

## **PRODUKSI PIGMEN WARNA MERAH DARI JAMUR *PENICILLIUM PURPUROGENUM* YANG DIISOLASI DARI TANAH TERCEMAR LIMBAH SUSU KAMBING DENGAN METODE *SUBMERGED FERMENTATION***

**I Dewa Gede Agus Sudarma, I Dewa Ketut Sastrawidana, Siti Maryam**

*Jurusan Pendidikan Kimia, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja*

*Email: agus.sudarma11@gmail.com*

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum produksi pigmen warna merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* yang diisolasi dari tanah tercemar limbah susu kambing. Produksi pigmen menggunakan metode *submerged fermentation* dengan media PD Broth. Kondisi lingkungan yang diidentifikasi dalam produksi pigmen merah yaitu *solid support* (ampas kelapa dan rumput laut), suhu (30°C, 35°C, 40°C, dan 45°C), pH (4-10), waktu inkubasi (1-12 hari), sumber karbon (glukosa, sukrosa, dan pati) dan sumber nitrogen (ekstrak ragi, pepton, dan NaNO<sub>3</sub>). Pigmen merah yang diekstrak menggunakan akuades dan diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrometri UV pada panjang gelombang 490 nm. Jumlah pigmen direpresentasikan oleh nilai absorbansi pigmen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pigmen warna merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* optimum dengan *solid support* ampas kelapa, suhu 30°C, pH 5, waktu inkubasi 11 hari, sumber karbon sukrosa dan sumber nitrogen ekstrak ragi.

**Kata-kata kunci:** kondisi optimum, produksi pigmen, *Penicillium purpurogenum*.

### **ABSTRACT**

The experiment's aim is to determine optimum condition of red pigment production by *Penicillium purpurogenum* that is isolated from soil contaminated by waste of goat's milk. The method is *submerged fermentation* with PD broth as media. Environmental conditions in the production of the red pigment are *solid support* (coconut pulp and seaweed), temperature (30°C, 35°C, 40°C and 45°C), pH (4-10), the incubation time (1-12 days), carbon source (glucose, sucrose, and starch) and nitrogen source (yeast extract, peptone, and NaNO<sub>3</sub>). Red pigment is extracted using distilled water and absorbance value is measured using spectrometry UV at wavelength of 490 nm. The amount of pigment is represented by pigment's absorbance value. The results showed that the red pigment of the fungus *Penicillium purpurogenum* optimum with coconut pulp as *solid support*, 30°C, pH 5, 11-day incubation period, sucrose as carbon source, and yeast extract as nitrogen source.

**Key words:** Pigment production, *Penicillium purpurogenum*, optimum conditions.

### **1. Pendahuluan**

Pewarna merupakan sesuatu yang sangat penting dalam industri baik pangan maupun non-pangan. Pewarna berfungsi untuk memperindah produk sehingga menjadi lebih menarik bagi konsumen. Saat ini, pewarna sintetik lebih sering digunakan dibandingkan dengan pewarna alami baik dalam bidang pangan maupun non-pangan. Pewarna sintetik lebih praktis, tahan lama, banyak pilihan warna, dan mudah diperoleh karena ketersediaannya melimpah sehingga mampu memenuhi kebutuhan industri berskala besar.

Dibalik keunggulan pewarna sintetik di atas, terdapat bahaya yang dapat merugikan

lingkungan dan makhluk hidup sekitarnya. Berdasarkan penelitian Saratele (2011) diperoleh informasi bahwa penggunaan pewarna sintetik dalam skala besar seperti pada industri tekstil menimbulkan pencemaran lingkungan terutama pada ekosistem perairan. Selain itu Sastrawidana dan Sukarta (2011) melaporkan bahwa limbah industri pencelupan tekstil di Bali sudah termasuk kategori toksik.

