



APLIKASI ZEOLIT PADA PEMBUATAN *SCRUBBER* GAS ETILEN (C₂H₄) UNTUK PENGAWETAN BUAH NANGKA KUPAS

Zeolite Application on the Manufacture of Ethylene Gas (C₂H₄) Scrubber for Jackfruit Peel Preservation

Agustina Dyah Setyowati

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, 15417

Email : agustin.2187@gmail.com

ABSTRAK

Zeolit diaplikasikan dalam pembuatan scrubber gas etilen. Spektrometer fotoakustik laser CO₂ digunakan untuk menentukan adsorptivitas scrubber dalam menangkap gas etilen. Parameter karakteristik adsorptivitas scrubber yang diteliti meliputi pengaruh konsentrasi bahan aktif dan kapasitas adsorpsi. Diperoleh hasil adsorptivitas scrubber meningkat dengan peningkatan konsentrasi bahan aktif (KMnO₄) pada zeolit berdiameter 1,4 mm. Kapasitas adsorpsi scrubber zeolit-KMnO₄ dengan konsentrasi KMnO₄ 4% dan diameter zeolit 1,4mm sekitar 96 ppmliter/gram. Pada suhu ruangan, penggunaan scrubber dengan konsentrasi KMnO₄ 4 % dan diameter zeolit 1,4 mm sebanyak 5 gram dapat memperpanjang umur simpan buah nangka kupas hingga 3 hari dari umur simpan buah kontrol.

Kata kunci : zeolit, gas etilen, scrubber, umur simpan, buah nangka kupas.

ABSTRACT

The application of zeolite for scrubber's ethylene gas. The CO₂ laser photoacoustic spectrometer is used to identified scrubber's adsorptivity of ethylene gas. The parameters of scrubber adsorptivity characterization are active material concentration and adsorption capacity. The result is scrubber's adsorptivity raised with increasing the concentration of active agent (KMnO₄) in zeolite diameter of 1,4 mm. Adsorption capacity of scrubber with KMnO₄ concentration of 4 %, zeolite diameter of 1,4 mm is measured to be 96 ppmlitre/gram. At room temperature, 5 gram of scrubber with KMnO₄ concentration of 4% and zeolite diameter of 1,4 mm could extend the shelf life of jackfruit peel for 3 days longer than shelf life of control cut fruit.

Keywords : CO₂ laser photoacoustic spectrometer, ethylene gas, scrubber, shelf life , jackfruit peel

PENDAHULUAN

Zeolit merupakan mineral yang istimewa karena struktur kristalnya tetrahedral. Karena keistimewaannya itu zeolit dapat digunakan dalam berbagai kegiatan yang luas, seperti penukar ion, adsorben, dan katalisator. Karena memiliki memiliki sifat berpori dan memiliki daya serap tinggi maka sangat baik apabila digunakan sebagai adsorben (*scrubber*).

Nangka adalah salah satu jenis buah yang banyak ditanam di daerah tropis. Buah nangka memiliki beragam manfaat untuk

kesehatan. Umumnya buah nangka yang tersedia dalam bentuk utuh atau besar, sehingga untuk mempermudah dalam penjualan dan agar lebih menarik perlu adanya packaging yaitu penjualan produk dalam bentuk kupas/ potong. Produk buah potong/ kupas siap saji pada umumnya mudah rusak dan tidak tahan lama (umur simpan pendek). Upaya untuk memperpanjang umur simpan produk buah kupas siap saji dapat dilakukan dengan beberapa cara agar mempunyai nilai dan bermanfaat. Pada prinsipnya upaya yang dilakukan adalah ditujukan untuk

pengendalian proses fisiologi seperti laju respirasi, produksi etilen dan menghambat aktivitas mikroorganisme [1].

Berbeda dengan buah segar pada umumnya utuh dan berkulit, buah kupas/potong umumnya disiapkan dari buah masak/matang. Buah masak/ matang melepaskan etilen paling tinggi dan ditambah lagi pelukaan akibat pengupasan dan pemotongan yang menyebabkan pelepasan etilen semakin besar dan berlanjut. Senyawa etilen pada tumbuhan ditemukan dalam fase gas, sehingga disebut juga gas etilen. Gas etilen tidak berwarna dan mudah hilang.

