

# Peningkatan Kadar CO<sub>2</sub> di Udara dan Pengaruhnya pada Tanaman Kopi

Fitria Yuliasmara<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. PB. Sudirman 90 Jember 68118

Perubahan iklim merupakan salah satu masalah utama yang dihadapi manusia saat ini. Aktivitas manusia adalah faktor penyebab perubahan iklim selama beberapa dekade terakhir. Emisi meningkat sejak tahun 1950-an hingga mencapai tingkat tertinggi saat ini daripada sebelumnya. Konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer kurang dari 300 ppm dari awal peradaban manusia hingga tahun 1900. Periode tahun 1983 hingga tahun 2012 adalah periode 30 tahun terhangat dari 1400 tahun terakhir di belahan bumi utara. Suhu rata-rata bumi meningkat sebesar 1,4°C pada abad ke-20 dan diperkirakan meningkat sekitar 1,5°C pada abad ke-21 berdampak pada proses biokimia tanaman kopi yaitu fotosintesis.

**F**aktor lain yang diprediksi akan meningkat di masa mendatang adalah kadar CO<sub>2</sub> yang secara bertahap akan meningkat sehingga jauh lebih tinggi dari konsentrasi saat ini. Peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> aktual di atmosfer adalah salah satu aspek perubahan iklim global yang paling terdokumentasi dengan baik. Konsentrasi CO<sub>2</sub> atmosfer telah meningkat sebesar 50% sejak masa pra-industri dengan nilai di bawah 400 ppm. Pada tahun 2014, kadar CO<sub>2</sub> melebihi 400 μmol mol<sup>-1</sup> udara untuk pertama kalinya setidaknya dalam 650.000 tahun terakhir, seperti direkam di Observatorium Mauna Loa di Hawaii. Selama dekade terakhir, CO<sub>2</sub> atmosfer telah meningkat pada laju sekitar 2 μmol mol<sup>-1</sup> pertahun dan proyeksi menunjukkan bahwa CO<sub>2</sub> atmosfer akan melebihi 936 μmol mol<sup>-1</sup>).

Peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> tentunya akan menjadi salah satu bentuk perubahan lingkungan yang secara alami akan direspon oleh tanaman baik secara morfologis, fisiologis maupun biokimia. Peningkatan sumber karbon primer (C) dengan kondisi seperti itu akan mempengaruhi metabolisme, pertumbuhan, dan perkembangan tanaman, terutama di bawah kondisi air dan nutrisi yang baik. Studi pemodelan telah memprediksi bahwa perubahan iklim akan memiliki dampak yang kuat pada kesesuaian bidang pertanian saat ini, namun belum banyak dipelajari kemungkinan efek yang meringankan seperti peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer. Oleh karena itu, studi tentang dampak biologi yang nyata dari kondisi lingkungan di masa depan pada tanaman seperti meningkatnya kandungan CO<sub>2</sub> sangat diperlukan untuk melakukan evaluasi ulang prosedur

pengelolaan lahan pertanian dan mempersiapkan strategi dalam rangka meningkatkan adaptasi tanaman terhadap perubahan iklim. Efek tersebut dapat bersifat sementara dan berbeda di antara kelompok tanaman, khususnya antara fotosintesis tipe C3 dan C4<sup>2)</sup>.

## CO<sub>2</sub> di Atmosfer

Karbon dioksida merupakan komponen atmosfer meskipun hanya sedikit (0,038%) tetapi berperan sangat penting. Karbon dioksida berasal dari berbagai sumber seperti pembusukan vegetasi, hasil buang pernapasan dari manusia dan hewan, pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, dan erupsi vulkanik<sup>3)</sup>. Kemudian, karbon dioksida tersebut digunakan untuk proses fotosintesis pada tanaman dan tersimpan pada akar, batang, dan daun. Laut merupakan reservoir terbesar untuk CO<sub>2</sub> dari fitoplankton yang sangat banyak di laut. Karbon dioksida di laut menyimpan 50 kali lebih banyak dari yang ada di atmosfer.