Menyikapi dampak negatif pewarna sintetik, banyak penelitian telah dilakukan untuk memperoleh alternatif pewarna lain untuk menggantikan pewarna sintetik. Sumber pewarna alternatif berasal dari tumbuhan dan mikroorganisme seperti bakteri dan

jamur. Beberapa jenis jamur telah diteliti berpotensi sebagai penghasil warna karena jamur dapat menghasilkan metabolit sekunder berupa pigmen selama masa pertumbuhannya. Sastrawidana dan Siti Maryam (2013), melakukan eksplorasi jamur potensial penghasil pigmen warna dan menemukan tiga jenis jamur penghasil pigmen yaitu jamur *Penicillium sp.* penghasil pigmen warna merah, *Neurospora sitophila* penghasil pigmen kuning dan *Trichoderma sp.* penghasil pigmen hijau kebiruan.

Pigmen yang dihasilkan jamur dipengaruhi oleh kondisi lingkungan hidup jamur seperti ketersediaan nutrisi, pH, suhu, dan waktu inkubasi. Januariawan (2015) berhasil mengisolasi jamur *Penicillium purpurogenum* dari tanah tercemar limbah susu kambing yang mampu memproduksi pigmen warna merah menggunakan media PDA. Penelitian ini bertujuan untuk dapat mengoptimalkan produksi pewarna alami ramah lingkungan yang berasal dari jamur *Penicillium purpurogenum* yang diisolasi dari tanah tercemar susu kambing. Pada penelitian ini difokuskan untuk menganalisis kondisi optimum produksi pigmen merah oleh jamur *Penicillium purpurogenum* dengan 6 jenis variasi yaitu *solid support* (ampas kelapa dan rumput laut), pH (4-10), waktu inkubasi (1-12 hari), suhu (30°C, 35°C, 40°C, dan 45°C), sumber karbon (glukosa, sukrosa, dan pati), dan sumber nitrogen (ekstrak ragi, pepton, dan NaNO<sub>3</sub>).

## 2. Metode

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektroskopik 20+, *shaker*, pipet volumetri, pipet ukur, *hot plate*, *autoclave*, bunsen, neraca, kaca arloji, corong, spatula, pipet tetes, batang pengaduk, gelas kimia 100 mL, 250 mL, cawan petri, inkubator, labu ukur 50 mL, Erlenmeyer 100 mL, 250 mL, dan botol penyimpanan bahan. Bahan-bahan yang digunakan antara lain rumput laut, ampas kelapa, *aquades*, alkohol 70%, dekstrosa, sukrosa, pati, glukosa, pepton, ekstrak ragi, natrium nitrat, kloramfenicol, kentang, bacto agar, indikator pH universal, kapas, NaOH, HCl.

### 2.2 Kultivasi Jamur

Kultivasi jamur dilakukan dengan metode SmF menggunakan media PDB yang telah

steril. Sebanyak 5 mL suspensi jamur ditransfer secara aseptik ke dalam labu erlenmeyer yang berisi 30 mL media PDB, kemudian diinkubasi pada suhu 30°C selama 7 hari. Setelah 7 hari inkubasi, kultur jamur yang diperoleh ditempatkan pada lemari pendingin.

## 2.3 Produksi Pigmen

### 2.3.1 Variasi Solid Support

Produksi pigmen dilakukan menggunakan metode SmF pada kondisi pH 9, suhu 30°C, penambahan larutan pati 2% (w/v) dan ekstrak ragi 2% (w/v). Sebanyak 10 mL media PDB dimasukkan ke dalam dua labu Erlenmeyer yang masing-masing ditambahkan dengan *solid support* ampas kelapa dan rumput laut kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf. Selanjutnya 5 mL kultur jamur dimasukkan ke masing-masing labu Erlenmeyer dan diinkubasi selama 12 hari.

