

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

I Dewa Gede Agus Sudarma¹, I Dewa Ketut Sastrawidana², Siti Maryam²

¹PT Bali Sari, Denpasar

²Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, 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* pada media PD Broth dengan variasi *solid support* (ampas kelapa dan rumput laut), suhu (30°C, 35°C, 40°C, dan 45°C), pH (4-10) sumber karbon (glukosa, sukrosa, dan pati) dan sumber nitrogen (ekstrak ragi dan pepton). Pigmen merah yang dihasilkan diekstrak dengan menggunakan akuades dan diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis model 1800 pada panjang gelombang 490 nm. Jumlah pigmen yang dihasilkan, direpresentasikan oleh nilai absorbansi pigmen pada setiap kondisi yang terukur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi pigmen warna merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* berlangsung optimum menggunakan media PDB yang disuplementasi ampas parutan kelapa, sukrosa 2%, ekstrak ragi 2% yang dikondisikan pada suhu 30°C, dan pH 5 dengan lama waktu inkubasi 12 hari.

Kata-kata kunci: ampas parutan kelapa, pigmen merah, *Penicillium purpurogenum*.

ABSTRACT

*The purpose of this study is to determine optimum condition of red pigment production by *Penicillium purpurogenum* which is isolated from goat milk contaminated soil. The method was used for pigment production is submerged fermentation with PD broth as media. Environmental conditions parameters was identified in the pigment production involved type of 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). The results showed that the optimum red pigment production in PDB media supplemented with coconut pulp as solid support, 2% sucrose and 2% yeast extract at temperature of 30°C, pH 5 for 12-days incubation time,.*

Keywords: Pigment production, *Penicillium purpurogenum*, optimum conditions.

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. Selain itu, pewarna juga dapat menambah nilai jual suatu produk. Saat ini, pewarna sintetik lebih sering digunakan dibandingkan dengan pewarna alami baik dalam bidang pangan maupun non-pangan. Pewarna sintetik memiliki keunggulan dari pada pewarna alami yang menyebabkan penggunaan pewarna ini lebih dominan. 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 tersebut, terdapat bahaya yang dapat merugikan lingkungan dan makhluk hidup sekitarnya. Al-Sabti (2000) melaporkan bahwa pewarna sintetik Reactive Azo Red 120 mengakibatkan aktivitas mutagenik terhadap ikan mas. Dampak negatif pewarna sintetik terjadi karena zat warna sintetik umumnya bersifat toksik, karsinogenik, serta sulit terombak di lingkungan (Pandey *et al.*, 2007).

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. Pewarna alami dari tumbuhan dapat diperoleh dari akar, daun, batang, bunga, dan buah dari bagian tumbuhan. Adrian Nur *et al.* (2005) melaporkan bahwa ekstrak hati nanas menghasilkan pigmen warna kuning yang cocok digunakan sebagai pewarna makanan. Sutara (2009) melaporkan bahwa beberapa perusahaan tenun di daerah Gianyar, Bali menggunakan berbagai jenis tumbuhan sebagai pewarna alami seperti daun gambir (kuning kecoklatan), kulit kayu jambal (merah kecoklatan), daun jambu klutuk (hijau), daun jati (coklat), kulit buah juwet (hitam), kulit akar mengkudu (coklat muda), daun tarum (biru), dan masih banyak lagi. Selain itu, masyarakat secara umum sering menggunakan pewarna alami seperti kunyit, daun suji, dan kesumba sebagai pewarna makanan.

Meskipun beberapa tumbuhan menunjukkan potensi sebagai pengganti pewarna sintetik, akan tetapi terdapat beberapa kelemahan pewarna dari tumbuhan seperti tidak memiliki pilihan warna yang beragam dan warna yang dihasilkan kurang menarik. Hal ini akan membatasi kreasi dalam membuat produk dan dapat menurunkan nilai jual produk yang dibuat. Kelemahan lainnya adalah ketersediaan bahan yang tidak mencukupi kebutuhan pasar. Produksi pewarna alami dari tumbuhan yang dilakukan secara masal akan membutuhkan jumlah tumbuhan yang sangat banyak (Wijaya, 2009).

