

Pertumbuhan dan Produksi Pigmen Merah oleh *Serratia marcescens* pada Berbagai Sumber Karbon

Growth and Red Pigment Production by *Serratia marcescens* on Various Carbon Resources

Setiawan Wicaksono¹, Endang Kusdiyantini², Budi Raharjo²

¹Program Studi Biologi, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

²Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang

*Email : setiawanzhao@gmail.com

Abstrak

Bakteri *Serratia marcescens* adalah salah satu bakteri penghasil pigmen merah yang banyak dimanfaatkan sebagai pewarna alami. Bakteri ini diisolasi dari sedimen sumber air panas di Gedong Songo, Bandungan, Semarang. *S. marcescens* memiliki potensi sebagai penghasil pigmen alami. Penelitian ini dilakukan untuk mengukur pertumbuhan dan produksi pigmen dalam medium NB yang mengandung sumber karbon yang berbeda. Sumber karbon yang digunakan adalah glukosa, fruktosa, maltosa, dan laktosa. Metode yang digunakan adalah pengukuran pertumbuhan berdasarkan nilai berat kering sel dan nilai $OD_{\lambda=600\text{nm}}$, pengukuran gula reduksi, pengukuran pH medium pertumbuhan, dan pengukuran konsentrasi pigmen merah. Hasil analisis yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian sumber karbon tidak berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan *S. marcescens*. Sumber karbon terbaik untuk produksi pigmen merah adalah laktosa dengan konsentrasi pigmen sebesar 0,451 mg/L yang dicapai pada waktu inkubasi 24 jam.

Kata Kunci: *Serratia marcescens*, Pertumbuhan, Sumber Karbon, Pigmen Merah.

Abstract

Serratia marcescens is one of the red pigment producing bacteria which is widely used as natural dye. This bacterium was isolated from the sediment of hot springs in Gedong Songo, Bandungan, Semarang. *S. marcescens* has potential as a natural pigment producer. This study was conducted to measure the growth and production of pigments in NB medium containing different carbon sources. The sources of carbon used were glucose, fructose, maltose, and lactose. The method used were growth measurement based on dry weight value of cell and value of $OD_{\lambda=600\text{nm}}$, measurement of reducing sugar, measurement of the acidity of the growth medium, and measurement of red pigment concentration. The results obtained in this study indicated that the provision of carbon sources has no significant effect on the growth of *S. marcescens*. The best carbon source for red pigment production is lactose with pigment concentration of 0.451 mg/L achieved at 24 hours incubation time.

Keywords: *Serratia marcescens*, Growth, Carbon Source, Red Pigment.

PENDAHULUAN

Kepulauan Indonesia terletak pada salah satu wilayah tektonik yang sangat aktif dan dibatasi oleh lempeng Indo-Australia, Pasifik, Filipina, dan lempeng

Eurasia. Hal ini menyebabkan Indonesia memiliki aktivitas panas bumi yang tinggi karena banyak ditemukan gunung berapi. Indonesia memiliki lebih dari 200 gunung

berapi yang terbentang sepanjang pulau Sumatra, Jawa, Bali, dan kepulauan di bagian Timur Indonesia sehingga dikenal sebagai *The Ring of Fire* (Ibrahim et al., 2005). Tingginya aktivitas gunung berapi menyebabkan pemanfaatan energi yang bersumber dari panas bumi semakin berkembang. Hal ini juga akan mempengaruhi aktivitas mikroorganisme di sekitar gunung berapi. Di antara mikroorganisme tersebut, terdapat bakteri penghasil pigmen yang diisolasi dari sedimen sumber air panas di Gedong Songo, Bandungan, Semarang. Bakteri tersebut adalah *Serratia marcescens* penghasil pigmen merah.

Pigmen alami dan pewarna sintesis telah digunakan di berbagai bidang kehidupan sehari-hari, seperti industri tekstil, produksi makanan, produksi kertas, dan berbagai kegiatan pertanian (Tibor, 2007). Pigmen alami dapat diperoleh dari dua sumber utama, yaitu tumbuhan dan mikroorganisme. Pigmen tumbuhan memiliki kelemahan, seperti daya larut air yang rendah dan tidak stabil terhadap cahaya, panas, atau pH tertentu. Pigmen mikroorganisme memiliki keunggulan, yaitu dapat diproduksi dengan mudah dan cepat dalam medium pertumbuhan yang murah (Dufosse, 2009). Pigmen mikroorganisme sifatnya ramah lingkungan dan memiliki beberapa fungsi, seperti anti-aging, antikanker, dan antioksidan (Williamson et al. 2007; Raj et al., 2009).

