber: Farquhar, *et. al.* (1980).

Tanaman terbagi atas 2 grup utama yaitu  $C_3$  dan  $C_4$ , yang mana dibedakan oleh cara mereka mengikat  $\text{CO}_2$  dari atmosfer dan produk awal yang dihasilkan dari proses asimilasi. Pada tanaman  $C_3$ , enzim yang menyatukan  $\text{CO}_2$  dengan RuBP (Rubilosa BiPhospat ialah substrat untuk pembentukan karbohidrat dalam proses fotosintesis) dalam proses awal asimilasi juga dapat mengikat  $\text{O}_2$  pada saat yang bersamaan untuk proses fotorespirasi (fotorespirasi ialah proses pembongkaran karbohidrat untuk menghasilkan energi dan hasil samping yang terjadi pada siang hari dengan adanya radiasi matahari) sehingga ada kompetisi antara  $\text{CO}_2$  dan  $\text{O}_2$  dalam menggunakan RuBP (Farquhar, *et. al.*, 1980). Jika konsentrasi  $\text{CO}_2$  di atmosfer ditingkatkan maka hasil dari kompetisi antara  $\text{CO}_2$  dan  $\text{O}_2$  akan lebih menguntungkan  $\text{CO}_2$  sehingga fotorespirasi terhambat dan asimilasi akan bertambah besar. Jika  $\text{CO}_2$  di

permukaan daun dikurangi mencapai suatu titik dimana  $\text{CO}_2$  yang diserap tanaman sama dengan yang dihasilkan maka titik ini disebut  $\text{CO}_2$  compensation point (titik kompensasi  $\text{CO}_2$ ). Nilai ini penting karena berkaitan dengan kenaikan suhu. Dengan kenaikan suhu, produksi biomasa akan berkurang jika  $\text{CO}_2$  di permukaan daun mencapai titik kompensasinya (biasa terjadi di siang hari pada saat matahari terik dan kecepatan angin sangat rendah atau di bawah kanopi hutan tropis), dikarenakan  $\pi$  meningkat.

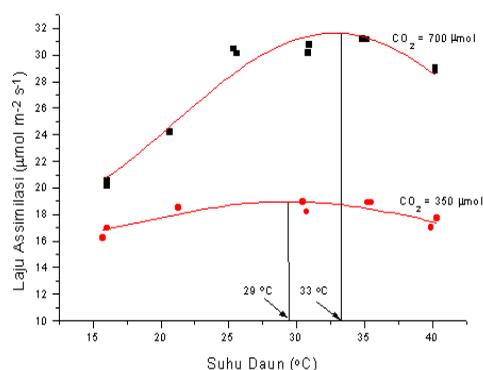


Gambar 2. Laju asimilasi tanaman kedelai ( $\mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) dengan meningkatnya  $\text{CO}_2$  pada suhu berbeda. Sumber: Farquhar, *et. al.* (1980).

Pada tanaman  $C_4$ ,  $\text{CO}_2$  diikat oleh PEP=Phospho enol Piruvat (enzym pengikat  $\text{CO}_2$  pada tanaman  $C_4$ ) yang tidak dapat mengikat  $\text{O}_2$  sehingga tidak terjadi kompetisi antara  $\text{CO}_2$  dan  $\text{O}_2$ . Lokasi terjadinya asosiasi awal ini ialah di sel mesofil (sekelompok sel-sel yang mempunyai klorofil yang terletak di bawah sel epidermis daun).  $\text{CO}_2$  yang sudah terikat oleh PEP kemudian ditransfer ke *bundle sheath cell* (sekelompok sel di sekitar xylem dan phloem) dimana kemudian pengikatan dengan RuBP terjadi. Sehingga dengan meningkatnya  $\text{CO}_2$  di atmosfer, tanaman  $C_3$  akan lebih

beruntung dari tanaman  $C_4$  dalam hal pemanfaatan  $CO_2$  yang berlebihan.