Selain tumbuhan, pewarna alami juga dapat diproduksi oleh mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Bakteri dapat menghasilkan senyawa bioaktif seperti turunan indol, alkaloid, poliena, makrolid, peptida, dan terpenoid untuk melindungi diri dari kondisi ekstrem (Fenical, 1993). Shatila (2013) melaporkan bahwa bakteri *Exiguobacterium aurantiacum* FH yang ditumbuhkan pada Luria Bertani *broth* menghasilkan pigmen warna jingga yang diidentifikasi sebagai senyawa karatenoid. Maskey *et al.* (2003) melaporkan bakteri *Pseudonocardia sp.* menghasilkan pigmen warna kuning yang tergolong sebagai senyawa penazin.

Beberapa jenis jamur telah diteliti berpotensi sebagai penghasil warna karena jamur dapat menghasilkan metabolit sekunder berupa pigmen selama masa pertumbuhannya. Dhale (2009) melaporkan *Penicillium sp* NIOM-02 yang diisolasi dari sedimen laut dapat menghasilkan pigmen merah. Sastrawidana, *et al.* (2015), melakukan isolasi jamur penghasil pigmen warna merah pada tanah tempat pembuangan limbah susu. Pigmen merah dari jamur tersebut menunjukkan kestabilan warna pada rentang perlakuan pH 5-8 serta suhu pemanasan sampai 90°C. Pigmen merah dari jamur yang teridentifikasi *Penicillium purpurogenum* tersebut mampu terserap baik pada kain katun dan sutera dengan sifat tahan luntur warna terhadap perlakuan pencucian dan pemanasan berada pada katagori baik (sastrawidana, *et al.* 2016)

Kuantitas pigmen warna yang dihasilkan oleh jamur tidak serta merta banyak dan melimpah. Pigmen yang dihasilkan jamur dipengaruhi oleh kondisi lingkungan hidup jamur seperti ketersediaan nutrien, pH, suhu, dan waktu inkubasi. Pradeep *et al.* (2013) melaporkan bahwa produksi pigmen merah oleh *Fusarium moniliforme* optimum pada pH 5,5, suhu 28±1°C, penambahan ekstrak ragi 2% sebagai sumber nitrogen, dan glukosa 2% sebagai sumber karbon. Produksi pigmen oleh *Chaetomium cupreum* optimum pada pH 6, suhu 35°C, waktu inkubasi 6 hari, penambahan dekstrosa 2%, dan campuran pepton dengan ekstrak ragi (0,4%) (Soumya *et al.*, 2013). Hernández *et al.* (2013) melaporkan kondisi pH dan suhu optimum produksi pigmen dari *Penicillium purpurogenum* GH2 dengan metode *submerged fermentation* menggunakan media PDA adalah pH 10 dan suhu 24°C.

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 variabel yaitu jenis *solid support* (ampas kelapa dan rumput laut), pH (4-10), suhu (30°C, 35°C, 40°C, dan 45°C), sumber karbon (glukosa, sukrosa, dan pati), dan sumber nitrogen (ekstrak ragi, pepton, dan NaNO₃).

METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabung reaksi, Spektrofotometer UV-Vis type 1800, *shaker*, oven, pipet volumetri, pipet ukur, *hot plate*, *autoclave*, *sentrifuge*, 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 (*usam*), *aquades*, alkohol 70%, dekstrosa, sukrosa, pati, glukosa, pepton, ekstrak ragi, natrium nitrat, kloramfenicol, kentang, bacto agar, indikator pH universal, kapas, NaOH, HCl, kantong plastik bening, *plasticwrap* dan *aluminium foil*. Semua media untuk produksi pigmen disterilisasi menggunakan autoclave pada suhu 121°C selama 15 menit.

Kulturisasi Jamur

Kulturisasi jamur dilakukan dengan metode submerged fermentation 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.

Produksi Pigmen pada Variasi *Solid Support*

Produksi pigmen dilakukan pada dua wadah Erlenmeyer ukuran 250 mL yang masing-masing berisi 0,2 gram material support ampas parutan kelapa dan serbuk rumput laut. Masing-masing media produksi ditambahkan 10 mL PDB, larutan pati 2% (b/v) dan ekstrak ragi 2% (b/v). Campuran kondisikan pada pH 9, suhu 30°C, Selanjutnya, pada media produksi tersebut ditambahkan 5 mL kultur jamur *Penicillium purpurogenum* dan diinkubasi selama 12 hari. Setelah masa inkubasi, pigmen yang dihasilkan disaring dengan kertas saring Whatman no 1 dan pigmen yang berada pada *solid support* diekstraksi menggunakan *aquades* sambil di kocok pada 200 rpm selama 30 menit. Pigmen hasil ekstraksi digabung kemudian serapan pigmen diuji menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 490 nm.