### 2.3.2 Variasi Suhu

Produksi pigmen dari jamur *Penicillium purpurogenum* dilakukan menggunakan metode SmF dengan kondisi pH 9, penambahan larutan pati 2% (w/v) dan ekstrak ragi 2% (w/v) pada variasi suhu inkubasi. Sebanyak 10 mL media PDB dan 0,2 gram *solid support* ampas kelapa dimasukkan ke dalam 4 labu Erlenmeyer kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf. Sebanyak 5 mL kultur jamur dimasukkan ke setiap labu Erlenmeyer kemudian diinkubasi dengan suhu berbeda-beda yaitu 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, selama 12 hari.

### 2.3.3 Variasi pH

Produksi pigmen dari jamur *Penicillium purpurogenum* dilakukan menggunakan metode SmF dengan penambahan larutan pati 2% (w/v) dan ekstrak ragi 2% (w/v) pada variasi pH. Sebanyak 10 mL media PDB dan 0,2 gr ampas kelapa dimasukkan ke dalam 7 labu Erlenmeyer. Kondisi pH pada masing-masing labu diatur dengan pH 4,5,6,7,8,9,dan 10 kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf. Sebanyak 5 mL kultur jamur dimasukkan ke setiap labu Erlenmeyer kemudian diinkubasi dengan 30°C selama 12 hari.

### 2.3.4 Variasi Waktu Inkubasi

Produksi pigmen dari jamur *Penicillium purpurogenum* dilakukan menggunakan metode SmF dengan pH 5, penambahan larutan pati 2% (w/v) dan ekstrak ragi 2% (w/v) pada variasi waktu inkubasi. Sebanyak 10 mL media PDB dan 0,2 gram ampas kelapa dimasukkan ke dalam 12 labu Erlenmeyer, kemudian labu Erlenmeyer disterilisasi menggunakan autoklaf. Sebanyak 5 mL kultur jamur dimasukkan ke setiap labu Erlenmeyer kemudian diinkubasi dengan suhu 30°C, selama 1 sampai 12 hari.

### 2.3.5 Variasi Sumber Karbon

Produksi pigmen dari jamur *Penicillium purpurogenum* dilakukan menggunakan metode SmF dengan pH 5 penambahan ekstrak ragi 2% (w/v) pada variasi sumber karbon. Sebanyak 10 mL media PDB dan 0,2 gram ampas kelapa dimasukkan ke dalam 3 labu Erlenmeyer. Masing-masing labu ditambahkan dengan sumber karbon yang berbeda yaitu glukosa, sukrosa, dan pati dengan konsentrasi 2% (w/v), kemudian labu Erlenmeyer disterilisasi menggunakan autoklaf. Sebanyak 5 mL kultur jamur dimasukkan ke setiap labu Erlenmeyer kemudian diinkubasi selama 11 hari pada suhu 30°C.

### 2.3.6 Variasi Sumber Nitrogen

Produksi pigmen dari jamur *Penicillium purpurogenum* dilakukan menggunakan metode SmF dengan pH 5 dan penambahan 2% (w/v) sukrosa. Sebanyak 10 mL media PDB dan 0,2 gram ampas kelapa dimasukkan ke dalam 3 labu Erlenmeyer. Masing-masing labu ditambahkan dengan sumber nitrogen yang berbeda yaitu ekstrak ragi, pepton, dan NaNO<sub>3</sub> dengan konsentrasi 2%, kemudian labu Erlenmeyer disterilisasi menggunakan autoklaf. Sebanyak 5 mL kultur jamur dimasukkan ke setiap labu Erlenmeyer kemudian diinkubasi selama 11 hari pada suhu 30°C.

### 2.4 Ekstraksi Pigmen

Ekstraksi pigmen dilakukan pada setiap tahap produksi pigmen. Pigmen yang berada pada media cair disaring dengan kertas saring Whatman no 1 dan pigmen yang berada pada solid support diekstraksi menggunakan aquades selanjutnya dikocok pada 200 rpm selama 30 menit dan kemudian disaring dengan kertas saring Whatman no 1. Pigmen

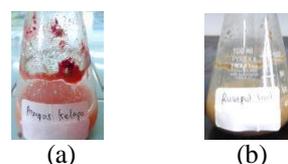
hasil penyaringan pertama dan kedua dijadikan satu kemudian serapan pigmen diuji menggunakan spektrometri UV pada panjang gelombang 490nm.

