

STUDI APLIKASI EFEK FOTOKATALIS ZnO:Ag DIKOMBINASI OZON PADA PROSES PENCUCIAN CABAI

*Heri Sutanto**, *Zaenal Arifin*, *Singgih Wibowo* dan *Eko Hidayanto*

Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro, Semarang

** Korespondensi penulis, Email: herisutanto@undip.ac.id*

Abstract

In this study, we have done evaluation of photocatalyst and ozone effect on chilies. The photocatalyst thin film was made by Ag doped zinc oxide (ZnO). The film was evaluated by X-ray diffractometer (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM) and UV-Vis for crystal structure, morphology and optical band gap analysis. XRD result showed that the film has hexagonal wurtzite structure with crystallite size about 19.93 nm. From SEM result, morphology of film was not homogen and there were a lot of pores. From UV-Vis measurement, we could calculate the optical band gap of film about 3.081 eV. The chilies that used is hot peppers. They were washed by water from ZnO:Ag photocatalyst and ozone treatment. Time for water treatment was adjusted for 0, 15, 30 and 45 min. We have done monitoring on loss of mass of the chilies. The result showed that 15 min sample showed better result than other sample. In this sample, the chilies had smallest change of loss mass in 13 day observation.

Keywords : *Photocatalyst, ozone, chilies.*

Abstrak

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian efek fotokatalis dan ozon pada buah cabai. Lapisan tipis fotokatalis yang dibuat menggunakan material seng oksida (ZnO) terdoping perak (Ag). Lapisan diuji menggunakan X-ray diffractometer (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM) dan UV-Vis untuk mengetahui struktur kristal, morfologi permukaan dan optical band gap. Dari hasil uji XRD menunjukkan lapisan ZnO:Ag memiliki struktur heksagonal wurtzite dengan ukuran bulir kristal sebesar 19,93 nm. Dari hasil uji SEM, morfologi lapisan tidak rata dan banyak memiliki rongga – rongga. Dengan uji UV-Vis kita dapat menghitung enrgy gap sebesar 3,081 eV. Cabai yang digunakan adalah cabai rawit. Cabai dicuci menggunakan air hasil fotokatalisis material ZnO:Ag dan ozon. Variasi dilakukan dengan mengatur waktu proses perlakuan air dengan fotokatalis dan ozon selama 0, 15, 30, dan 45 menit. Dilakukan pengamatan dan perhitungan massa setelah perlakuan. Hasil menunjukkan bahwa sampel yang dicuci menggunakan air treatment selama 15 menit menunjukkan hasil yang lebih baik dibanding sampel yang lain. Hal ini terlihat sampel cabai memiliki perubahan massa paling kecil setelah 13 hari pengamatan.

Kata kunci: *Fotokatalisis, ozon, cabai.*

Pendahuluan

Cabai rawit (*Capsicum frutescens*, L) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang mempunyai nilai ekonomis cukup tinggi dan sangat laku di pasar baik dalam maupun luar negeri. Cabai rawit tersebut banyak dibudidayakan oleh petani di Indonesia. Produksi cabai rawit mengalami fluktuasi setidaknya

dalam dua tahun terakhir. Pada Agustus 2015, harga cabai rawit mencapai harga tertinggi sampai Rp 70.000,00/kg [1]. Kebutuhan cabai rawit sendiri cukuplah tinggi sekitar 4 kg/kapita/tahun [2]. Dari sebagian besar produksi cabai tersebut, paling banyak adalah untuk konsumsi langsung. Artinya cabai langsung dikonsumsi dalam bentuk cabai segar.

Kandungan air yang tinggi mencapai 90,09 %, mengakibatkan cabai rawit mudah rusak. Selain itu, cabai juga mudah terkontaminasi mikroba karena kulit yang tipis dan tumbuh dekat dengan tanah. Pada saat panen, cabai akan terus melakukan respirasi sehingga cepat mengalami pematangan dan selanjutnya busuk. Ditambah penggunaan pestisida kimia saat budidaya, dimungkinkan masih tersisa pada saat dipanen walaupun sudah dicuci. Hal - hal tersebut tentu saja sangat merugikan baik petani maupun konsumen.