Produksi Pigmen pada Variasi Suhu

Sebanyak 5 mL kultur jamur *Penicillium purpurogenum* dimasukkan ke dalam 5 buah labu Erlenmeyer 250 mL yang berisi media produksi berupa campuran yang terdiri dari 10 mL PDB,

larutan pati 2% (b/v) dan ekstrak ragi 2% (b/v) dan 0,2 gram ampas parutan kelapa. Campuran kondisikan pada pH 9, suhu 30°C, dan diinkubasi selama 12 hari pada variasi suhu diinkubasi 30°C, 35°C, 40°C, 45°C. Setelah masa inkubasi, *water soluble pigmen* disaring sedangkan pigmen yang terikat pada *solid support* diekstraksi dengan *aquades* sambil di dikocok pada 200 rpm selama 30 menit. Pigmen total hasil diukur serapannya menggunakan UV-Vis pada panjang gelombang 490 nm

Produksi Pigmen pada Variasi pH

Sebanyak 5 mL kultur jamur *Penicillium purpurogenum* dimasukkan ke dalam 7 buah labu Erlenmeyer 250 mL yang berisi media produksi berupa campuran yang terdiri dari 10 mL PDB, larutan pati 2% (b/v) dan ekstrak ragi 2% (b/v) dan 0,2 gram ampas parutan kelapa. Campuran dikondisikan pada variasi pH 4-10 selanjutnya, diinkubasi selama 12 hari pada suhu 30°C. Setelah masa inkubasi, *water soluble pigment* disaring sedangkan pigmen yang terikat pada *solid support* diekstraksi menggunakan *aquades* sambil di dikocok pada 200 rpm selama 30 menit. Pigmen hasil ekstraksi dan *water soluble pigment* digabung kemudian diukur serapan pigmen dengan UV-Vis pada panjang gelombang 490 nm.

Produksi Pigmen pada Variasi Sumber Karbon

Sebanyak 5 mL kultur jamur *Penicillium purpurogenum* dimasukkan ke dalam 3 buah labu Erlenmeyer 250 mL yang berisi media produksi berupa campuran yang terdiri dari 10 mL PDB, larutan pati 2% (b/v), sukrosa 2% (b/v) dan 0,2 gram ampas parutan kelapa. Ketiga Erlenmeyer tersebut secara berturut-turut ditambahkan 2% sumber karbon yaitu glukosa, sukrosa dan pati. Selanjutnya, campuran dikondisikan pada pH 5 dan diinkubasi selama 12 hari pada suhu 30°C. Setelah masa inkubasi, *water soluble pigment* disaring sedangkan pigmen yang terikat pada *solid support* diekstraksi menggunakan *aquades* sambil di dikocok pada 200 rpm selama 30 menit. Pigmen hasil ekstraksi dan pigmen terlarut dalam air digabung kemudian diukur serapannya menggunakan UV-Vis pada panjang gelombang 490 nm.

Variasi Sumber Nitrogen

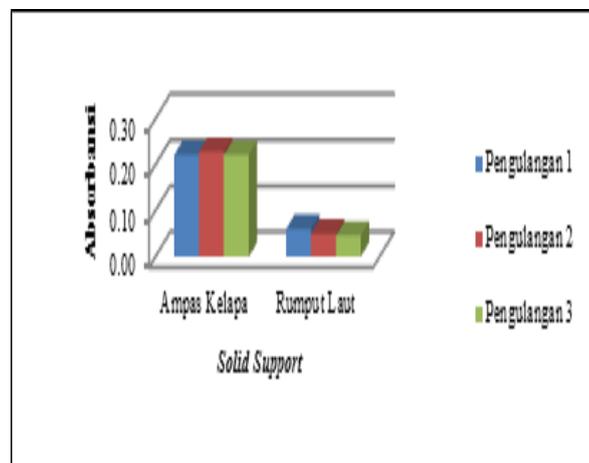
Sebanyak 5 mL kultur jamur *Penicillium purpurogenum* dimasukkan ke dalam 2 buah labu Erlenmeyer 250 mL yang berisi media produksi berupa campuran yang terdiri dari 10 mL PDB, sukrosa 2% (b/v) dan 0,2 gram ampas parutan kelapa. Ketiga Erlenmeyer tersebut secara berturut-turut ditambahkan 2% sumber nitrogen yaitu ekstrak ragi dan pepton. campuran