Pertumbuhan mikroorganisme mempengaruhi pigmen yang dihasilkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi pigmen oleh mikroorganisme adalah sumber karbon, nitrogen, temperatur, pH, aerasi, konsentrasi oksigen, tekanan, dan radiasi. Sumber karbon merupakan salah satu komponen penting dalam media mikroorganisme sebagai sumber energi untuk pertumbuhan. Tanpa sumber karbon, mikroorganisme tidak dapat melakukan pertumbuhan dan aktivitas metabolisemenya. Hal ini dikarenakan

sumber karbon adalah makronutrien yang sangat diperlukan oleh mikroorganisme untuk tetap hidup. (Willey et al., 2008).

Sumber karbon yang sering digunakan oleh mikroorganisme, misalnya, glukosa, fruktosa, maltosa, dan laktosa. Penggunaan sumber karbon yang berbeda dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi pigmen. Berdasarkan keterangan tersebut, maka penelitian ini akan mengkaji penggunaan sumber karbon yang berbeda terhadap pertumbuhan dan produksi pigmen *S. marcescens*. *S. marcescens* yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil isolasi dari sedimen sumber air panas di Gedong Songo, Bandungan, Semarang.

METODE PENELITIAN

a. Pembuatan Medium

Medium dibuat dalam Erlenmeyer dengan volume 50 ml untuk medium starter dan volume 100 ml untuk medium pertumbuhan. Medium yang digunakan, baik medium starter maupun medium pertumbuhan adalah sama. Komposisi medium dalam volume 1 liter terdiri dari medium NB 8 gram. Sebagai perlakuan, NB dikombinasikan dengan 0,5% sumber karbon (glukosa, fruktosa, maltosa, dan laktosa) dan pH medium diatur menjadi 7 (Giri et al., 2004).

Tabel 1. Komposisi medium untuk pertumbuhan *Serratia marcescens* pada sumber karbon yang berbeda

<u>Perlakuan</u>	<u>Komposisi Medium</u>
P0	NB (Kontrol)
P1	NB + 0,5% Glukosa
P2	NB + 0,5% Fruktosa
P3	NB + 0,5% Maltosa
P4	NB + 0,5% Laktosa

b. Pembuatan Starter

Isolat dari kultur peremajaan diambil sebanyak 1 ose dan dimasukkan ke dalam medium starter yang telah dibuat sebelumnya. Starter dibuat dalam

volume 50 ml dan diinkubasi hingga kepadatan sel mencapai $OD_{\lambda=600nm} = 1,0$ (Kim et al., 2012; Jeffrey et al., 2012).

c. Pertumbuhan *Serratia marcescens*

Medium pertumbuhan bakteri *Serratia marcescens* menggunakan medium yang telah dibuat sebelumnya. Starter dengan volume 5% (v/v) dipindahkan dari medium starter ke dalam medium pertumbuhan. Masing-masing perlakuan dibuat 3 kali pengulangan dan diinkubasi selama 72 jam dengan agitasi 120 rpm pada suhu ruang. Sampel diambil setiap 6 jam sekali untuk dilakukan pengukuran pertumbuhan, yaitu pengukuran berat kering sel dan pengukuran *Optical Density* (OD).

Pengukuran berat kering sel

Sampel dalam mikrotube sebanyak 1 ml dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm selama 20 menit pada suhu 4 °C. Supernatan dan sel dipisahkan, kemudian sel dalam mikrotube dikeringkan dalam oven pada temperatur 80 °C selama 15 jam. Tabung berisikan sel yang sudah kering dimasukkan ke dalam desikator, setelah dingin tabung berisi sel kering ditimbang hingga konstan, kemudian dibuat grafik untuk pengukuran pertumbuhan (Kurbanoglu et al., 2015).

Pengukuran Optical Density (OD)

Sampel diambil sebanyak 3 ml dan kemudian dilakukan pengukuran dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm. Nilai OD yang diperoleh dibuat grafik untuk pengukuran pertumbuhan (Hussein & Hyup, 2014).

d. Pengukuran Gula Reduksi dengan Metode DNS (Dinitrosalisilat)

Pembuatan Kurva Standar Glukosa, Fruktosa, Maltosa, dan Laktosa

Larutan glukosa, fruktosa, dan galaktosa standar dibuat dengan

konsentrasi masing-masing 0, 2, 4, 6, 8, dan 10 mg/ml. Masing-masing larutan diambil 1 ml, kemudian ditambahkan 1 ml reagen DNS dan 2 ml aquades. Masing-masing larutan divorteks dan dipanaskan dalam air mendidih selama 5 menit, kemudian didinginkan dalam suhu ruang. Absorbansi masing-masing larutan diukur dengan spektrofotometer Optima SP-300 pada panjang gelombang 540 nm, kemudian dibuat persamaan linearnya sebagai kurva standar (Mago, 2015).