## 3. Hasil dan Pembahasan

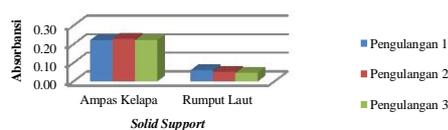
### 3.1 Produksi Pigmen

#### 3.1.1 Variasi Solid Support

Produksi pigmen warna merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* menggunakan metode SmF dengan media PDB yang diinkubasi selama 12 hari pada suhu 30°C dengan kondisi pH 9, penambahan larutan pati 2% dan ekstrak ragi 2%.



Gambar 1. Penampakan visual pigmen dari jamur *Penicillium purpurogenum* yang diproduksi dengan metode SmF pada variasi solid support (a) ampas kelapa, (b) rumput laut.

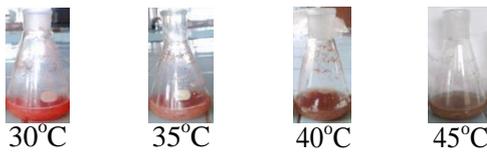


Gambar 2. Kurva hubungan solid support dengan nilai absorbansi pigmen warna merah yang diukur pada panjang gelombang 490 nm.

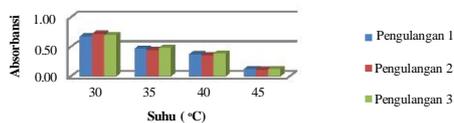
Jamur *Penicillium purpurogenum* dalam penelitian ini diisolasi dari tanah yang tercemar limbah susu kambing (Januariawan, 2015). Susu kambing merupakan sumber protein dan lemak yang cukup tinggi. Ampas kelapa mengandung protein 11,35% dan lemak sebesar 23,36% (Miskiyah *et al.*, 2006), sedangkan kadar protein dan kadar lemak rumput laut *Sargassum crassifolium* J. Agardh adalah 5,19% dan 1,36% (Handayani *et al.*, 2004). Kemiripan kondisi solid support ampas kelapa dengan kondisi lingkungan awal jamur *Penicillium pupurogenum* dapat meningkatkan produksi metabolit sekunder jamur tersebut. Sebagaimana dilaporkan oleh Bigelis *et al.* (2006) efektifitas penambahan solid support disesuaikan dengan sifat alami pertumbuhan jamur yang diisolasi.

### 3.1.2 Variasi Suhu

Produksi pigmen merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* dengan variasi suhu dilakukan dengan metode SmF menggunakan media PDB yang disuplementasi dengan *solid support* ampas kelapa. Media PDB yang diatur memiliki pH 9 ditambahkan dengan ekstrak ragi 2% (w/v) dan larutan pati 2% (w/v).



Gambar 3. Penampakan visual pigmen warna merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* yang diproduksi menggunakan metode SmF pada variasi suhu inkubasi.

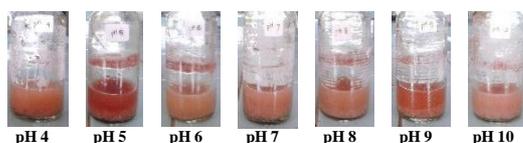


Gambar 3. Kurva hubungan suhu dengan nilai absorbansi pigmen warna merah yang diukur pada panjang gelombang 490 nm.

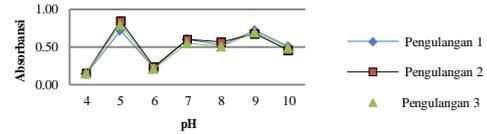
Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil dari Ebinuma *et al.* (2013) yang melaporkan bahwa produksi pigmen merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* menggunakan metode SmF optimum pada suhu 30°C. Selain itu, Dhake *et al.* (2005) menyatakan bahwa proses metabolisme *Penicillium purpurogenum* maksimal pada suhu inkubasi 30°C.

