Pengaruh Penggunaan Senyawa Fotokatalis Terhadap Kondisi Fisik, Fisiologis, dan Ekspresi Gen (*MaACSI* dan *MaACOI*) Selama Proses Pematangan Buah Pisang Cavendish (*Musa acuminata* AAA group)

Nabila Gea Saraya¹, Fenny Martha Dwivany^{1,3,4} & Veinardi Suendo^{2,3}

¹ Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH)-ITB Bandung, Indonesia

² Prodi Kimia, FMIPA- ITB Bandung, Indonesia

³ Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi –ITB, Bandung, Indonesia

⁴ ForMIND Institute, Bandung, Indonesia

Email: fenny@sith.itb.ac.id

Abstract. Pisang merupakan buah dengan produksi terbesar di Indonesia yang mayoritas untuk pasar dalam negeri. Salah satu penyebabnya adalah kualitas buah pasca panen tidak memenuhi standar ekspor karena pisang mudah mengalami pematangan. Minimnya infrastruktur di Indonesia, memerlukan alternatif teknologi yang mudah diaplikasikan dan murah. Salah satu metode untuk meningkatkan waktu simpan adalah dengan *Modified Atmosfer Storage* (MAS) menggunakan senyawa fotokatalis untuk mendegradasi etilen melalui aktivasi cahaya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh senyawa fotokatalis terhadap proses pematangan pisang Cavendish. Pisang dibagi menjadi tiga perlakuan yaitu kontrol (K), kontrol *chamber* (KC), dan *chamber* berisikan fotokatalis (T). Ketiga perlakuan disimpan pada suhu ruang selama 8 hari dan proses pematangan buah dianalisis secara fisik, fisiologi, dan molekuler. Hasil pengamatan fisik menunjukkan perbedaan kondisi pisang pada ketiga perlakuan sedangkan pengamatan fisiologis berupa TSS dan rasio *pulp:peel* menunjukkan perlakuan K memiliki nilai tertinggi diikuti perlakuan KC dan T. Analisis persentase susut bobot menunjukkan perlakuan K memiliki peningkatan terbesar dibanding perlakuan lainnya. Analisis ekspresi gen menunjukkan pola ekspresi gen *MaACSI* cenderung sama pada ketiga perlakuan sedangkan ekspresi gen *MaACOI* menunjukkan perbedaan. Penggunaan fotokatalis pada penelitian ini memiliki potensi sebagai salah satu alternatif memperlambat penyimpanan buah, namun penggunaannya dipengaruhi oleh kondisi atmosfer tempat penyimpanan.

Kata Kunci: etilen; fotokatalis; pematangan buah; pisang

1 Pendahuluan

Buah pisang merupakan buah yang penting dan dikonsumsi secara luas di dunia, buah ini menduduki urutan ketiga dalam jumlah produksi buah di dunia menurut

39 Hailu, *et al.* dalam [1]. Buah pisang Cavendish (*Musa acuminata* AAA group)
40 adalah kultivar pisang yang paling banyak dikonsumsi secara luas, selain karena
41 rasanya yang manis juga dikarenakan sifat resistensinya yang lebih tinggi
42 terhadap patogen *Fusarium* (*Panama disease*) yang dijelaskan oleh Price dalam
43 [2]. Di Indonesia buah pisang merupakan salah satu komoditas buah unggulan
44 dengan luas lahan panen dan produksi menempati posisi pertama, dengan
45 produksi pada tahun 2013 mencapai 6.28 juta ton menurut Leli dan Novianti dalam
46 [3]. Namun, masalah pasca panen merupakan salah satu faktor rendahnya kualitas
47 buah.

48 Menurut Hailu, *et al.*, pada negara tropis berkembang, kerusakan hasil panen
49 memiliki persentase yang lebih tinggi yaitu hingga 50% [1]. Salah satu faktor
50 yang paling mempengaruhi banyaknya hasil panen yang rusak di Indonesia
51 adalah faktor fasilitas infrastruktur seperti fasilitas pengemasan, alat transportasi,
52 dan gudang untuk penanganan hasil segar yang belum memenuhi standar menurut
53 Suryana dan Hilman dalam [4]. Faktor-faktor tersebut dapat mengurangi umur
54 simpan hasil panen karena kondisi atmosfer pada tempat penyimpanan seperti
55 temperatur, kelembapan, gas O₂ dan CO₂, serta gas etilen sangat mempengaruhi
56 proses pematangan pada buah hasil panen seperti yang dijelaskan oleh Duan, *et*
57 *al.* dalam [5].