Fotokatalis adalah sebuah proses dimana material semikonduktor (biasanya TiO_2 atau ZnO) dikenai energi foton dan menghasilkan elektron pada pita konduksi dan hole pada pita valensi. Elektron dan hole ini kemudian akan bereaksi dengan air dan oksigen menghasilkan ion hidroksil dan superoksida. Superoksida pada tahap selanjutnya akan juga berubah menjadi ion hidroksil. Selanjutnya, ion hidroksil akan mereduksi polutan organik yang ada di air tersebut. Banyak aplikasi fotokatalis untuk mereduksi polutan organik [3] dan pestisida [4].

Ozon (O_3) adalah gas yang sangat berguna bagi lingkungan terutama di atmosfer. Gas ozon mampu menyerap cahaya matahari sebelum masuk ke permukaan bumi, selain itu gas ini juga mampu mereduksi gas – gas beracun yang dihasilkan oleh bumi seperti CO_x , NO_x dan SO_x . Gas ini terbentuk secara alami dari gas oksigen di udara oleh ion plasma akibat energi tegangan tinggi seperti dari sambaran petir. Kita juga dapat membuatnya dengan menggunakan sumber tegangan tinggi (High Voltage) dan melewati udara oksigen diantara elektroda positif (katoda) dan negatif (anoda). Oksigen yang dilewatkan tersebut akan berubah menjadi ozon.

Gas ozon sangat berguna dalam mereduksi polutan organik dalam air dengan memanfaatkan ketidakstabilan molekul ozon. Namun, kekuatan degradasinya masih lebih lemah dibanding

ion hidroksil yang dihasilkan oleh material fotokatalis [5]. Studi yang dilakukan Ye *et al.* (2009) ozon mampu meningkatkan proses fotokatalis karena gas oksigen yang dihasilkan dari transformasi ozon digunakan untuk trap elektron yang selanjutnya berubah menjadi superoksida [6].

Dari permasalahan – permasalahan diatas, kami mencoba memberikan solusi dengan memanfaatkan aplikasi fotokatalis ZnO:Ag yang dibantu dengan ozon untuk diaplikasikan pada proses pencucian cabai. Dengan harapan cabai dapat lebih tahan lama.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan pembuatan lapisan tipis, lalu pemasangannya pada reaktorserta pemasangan ozon dan system sirkulasi air. Penumbuhan lapisan ZnO:Ag 4% dilakukan dengan metode *thermal spray coating* menggunakan suhu deposisi 450 °C. Dimensi substrat (aluminium) yaitu 15 cm x 8 cm dengan ketebalan 0,5 mm. Pembuatan *sol-gel* dilakukan menggunakan *magnetic heat stirrer* pada suhu ruang dengan konsentrasi 0,5 M. Dengan bahan yang digunakan adalah Zin acetate dehidrate, 2-Propanol dan Monoethanolamine dari Merck, Silver Nitrate dari Sigma Aldrich.

Pengujian struktur kristal dilakukan dengan menggunakan alat X-ray Diffractometer (XRD) di Laboratorium Terpadu UNDIP. Dengan sudut difraksi dari 10° sampai 90° dengan range 0,02°. Selanjutnya spektra XRD lapisan akan dicocokkan dengan data pada JCPDS sehingga diketahui bidang puncak – puncak difraksinya.

Ukuran bulir kristal dapat diukur dengan menggunakan persamaan Scherrer berikut :

$$D = \frac{\lambda c_k}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

dengan D adalah ukuran kristalit, β adalah FWHM (*Full Width at Half Maximum*), λ menyatakan panjang gelombang sinar-X ($\text{CuK}\alpha = 1,54056 \text{ \AA}$), θ menyatakan sudut Bragg, c_k adalah konstanta Scherrer (0,89).

Selanjutnya dilakukan uji Scanning Electron Microscopy (SEM) juga di Laboratorium Terpadu UNDIP untuk mengetahui morfologi permukaan lapisan tipis. Uji UV-Vis spectrophotometer dilakukan untuk mengetahui *energy gap* dari material.