Gas etilen dikenal sebagai hormon yang bertanggung jawab terhadap berbagai proses perubahan dan pertumbuhan tanaman diantaranya perkecambahan, pertumbuhan akar, pemekaran dan pelayuan bunga serta pematangan dan pembusukan buah. Hormon ini dihasilkan sendiri oleh buah dan sayuran dengan kadar yang bervariasi antara 1 ml $kg^{-1}h^{-1}$ - 100 ml $kg^{-1}h^{-1}$. Ambang aktivasi gas ini berkisar antara 0.1 - 1 ppm (*part per million*) tergantung jenis buah dan sayuran [2].

Upaya untuk memperpanjang umur simpan produk sangat diperlukan agar lebih tahan lama dan mutu produk terjaga, salah satu caranya adalah menjaga kadar gas etilen dalam ruang penyimpanan. Jika hal tersebut terjaga maka dapat menunda proses pematangan dan pembusukan serta dapat memperpanjang umur simpan produk. Beberapa teknik yang bisa dilakukan antara lain penyimpanan suhu dingin, atmosfer terkendali, pelapisan, perendaman dalam cairan kimia dan penggunaan *scrubber* gas etilen.

Scrubber adalah alat atau bahan yang digunakan untuk menangkap dan menghilangkan zat-zat pengganggu. Pembuatan *scrubber*, salah satu caranya dengan senyawa kimia kalium permanganat ($KMnO_4$) yang dijerapkan pada suatu bahan. Kalium permanganat merupakan penyerap etilen yang paling banyak digunakan karena harganya murah dan mudah didapat. Senyawa $KMnO_4$ dapat merusak etilen karena merupakan zat pengoksidasi yang

kuat. Keunggulan $KMnO_4$ dibandingkan dengan penyerap etilen lain yaitu tidak menguap dan dapat meminimalisasi kerusakan bahan kimia [3]. Pemilihan bahan penyerap yang digunakan adalah dengan kriteria yaitu bahan berpori dengan densitas rendah, permukaannya luas dan kapasitas retensi terhadap bahan aktif tinggi salah satunya adalah zeolit.

Untuk mengetahui pengaruh *scrubber* diperlukan adanya deteksi gas etilen, salah satunya menggunakan tehnik spektroskopi fotoakustik (SFA). Teknik SFA memiliki keunggulan sensitivitas tinggi, *on-line & real time detection*. Perkembangan dan perbaikan penelitian dilakukan untuk meningkatkan kualitas *scrubber* dalam menangkap gas etilen. Diantara penelitian yang cukup baru tentang *scrubber* gas etilen antara lain penggunaan Pd (*palladium*) yang dijerapkan ke zeolit [2], *sprayer* larutan ClO_2 [4] dan $KMnO_4$ dengan bahan penyerap batu gerinda [5] dalam penanganan pasca panen produk hortikultura.

Beberapa riset *scrubber* gas etilen telah dilakukan, diantaranya. Penelitian *scrubber* menggunakan tehnik spektroskopi fotoakustik (SFA) masih jarang dilakukan, salah satunya oleh Wasono et al [6] mengenai pengendalian pematangan buah tropis yang menyebutkan bahwa efektifitas $KMnO_4$ dalam menangkap gas etilen bisa mencapai 67 %. Penelitian Persijn [7] juga hanya sedikit menyinggung efektifitas $KMnO_4$ dalam menangkap gas hormon tersebut. Ada pula penelitian oleh Amin [8] yaitu menyempurnakan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wasono dkk. dan Persijn yang belum mengkaji variasi bahan aktif misalnya $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, Fe, Cu, Ti dan konsentrasinya serta variasi bahan penyerapnya misalnya zeolit dan silika biru.

Pada penelitian ini mengkaji penerapan tehnik SFA dalam karakterisasi *scrubber* gas etilen untuk menentukan efektifitas *scrubber*. Penelitian kali ini juga bertujuan mengkaji variasi konsentrasi $KMnO_4$ pada zeolit yang kemudian diaplikasikan pada pengawetan buah nangka potong/ kupas.

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumina yang berbentuk tetrahedral. Zeolit memiliki struktur unik yaitu struktur bersifat kaku (sukar dirubah) dan memiliki diameter pori-pori yang hampir sama sehingga memudahkan air keluar dan masuk melalui pori-pori tersebut. Struktur zeolit yang berongga memiliki keuntungan yaitu mampu menyerap sejumlah molekul yang berdiameter lebih kecil atau sesuai dengan diameter pori-porinya, sehingga zeolit banyak digunakan sebagai adsorben. Selain itu zeolit yang telah terhidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi [9].