58 Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas simpan buah
59 pisang adalah dengan menggunakan metode *Modified Atmospheric storage*
60 (MAS) untuk modifikasi atmosfer tempat penyimpanan buah. Metode ini akan
61 mempengaruhi metabolisme dari buah seperti memperlambat laju respirasi
62 sehingga pada akhirnya memperlambat proses pematangan buah. Salah satu cara
63 yang dilakukan adalah dengan mendesain tempat penyimpanan sedemikian rupa
64 sehingga terjadi pembatasan faktor atmosfer menurut Hailu, *et al.* dalam [1]. Cara

lainnya adalah dengan membuat inovasi teknologi yang secara langsung mempengaruhi faktor atmosfer pada tempat penyimpanan, antara lain dengan penggunaan senyawa fotokatalis yang dapat memecah atau mendegradasi etilen, seperti senyawa TiO_2 yang dijelaskan oleh Maneerat dan Hayata dalam [6].

Titanium Oksida (TiO_2) merupakan senyawa pengoksidasi serta pereduksi yang kuat apabila terpapar oleh cahaya spektrum sinar UV ($\lambda < 387\text{nm}$), dan mampu mengoksidasi senyawa organik baik di air ataupun udara menurut Zaleska dalam [7]. Kemampuan fotokatalis TiO_2 dipengaruhi oleh struktur elektron yang dimiliki oleh senyawa TiO_2 dan senyawa semikonduktor lainnya. Namun efisiensi mekanisme fotokatalis TiO_2 masih rendah dikarenakan beberapa hal seperti rekombinasi elektron yang terjadi sangat cepat, dan spektrum sinar UV yang hanya menyusun sekitar 4% dari energi radiasi sinar matahari seperti yang dijelaskan dalam Ni, *et al.*[8]. Untuk itu, senyawa doping seperti ion metal mangan (KMnO_4) biasanya ditambahkan untuk mengurangi rekombinasi elektron, dan menghasilkan energi dengan level yang lebih rendah sehingga foton spektrum sinar tampak dapat digunakan seperti yang dijelaskan oleh Zaleska di [7]. Aplikasi TiO_2 dalam membantu penyimpanan buah bertujuan agar buah dapat bertahan lebih lama dengan mendegradasi gas etilen yang merupakan senyawa organik yang berada pada tempat penyimpanan pisang.

Pisang termasuk dalam kelompok buah klimakterik yang pada saat proses pematangan buah berlangsung, akan ada peningkatan laju respirasi dan sintesis etilen pada buah. Mekanisme sintesis etilen pada saat pematangan bersifat autokatalis, atau terinduksi oleh etilen eksogen menurut Barry dan James dalam [9]. Pengontrolan sintesis etilen pada buah merupakan mekanisme yang kompleks, namun terdapat dua gen yang berperan langsung yaitu gen multifamili

90 ACS (*ACC Sintase*) dan gen multifamili ACO (*ACC Oksidase*) menurut Kumar,
91 *et al.* dalam [10]. Gen ACS akan mengkode enzim ACS yang berfungsi untuk
92 merubah senyawa SAM menjadi senyawa ACC, kemudian SAM akan dirubah
93 menjadi etilen melalui katalisasi enzim ACO menurut Barry dan James dalam
94 [9]. Keberadaan etilen kemudian akan menginduksi kembali kerja dari gen ACO
95 dan ACS sehingga ekspresi etilen meningkat. Penelitian ini dilakukan untuk
96 menentukan pengaruh penggunaan senyawa TiO_2 + doping KMnO_4 terhadap
97 pematangan buah pisang Cavendish yang diamati dari kondisi fisik, fisiologis,
98 serta ekspresi gen (*MaACS1* dan *MaACO1*).