Pada Gambar 2, terlihat bahwa meningkatnya suhu daun dari  $15^\circ C$  ke  $35^\circ C$  menyebabkan laju asimilasi bertambah besar. Meningkatnya asimilasi dengan kenaikan suhu ialah fenomena umum sampai suhu optimum tercapai. Kemudian akan terjadi penurunan seperti terlihat pada Gambar 3. Adanya kenaikan  $CO_2$  di atmosfer akan merubah suhu optimum tanaman. Untuk tanaman kedelai kenaikan suhu optimum mencapai 12%.



Gambar 3. Suhu optimum untuk proses asimilasi akan berubah dengan kenaikan  $CO_2$  di atmosfer.

Sumber: Evans dan Farquhar, 1991.

Bertambah besarnya suhu optimum ini menguntungkan bagi tanaman karena pada saat konsentrasi  $CO_2$  di atmosfer mencapai 2 kali konsentrasinya saat ini, akan terjadi kenaikan suhu sampai  $5,5^\circ C$ .

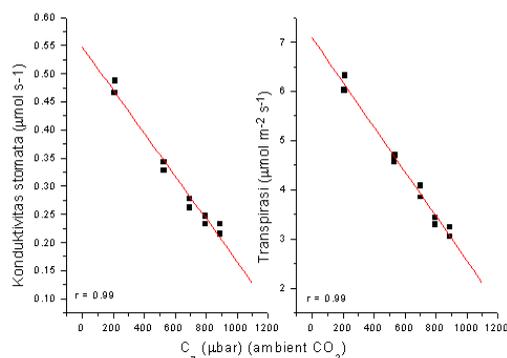
#### b. Konduktivitas stomata

Selain berpengaruh positif pada proses fotosintesis, kenaikan  $CO_2$  juga akan berpengaruh positif pada penggunaan air oleh tanaman. Stomata mempunyai fungsi sebagai pintu gerbang masuknya  $CO_2$  dan keluarnya masuknya uap air dari daun. Besar kecilnya pembukaan stomata ialah regulasi terpenting yang dilakukan oleh tanaman dimana tanaman berusaha

memasukkan  $CO_2$  sebanyak mungkin tetapi dengan mengeluarkan  $H_2O$  sedikit mungkin untuk mencapai efisiensi pertumbuhan yang tinggi. Daya ikat yang tinggi pada  $CO_2$  pada tanaman  $C_4$  menyebabkan perbandingan antara pemasukan  $CO_2$  dan konduktivitas stomata (kemampuan stomata menyalurkan  $H_2O$  persatuan waktu) optimum. Sehingga tanaman  $C_4$  mempunyai efisiensi penggunaan air yang lebih tinggi yaitu jumlah air yang dikeluarkan untuk sejumlah  $CO_2$  yang dimasukkan jauh lebih sedikit pada tanaman  $C_4$  dibandingkan dengan tanaman  $C_3$ . Pada tanaman  $C_3$  daya ikat yang rendah pada  $CO_2$  menyebabkan tanaman ini boros dalam penggunaan air. Jika  $CO_2$  di atmosfer meningkat maka tanaman tidak membutuhkan pembukaan stomata maksimum untuk mencapai konsentrasi  $CO_2$  optimum di dalam daun sehingga laju pengeluaran  $H_2O$  dapat dikurangi.

Gambar 4, menunjukkan bagaimana stomata mengecil dengan meningkatnya  $CO_2$ . Pada Gambar 4 juga dapat terlihat bahwa dengan kenaikan  $CO_2$  dari 350 (kondisi normal di atmosfer saat ini) ke 700  $\mu$  bar, konduktivitas stomata menurun sebesar 32% dengan menghasilkan penghematan air sebesar 28%. Besarnya penurunan ini tergantung dari respon asimilasi tanaman pada peningkatan  $CO_2$  yang berkisar dari 0% pada tanaman  $C_4$  sampai 40% pada tanaman  $C_3$  (Morison, 1987).