Scrubber adalah alat/bahan untuk menangkap atau mengubah gas pengganggu menjadi gas lain menjadi tidak lagi bersifat pengganggu. Etilen merupakan senyawa hidrokarbon yang tidak jenuh yang pada suhu kamar berbentuk gas, dihasilkan oleh buah dan sayuran selama proses pematangan dan dapat mempercepat proses pematangan [10]. Salah satu cara yang banyak digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan gas etilen yaitu dengan menggunakan bahan penyerap etilen (*scrubber*). Salah satu caranya yaitu dengan penggunaan senyawa kimia kalium permanganat (KMnO_4) yang memerlukan media/ bahan penjerap (biasanya berupa material berpori dengan permukaan yang luas) supaya reaksi dengan etilen bisa berlangsung efektif. Kriteria bahan penjerap yang baik adalah bersifat *inert*, memiliki densitas rendah, permukaannya luas dan kapasitas retensi terhadap bahan aktif tinggi. Bahan penjerap tersebut sebagian sudah bisa digunakan sebagai *scrubber* secara fisika terutama setelah mengalami pengaktifan untuk memperluas permukaan dan meningkatkan kapasitas adsorpsinya. Salah satu bahan yang bisa digunakan sebagai penjerap adalah zeolit.

Efek fotoakustik pertama kali ditemukan oleh Alexander Graham Bell pada tahun 1880 ketika melewatkan cahaya matahari yang dimodulasi pada frekuensi audio dalam bahan padat (sel selenium). Efek fotoakustik merupakan pembangkitan

gelombang akustik/ bunyi dalam ruang tertutup (sel fotoakustik) akibat adanya serapan sampel terhadap radiasi cahaya yang dimodulasi. Serapan radiasi yang dimodulasi menyebabkan peningkatan suhu gas. Jika radiasi foton dimodulasi pada frekuensi audio maka akan terjadi modulasi suhu gas dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi modulasi tersebut. Sesuai dengan hukum gas untuk ruang tertutup modulasi suhu gas dalam sel fotoakustik menghasilkan perubahan tekanan gas secara periodik dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi modulasi. Modulasi tekanan pada frekuensi audio inilah yang disebut gelombang akustik yang kemudian dideteksi dengan mikrofon .

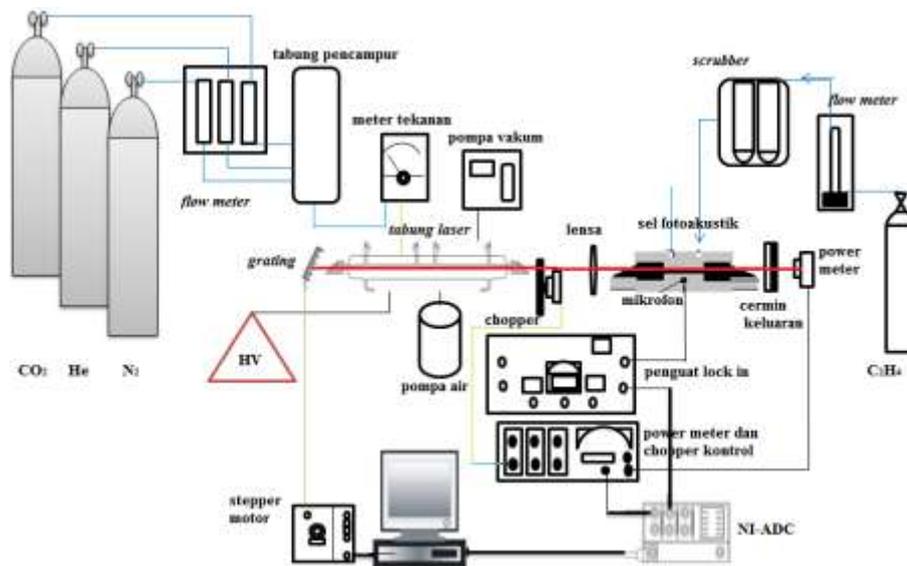
Besarnya sinyal fotoakustik berbanding langsung dengan intensitas radiasi yang diserap sampel dan daya tanggap mikrofon merunut persamaan

$$S = FRI\alpha C \quad (1)$$

dengan sinyal fotoakustik (S) berbanding lurus terhadap konstanta sel (F), daya tanggap mikrofon (R), daya laser (I) dan konsentrasi cuplikan (C) dengan α adalah koefisien serapan. Berdasarkan rumus tersebut yaitu berlakunya kesebandingan antara sinyal fotoakustik dengan konsentrasi molekul penyerap. Dalam hal ini sinyal fotoakustik menentukan konsentrasi zat yang diserap oleh scrubber yaitu gas etilen, semakin kecil sinyal fotoakustik yang terdeteksi maka semakin kecil gas etilennya dalam artian bahwa semakin banyak etilen yang terserap oleh scrubber.