99 2 Metodologi

100 2.1 Persiapan Buah Pisang

101 Pada penelitian ini digunakan pisang Cavendish yang disuplai oleh PT Sewu
102 Segar Nusantara, Tangerang, Indonesia. Pisang yang digunakan telah diinduksi
103 oleh gas etilen. Pisang yang dipilih dalam tingkat kematangan hijau dan
104 dipisahkan dalam bentuk satuan (*finger*). Pisang kemudian dipotong dari sisir
105 secara melintang menyisakan sedikit bagian bonggol, lalu dibersihkan
106 menggunakan sabun anti bakteri, akuades, dan alkohol 70%.

107 2.2 Persiapan *Chamber* Penyimpanan

108 *Chamber* yang digunakan berbahan dasar kaca transparan dengan volume $\pm 6\text{L}$.
109 Sebelum digunakan *chamber* dicuci menggunakan sabun dan alkohol 70%.

110 2.3 Persiapan Senyawa Fotokatalis

111 Senyawa fotokatalis TiO_2 beserta doping Mn disiapkan oleh Laboratorium Kimia
112 Anorganik dan Fisik, ITB. Jenis TiO_2 yang digunakan adalah J25, dan doping Mn
113 dalam bentuk KMnO_4 (5%). Setelah kedua senyawa telah dicampur dalam bentuk

114 bubuk kemudian dibuat menjadi pasta menggunakan larutan isopropanol dan
 115 asam asetat, dilapiskan pada lempeng kaca dengan ukuran 18x18 cm dan
 116 dikeringkan. Setelah itu, lempeng kaca dimasukkan pada *chamber* dengan sisi
 117 TiO₂ menghadap ke atas seperti pada **Gambar 1**.

118
 119 **Gambar 1.** Chamber penyimpanan+TiO₂

Gambar 2. Skema Penelitian

120 2.4 Skema Penelitian

121 Skema penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**. Pada penelitian ini pisang dibagi
 122 menjadi tiga perlakuan penyimpanan, yaitu K (kontrol), KC (Kontrol *Chamber*),
 123 dan T (fotokatalis dalam *chamber*). Masing-masing perlakuan menggunakan 5
 124 buah pisang. Proses pematangan buah selama 8 hari pada suhu ruang ($T=25^{\circ}\text{C}$)
 125 dengan titik/hari pengamatan 0,1,3,6, dan 8 dengan tiap titiknya diwakili oleh
 126 satu pisang. Untuk memperoleh data analisis, penelitian ini diulangi sebanyak 3
 127 kali. *Chamber* perlakuan KC dan T setelah dimasukkan pisang ditutup rapat
 128 dengan menyisakan 1 lubang dengan diameter ± 4 cm yang ditutup menggunakan

129 kertas semen sebagai ventilasi udara seperti pada Gambar 3. Sampel pisang
130 perlakuan K diletakkan di ruangan terbuka.

131 **Gambar 3.** Ventilasi udara yang ditutupi kertas semen

132 **2.5 Analisis Fisik dan Fisiologis**

133 Pada setiap titik/hari pengamatan dilakukan pengamatan perubahan fisik secara
134 kualitatif berupa fotomenggunakan Kamera Sony SteadyShot DSC W710,
135 pengamatan kondisi fisiologis (uji iodin, presentase susut bobot, rasio
136 daging:kulit buah, dan total kandungan terlarut), serta pengambilan sampel untuk
137 isolasi RNA. Metode untuk analisis fisiologis menggunakan metode Dadzie dan
138 Orchard (1997). Pada titik ke-6 dilakukan uji organoleptik kepada 15 orang
139 panelis dengan parameter yang diuji adalah warna, rasa, dan aroma buah pisang.

140 **2.6 Isolasi RNA**

141 Isolasi RNA yang dilakukan menggunakan metode Cordeiro, *et al.* (2008) serta
142 metode Zhuang, *et al.* (2006) yang telah dimodifikasi oleh Robertlee (2012).
143 Sampel yang diisolasi merupakan sampel dari seluruh titik pengamatan. Hasil
144 isolasi kemudian dianalisis secara kualitatif menggunakan metode elektroforesis
145 dengan gel agarosa 1,5% (w/v) dalam buffer TAE 1%, dan visualisasi dengan

146 sinar UV. Secara kuantitatif, hasil isolasi RNA dikonfirmasi menggunakan
147 Nanodrop pada panjang gelombang $\lambda 260$ dan $\lambda 280$.