### 3.1.3 Variasi pH

Produksi pigmen merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* pada variasi pH dilakukan dengan metode SmF menggunakan media PD Broth yang disuplementasi dengan ampas kelapa dan penambahan ekstrak ragi 2% (w/v) dan larutan pati 2% (w/v), diinkubasi selama 12 hari pada suhu 30°C.



Gambar 5. Penampakan visual pigmen merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* yang diproduksi dengan metode SmF pada variasi pH.

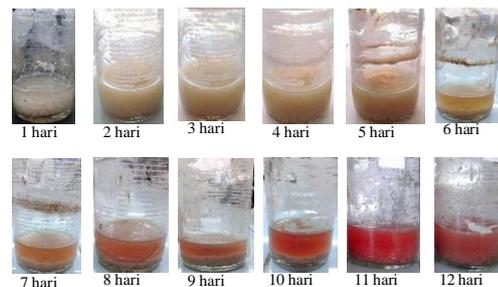


Gambar 6. Kurva hubungan pH inkubasi dengan nilai absorbansi pigmen warna merah yang diukur pada panjang gelombang 490 nm.

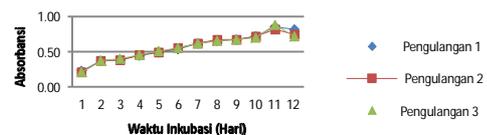
Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mendez *et al.* (2011) yang melaporkan bahwa jamur *Penicillium purpurogenum* GH2 menghasilkan pigmen secara optimum pada pH 5 menggunakan *Czapek-Dox modified broth*. Kondisi pH lingkungan pertumbuhan akan mempengaruhi tugas fisiologis dan biokimia suatu mikroorganisme. *Penicillium purpurogenum* menghasilkan metabolit sekunder berupa pigmen warna sebagai mekanisme pertahanan diri terhadap kondisi lingkungan salah satunya kondisi pH (Hernández Rivera, 2006).

### 3.1.4 Variasi Waktu Inkubasi

Produksi pigmen warna merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* menggunakan metode SmF, media berupa PD Broth yang disuplementasi dengan menggunakan ampas kelapa, penambahan ekstrak ragi 2% (w/v), larutan pati 2% (w/v), dan pH 5, diinkubasi dengan suhu 30°C.



Gambar 7. Kenampakan visual pigmen warna merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* yang diproduksi menggunakan metode SmF pada variasi waktu inkubasi.

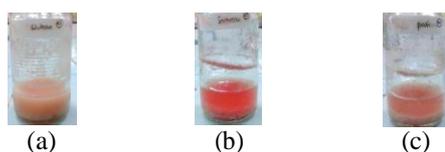


Gambar 8. Kurva hubungan waktu inkubasi dengan nilai absorbansi pigmen warna merah yang diukur pada panjang gelombang 490 nm.

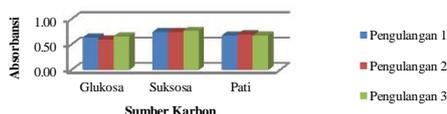
Hasil ini sedikit berbeda dengan hasil Ebinuma (2013) yang menyakatan produksi pigmen merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* dengan menggunakan media CYA dan suhu inkubasi 25°C optimum pada hari ke 12. Sedangkan menurut Hernandez (2013) *Penicillium purpurogenum* menghasilkan pigmen merah optimum pada hari ke-6 dengan metode SmF menggunakan media *malt extract* yang diinkubasi pada suhu 24°C. Perbedaan ini dapat disebabkan karena perbedaan media dan kondisi lingkungan yang digunakan dalam proses produksi pigmen. Faktor yang dapat menyebabkan menurunnya absorbansi pigmen merah pada hari ke-12 adalah terjadinya degradasi pigmen seperti yang dilaporkan oleh Pastrana *et al.* (1995) bahwa pigmen dari *Monascus sp* yang berada pada suatu larutan terdegradasi dalam beberapa hari. Degradasi dapat disebabkan karena pigmen sensitif terhadap panas, cahaya, dan oksigen (Mapari *et al.*, 2009).