Karbon dioksida adalah senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen terikat kovalen dengan atom karbon<sup>3)</sup>. Berbentuk gas pada temperatur dan tekanan standar dan berada di atmosfer. Konsentrasi karbon dioksida di atmosfer bumi adalah ±387 ppm, tetapi jumlah bervariasi tergantung lokasi dan waktu. Karbon dioksida tidak berbentuk cair pada tekanan di bawah 5,1 atm tetapi berbentuk padat pada temperatur di bawah -78°C. Bagian terbesar dari karbon yang berada di atmosfer bumi adalah gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Meskipun jumlah gas ini merupakan bagian yang sangat kecil dari seluruh gas yang ada di atmosfer (hanya sekitar 0,04% dalam basis

molar, dan sedang mengalami kenaikan), namun ia memiliki peran yang penting dalam menyokong kehidupan.

## Fungsi CO<sub>2</sub> bagi Tanaman

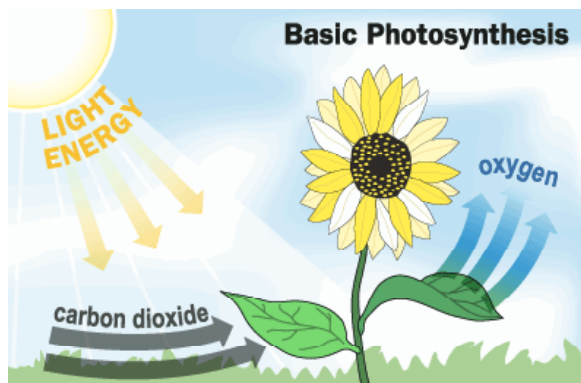
Fotosintesis adalah salah satu cara tumbuhan untuk menghasilkan makanan dan energi. Fotosintesis merupakan proses biokimia pembentukan karbohidrat dari H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> yang dilakukan oleh tumbuhan hijau dengan bantuan sinar matahari. Dalam hal ini, fungsi CO<sub>2</sub> dalam proses fotosintesis adalah sebagai bahan baku penyusunan bahan organik (karbohidrat). Fotosintesis hanya akan terjadi jika tumbuhan mempunyai klorofil, yaitu pigmen yang berfungsi sebagai penangkap energi cahaya matahari lalu mengkonversikannya menjadi energi kimia yang terikat dalam molekul karbohidrat.

Terdapat tiga tipe fotosintesis pada tanaman yaitu tipe fotosintesis C3, C4, dan CAM, yang dibedakan berdasarkan cara mengikat CO<sub>2</sub> dari atmosfer dan produk awal yang dihasilkan dari proses asimilasi. Pada tanaman C3, seperti kedelai, padi, kacang tanah, kentang, kopi dan kakao, RuBp (Ribulosa Bifosfat) yang merupakan substrat untuk pembentukan karbohidrat dalam proses fotosintesis dalam proses awal asimilasi mampu mengikat CO<sub>2</sub> dan pada saat yang bersamaan juga dapat mengikat O<sub>2</sub> untuk proses respirasi, sehingga terjadi kompetisi antara CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam penggunaan RuBp<sup>4)</sup>. Jika konsentrasi CO<sub>2</sub> ditingkatkan, hasil kompetisi CO<sub>2</sub> akan lebih menguntungkan sehingga foto-respirasi dapat dikurangi dan asimilasi akan bertambah besar<sup>4)</sup>.

## Konsentrasi berbagai gas penyusun atmosfer

Gas tetap		Gas berubah	
Gas	%	Gas dan partikel	%
Nitrogen	78,08	Uap air	0 - 4
Oksigen	20,95	Karbon dioksida	0,038
Argon	0,95	Metan	0,00017
Neon	0,0018	Nitrogen oksida	0,000017
Helium	0,0005	Ozon	0,000004
Hidrogen	0,00006	Partikel (debu, dll)	0,000001
Xenon	0,000009	CFC	0,00000002

Sumber: Lutgens & Tarbuck, 2017<sup>3)</sup>.



Sumber: Wilson, 2005<sup>4)</sup>

Skema fotosintesis pada tanaman berklorofil

## Pengaruh Peningkatan Kadar CO<sub>2</sub> pada Tanaman Kopi (Tipe C3)

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan senyawa yang sangat penting untuk proses fotosintesis. Jika peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara terjadi tanpa berasosiasi dengan peningkatan unsur iklim yang lain, maka peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> akan sangat menguntungkan bagi tanaman, terutama tanaman C3 termasuk kopi. Peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> dua kali lipat dapat meningkatkan laju fotosintesis 30–100% tergantung pada kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara<sup>5)</sup>.