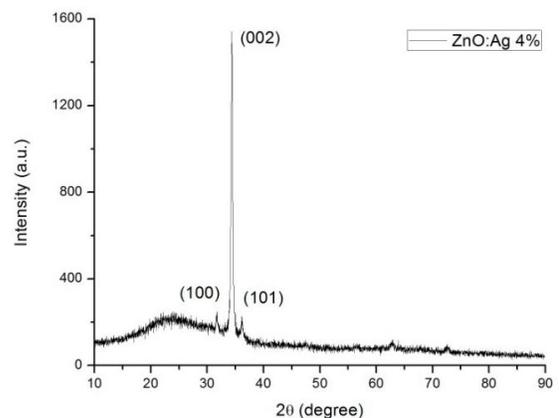
Hasil dan Pembahasan

Lapisan yang dideposisi diatas substrat plat alumunium berwarna putih seperti ditunjukkan pada gambar 1. Pada gambar tersebut terlihat peneliti sedang melakukan penyemprotan larutan ZnO diatas plat alumunium. Untuk mengetahui struktur kristal lapisan digunakan alat XRD dan hasilnya ditunjukkan pada gambar 2. Terlihat muncul puncak-puncak pada sudut $31,68^\circ$, $34,42^\circ$ dan $36,08^\circ$ yang berturut-turut sesuai dengan (100), (002) dan (101). Hal ini sesuai dengan JCPDS No. #361451 yang menunjukkan lapisan yang dibuat memiliki struktur *hexagonal wurtzite*. Tidak ada fase lain selain ZnO yang terbentuk hal ini dikarenakan unsur Ag telah terdoping dengan baik pada ZnO. Dan dengan menggunakan persamaan 1 diperoleh ukuran bulir kristal ZnO:Ag 4% sebesar 19,93 nm.

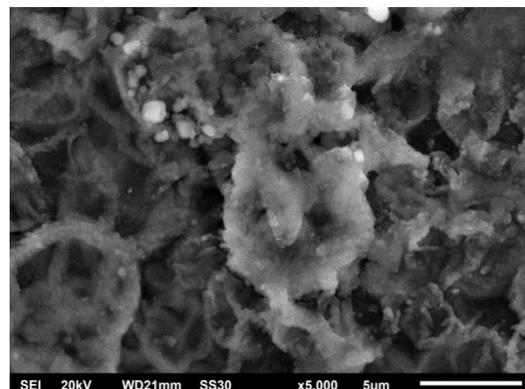
Gambar 3 menunjukkan hasil foto SEM lapisan tipis ZnO:Ag. Terlihat lapisan berbentuk sangat kasar dengan banyak rongga – rongga dan nampak ada bulir kecil yang dimungkinkan karena pengaruh Ag dalam ZnO. Didalam struktur ZnO atom Zn kemungkinan digantikan oleh Ag [7].



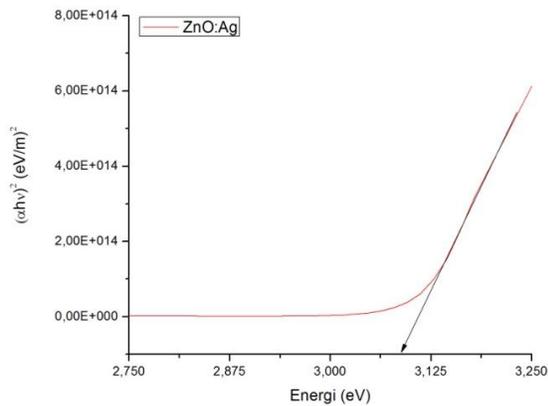
Gambar 1. Proses pembuatan lapisan ZnO:Ag 4%



Gambar 2. Pola XRD lapisan ZnO:Ag 4%



Gambar 3. Foto SEM lapisan ZnO:Ag 4%



Gambar 4. Plot energi gap ZnO:Ag 4%.