148 **2.7 Sintesis cDNA**

149 Sampel RNA terlebih dahulu dibersihkan dari kontaminan DNA menggunakan
150 metode DNase. Selanjutnya, sintesis cDNA dilakukan dengan menggunakan kit
151 iScript® cDNA Synthesis. Larutan hasil sintesis cDNA kemudian disimpan pada
152 suhu -20°C sebelum digunakan pada tahap selanjutnya.

153 **2.8 Polymerase Chain Reaction (PCR)**

154 Untuk menganalisis tingkat ekspresi gen, dilakukan amplifikasi pada gen-gen
155 pematangan pisang yaitu, *MaACO1* dan *MaACS1* seperti pada penelitian oleh
156 Karmawan, et al. dalam [11]. Selain itu, dilakukan pula amplifikasi gen
157 *housekeeping MaActin* sebagai gen pembanding. PCR dilakukan dengan kit
158 GoTaq® Green Master Mix dan mesin *Thermalcycler*. Hasil PCR yang didapat
159 dikonfirmasi menggunakan metode elektroforesis dengan gel agarosa 1% (w/v)
160 dalam buffer TAE 1%, dan divisualisasi di bawah sinar UV. Tingkat ekspresi gen
161 *MaACO1* dan *MaACS1* dinormalisasi terhadap tingkat ekspresi gen *MaActin*
162 kemudian dikuantifikasi menggunakan perangkat lunak ImageJ®.

163 **3 Hasil dan Pembahasan**

164 **3.1 Kondisi Fisik Pisang**

165 Selama pengamatan dalam waktu seminggu, teramati adanya perbedaan kondisi
166 kulit buah antara ketiga perlakuan pisang seperti yang teramati pada **Gambar 3**.
167 Perlakuan K menunjukkan perubahan warna kulit dari hijau menjadi kuning yang
168 lebih cepat mulai dari hari ke-3 hingga ke-8 Pada titik ke-6 dan titik ke-8

perbedaan warna paling terlihat dengan pisang perlakuan K berwarna kuning sedangkan pisang perlakuan KC dan T berwarna kuning dengan sedikit hijau di kedua ujung dan/atau di bagian tengah. Tidak terlihat perbedaan nyata dari perbedaan warna kulit pisang perlakuan KC dengan T. Pada titik pengamatan ke-6 dan ke-8 bintik coklat pada permukaan kulit pisang mulai tampak dengan bintik pada perlakuan KC lebih banyak daripada perlakuan K dan T. Kemudian pisang perlakuan KC dan T menunjukkan pertumbuhan jamur pada ujung buah. Komposisi gas O₂ dan CO₂ dalam *chamber* yang berbeda dibanding ruang terbuka diduga berpengaruh terhadap proses pematangan buah. Kadar O₂ dan CO₂ mempengaruhi sintesis etilen yang akan mempengaruhi kerja enzim pendegradasi klorofil seperti pada hasil penelitian oleh Ahmad, *et al* dalam [12]. Namun, untuk memastikan hal tersebut perlu analisis lebih lanjut mengenai data komposisi gas. Munculnya bintik coklat disebabkan oleh kerja dari enzim POP (*Poliphenol Oxidase*) pada kulit buah yang biasanya terjadi pada tahap akhir pematangan atau tahap *senescence* menurut Wuyts, *et al.* dalam [13]. Sementara patogen dapat disebabkan oleh kondisi kelembapan yang tinggi serta terkondensasinya uap air dalam *chamber* yang tertutup menurut Fujita, *et al.* dalam [14]. Hal ini terjadi karena pada *chamber* yang digunakan berasal dari kaca dan tidak dilengkapi dengan penyerap air sehingga kondisi *chamber* menjadi lembab.

Gambar 4. Hasil pengamatan fisik buah selama 8 hari masa penyimpanan

Selain kondisi kulit pisang perubahan kandungan pati pada daging sampel juga diuji dengan uji *starch-Iodine*. Hasil uji *starch-Iodine* pada ketiga perlakuan pisang(**Gambar 4**) menunjukkan luas area biru kehitaman pada daging sampel yang semakin berkurang seiring hari penyimpanan pisang bertambah. Hal tersebut menandakan kandungan pati yang semakin berkurang karena telah dikonversi menjadi gula. Perbandingan luas area biru kehitaman antara ketiga perlakuan tidak menunjukkan perbedaan nyata.