Pengukuran Gula Reduksi

Pengukuran gula pereduksi pada sampel dilakukan dengan cara mengambil supernatan sebanyak 1 ml kemudian ditambahkan 1 ml reagen DNS dan 2 ml aquades. Proses selanjutnya sama seperti pada pembuatan larutan standar, kemudian nilai pengukuran yang diperoleh diplot pada kurva standar (Mago, 2015).

e. Ekstraksi dan Pengukuran Pigmen

Kultur diambil dari medium pertumbuhan dan disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm dalam waktu 10 menit. Supernatan dipisahkan dan pelet disuspensi dengan metanol asam (4 ml 1 N HCL + 96 ml metanol) dalam volume yang sama. Larutan disentrifugasi kembali dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit. Supernatan diukur dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 535 nm (Kurbanoglu et al., 2015). Pengukuran pigmen dilakukan dengan memasukkan nilai absorbansi ke dalam rumus berikut (Mahmoud et al., 2015):

$$\text{Pigmen Merah (g/L)} = \frac{OD \times 323,4 \times df}{7,07 \times 10^4}$$

Keterangan:

OD = absorbansi pada $OD_{\lambda=535nm}$
 323,4 = berat molekuler pigmen merah
 df = faktor pengenceran
 $7,07 \times 10^4$ = koefisien ekstensi pigmen merah pada $\lambda=535nm$

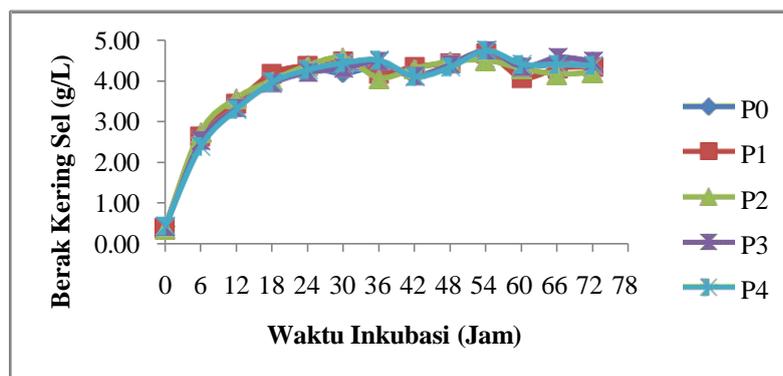
f. Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan lima perlakuan sumber karbon yang berbeda (P0, P1, P2, P3, P4) dimana setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Data yang diperoleh dianalisa dengan SPSS 16 menggunakan uji Anova pada taraf uji 5%, bila terdapat perbedaan nyata maka dilanjutkan dengan uji Duncan. Parameter yang diamati adalah pengukuran nilai berat kering sel dan nilai $OD_{\lambda=600nm}$, pengukuran gula reduksi, pengukuran pH medium pertumbuhan, dan pengukuran konsentrasi pigmen merah.

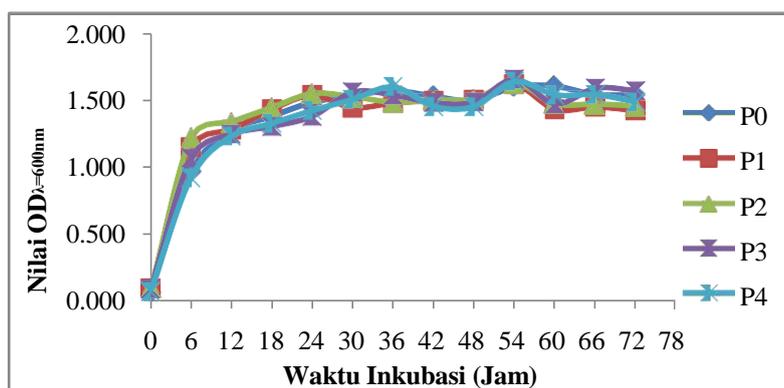
HASIL DAN PEMBAHASAN Pertumbuhan *Serratia marcescens*

Rata-rata nilai berat kering sel *S. marcescens* untuk semua perlakuan selama waktu inkubasi 72 jam menunjukkan kisaran antara 0,37-4,73 g/L. Rata-rata nilai berat kering sel terendah terdapat pada perlakuan P2 (0,37 g/L) pada waktu inkubasi 0 jam dan nilai berat kering sel tertinggi dicapai oleh perlakuan P3 (4,73 g/L) dan P4 (4,73 g/L) pada waktu inkubasi 54 jam.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa rata-rata nilai berat kering sel menghasilkan nilai yang tidak berbeda nyata di antara perlakuan yang digunakan. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan sumber karbon tidak