Untuk menentukan *optical band gap* lapisan digunakan persamaan sebagai berikut [8],

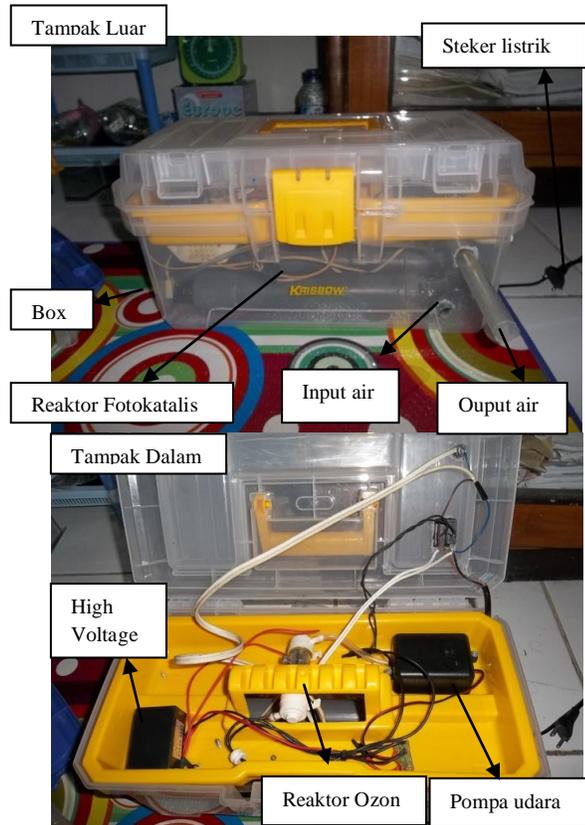
$$\alpha(v) = 2.303(A/d) \quad (2)$$

dengan d adalah ketebalan lapisan dan A adalah absorbansi optik. Tapi absorbansi dianalisis menggunakan persamaan berikut [8],

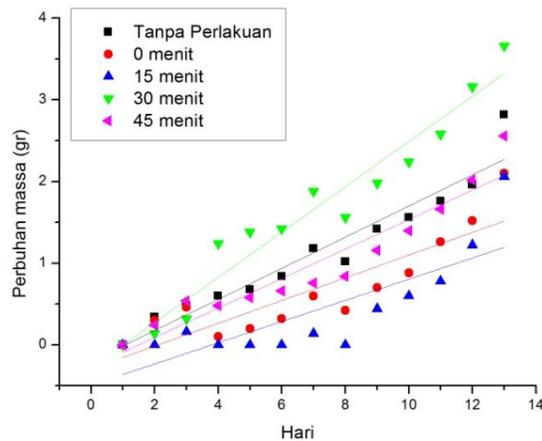
$$\alpha hv = A(hv - E_g)^m \quad (3)$$

dengan A adalah konstanta, m bernilai $1/2$ untuk transisi langsung dan bernilai 2 untuk transisi tidak langsung. Variasi $(\alpha hv)^2$ dengan energi foton hv ditunjukkan pada gambar 5. Dari gambar tersebut diperoleh nilai energy gap lapisan sebesar $3,081$ eV.

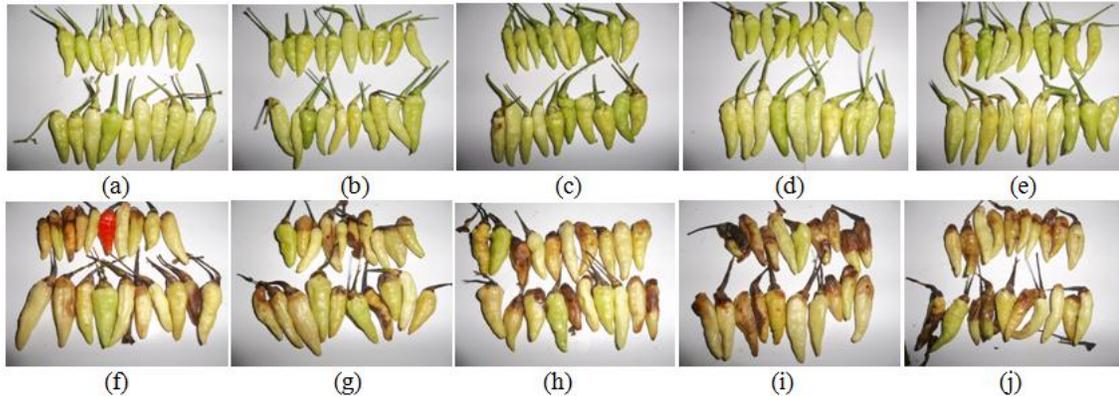
Pengujian pada cabai dilakukan dengan merendam cabai pada air yang sudah ditreatment dengan waktu 0, 15, 30, dan 45 menit. Perendaman dilakukan selama dua hari sekali dan diamati setiap hari. Alat rangkaian kami ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Alat pencuci cabai berbasis fotokatalis dan ozon.