3.2 Hasil Analisis Fisiologis

3.2.1 Total Soluble Solid (TSS)

Nilai *Total Soluble Solid* atau Total Kandungan Terlarut menunjukkan kadar gula yang terkandung dalam daging buah. Semakin matang buah, konversi pati menjadi gula semakin besar, maka nilai TSS akan semakin tinggi seperti yang dijelaskan oleh Dadzie dan Orchard dalam [15]. Hasil nilai TSS ketiga perlakuan berdasarkan grafik pada **Gambar 5** menunjukkan pola yang serupa pada ketiga perlakuan walau pada akhir pengamatan (hari ke-8) TSS pada perlakuan KC dan T lebih rendah dari K.

Gambar 5. Hasil uji fisiologis TSS

Pada titik pengamatan ke-8, teramati nilai Brix dari perlakuan KC dan T mengalami penurunan lebih cepat dibandingkan perlakuan K. Penurunan tersebut

diduga diakibatkan adanya konversi gula pada daging buah menjadi alkohol atau proses fermentasi menurut Pratiwi, *et al.* dalam [16]. Hal tersebut diduga dapat terjadi karena kondisi *chamber* yang tertutup memiliki menyebabkan kondisi anaerob dibanding kondisi kontrol yang terbuka.

3.2.2 Persentase Susut Bobot

Hasil pengamatan susut bobot pada **Gambar 6** menunjukkan adanya perbedaan persentase susut bobot dengan Perlakuan K dari titik pengamatan ke-1 mengalami peningkatan persentase susut bobot hingga titik ke-8 yang berbeda signifikan ($p < 0.05$) menurut analisis statistik One-Way ANNOVA dibanding perlakuan KC dan T. Sedangkan antara perlakuan KC dan T tidak teramati persentase susut bobot yang berbeda. Hasil tersebut menunjukkan adanya pengaruh penyimpanan pisang dalam *chamber* dibandingkan di udara terbuka. Peningkatan susut bobot pisang dikarenakan adanya transpirasi air dari pisang ke atmosfer sekitar pisang. Laju transpirasi sendiri salah satunya dipengaruhi oleh kelembapan relatif atmosfer sekitar, dengan semakin tinggi kelembapan maka laju transpirasi berkurang menurut Duan, *et al* dalam [5].

Gambar 6. Hasil uji persentase susut bobot

3.2.3 Rasio Daging:Kulit

Pada **Gambar 7**, didapatkan hasil pengamatan peningkatan rasio daging:kulit tertinggi hingga terendah dari titik pengamatan ke-3 hingga ke-8 berturut-turut

230 adalah perlakuan K, perlakuan KC, dan perlakuan T. Berdasarkan analisis
231 statistik One-Way ANNOVA perbedaan perlakuan KC dan T tidak signifikan
232 ($p>0.05$). Peningkatan rasio daging:kulit dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti
233 transpirasi air pada kulit buah, konversi pati menjadi gula yang terjadi pada
234 daging buah (TSS), dan juga laju respirasi pada daging buah.

235 Proses transpirasi air dari kulit buah ke luar buah yang dipengaruhi salah satunya
236 oleh kelembapan relatif, berkontribusi dalam penurunan berat kulit buah dan
237 berkorelasi dengan persentase susut bobot menurut Duan, *et al* dalam [5].
238 Konversi pati meningkatkan tekanan turgor pada daging buah sehingga proses
239 osmosis terjadi dari kulit buah ke dalam daging. Selain itu, proses respirasi sel
240 menghasilkan produk akhir seperti air yang pada daging buah tidak dapat
241 langsung dilepaskan ke udara seperti yang dijelaskan oleh Dadzie dan Orchard
242 dalam [15]. Pada proses pematangan buah, laju respirasi dan laju produksi etilen
243 berbanding lurus, sehingga lebih lambatnya peningkatan rasio daging:kulit pada
244 hasil perlakuan T dibanding perlakuan KC walaupun tidak signifikan tetap
245 menandakan proses pematangan yang sedikit lebih cepat pada KC. Hal tersebut
246 didukung oleh observasi saat pengambilan data bahwa perlakuan KC memiliki
247 daging buah yang lebih lunak dibanding perlakuan T. Hal ini menunjukkan
248 bahwa pematangan pada perlakuan K dan KC lebih cepat daripada perlakuan T.