dikondisikan pada pH 5 dan diinkubasi selama 12 hari pada suhu 30°C. Setelah masa inkubasi, *water soluble pigment* disaring sedangkan pigmen yang terikat pada *solid support* diekstraksi menggunakan *aquades* sambil di dikocok pada 200 rpm selama 30 menit. Pigmen hasil ekstraksi dan pigmen terlarut dalam air digabung kemudian diukur serapannya menggunakan UV-Vis pada panjang gelombang 490 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi Pigmen pada Variasi *Solid Support*

Produksi pigmen merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* dilakukan dengan menggunakan metode *submerged fermentation* dengan media PDB yang disuplementasi dengan dua jenis *solid support* yaitu ampas parutan kelapa dan serbuk rumput laut. Hasil pigmen setelah 12 hari inkubasi pada kondisi media produksi suhu 30°C, pH 9, larutan pati 2% dan ekstrak ragi 2% disajikan pada Gambar 1.



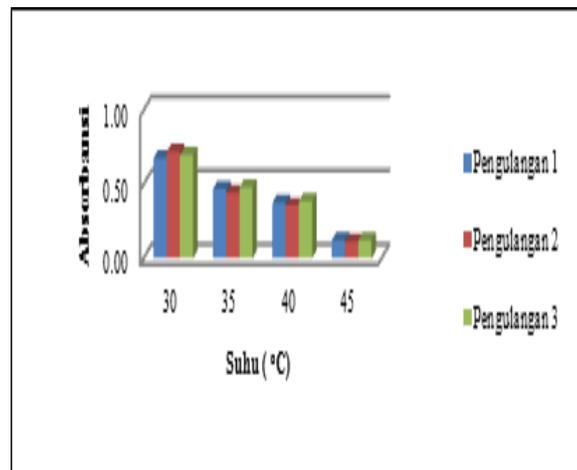
Gambar 1. Absorbansi pigmen merah yang dihasilkan oleh jamur *Penicillium purpurogenum* menggunakan dua jenis solid support

Gambar 1, menunjukkan bahwa pigmen merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* pada media PDB yang disuplementasi dengan ampas kelapa memiliki nilai absorbansi lebih besar (rata-rata absorbansi 0,22) dibandingkan dengan dengan rumput laut (rata-rata absorbansi 0,05). Hal ini menunjukkan bahwa media PDB yang disuplementasi ampas kelapa memberikan kondisi

pertumbuhan lebih *Penicillium purpurogenum* untuk produksi pigmen warna merah. Ampas parutan kelapa dengan kandungan minyak/lemak dan protein merupakan sumber nutrisi yang penting untuk pertumbuhan *Penicillium purpurogenum*. Ampas kelapa mengandung protein 11,35% dan lemak sebesar 23,36% (Miskiyah *et al.*, 2006), sedangkan kadar protein dan lemak pada rumput laut *Sargassum crassifolium* J. Agardh hanya sebesar 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.

Produksi Pigmen pada Variasi Suhu

Hasil uji absorbansi pigmen warna merah yang dihasilkan oleh jamur *Penicillium purpurogenum* pada variasi suhu inkubasi sebagai representasi jumlah pigmen merah disajikan pada Gambar 2.



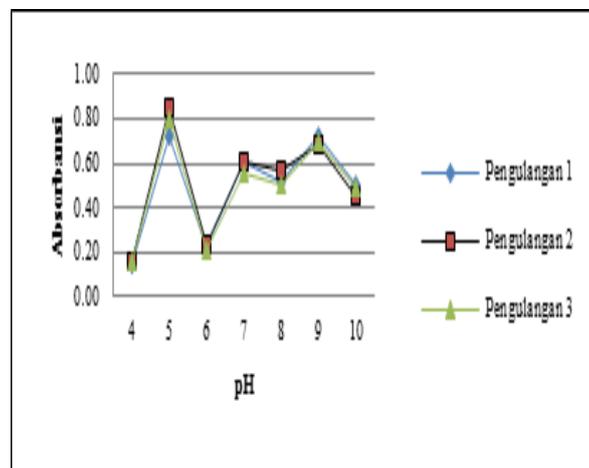
Gambar 2. Absorbansi pigmen merah yang dihasilkan oleh jamur *Penicillium purpurogenum* pada variasi suhu inkubasi.