(a)



(b)

Gambar 1. Pertumbuhan *S. marcescens* berdasarkan: (a). Rata rata nilai berat kering sel; (b). Rata-rata nilai $OD_{\lambda=600nm}$. (P0) = NB (Kontrol); (P1) = NB + 0,5% Glukosa; (P2) = NB + 0,5% Fruktosa; (P3) = NB + 0,5% Maltosa; (P4) = NB + 0,5% Laktosa.

berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan *S. marcescens*.

Hasil uji korelasi Pearson antara rata-rata nilai berat kering sel dengan rata-rata nilai $OD_{\lambda=600\text{nm}}$ menghasilkan nilai signifikansi kurang dari 0,05. Nilai tersebut menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara nilai berat kering sel dan nilai $OD_{\lambda=600\text{nm}}$. Nilai korelasi yang dihasilkan adalah 0,983, dimana nilai tersebut menunjukkan bahwa antara nilai berat kering sel dan nilai $OD_{\lambda=600\text{nm}}$ memiliki hubungan yang kuat sekali. Jika nilai berat kering sel naik, maka nilai $OD_{\lambda=600\text{nm}}$ juga akan naik, begitu pula sebaliknya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sujarweni (2015), yang menyatakan bahwa nilai korelasi dengan rentang 0,91 sampai 0,99 memiliki keeratan korelasi yang kuat sekali.

Kurva pertumbuhan pada Gambar 1. menunjukkan bahwa fase adaptasi *S. marcescens* pada medium pertumbuhan relatif sangat singkat. Hal ini dikarenakan bakteri tersebut telah ditumbuhkan terlebih dahulu sebagai inokulum pada medium yang sama dengan medium produksi sehingga penyesuaian diri dengan lingkungan yang baru berlangsung cepat. Fardiaz (1987) menjelaskan bahwa cepat atau lamanya fase adaptasi bergantung pada beberapa kondisi, di antaranya kondisi morfologis dan fisiologis dari mikroorganisme yang ditumbuhkan, serta banyak sedikitnya jumlah sel yang diinokulasikan.

Fase eksponensial pada semua perlakuan dicapai oleh *S. marcescens* pada waktu inkubasi 6 jam sampai 24 jam, kemudian dilanjutkan ke fase stationer hingga akhir waktu inkubasi. Pada fase eksponensial, nutrisi yang terkandung dalam medium akan digunakan oleh bakteri *S. marcescens* untuk melakukan pertumbuhan.

Medium NB yang digunakan dalam penelitian ini telah mengandung komponen nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan *S. marcescens* sehingga penambahan sumber karbon tidak berpengaruh signifikan

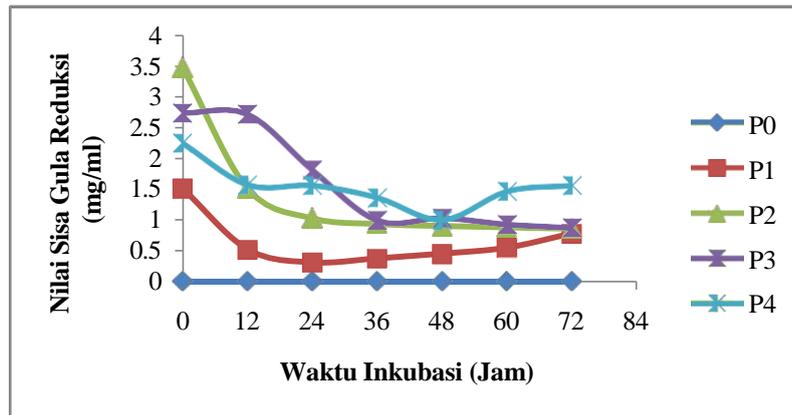
terhadap pertumbuhan *S. marcescens*. Menurut Shaikh (2016), medium NB mengandung komponen utama, yaitu pepton, ekstrak daging, dan *yeast extract*. Pepton menyediakan sumber nitrogen, sulfur, dan sumber energi bagi *S. marcescens*. Ekstrak daging dan *yeast extract* merupakan sumber asam amino, vitamin, koenzim, dan faktor pertumbuhan bagi *S. marcescens*.