249

250

251

252

253

254

255

Gambar 7. Hasil rasio daging:kulit

Deleted:

Formatted: Font:10 pt

3.3 Uji Organoleptik

Uji organoleptik yang dilakukan menghasilkan data seperti yang tersaji pada **Gambar 8**. Hasil uji menunjukkan bahwa pada parameter warna dan rasa, tingkat kesukaan panelis antara perlakuan KC dan T hampir sama, kedua perlakuan tersebut lebih disukai dibanding perlakuan K. Untuk parameter aroma, perlakuan T lebih disukai dibanding dua perlakuan lainnya.

Gambar 8. Hasil uji

organoleptik

Deleted: .

3.4 Analisis Molekuler

Analisis molekuler diawali dengan isolasi RNA pada daging pisang, kemudian melakukan sintesis cDNA dan amplifikasi gen-gen terkait pematangan yaitu *MaACO1*, *MaACS1* dan *MaActin*. Hasil amplifikasi gen menggunakan metode PCR menghasilkan pita produk sesuai dengan ukuran fragmen DNA yang diharapkan (data tidak ditunjukkan) dan dikuantifikasi menggunakan analisis dengan *software ImageJ*[®] seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 9**. Pola ekspresi gen *MaACO1* pada perlakuan KC dan T lebih tinggi diawal perlakuan dibandingkan dengan K. Hasil juga menunjukkan perlakuan T menurun tajam pada hari ke-8 sementara pada perlakuan KC ekspresi gen menurun tajam pada hari ke-6. Ekspresi gen pada kondisi *chamber* diduga dipengaruhi oleh kadar O₂ dan CO₂ dalam *chamber*, oleh karena itu sejalan dengan berkurangnya kadar O₂ pada *chamber* tertutup, ekspresi gen menurun tajam pada akhir pengamatan. Perlu dilakukan uji lanjut pengukuran kadar O₂ untuk mengetahui perbedaan efek

287 pemberian senyawa fotokatalis terhadap perbedaan menurunnya ekspresi gen
288 pada perlakuan KC dan T.

289 Berbeda dengan *MaACO1*, ekspresi gen *MaACS1* pada ketiga perlakuan tidak
290 berbeda signifikan, namun diduga kondisi *chamber* tertutup menyebabkan proses
291 autokatalitik dari etilen yang mempengaruhi peningkatan ekspresi gen *MaACS1*
292 pada hari pertama. Telah diketahui sebelumnya bahwa gen *MaACS1* berperan
293 pada proses autokatalitik (*ethylene dependent*) pematangan pada buah, dimana
294 pada proses ini dibutuhkan etilen eksogen untuk menginduksi aktivitas gen
295 menurut Liu, *et al.* dalam [17].

306 **Gambar 9.** Hasil kuantifikasi tingkat ekspresi gen (a) *MaACO1* dan (b) *MaACS1*
307 dengan ImageJ[®].

308 4 Kesimpulan

309 Kesimpulan dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penyimpanan pada
310 *chamber* kaca dan *chamber* kaca yang diberi senyawa fotokatalis berupa TiO_2 +
311 doping KMnO_4 memberikan efek terhadap proses pematangan buah pisang.
312 Walau pada pengamatan fisik dan uji fisiologis (TSS, presentase bobot) tidak
313 menunjukkan perbedaan signifikan pada keduanya, uji fisiologis dan molekuler
314 menunjukkan kedua perlakuan tersebut memberikan efek yang berbeda.
315 Penelitian ini menunjukkan, senyawa fotokatalis memiliki potensi untuk

Deleted: .

memperlambat proses pematangan buah pisang. Selain itu, dibandingkan dua perlakuan lainnya hasil uji organoleptik menunjukkan perlakuan dengan *chamber* yang ditambahkan senyawa fotokatalitik lebih disukai.

5 Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada BP3IPTEK Jawa Barat yang telah mendanai penelitian ini, dana penelitian tahun 2016 diberikan atas nama Fenny M. Dwivany.

