

## PERILAKU PRODUKSI ETILEN BUAH TOMAT YANG DIUKUR MENGGUNAKAN SPEKTROMETER FOTOAKUSTIK

Zamzibar Zuki

Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Andalas

### ABSTRACT

Observation of ethylene emitted by single tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruit was made possible utilizing a very sensitive photoacoustic spectrometer capable of sub-ppb level of gas detection. The spectrometer was equipped with a gas mixer for flow through system.

Emission of ethylene dropped to one tenth of the normal level when the stem-scar was plugged using parafilm and went back to normal level when the plug was taken off. When the gas flowing through the fruit was made without oxygen, the anaerobic condition completely stopped the emission of the ethylene, however, ethylene was produced slightly above the normal level immediately after the flowing gas was switched to normal air. Carbon dioxide and low temperature decreased production of ethylene. Production of ethylene increased as the temperature of fruit raised from room to 42°C at which temperature the production started to decrease until finally completely stopped at temperature of 63 °C.

### PENDAHULUAN

Etilen merupakan hormon tanaman yang dapat mempengaruhi banyak aspek pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Abeles, 1973). Biosintesis etilen di dalam jaringan tanaman dimulai dari SAM (S-adenocyl-methionine) menjadi ACC (1-amino cyclopropane-1-carboxylic acid) dan selanjutnya menjadi etilen (Yang, 1980).

Perubahan dari SAM ke ACC dikatalis oleh enzim ACC oksidase yang tidak membutuhkan oksigen. Tahap akhir reaksi dari ACC ke etilen dikatalis oleh EFE (ethylene-forming enzyme), reaksi ini membutuhkan oksigen sebagai salah satu

substratnya (Yip dkk, 1988). SAM dapat berfungsi sebagai substrat penghambat sintesa etilen melalui mekanisme eliminasi  $\beta$ ,  $\gamma$  (Flores dkk, 1990). Etilen yang dihasilkan dapat bersifat autokatalis terhadap laju produksi etilen.

Karbon dioksida dapat menghambat sifat autokatalis etilen pada buah klimaterik, seperti alpukat (Marcellin dan Chaves, 1983) dan tomat (Buescher, 1979). Konsentrasi karbon dioksida yang tinggi (20%) dapat menghambat perubahan ACC menjadi etilen (Cheverry dkk, 1988). EFE merupakan enzim kompleks yang sangat sensitif terhadap temperatur. Aktivitas EFE turun hingga 29,6% dari semula bila papaya diperlakukan dengan panas pada temperatur 49°C selama 20 menit (Chan, 1988). Atta-Aly (1992) melaporkan laju produksi etilen buah tomat mencapai maksimal bila tomat disimpan pada temperatur 20°C. Bila temperatur dinaikkan dari 20°C menjadi 30°C, laju produksi etilen dan kandungan ACC buah tomat menurun. Kandungan ACC meningkat tajam tetapi laju produksi etilen buah tomat terus turun bila tomat disimpan pada temperatur 35°C.

Gas etilen biasanya diukur menggunakan kromatografi gas. Untuk mengukur laju produksi etilen biasanya sejumlah tertentu sampel dimasukkan ke dalam wadah tertutup lalu dibiarkan terjadinya akumulasi gas. Sejumlah tertentu volume gas diambil dari dalam wadah (head space) kemudian disuntikkan ke alat kromatografi gas.

Pengambilan sampel yang seperti ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan konsentrasi oksigen, akumulasi etilen dan karbon dioksida di dalam wadah. Kondisi seperti ini menyebabkan aktivitas fisiologis tidak alami dan akan mempengaruhi laju produksi etilen, terutama pada buah klimaterik.

Spektrometer fotoakustik mempunyai batas deteksi yang rendah dan dapat dirancang dengan cara sampling gas mengalir (Rosencwaig, 1980). Gas yang dialirkan ke dalam kuvet dapat menghindari terjadinya penurunan konsentrasi oksigen, akumulasi etilen dan karbon dioksida, sehingga pengukuran laju produksi etilen menjadi lebih akurat. Batas deteksi yang rendah memungkinkan untuk mengukur laju produksi etilen pada buah tunggal (satu buah).

Kuвет yang mudah dirancang diperlukan sehingga dapat dialiri dengan campuran gas dengan komposisi tertentu, sehingga dapat digunakan untuk mengukur pengaruh komposisi gas terhadap laju produksi etilen. Kuвет dapat diletakkan pada tempat tertentu sehingga dapat dipelajari pengaruh temperatur terhadap laju produksi etilen.