Gambar 2, menunjukkan produksi pigmen merah oleh jamur *Penicillium purpurogenum* dipengaruhi oleh kondisi suhu inkubasi. Produksi pigmen pada suhu inkubasi sebesar 30°C selama 12 hari menghasilkan pigmen terbanyak yang ditandai dengan absorbansi paling tinggi. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil dari Ebinuma *et al.* (2013) yang melaporkan bahwa produksi pigmen merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* menggunakan metode *submerged*

fermentation optimum pada suhu 30°C. Selain itu, Dhake *et al.* (2005) menyatakan bahwa proses metabolisme *Penicillium purpurogenum* maksimal pada suhu inkubasi 30°C. Hasil penelitian lain menyebutkan bahwa produksi pigmen dari jamur *Fusarium verticillioides* optimum pada suhu 30°C (Boonyapranai *et al.*, 2008), jamur *Chaetomium cupreum* optimum pada 35°C (Soumya *et al.*, 2013), dan jamur *Fusarium moniliforme* optimum pada 28°C (Pradeep *et al.*, 2013). Hasil berbeda diungkapkan oleh Hernandez (2013) bahwa suhu optimum *Penicillium purpurogenum* GH2 untuk menghasilkan pigmen adalah 24°C. Perbedaan ini dapat disebabkan karena penggunaan metode dan media serta kondisi lingkungan lainnya yang berbeda. Hernandez (2013) menggunakan metode SSF dengan media berupa PDA dan pH 10, sedangkan dalam penelitian ini menggunakan metode SmF dengan media PDB yang disuplementasi oleh ampas kelapa, pH 9, dan penambahan ekstrak ragi dan pati sebesar 2%.

Produksi Pigmen pada Variasi pH

Hasil uji absorbansi ekstrak pigmen merah pada setiap kondisi pH disajikan pada Gambar 3.



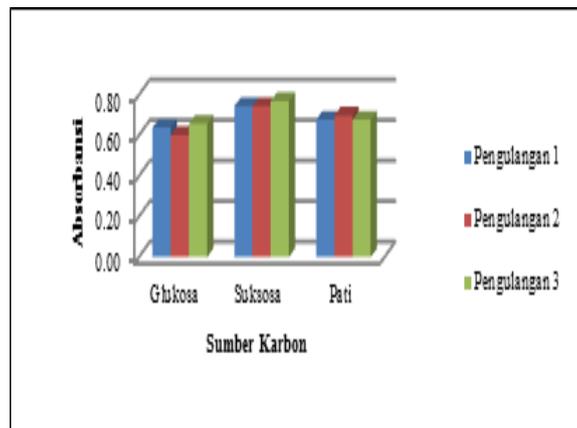
Gambar 3. Kurva hubungan pH inkubasi dengan nilai absorbansi pigmen warna merah yang diukur pada panjang gelombang 490 nm.

Gambar 3, menunjukkan bahwa kondisi pH mempengaruhi kuantitas pigmen yang dihasilkan oleh *Penicillium purpurogenum*. Pada pH yang diteliti, diperoleh kondisi pH optimum untuk memproduksi pigmen merah adalah pada pH 5. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mendez *et al.* (2011) yang melaporkan bahwa jamur *Penicillium purpurogenum* GH2 mampu menghasilkan pigmen secara optimum pada pH 5 menggunakan

Czapek-Dox modified broth. Gunasakaran & Poorniammal (2008) melaporkan produksi pigmen merah dari jamur *Penicillium sp.* menggunakan metode submerged fermentation optimum pada pH 9. Produksi pigmen merah oleh jamur *Monascus sanguineus* optimum pada pH 6,5 (Rashmi & Padmavathi, 2013) dan oleh jamur *lignicolous* optimum pada pH 6 (Tudor, 2013). Kondisi pH lingkungan pertumbuhan akan mempengaruhi tugas fisiologis dan biokimia suatu mikroorganisme (Hernandez, 2013). *Penicillium purpurogenum* menghasilkan metabolit sekunder berupa pigmen warna sebagai mekanisme pertahanan diri terhadap kondisi lingkungan salah satunya kondisi pH (Hernández Rivera, 2006).