Salah satu jenis laser gas yang termasuk paling efisien dan bekerja pada daerah inframerah dengan panjang gelombang 10,6 μm adalah laser CO_2 . Laser CO_2 juga menjamin daya output yang tinggi di daerah panjang gelombang (9-11 μm). Berkas gelombang laser CO_2 yang dihasilkan bersifat kontinyu, dengan diameter berkas 9mm. Laser CO_2 menggunakan campuran bahan aktif yaitu CO_2 , N_2 untuk meningkatkan pemompaan dan He yang

memberikan daya tinggi, menjaga inversi polipulsi serta menjaga suhu tetap rendah.



Gambar 1. Skema konfigurasi sistem sfa untuk mendeteksi etilen. [11]

BAHAN DAN METODE

Sistem Spektrometer Fotoakustik

Penentuan adsorptivitas *scrubber* menggunakan spektrometer fotoakustik dilakukan dengan konfigurasi sebagaimana dalam Gambar 1. Pertama, mengoptimasi daya laser dengan perbandingan bahan aktif lasernya, kemudian melakukan deteksi sampel dengan mengalirkan gas C_2H_4 standar 10 ppm dari tabung gas ke dalam sel fotoakustik dan dikenai radiasi laser termodulasi. Gas C_2H_4 standar 10 ppm tersebut akan menyerap radiasi yang telah dilewatkan ke dalam sel FA dan menyebabkan terjadinya sinyal fotoakustik kemudian dideteksi dengan mikrofon. Selanjutnya *scrubber* dipasang dan aliran gas C_2H_4 melewati *scrubber* terlebih dahulu sebelum melewati sel fotoakustik. Adsorptivitas *scrubber* ditentukan dengan

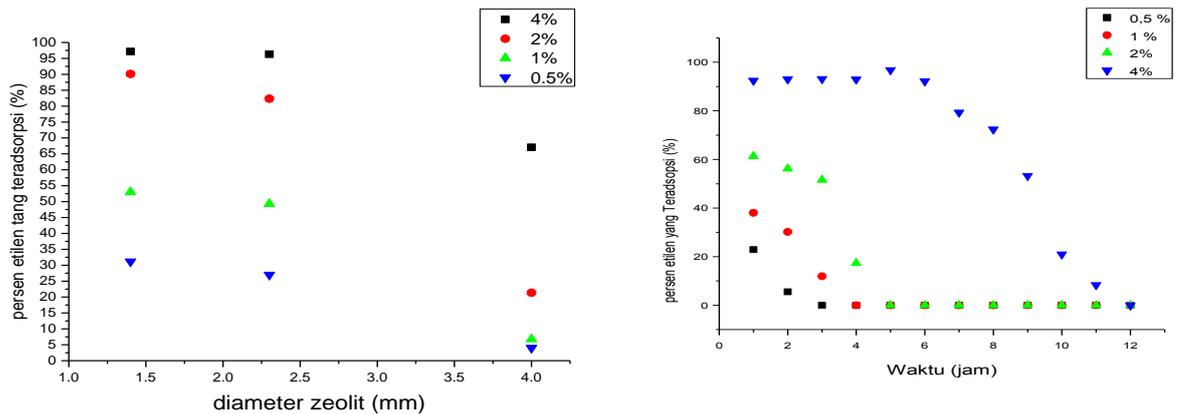
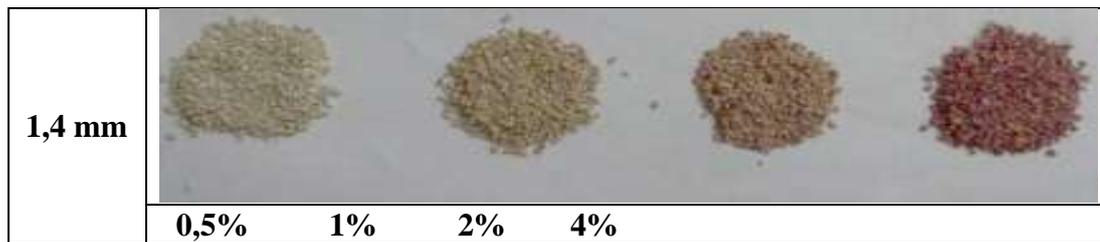
membandingkan sinyal fotoakustik yang dihasilkan sebelum dan sesudah pemasangan *scrubber*.