Buah tomat mempunyai struktur yang berbeda bila dibandingkan dengan buah-buahan lain. Bila di kolumela aktivitas biokimia terkonsentrasi, ini berarti oksigen harus bisa mencapai kolumela agar reaksi-reaksi yang membutuhkan oksigen dapat terjadi. Dasar tangkai (*stem-scar*) diduga merupakan pintu masuk dan keluarnya gas-gas pada buah tomat.

Kelebihan-kelebihan yang ada pada spektrometer fotoakustik, akan dimanfaatkan untuk mempelajari perubahan kondisi aerob ke anaerob, dari kondisi dasar tangkai ditutup kemudian dibuka, komposisi gas dan temperatur lingkungan terhadap laju produksi etilen pada buah tomat.

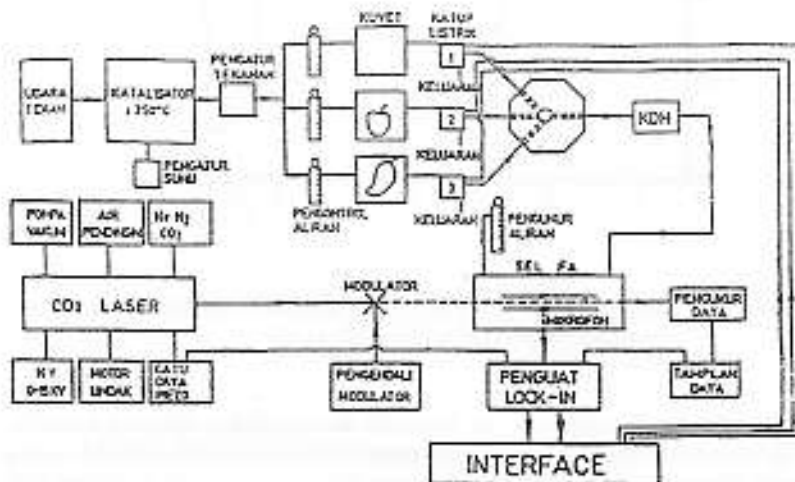
## BAHAN DAN METODA

### Bahan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Atom dan Inti FMIPA UGM. Buah tomat dibeli di pasar lokal dengan tingkat kematangan yang dapat dikonsumsi. Udara tekan (udara normal), gas  $N_2$ , gas  $O_2$  dan gas  $CO_2$  dibeli dari Aneka Gas Semarang.

### Metoda

Laju produksi etilen diukur dengan menggunakan spektrometer fotoakustik laser  $CO_2$ . Sinar laser  $CO_2$  dihasilkan dengan mengalirkan campuran gas  $N_2$ ,  $CO_2$  dan He dengan perbandingan 1 : 1 : 6. Pada kondisi tersebut dihasilkan daya 2,5 W sinyal tertinggi untuk etilen pada  $10P_{34}$  yang terpisah dengan baik dari garis-garis yang lain. batas deteksi terendah 0,4 ppb. Rancangan alat tersebut seperti pada Gambar 1.

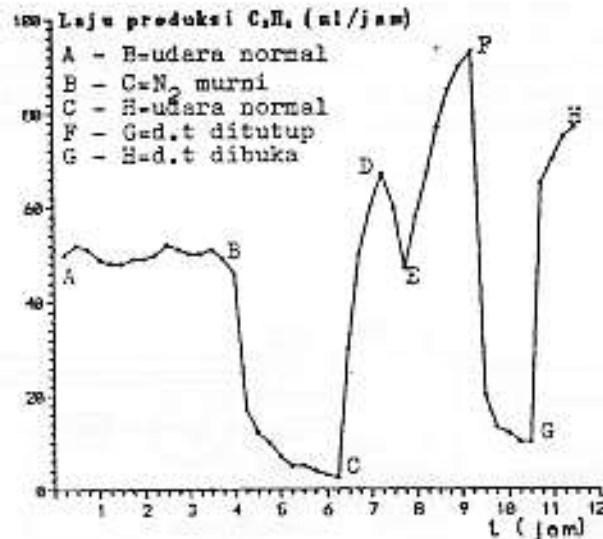


Gambar 1. Rangkaian alat spektrometer fotoakustik dengan sistem gas mengalir

## HASIL DAN DISKUSI

### Pengaruh Aerob, Anaerob dan Dasar Tangkai Ditutup Terhadap laju Produksi Etilen Buah Tomat

Telah dilakukan suatu pengukuran laju produksi etilen dalam jangka waktu yang lama (12 jam) terhadap buah tomat. Perlakuan serta hasil pengukuran seperti terlihat pada Gambar 2.