Produksi Pigmen pada Variasi Jenis Sumber Karbon

Produksi pigmen merah oleh jamur *Penicillium purpurogenum* dilakukan pada media PDB berisikan ampas parutan kelapa 2%, dan ditambahkan 2% sumber karbon yang berbeda (glukosa, sukrosa dan pati). Media produksi dikondisikan pada pH 5 dengan lama inkubasi 12 hari. Hasil produksi pigmen merah pada tiga jenis sumber karbon disajikan pada Gambar 4.



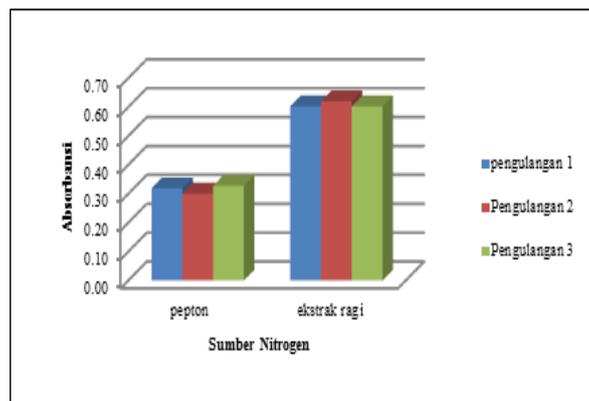
Gambar 4. Produksi pigmen merah oleh jamur *Penicillium purpurogenum* pada variasi jenis sumber karbon.

Gambar 4 menunjukkan bahwa, produksi pigmen merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* dipengaruhi oleh jenis sumber karbon. Penambahan sukrosa sebagai sumber karbon mampu menghasilkan pigmen lebih tinggi dibandingkan dengan glukosa dan pati. Temuan ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ebinuma (2013) yang melaporkan bahwa sukrosa adalah sumber karbon yang paling baik untuk produksi pigmen warna merah oleh jamur *Penicillium purpurogenum*. Namun, untuk jenis jamur yang lain seperti

Fusarium verticillioides, (Boonyapranai *et al.*, 2008) dan *Fusarium moniliforme* (Pradeep *et al.*, 2013) mampu menghasilkan pigmen secara maksimum dengan menambahkan glukosa sebagai sumber karbon. 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.

Variasi Sumber Nitrogen

Produksi pigmen merah yang dilakukan pada variasi sumber nitrogen (peptone dan ekstrak ragi) disajikan seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Produksi pigmen merah oleh jamur *Penicillium purpurogenum* pada variasi sumber nitrogen

Berdasarkan nilai absorbansi pigmen merah dari *Penicillium purpurogenum* diindikasikan bahwa pigmen merah yang dihasilkan pada penambahan ekstrak ragi lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan peptone. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Boonyapranai *et al.*, 2008) dilaporkan bahwa ekstrak ragi merupakan sumber asam amino dan vitamin yang mampu mengoptimalkan produksi pigmen warna dari jamur *Fusarium verticillioides*, sedangkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Gunasakaran & Poorniammal, 2008 disebutkan bahwa penambahan pepton mampu mengoptimalkan produksi pigmen warna dari jamur *Penicillium sp.* dan jamur *Fusarium moniliforme*. Temuan ini, menunjukkan bahwa kebutuhan sumber nitrogen untuk berbagai setiap jenis jamur tidaklah sama.

PENUTUP

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa produksi pigmen merah dari jamur *Penicillium purpurogenum* menggunakan *submerged fermentation* dapat dicapai secara optimum pada media PDB yang disuplementasi dengan 2% ampas parutan kelapa, 2% sukrosa dan 2% ekstrak ragi.pada kondisi media suhu 30°C dan pH 5, dengan lama inkubasi inkubasi 12 hari,