Sinyal fotoakustik yang diperoleh masih kecil, maka sinyal tersebut diperkuat dengan penguat lock-in. Melalui fasilitas *port* ADC dari lock-in, daya laser yang diperoleh dari meter daya (*power meter*) dapat direkam oleh komputer. Sinyal dan daya yang terekam pada komputer kemudian diproses menjadi konsentrasi cuplikan dan ditampilkan dalam bentuk numeris maupun grafis.

Bahan Penelitian dan Peralatan Pendukung

Deteksi konsentrasi etilen dalam buah, diperlukan bahan yaitu buah yang telah dikemas, *scrubber* zeolit- $KMnO_4$ yang dibuat dengan variasi konsentrasi $KMnO_4$ (0,5%; 1%; 2%; 4%) dengan ukuran zeolite 1,4 mm

Gambar 2. *Scrubber* zeolit berdiameter 1,4 mm dengan konsentrasi $KMnO_4$



Gambar 3. Pengaruh variasi konsentrasi $KMnO_4$ terhadap adsorpsivitas *scrubber*

Gambar 4. Kapasitas adsorpsi berdasarkan variasi konsentrasi $KMnO_4$ dengan diameter zeolit 1,4 mm

HASIL DAN PEMBAHASAN

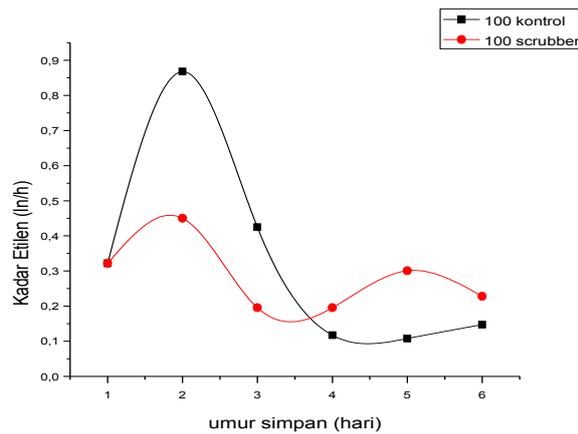
Pengaturan laser CO_2 dalam upaya memperoleh daya optimal dilakukan secara bertahap, yaitu setelah menghidupkan laser dan dalam keadaan lurus (*grating*, tabung laser dan cermin keluaran) yang ditandai dengan adanya keluaran daya pada *power meter*. Kemudian dilakukan optimasi daya dengan mengatur arus dan tegangan, pengaturan diafragma, dan pengaturan perbandingan bahan aktif laser. Kemudian laser CO_2 menghasilkan daya intrakavitas sebesar (57 ± 3) watt dan diperoleh batas deteksi terendah untuk gas etilen $(2,15 \pm 0,06)$ ppbv pada garis laser 10P14.

Sifat adsorpsi *scrubber* terhadap variasi konsentrasi $KMnO_4$ dan variasi diameter zeolit

Gambar 3. menunjukkan pada *scrubber* zeolit yang berdiameter 1,4 mm dengan variasi konsentrasi bahan penyerap $KMnO_4$ (4%, 2%, 1% dan 0,5%) bahwa semakin besar konsentrasi $KMnO_4$ adsorptivitas *scrubber* akan semakin meningkat, sehingga gas etilen akan terserap (hilang).

Penentuan kapasitas adsorpsi

Pada penelitian ini, penentuan kapasitas adsorpsi ditunjukkan dengan gambar 4. dengan hasil *scrubber* zeolite

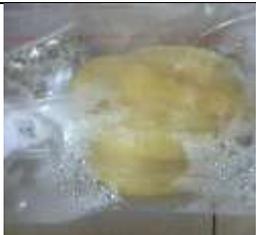


Gambar 5. Aplikasi *scrubber* pada penyimpanan buah nangka kupas/ potong selama 6 hari.

berdiameter 1,4 mm dengan konsentrasi $KMnO_4$ 4% memiliki kapasitas adsorpsi mencapai 96 ppmliter /gram.