6 Referensi

- [1] Hailu, M., Workneh, S., dan Belew, D., *Review on Postharvest Technology of Banana Fruit*, African Journal of Biotechnology, pp. 635-647, Feb. 2013.
- [2] Price, N. S., *The Origin and Development of Banana and Plantain Cultivation*, Bananas and Plantains, S. Gowen, ed. 1, Springer Science+Business Media, pp. 1-14, 1995.
- [3] Leli, Nuryati dan Novianti, *Outlook komoditi pisang*, Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2014.
- [4] Suryana, Achmad, dan Hilman, Yusdar, *Prospek dan arah pengembangan: agribisnis pisang*, ed. 2, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2007.
- [5] Duan, Xuewu, C. Joyce, Daryl, dan Jiang, Yueming, *Postharvest Biology and Handling of Banana Fruit*, Fresh Produce, 1(2), pp. 140-152, Sept. 2007.
- [6] Maneerat, C., dan Hayata, Y., *Efficiency of TiO_2 Photocatalytic Reaction on Delay of Fruit Ripening and Removal of Off-Flavors from the Fruit Storage Atmosphere*, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 49(3), pp. 833-837, Sept. 2006.
- [7] Zaleska, Adriana, *Doped- TiO_2 : A Review*, Recent Patents On Engineering, 2(3), pp. 157-164, Juni 2008.
- [8] Ni, Meng, Leung, Michael K.H., Leung, Dennis Y.C., dan Sumat, K., *A Review and Recent Developments in Photocatalytic Water-Splitting Using*

Formatted Table

- TiO₂ for Hydrogen Production*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11, pp. 401–425, Jan. 2007.
- [9] Barry, Cornelius S., dan Giovannoni, James J., *Ethylene and Fruit Ripening*, Journal of Plant Growth Regulation, 26, pp. 143–159, Jan. 2007.
- [10] Kumar, Rahul, Khurana, Ashima, dan Sharma, Arun K., *Role of Plant Hormones and Their Interplay in Development and Ripening of Fleshy Fruits*, Journal of Experimental Botany, 65(16), pp. 4561–4575, Juni 2014.
- [11] Karmawan, L. U., Suhandono, S., dan Dwivany, F. M., *Isolation of MA - ACS Gene Family and Expression Study of MA-ACS1 Gene in Musa acuminata Cultivar Pisang Ambon Lumut*, HAYATI Journals of Biosciences, 16, pp.35–39, Maret 2009.
- [12] Ahmad, Saeed, *Effect of Reduced O₂ and Increased CO₂ (Controlled Atmosphere Storage) on the Ripening and Quality of Ethylene Treated Banana Fruit*, International Journal Of Agriculture & Biology, 3(4), pp. 486-490, Agustus 2001.
- [13] Wuyts, Nathalie, Waele, Dirk De, dan Swennen, Rony, *Extraction And Partial Characterization Of Polyphenol Oxidase From Banana (Musa acuminata Grande Naine) Roots*, Plant Physiology and Biochemistry, 44, pp. 308–314, Juni 2006.
- [14] Fujita, Miki, Fujita, Yasunari, Noutoshi, Yoshiteru, Takahashi, Fuminori, Narusaka, Yoshihiro, Yamaguchi-Shinozaki, Kazuko, dan Shinozaki Kazuo, *Crosstalk Between Abiotic And Biotic Stress Responses: A Current View From The Points Of Convergence In The Stress Signaling Networks*, Current Opinion in Plant Biology, 9(4), pp. 436–442, Juni 2006.
- [15] Dadzie, B.K., dan Orchard, J.E., *Routine post harvest screening of banana/plaintain hybrids: criteria and methods*, International Plant Genetic Resources Institute, 1997.
- [16] Pratiwi, Aksarani 'Sa , Dwivany, Fenny M., Larasati, Dwinita, Islamia, Hana Cahya, dan Martien, Ronny , *Effect Of Chitosan Coating And Bamboo FSC (Fruit Storage Chamber) To Expand Banana Shelf Life*, AIP Conference Proceedings, 1677(1), Jan. 2014.
- [17] Liu, Xuejun, Shiomi, Shinjiro, Nakatsuka, Akira, Kubo, Yasutaka, Nakamura, Reinosuke, dan Inaba, Akitsugu, *Characterization of Ethylene Biosynthesis Associated with Ripening in Banana Fruit*, Plant Physiology, 121, pp. 1257–1265, Agustus 1999.