Pigmen merah yang dihasilkan oleh jamur *Penicillium purpurogenum* perlu dikembangkan lebih lanjut terhadap penggunaannya sebagai bahan alternative pewarna pangan mapun non pangan. Untuk itu, diperlukan sederetan penelitian lanjutan terhadap analisis toksisitas dari zat warna tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian Nur, Arif Jumari, Endang Kwartiningsih. 2005. Ekstraksi Limbah Hati Nanas Sebagai Bahan Pewarna Makanan Alami Dalam Tangki Berpengaduk. *Ekuilibrium*. 4: 92-99
- Al-Sabti, K. 2000. Chlorotriazine Reactive Azo Red 120 Textile Dye Induces Micronuclei in Fish. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 47: 149-155.
- 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.
- Boonyapranai, Kongsak, Rudeewan Tungpradit, Sorasak Lhieochaiphant, and Suree Phutrakul. 2008. Optimization of Submerged Culture for the Production of Naphthoquinones Pigment by *Fusarium verticillioides*. *Chiang Mai J. Sci*. 35(3): 457-466.
- Chintapenta, Lathadevi Karuna, Chandi Charan Rath, Bapuji Maringinti, Gulnihal Ozbay. 2014. Pigment Production from a Mangrove *Penicillium*. *African Jaournal of Biotechnology*. 13(26):2668-2774.
- Dhake, A.B. and M.B. Patil. 2005. Production of β -Glucosidase by *Penicillium purpurogenum*. *Brazilian Journal of Microbiology*. 36:170-176.

- Dhale, Mohan A. and Vijay-Raj A. S. 2009. Pigment and amylase production in *Penicillium sp* NIOM-02 and its radical scavenging activity. *Int. J. Food Sci. Technol.* 44(12): 2424-2430.
- 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.
- Fenical, W. 1993. Chemical studies of marine bacteria: Developing a new resource. *Chem. Rev.* 93 (5):1673-1683.
- Gunasekaran, S., Poorniammal, R. 2008. Optimization of Fermentation Conditions for Red Pigment Production from *Penicillium sp.* Under Submerged Cultivation. *African Journal of Biotechnology.* 7(12):1894-1898.
- 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.
- 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 chemotaxonomic rationale. *Microb. Cell Fact.* 8: 1-15.
- Maskey, R. P., I. Kock, E. Helmke, and H. Laatsch. 2003. Isolation and structure determination of phenazostatin D, a new phenazine from a marine actinomycete isolate *Pseudonocardia sp.* B6273. *Zeitschrift für Naturforschung.* 58b (7):692-694.
- 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.

- Miskyah, Ira Mulyawati, and Winda Haliza. 2006. Pemanfaatan Ampas Kelapa Limbah Pengolahan Minyak Kelapa Murni Menjadi Pakan. *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*. 880-884.
- Pandey, A., Singh, P Iyengar L. 2007. Bacterial decolorization and degradation of azo dyes. [review] *International Biodeterioration & Biodegradation*. 59: 73-84.
- 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.
- Pradeep, F. Stanly, M. Shakila Begam, M. Palaniswamy and B.V. Pradeep. 2013. Influence of Culture Media on Growth and Pigment Production by *Fusarium moniliforme* KUMBF1201 Isolated from Paddy Field Soil. *World Applied Sciences Journal*. 22 (1): 70-77.
- Rashmi, Dikshit and Tallapragada Padmavathi. 2013. Exploring *Monascus sanguineus* as a Potential Natural Source for Pigment Production. *International Research Journal of Biological Sciences*. 2(5): 59-67.
- Sastrawidana, Siti Maryam, dan Suidiana. 2015. Pigmen merah dari jamur yang diisolasi dari tanah tempat pembuangan limbah susu. *Jurnal Kimia*. 9(1):7-12
- Sastrawidana, Siti Maryam dan Sukarta. 2016. Natural dyeing of Silk and cotton fabric with red pigment from *Penicillium purpurogenum* which isolated from goat milk contaminated soil. *Journal of Natural Sciences Research*. 6(22):32-37.
- Soumya, K. Narasimha Murthy K, Sreelatha G L, Srinivas C and Sharmila T. 2013. Influence of growth factors on pigmentation of *Chaetomium cupreum* SS – 02 and the antibacterial efficacy of the pigment against *Ralstonia solanacearum*. *International Journal of Advanced Research*. 1(10): 212-219.
- Tudor, Daniela, Sara C. Robinson, Paul A. Cooper. 2013. The influence of pH on pigment formation by lignicolous fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 80: 22-28.
- Wijaya, L. A., Marcel P.S., Fenny S. 2009. *Mikroenkapsulasi Antosianin Sebagai Pewarna Makanan Alami Sumber Antioksidan Berbasis Limbah Kulit Manggis (Garcinia mangostana L)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Zain, W. N. H. 2013. Kualitas Susu Kambing Segar di Peternakan Umban Sari dan Alam Raya Kota Pekanbaru. *Jurnal Peternakan*. 10:24-30.