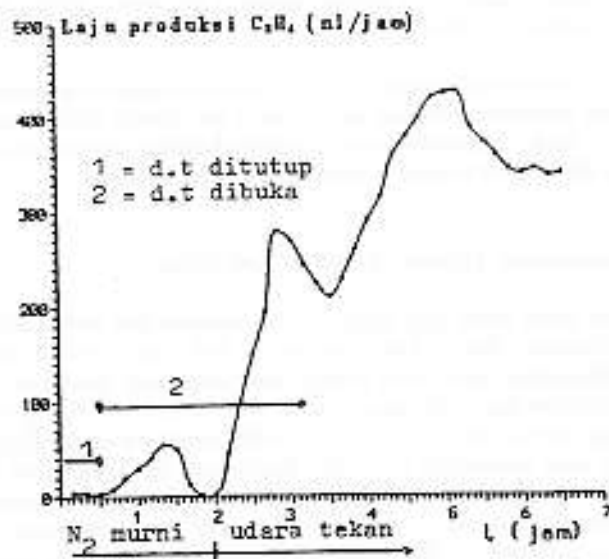


Gambar 2. Pola laju produksi etilen tomat yang dialiri udara normal,  $N_2$  dan penutupan dasar tangkai (d.t) buah tomat

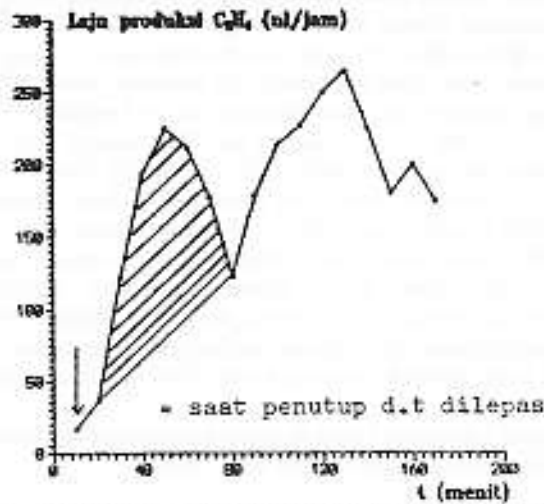
Dari grafik yang diperoleh, kurva AB menunjukkan laju produksi etilen tomat yang dialiri udara normal. Terjadi penurunan laju produksi etilen bila udara normal diganti dengan gas  $N_2$  murni (kurva BC). Terjadi lonjakan laju produksi etilen dari C ke D kemudian turun sampai E kemudian naik lagi ke F ketika tomat dialiri kembali dengan udara normal. Hasil penelitian ini sesuai dengan teori sebelumnya bahwa tahap akhir reaksi sintesis etilen tergantung  $O_2$ , dan akan terjadi penumpukan ACC (lonjakan dari C ke D) bila buah diperlakukan dalam suasana anaerob (Abeles dkk, 1992) karena ACC sintase tidak tergantung oksigen. Turunnya laju produksi etilen dari D ke E kemudian naik lagi mencapai F, memperlihatkan bahwa laju produksi ACC tidak sama pada saat kondisi

anaerob dengan aerob. Diduga pada saat terjadinya penumpukan ACC (kondisi anaerob), SAM bertindak sebagai substrat penghambat aktifitas ACC sintase melalui eliminasi  $\beta_7$  (Flores dkk, 1992). Hal ini menyebabkan ACC yang mulanya menumpuk akan cepat habis ketika ketersediaan  $O_2$  terpenuhi, menyebabkan laju produksi etilen yang mulanya meningkat kemudian turun kembali (E). Aktifitas ACC sintase kembali normal setelah beberapa saat dialiri dengan udara normal, sehingga menyebabkan laju produksi etilen naik kembali (F). Hampir mencapai sepersepuluh dari laju produksi semula bila dasar tangkai buah tomat ditutup (kurva FC) dan terjadi lonjakan yang drastis bila penutup bekas tangkai dibuka kembali (kurva GH). Untuk menutup dan membuka penutup bekas tangkai, buah tomat dikeluarkan dari dalam kuvet. Untuk mengetahui apakah terjadi penumpukan etilen pada perlakuan aerob ketika dasar tangkai ditutup, dilakukan percobaan dengan menggunakan kuvet khusus, sehingga waktu membuka penutup dasar tangkai tidak perlu membuka penutup kuvet. Hasil percobaan seperti pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 diperoleh 3 puncak, puncak pertama adalah puncak etilen yang terkurung ketika melakukan penutupan dasar tangkai.