Efisiensi penggunaan air (ratio antara  $CO_2$  yang diikat tanaman dengan jumlah air yang dikeluarkan) baik pada tanaman  $C_3$  maupun  $C_4$  akan meningkat dengan bertambah besarnya  $CO_2$ . Pada tanaman  $C_3$  peningkatan ini disebabkan oleh meningkatnya asimilasi dan menurunnya transpirasi, sedangkan pada tanaman  $C_4$  hanya disebabkan oleh menurunnya transpirasi.



Gambar 4. Kenaikan CO<sub>2</sub> di atmosfer menyebabkan pembukaan stomata mengecil.

Sumber: Evans dan Farquhar, 1991.

#### 4. Respon pada tingkat pertanaman

Respon pada tingkat pertanaman akan berbeda dari respon ditingkat daun karena adanya faktor iklim mikro (iklim di sekitar tanaman) yang menyebabkan timbulnya gradien faktor-faktor pertumbuhan dengan kedalaman kanopi seperti gradien PAR, nitrogen, kecepatan angin, uap air dan CO<sub>2</sub> (Evans dan Farquhar, 1991). Adanya gradien ini menyebabkan besarnya respon pada tingkat daun akan berkurang di tingkat pertanaman, apalagi kalau interaksi antara kanopi dengan atmosfer sangat jelek, yang biasa terjadi bila kecepatan angin rendah dan kanopi tanaman menutup permukaan tanah dengan sempurna sehingga mengurangi distribusi faktor-faktor pertumbuhan ke dalam kanopi. Rosenberg, *et. al.* (1990), mengatakan bahwa penurunan konduktivitas stomata sebesar 40% ditingkat daun hanya menurunkan penggunaan air sebesar 9% ditingkat pertanaman. Hal ini terjadi karena penutupan kanopi yang sempurna menyebabkan gradien kelembaban relatif antara daun dan udara meningkat sehingga transpirasi bertambah besar.

Proses asimilasi sebaliknya mempunyai reaksi yang tidak jauh berbeda dari reaksi di tingkat daun karena

meningkatnya CO<sub>2</sub> di atmosfer akan menghilangkan gradien CO<sub>2</sub> di kanopi bagian bawah dan meningkatkan asimilasi. Walaupun transpirasi berkurang dibandingkan dengan pengurangan ditingkat daun, asimilasi akan bertambah besar atau sama dari penambahan ditingkat daun. Kimball (1983), mengatakan bahwa 40% kenaikan biomasa pada tanaman C<sub>3</sub> dan 15% pada tanaman C<sub>4</sub>.

#### 5. Pengaruh peningkatan CO<sub>2</sub> pada efisiensi penggunaan air

Kebutuhan utama tanaman yang lain adalah air baik secara kualitas maupun kuantitas. Satu faktor penting yang berpengaruh pada produksi tanaman adalah pola musim kering yang terjadi. Kekeringan merupakan masalah besar bagi petani diberbagai negara produsen pangan. Kebutuhan akan air menjadi semakin penting dan kritis, di USA, 80–85% konsumsi air bersih adalah untuk pertanian. Sepertiga persediaan tanaman pangan sekarang tumbuh padi 18% lahan beririgasi. Air telah menjadi permasalahan penting bagi 5 negara dengan jumlah penduduk terbesar di dunia (China, India, USA, Rusia, Indonesia).

Aspek penting dari peningkatan kadar CO<sub>2</sub> dalam atmosfer ialah kecenderungan tanaman untuk menutup sebagian dari stomata pada daunnya. Hal ini berdampak penguapan air akan menjadi berkurang sehingga efisiensi penggunaan air meningkat. Kekurangan air merupakan salah satu dari faktor pembatas utama dari produktifitas tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan CO<sub>2</sub> di atmosfer dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air. Implikasi dari menutupnya stomata dapat meningkatkan daya tahan tanaman pada kekeringan dan menekan kebutuhan air untuk pertanian.