Aplikasi *scrubber* untuk memperpanjang umur simpan buah nangka kupas/ potong

Hasil pengamatan dari gas etilen yang terbentuk dianalisa menggunakan spektrometer fotoakustik laser CO_2 (Gambar 5) dan pengamatan buah secara visual (Gambar 6). Pada Gambar 5 memperlihatkan laju emisi etilen buah tanpa *scrubber* lebih besar dari pada menggunakan *scrubber*. Pada Gambar 6 dapat dilihat buah tanpa *scrubber* hanya bertahan 3 hari, sedangkan buah menggunakan *scrubber*

Kontrol	Scrubber
	
hari ke-1	hari ke-3

[3] Wills, R.B.H., Warton, M.A., 2004, Efficacy of Potassium Permanganate Impregnated into Alumina Beads to Reduce Atmospheric Ethylene, *J. Amer. Soc. Hort.*, 129, 3, 433-438.
 [4] Chang, T.H., Wu, L.C., You, Y.T., Chung, Y.C., 2009, Removal of

zeolit- $KMnO_4$ 4% dengan ukuran 1,4 mm mampu bertahan sampai 6 hari.

SIMPULAN

1. Adsorptivitas *scrubber* zeolit yang berdiameter 1,4 mm terhadap gas etilen meningkat dengan kenaikan konsentrasi bahan aktif $KMnO_4$, pada penelitian ini *scrubber* dengan diameter zeolit 1,4mm dan konsentrasi $KMnO_4$ 4% adalah *scrubber* yang memiliki kapasitas adsorpsi mencapai 96 ppmliter /gram.
2. Pada suhu ruangan, penggunaan *scrubber* zeolit- $KMnO_4$ dengan konsentrasi $KMnO_4$ 4% dan diameter zeolit 1,4 mm sebanyak 5 gram dapat memperpanjang umur simpan buah potong hingga 3 hari dari umur simpan buah kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Santoso, SP. 2006. *Teknologi Pengawetan Bahan Segar*, Laboratorium Kimia Pangan, Faperta Uwiga Malang
 [2] Smith, A.W.J., Poulston, S., Rowsell, R., Terry, L.A., Anderson, J.A., 2009, A New Palladium-Based Ethylene Scavenger to Control Ethylene-Induced Ripening of Climacteric Fruit, *Platinum Metals Rev.*, 53, 3, 112-122.



Gambar 6. Visual buah potong selama 6 hari penyimpanan

Ethylene and Bioaerosol by Chlorine Dioxide Using a Chemical Scrubbing System in a Fruit and Vegetable Storage Facility, *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 44, 258-264
 [5] Zewter, A., Woldetsadik, K., Workneh, T.S., 2012, Effect of 1-

- methylcyclopropene, Potassium Permanganate and Packaging on Quality of Banana, *African Journal of Agricultural Research*, 7, 16, 2425-2437.
- [6] Wasono, M.A.J., Muslim, Tranggono, Suparmo, 2003, *Penerapan Teknik Spektroskopi Fotoakustik Laser Ultra Sensitif dan Kromatografi Gas pada Penyelidikan Pengendalian Pematangan Buah Tropis Bernilai Ekspor*, Lembaga Penelitian UGM, Yogyakarta.
- [7] Persijn, S.T., 2001, Photoacoustic Trace Gas Sensing; Application to Fruit and Insects, Ph.D. *thesis*, University of Catholic Nijmegen, The Netherlands.
- [8] Amin, M.N, 2012, Kinerja Spektrometer Fotoakustik dalam Karakterisasi Scrubber Gas C₂H₄, *Tesis S-2*, UGM, Yogyakarta
- [9] Yamliha, A. dkk, 2013, Pengaruh Ukuran Zeolite terhadap Penyerapan Karbondioksida (CO₂) pada Aliran Biogas, *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis* Vol. 1 No. 2, Agustus 2013
- [10] Sholihati, 2004, Kajian Penggunaan Bahan Penyerap Etilen KMnO₄ untuk Memperpanjang Umur Simpan Pisang Raja (*Musa paradisiaca var.sapientum L.*), *Tesis S2*, Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor
- [11] Setyowati, Agustina D. 2014. Karakterisasi Scrubber Gas Etilen (C₂H₄) Pada Buah Potong Menggunakan Spektrometer Fotoakustik Laser CO₂. *Tesis S-2*, UGM, Yogyakarta

Setyowati