Pada banyak spesies tanaman, laju fotosintesis dapat meningkat kira-kira 30–60% pada konsentrasi CO<sub>2</sub> 600–700 ppm, dibandingkan pada konsentrasi 370 dan 390 ppm<sup>2)</sup>. Peningkatan dalam kisaran ini diamati pada genotip *C. arabica* dan *C. canephora*<sup>5)</sup>. Selain itu, baru-baru ini dilaporkan bahwa genotip kopi dari spesies *C. arabica* dan *C. canephora* dapat mempertahankan kinerja fotosintesis mereka pada suhu 37°C sepanjang seluruh periode pertumbuhannya pada kondisi CO<sub>2</sub> tinggi<sup>6)</sup>. Respons ini mencerminkan toleransi terhadap suhu jauh di atas apa yang mungkin diharapkan, mengingat laporan klasik tentang dampak negatif fotosintesis di atas suhu 25°C<sup>7)</sup>. Selain itu, kinerja fotokimia dan biokimiawi akan meningkat pada suhu tinggi pada tanaman yang tumbuh pada CO<sub>2</sub> yang konsentrasinya ditingkatkan, bila dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh di udara dengan konsentrasi CO<sub>2</sub> normal. Ketika terpapar pada suhu 42°C, sebagian besar parameter fotosintesis (terutama pada tingkat enzim), yang diperluas juga ke enzim

dari jalur respirasi, meningkat secara signifikan pada semua genotip kopi yang diteliti antara lain rubisco, pospoenolpiruvat karboksilase, malat dehidrogenase, dan piruvat dikinase.

Selain itu, kerusakan metabolik/fungsional pada komponen fotosintesis secara signifikan akan berkurang pada tanaman kopi yang tumbuh di bawah konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi<sup>6)</sup>. Hal ini sangat jelas terlihat pada fungsi fotosistem yang menunjukkan toleransi panas yang tinggi, baik pada proses fisik (pengambilan energi) maupun fotokimia (transportasi elektron)<sup>6)</sup>. Kinerja metabolik yang lebih besar kemungkinan terkait dengan penguatan mekanisme perlindungan dan antioksidan dalam menanggapi suhu supra-optimal hingga 37°C dan prevalensi yang lebih tinggi dari mekanisme tersebut pada suhu 42°C di tanaman kopi yang tumbuh di bawah konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi<sup>6)</sup>.

Aspek penting lainnya, meskipun sering diabaikan adalah terkait dengan pemeliharaan homeostasis mineral dalam kondisi stres, yaitu tingkat yang memadai dan keseimbangan mineral dijaga. Pada tanaman kopi di bawah suhu yang memadai, konsentrasi CO<sub>2</sub> udara tinggi hanya memberikan efek "pengenceran" mineral moderat dalam kisaran 7–25%<sup>9)</sup>. Penurunan potensi fotosintesis (*down-regulation*) dapat disebabkan oleh nitrogen (N) "pengenceran" dalam jaringan daun, terkait dengan alokasi N yang lebih rendah untuk komponen fotosintesis<sup>2)</sup>. Namun, perubahan yang diamati pada tanaman kopi kemungkinan mencerminkan perubahan fisiologis kualitatif daripada kekurangan nutrisi<sup>10)</sup>, karena tanaman ini mampu mempertahankan fungsi metabolisme yang lebih tinggi secara signifikan, tanpa ada tanda penurunan potensi (*down regulation*) fotosintesis<sup>11)</sup>.

Peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> diduga juga akan dapat mengurangi tingkat serangan gulma dan menguntungkan tanaman-tanaman C3 termasuk di perkebunan kopi. Hal tersebut karena sebagian besar gulma yang tumbuh pada budidaya tanaman C3 adalah jenis C4 yang karena mempunyai respon negatif terhadap peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer maka dapat mengurangi kompetisi<sup>5)</sup>.