Gambar 3. Pola laju produksi etilen tomat yang dialiri  $N_2$  pada saat dasar tangkai (d.t) ditutup, penutup dibuka, kemudian dialiri udara normal



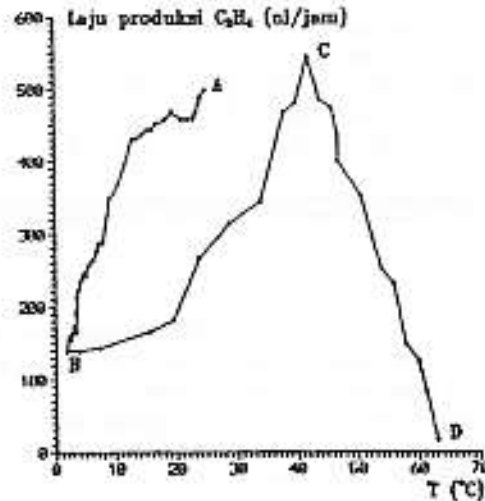
Gambar 4. Pola laju produksi etilen tomat yang dialiri udara normal setelah dasar tangkai (d.t) ditutup selama 4 jam diluar kuvet, kemudian dibuka di dalam kuvet

Gambar 4, merupakan perlakuan penutupan dasar tangkai buah tomat selama 4 jam sebelum pengukuran dengan spektrometer fotoakustik dilakukan. Daerah yang diarsir dapat digunakan untuk memperkirakan jumlah ACC yang terakumulasi akibat dasar tangkai ditutup selama 4 jam tersebut.

#### Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Produksi Etilen

Laju produksi etilen turun bila temperatur diturunkan dan naik kembali bila temperatur dinaikkan (kurva ABC Gambar 5). Pola laju produksi etilen saat temperatur diturunkan tidak sama dengan saat temperatur dinaikkan. Hal ini mungkin disebabkan laju reaksi yang dikatalis oleh enzim selain dipengaruhi oleh temperatur juga dipengaruhi oleh struktur spesifik enzim itu sendiri (Smith dkk, 1988). Enzim akan mengalami perubahan konformasi bila temperatur berubah (Zubay, 1983., Poedjadi 1994). Bila perubahan konformasi saat temperatur diturunkan dengan saat temperatur dinaikkan kembali tidak sama maka pola laju produksi etilen akan berbeda pula. Mungkin dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk setiap temperatur agar diperoleh pola laju reaksi yang sama. Hasil percobaan memperlihatkan, pada temperatur diatas 42°C laju produksi etilen turun tajam (kurva CD) dan berhenti pada temperatur 63°C. Hal ini mungkin disebabkan enzim pada temperatur diatas 42°C setelah mengalami perubahan konformasi selanjutnya mengalami denaturasi sehingga laju reaksi turun kemudian berhenti

(Podjadi, 1994). Menurut Atta-Ally (1992) laju produksi etilen tomat paling tinggi pada temperatur 20°C dan kandungan ACC paling tinggi pada temperatur 35°C. Hasil percobaan tidak memperlihatkan lonjakan yang tajam pada temperatur 20°C, yakni saat temperatur diturunkan dari 25°C menjadi 1,8°C dan ketika temperatur dinaikkan kembali mencapai 42°C.



Gambar 5. Pengaruh temperatur terhadap pola laju produksi etilen buah tomat

Perbedaan ini mungkin disebabkan karena jenis tomat berbeda dan juga karena cara percobaan yang berbeda. Atta-Ally (1992) melakukan inkubasi selama 8 jam untuk setiap perlakuan temperatur sehingga EFE mempunyai kesempatan untuk beradaptasi dengan lingkungan dan bereaksi dengan ACC. Pada percobaan yang dilakukan, temperatur berubah terus sehingga EFE pada temperatur 20°C belum tentu berada pada struktur optimalnya untuk berfungsi secara maksimal sebagai katalis.

#### Pengaruh Komposisi Gas Terhadap Laju Produksi Etilen

Hasil pengaruh komposisi gas terhadap laju produksi etilen disajikan pada Tabel 1. Laju produksi etilen turun bila udara normal yang ada di sekeliling buah tomat diganti dengan campuran udara dengan konsentrasi CO<sub>2</sub> rendah. Laju produksi etilen semakin turun bila campuran udara mengandung karbon dioksida. Hasil penelitian ini sesuai dengan pernyataan Yip (1988) bahwa reaksi tahap akhir membutuhkan oksigen dan karbon dioksida dapat menghambat laju produksi etilen (Abdel, 1973), Meliski dkk, 1986 dan Cheverry dkk, 1988).