### 3.1.5 Variasi Sumber Karbon

Produksi pigmen warna merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* menggunakan metode SmF, media berupa PD *Broth* yang disuplementasi dengan menggunakan ampas kelapa, penambahan ekstrak ragi 2% (w/v), dan pH 5, diinkubasi selama 11 hari dengan suhu 30°C.



Gambar 9. Penampakan pigmen merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* yang diproduksi dengan metode SmF pada variasi sumber karbon (a) glukosa, (b) sukrosa, (c) pati.



Gambar 10. Kurva hubungan sumber karbon dengan nilai absorbansi pigmen warna merah yang diukur pada panjang gelombang 490 nm.

Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ebinuma (2013) yang melaporkan bahwa sukrosa adalah sumber karbon yang paling baik untuk produksi

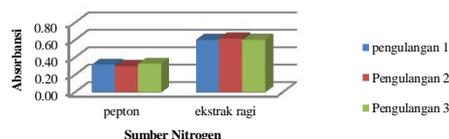
pigmen warna merah jamur *Penicillium purpurogenum*. Jamur memerlukan sumber karbon yang berasal dari lingkungan luar. Beberapa jamur menggunakan senyawa kompleks yang mengandung karbon, akan tetapi kebanyakan jamur lebih selektif untuk memilih sumber karbon yang sesuai dengan keperluan metabolismenya (Ebinuma, 2103). Dalam hal ini, produksi pigmen dari jamur *Penicillium purpurogenum* lebih optimum jika ditambahkan dengan sukrosa dibandingkan dengan glukosa dan pati.

### 3.1.6 Variasi Sumber Nitrogen

Produksi pigmen merah oleh jamur *Penicillium purpurogenum* pada variasi sumber nitrogen menggunakan metode SmF dengan media PDB yang disuplementasi ampas kelapa, penambahan sumber karbon sukrosa 2% (w/v), pH 5, diinkubasi selama 11 hari pada suhu 30°C.



Gambar 11. Penampakan pigmen warna merah oleh jamur *Penicillium purpurogenum* yang diproduksi menggunakan metode SmF pada variasi sumber nitrogen (a) ekstrak ragi, (b) pepton, (c) NaNO<sub>3</sub>.



Gambar 12. Kurva hubungan sumber nitrogen dengan nilai absorbansi pigmen warna merah yang diukur pada panjang gelombang 490 nm.

Hasil ini sejalan dengan hasil dari Ebinuma (2013) yang melaporkan sumber nitrogen terbaik untuk menghasilkan pigmen adalah ekstrak ragi. Ebinuma (2013) menyatakan bahwa ekstrak ragi merupakan sumber asam amino dan vitamin terbaik dalam proses metabolisme dibandingkan dengan sumber nitrogen lain. Natrium nitrat (NaNO<sub>3</sub>) yang merupakan sumber nitrogen utama memberikan dampak yang buruk dalam produksi pigmen warna merah oleh jamur *Penicillium purpurogenum*. Kehadiran sumber nitrogen secara langsung dapat mengakibatkan terbentuknya senyawa toksik

yang akan menghambat proses pertumbuhan dan metabolisme organisme (Ebinuma, 2013).

#### 4. Penutup

##### 4.1 Simpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa produksi pigmen merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* optimum dengan menggunakan *solid support* ampas kelapa, suhu 30°C, pH 5, inkubasi 11 hari, sumber karbon sukrosa dan sumber nitrogen ekstrak ragi.

##### 4.2 Saran

Berkaitan dengan hasil penelitian ini perlu dilakukn uji toksisitas terhadap pigmen yang dihasilkan, perlu dilakukan uji penggunaan pigmen dalam sektor pangan maupun non-pangan, dan perlu dilakukan uji tentang produksi pigmen dalam skala yang lebih besar.