Gambar 6. Penurunan massa cabai



Gambar 7. Sampel cabai sebelum treatment : (a) tanpa perlakuan, (b) air, (c) 15 menit, (d) 30 menit, (e) 45 menit. Dan setelah 13 hari : (f) tanpa perlakuan, (g) air, (h) 15 menit, (i) 30 menit, (j) 45 menit.

Dari gambar 6 terlihat penurunan massa cabai sampai hari ke 13. Foto-foto sampel ditunjukkan pada gambar 7. Sampel dengan waktu treatment air selama 15 menit menunjukkan hasil yang terbaik dengan rata-rata penurunan paling rendah dibanding sampel yang lain. Hal ini dimungkinkan pada waktu 15 menit, air terisi oleh ion-ion hidroksil yang cukup untuk membunuh bakteri serta gas ozon yang tidak berlebih. Pada sampel dengan treatment yang lebih lama justru mempercepat pembusukan, hal ini dikarenakan jumlah ozon yang dihasilkan semakin banyak sehingga kandungan oksigen dalam air juga semakin banyak. Gas oksigen adalah salah satu gas yang mempercepat pembusukan.

Kesimpulan

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan memberikan kesimpulan bahwa lapisan ZnO:Ag 4% berhasil dideposisikan dengan metode *thermal spray coating* pada substrat alumunium. Lapisan memiliki struktur heksagonal wurtzite dan memiliki morfologi permukaan yang kasar dengan banyak rongga. Dari pengujian optik didapatkan energy gap sebesar 3,081 eV. Alat yang dihasilkan untuk mencuci cabai

mampu memperlambat pembusukan. Hal ini terlihat dari sampel air yang ditreatment selama 15 menit membuat cabai lebih lama kehilangan massanya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementrian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas sebagian pendanaan dalam program IPTEK Bagi Masyarakat (IBM) 2015 yang telah diberikan untuk mendukung kegiatan ini.

Daftar Pustaka

- [1] Pujiastuti, Lani, 2015, *Produksi Cabai Rawit Naik-Turun, Ini Datanya*, sumber : finance.detik.com, tanggal 18 Agustus 2015.
- [2] Warisno, K.D., 2010, *Peluang Usaha dan Budidaya Cabai*. PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
- [3] Bubacz, K., Choina, J., Dolat, D., Morawski, A.W., 2010, *Methylene Blue and Phenol Photocatalytic Degradation on Nanoparticles of Anatase TiO₂*, Polish J. Of Environ. Stud. Vol. 19, No. 4, hal. 685-691.
- [4] Reddy, P.A.K., Reddy, P.V.L., Sharma, V.M., Srivinas, B., Kumari, V.D., Subrahmanyam, M., 2010,

- Photocatalytic Degradation of Isoproturon Pesticide on C, N and S Doped TiO₂*, J. Water Resource and Protection, 2, hal. 235-244.
- [5] Munter, R., 2001, *Advanced Oxidation Processes-Curent Status and Prospects*, Proc. Estonian Acad. Sci. Chem., 50, 2, hal. 59-80.
- [6] Ye, M., Chen, Z., Liu, X., Ben, Y., Shen, J., 2009, *Ozone enhanced activity of aqueous titanium dioxide suspensions for photodegradation of 4-chloronitrobenzene*, Journal of Hazardous Materials 167, hal. 1021-1027.
- [7] Shinde, S.S., Bhosale, C.H. dan Rajpure, K.Y., 2012, *Oxidative Degradation of Acid Orange 7 Using Ag-doped Zinc Oxide Thin Films*, Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 117, 262-268.
- [8] Yakuphanoglu, F., Ilican, S., Caglar, M., Caglar, Y., 2007, *The Determination of The Optical Band and Optical Constant of Non-crystalline and Crystalline ZnO Thin Films Deposited By Spray Pyrolysis*, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials Vol. 9, No. 7, hal 2180-2185.