Efek langsung dari peningkatan kadar CO<sub>2</sub> di atmosfer pada proses fotosintesis tanaman C<sub>3</sub> ialah dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air. Pada tanaman C<sub>4</sub> dan C<sub>3</sub> mengurangi membukanya stomata. Hal ini ditunjukkan oleh Farquhar, *et. al.*, (1980) pada tanaman kedelai. Dalam proses fotosintesis tanaman C<sub>3</sub> mendapat keuntungan dengan 3 cara: 1) meluasnya ukuran daun, 2) peningkatan tingkat fotosintesis per unit luas daun dan 3) efisiensi penggunaan air.

#### 6. Pengaruh efek rumah kaca pada produksi tanaman beririgasi

Perubahan yang telah diperkirakan mengenai penguapan dan suhu akibat efek rumah kaca serta pemanasan global akan menguntungkan lahan pertanian beririgasi. Areal pertanian beririgasi di USA meluas sampai dataran utara dan Delta Missisipi. Hal ini juga terjadi di Cina, India dan negara lain, dimana lingkungan lebih lembab dan diperuntukkan untuk tanaman biji-bijian dan kacang-kacangan. Kecenderungan ini telah terjadi di USA, China, dan India. Jagung dan gandum sekarang bergeser mendekati daerah yang dingin dan lebih lembab. Produksi sorgum dan padi-padian akan menggeser posisi areal gandum dan jagung tersebut. Diharapkan juga, dimasa mendatang model dari atmosfer dan cuaca akan lebih berkembang dan melengkapi dari apa yang sekarang telah dikembangkan sehingga sensitivitas tanaman pada perubahan cuaca mudah diketahui.

#### Kesimpulan

1. Perubahan penguapan dan suhu akibat efek rumah kaca dari gas CO<sub>2</sub> dan pemanasan global menimbulkan dampak kekeringan, meningkatnya air permukaan laut dan kerugian. Akan

tetapi menguntungkan untuk lahan pertanian beririgasi, seperti tanaman biji-bijian dan kacang-kacangan.

2. Pengaruh langsung meningkatnya CO<sub>2</sub> berdampak positif pada pertumbuhan dan produksi tanaman melalui peningkatan fotosintesa daun dan kanopi.
3. Pengaruh meningkatnya kadar CO<sub>2</sub> di atmosfer pada tanaman C<sub>4</sub> adalah meningkatkan efisiensi penggunaan air karena mengurangi membukanya stomata.

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Kepala Perpustakaan Program Pascasarjana Universitas Brawijaya dan teman sejawat mahasiswa Program Pascasarjana yang telah membantu sehingga artikel ini bisa terselesaikan.

#### Daftar Pustaka

- Anonymous. 1996. Climate Change 1995 : The Science of Climate Change. Cambridge Univ. Press.
- Anonymous. 2004. Efek Rumah Kaca dan Akibatnya. <http://www.pertamina.com>
- Anonymous. 2007. Efek Rumah Kaca Sebagai Dampak Pemanasan Global. <http://id.wikipedia.org/pembicara>
- Anonymous. 2008. Hubungan Efek Rumah Kaca, Pemanasan Global dan Perubahan Iklim. <http://id.wikipedia.org/wiki/efek-rumah-kaca>
- Evans, J. R. and Farquhar, G. D. 1991. Modelling canopy photosynthesis from the biochemistry of the C<sub>3</sub> Chloroplas. CSSA Special Publication no. 19. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America. Madison.
- Farquhar, G. D., Von Caemmerer, S., and Berry, J. A. 1980. A Biochemical Model Of Photosynthetic CO<sub>2</sub> Assimilation In Leaves of C<sub>3</sub> Species. *Planta*. 149:78-90.

- Kimball, B. A. 1983. Carbon Dioxide and Agricultural Yield: An assemblage and analysis of 430 prior observations. *Agron. J.* 75:779-788.
- Morison, J. I. L. 1987. Intercellular CO<sub>2</sub> Concentration and Irradiance On The Stomatal Response To CO<sub>2</sub>. Stanford Univ. Press. Ca.
- Rosenberg, N. J., B. A. Kimball, Ph. Martin and C.F. Cooper. 1990. From Climate and CO<sub>2</sub> Enrichment to Evapotranspiration. p. 151-175. John Wiley & Sons, NY