#### 5. Daftar Pustaka

- Bigelis, Ramunas, Haiyin He, Hui Y. Yang, Li-Ping Chang, Michael Greenstein. 2006. Production of Fungal Antibiotics Using Polimeric Solid Support in Solid-State and Liquid Fermentation. *J Ind Microbiol Biotechnol.* 33: 815-826.
- Dhake, A.B. and M.B. Patil. 2005. Production of  $\beta$ -Glucosidase by *Penicillium purpurogenum*. *Brazilian Journal of Microbiology.* 36:170-176.
- Ebinuma, Santos, Valeria Carcalho, Maria Francisca Simas Teixeira, and Adalberto Pessoa Jr. 2013. Submerged Culture Conditions for the Production of Alternative Natural Colorants by a New Isolated *Penicillium purpurogenum* DPUA 1275. *Journal of Microbiology and Biotechnology.* 23(6):802-810.
- Handayani, Tri, Sutarno, Ahmad Dwi Setyawan. 2004. Analisis Komposisi Ntrisi Rumput Laut *Sargassum crassifolium* J. Agardh. *Biofarmasi.* 2(2):45-52.
- Hernández, Rivera JS.2006. Efecto de la fuente de carbón y nitrógeno sobre la producción de pigmentos por *Penicillium purpurogenum* GH-2. BSc Thesis. Universidad Autónoma de Coahuila, México.
- Hernandez, Tanya Cecilia Espinoza, Raúl Rodríguez-Herrera, Cristóbal Noé Aguilar-González, Faustino Lara-Victoriano, Manuel Humberto Reyes-Valdés, and Francisco Castillo-Reyes. 2013. Characterization of three novel pigment-producing *Penicillium* strains isolated from the Mexican semi desert. *African Journal of Biotechnology.* 12(22): 3405-3413.
- Januariawan, I Wayan. 2015. *Isolasi dan Identifikasi Jamur dari Tanah Tercemar Limbah Susu Serta Karakterisasi Pigmen yang Dihasilkannya* [Skripsi]. Universitas Pendidikan Ganesha.
- Mapari, S. A. S., A. S. Meyer, U. Thrane, and J. C. Frisvad. 2009. Identification of potentially safe promising fungal cell factories for the production of polyketide natural food colorants using chematoxonomic rationale. *Microb. Cell Fact.* 8: 1-15.
- Mendez, Alejandro, Catalina Pérez, Julio Cesar Montañéz, Gabriela Martínez, Cristóbal Noé Aguilar. 2011. Red pigment production by *Penicillium purpurogenum* GH2 is influenced by pH and temperature. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology).* 12(12): 961-968.
- Miskiyah, Ira Mulyawati, and Winda Haliza. 2006. Pemanfaatan Ampas Kelapa Limbah Pengolahan Minyak Kelapa Murni Menjadi Pakan. *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.* 880-884.
- Pastrana, L., P. J. Blanc, A. L. Santerre, M. Loret, and G. Goma. 1995. Production of red pigments by *Monascus ruber* in synthetic media with a strictly controlled nitrogen source. *Process Biochem.* 30: 333-341.
- Saratale, R.G., Saratale, G.D., Chang, J.S. & Govindwar, S.P. 2011. Bacterial decolorization and degradation of azo dyes [review]. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers.* 42: 138-157.
- Sastrawidana, Siti Maryam, dan Sukarta. 2012. Perombakan air limbah tekstil menggunakan jamur pendegradasi kayu jenis *Polyporus sp.* teramobil pada serbuk gergaji kayu. *Jurnal Bumi Lestari.* 12(2):382-389
- Sastrawidana dan Sukarta. 2011. Uji Toksisitas air limbah tekstil hasil pengolahan pada reaktor biofilm konsorsium bakteri anaerob-aerob menggunakan ikan nila. *Jurnal Penelitian dan pengembangan Sains dan Humaniora.* 5(3):271-278.