Tabel 1. Pengaruh campuran gas terhadap laju produksi etilen buah tomat

No.	Perlakuan	Laju Produksi Etilen* ( nL/jam )
1.	Udara normal	247,9 ± 6,7
2.	0%CO <sub>2</sub> ;10%O <sub>2</sub> ;90%N <sub>2</sub>	198,6 ± 5,7
3.	0%CO <sub>2</sub> ;5%O <sub>2</sub> ;95%N <sub>2</sub>	108,3 ± 1,5
4.	5%CO <sub>2</sub> ;10%O <sub>2</sub> ;85%N <sub>2</sub>	55,1 ± 1,5
5.	5%CO <sub>2</sub> ; 5%O <sub>2</sub> ;90%N <sub>2</sub>	33,3 ± 0,9

\*rata-rata dari 6 kali ulangan dengan batas ketangguhan 95%

Laju produksi etilen lebih tinggi pada campuran udara yang mengandung oksigen tinggi bila dibandingkan dengan campuran udara yang mengandung oksigen rendah yang mempunyai konsentrasi karbon dioksida yang sama. Hal ini mungkin disebabkan karbon dioksida bersifat penghambat kompetitif (Abeles, 1973). Penghambat kompetitif dapat dikurangi pengaruhnya bila konsentrasi substrat ditambah (Zubay, 1983)., Poedjadi, 1994).

#### KESIMPULAN

1. Pengaruh penutupan dasar tangkai terhadap pola laju produksi etilen buah tomat sama seperti akibat pengaruh anaerob.
2. Karbon dioksida dapat menghambat laju produksi etilen buah tomat dan bersifat kompetitif.
3. Temperatur rendah dapat menurunkan laju produksi etilen buah tomat dan bersifat reversibel.
4. Diatas temperatur 42°C laju produksi etilen buah tomat turun tajam dan berhenti pada temperatur 65°C.



#### DAFTAR PUSTAKA

- Abeles, F.B. 1973. *Ethylene in Plant Biology*, Academic Press New York.
- Abeles, F.B., Morgan, P.W., and Salveit, M.E. 1992. *Ethylene in Plant Biology*, 2nd Academic Press New York.
- Atta-Ally, M.A. 1992. Effect of High Temperature on Ethylene Biosynthesis by Tomato Fruit, *Postharvest Biology and Technology*, 2 : 19 - 24.
- Buesher, R.W. 1979. Influence of Carbon Dioxide on Tomato, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 104; 545 - 547.
- Chan Jr, H. T. 1966. Effects of Heat Treatments on Ethylene Forming Enzyme System in Papaya, *J. Food Sci.* 51; 581 - 583.
- Chaves, A and Thomas, J. O. 1984. Effects of a Brief CO<sub>2</sub> Exposure on Ethylene Production, *Plant Physiol*, 76; 88 - 91.
- Chaverry, J.L., Poulisque, Sy. J., and Marselline, P. 1988. Regulation by CO<sub>2</sub> of 1-amino cyclo propane-1-carboxylic acid Conversion to Ethylene in Climatic Fruits, *Physiol Plant*, 72; 535 - 540.
- Flores, H.E., Artica, R.N., and Shanon, J.C., (Editor). 1990. *Polyamines and Ethylene; Biochemistry, Physiology and Interactions*, The Pennsylvania State University.
- Marcellin and Chaves, A. 1983. Effect of Intermittent High CO<sub>2</sub> Treatment on Respiration and Ethylene Production, *Acta HortiCp*, 138; 155 - 163.
- Meiliski, L.V., Sakovara, E.E., Volkin, N.L., Bondavev and Yangyuk, V.Y 1986. *Controlled Atmosphere Storage of Fruit*, Russian Translation Serries Rotterdam.
- Poedjadi Anna. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*, Ui-Press.
- Rosencwaig, A. 1980. *Photoacoustics and Photoacoustics Spectroscopy*, Jhon Wiley & Sons Inc New York.
- Yang, S.F. 1980. Regulation of Ethylene Biosynthesis, *Hort. Science*, 14; 238 - 243.
- Yang, S.F and Pratt, H.K. 1978. *The Physiology of Ethylene in Wounded Plant Tissues*, Walter de Gruyero Berlin.

Yip, W.K., Yio, X-Z and Yang, S.F. 1988. Dependence of in Vivo Ethylene Production Rate on 1-Amino cyclo propane-1-carboxylic Acid Content and Oxygen Concentration, *Plan Physiol*, 88; 553 - 558.

Zuhay, G. 1983. *Biochemistry*, Addison-Wesley publishing Company Inc California.