## Penutup

Peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer akan mempengaruhi fisiologis tanaman kopi, yaitu di antaranya meningkatnya laju asimilasi (laju pengikatan CO<sub>2</sub> untuk membentuk karbohidrat, fotosintesis) di dalam daun, respon pada tingkat pertanaman, efisiensi penggunaan faktor-faktor pertumbuhan lainnya (seperti radiasi matahari, air dan nutrisi) juga akan ikut meningkat.

## Sumber Pustaka

- <sup>1</sup>Ghini, R.; A. Torre-Neto; A.F.M. Dentzien; O. Guerreiro-Filho; R. Lost & F.R.A. Patricio (2015). Coffee growth, pest and yield responses to free-air CO<sub>2</sub> enrichment. *Climatic Change*, 132, 307–320.
- <sup>2</sup>Ainsworth, E.A. & A. Rogers. (2007). The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising CO<sub>2</sub>: Mechanisms and environmental interactions. *Plant, Cell, and Environment*, 30, 258–270.
- <sup>3</sup>Lutgens, F.K. & E.J. Tarbuck (2017). Foundations of Earth Science. 8<sup>th</sup> Edition. 740 p.
- <sup>4</sup>Wilson, T.V. (2005). Sugar and Carbon. <https://science.howstuffworks.com/environmental/earth/geophysics/earth3.htm>. Diakses tanggal: 7 Juni 2019.
- <sup>5</sup>DaMatta, F.M.; A.G. Godoy; P.E. Menezes-Silva; S.C.V. Martins; L.M. Sanglard; L.E. Morais (2015). Sustained enhancement of photosynthesis in coffee trees grown under free-air CO<sub>2</sub> enrichment conditions: Disentangling the contributions of stomatal, mesophyll, and biochemical limitations. *Journal of Experimental Botany*, 67, 341–352.
- <sup>6</sup>Rodrigues, W.P.; M.Q. Martins; A.S. Fortunato; A.P. Rodrigues; J.N. Semedo; Simoes-Costa (2016). Long-term elevated air CO<sub>2</sub> strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. *Global Change Biology*, 22, 415–431.
- <sup>6</sup>Martins, M.Q.; W.P. Rodrigues; A.S. Fortunato; A.E. Leita; A.P. Rodrigues & I.P. Pais (2016). Protective response mechanisms to heat stress in interaction with high CO<sub>2</sub> conditions in *Coffea* spp. *Frontiers in Plant Science*, 7, art 947.
- <sup>7</sup>DaMatta, F.M. & J.D.C. Ramalho (2006). Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: A review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18, 55–81.
- <sup>9</sup>Martins, L.D.; M.A. Tomaz; F.C. Lidon; F.M. DaMatta & J.C. Ramalho (2014). Combined effects of elevated CO<sub>2</sub> and high temperature on leaf mineral balance in *Coffea* spp. plants. *Climatic Change*, 126, 365–379.
- <sup>10</sup>Thiec, D.L.; M. Dixon; P. Loosveldt & J.P. Garrec (1995). Seasonal and annual variations of phosphorus, calcium, potassium and manganese contents in different cross-sections of *Picea abies* (L.) Karst. needles and *Quercus rubra* L. leaves exposed to elevated CO<sub>2</sub>. *Trees*, 10, 55–62.
- <sup>11</sup>Ramalho, J.C.; A.P. Rodrigues; J.N. Semedo; I.P. Pais; L.D. Martins & M.C. Simões-Costa (2013). Sustained photosynthetic performance of *Coffea* spp. under long-term enhanced CO<sub>2</sub>. *PLoS ONE*, 8, e82712.



## Dermakoka

Jamur *Trichoderma* spp. merupakan jenis biofungisida yang efektif mengendalikan jamur patogen tular tanah. Puslitkoka telah memproduksi biofungisida yang berbahan aktif spora jamur *Trichoderma* spp. dengan nama dagang Dermakoka. Formulasi biofungisida Dermakoka efektif untuk mengendalikan penyakit busuk buah kakao yang disebabkan oleh jamur patogen *Phytophthora palmivora* dan penyakit akar pada kopi dan kakao.

**Dermakoka, Biofungisida  
Jamur *Trichoderma* spp.**

**Produksi: Koperasi Karyawan SEKAR Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia**  
Jl. PB. Sudirman No. 90 Jember - Telp. 0331-757130, 757132