Sumber karbon merupakan komponen terpenting bagi pertumbuhan semua makhluk hidup. Penambahan sumber karbon dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan pertumbuhan yang maksimal bagi *S. marcescens*. Namun, sumber karbon yang ditambahkan pada medium NB tidak menunjukkan fungsi yang maksimal bagi metabolisme *S. marcescens*. Sumber karbon tersebut tidak digunakan langsung oleh *S. marcescens* karena medium NB sudah mengandung nutrisi yang lebih lengkap dibandingkan sumber karbon itu sendiri. Pepton yang terkandung dalam NB akan terlebih dahulu dihidrolisis oleh enzim metaloproteinase ekstraseluler untuk membentuk dinding sel dan pembelahan sel (Kushwaka et al., 2014)

Pengukuran Sisa Gula Reduksi pada Medium dengan Sumber Karbon yang Berbeda

Berdasarkan Gambar 2., semua sumber karbon menghasilkan sisa gula reduksi yang berbeda. Sisa gula reduksi pada akhir waktu inkubasi untuk sumber karbon glukosa, fruktosa, maltosa, dan laktosa berturut-turut adalah 0,780 mg/ml; 0,862 mg/ml; 0,876 mg/ml; dan 1,563 mg/ml. Konsumsi sumber karbon yang digunakan *S. marcescens* untuk pertumbuhan pada media yang mengandung glukosa, fruktosa, maltosa, dan laktosa berturut-turut adalah 4,220 mg/ml; 4,138 mg/ml; 4,124 mg/ml; dan 3,437 mg/ml.

Sumber karbon digunakan untuk pertumbuhan *S. marcescens* pada fase eksponensial. Konsumsi nutrisi pada fase



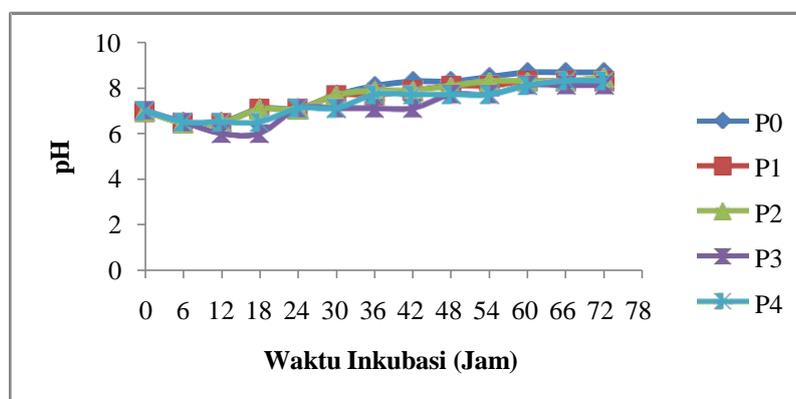
Gambar 2. Sisa gula reduksi *S. marcescens* pada medium dengan sumber karbon yang berbeda. (P0) = NB (Kontrol); (P1) = NB + 0,5% Glukosa; (P2) = NB + 0,5% Fruktosa; (P3) = NB + 0,5% Maltosa; (P4) = NB + 0,5% Laktosa.

eksponensial sangat besar bagi pertumbuhan dan aktivitas metabolisme sel pada *S. marcescens*. Hal ini sesuai dengan pendapat Setyati *et al.* (2015), bahwa pada fase eksponensial, kebutuhan energi lebih tinggi dibandingkan fase lag (adaptasi), atau fase stationer, sehingga konsumsi nutrisi juga semakin besar. Sisa gula reduksi menunjukkan bahwa sumber karbon dalam penelitian ini tetap digunakan dan akan berkurang seiring dengan pertumbuhan *S. marcescens*. Namun, sumber karbon tersebut tidak dapat memberikan efek yang maksimal bagi pertumbuhan *S. marcescens*. Hal ini dikarenakan sumber nutrisi dalam medium pertumbuhan *S. marcescens* sudah berlebih dari nilai kritisnya, sehingga penambahan

sumber karbon tidak memberikan efek yang maksimal bagi pertumbuhan *S. marcescens* atau bahkan dapat menghambat pertumbuhannya (Pirt, 1975; Young, 1985).

Pengukuran pH Medium Pertumbuhan *S. marcescens*

Pertumbuhan *S. marcescens* selain ditentukan oleh sumber karbon, juga ditentukan oleh pH. Derajat keasaman yang optimal akan menghasilkan pertumbuhan yang optimal pula. Berdasarkan Gambar 3., pH akhir pada semua perlakuan tergolong basa, karena menunjukkan nilai pH lebih dari 8. Kondisi basa tersebut disebabkan karena



Gambar 3. Derajat keasaman medium pertumbuhan *S. marcescens* pada sumber karbon yang berbeda. (P0) = NB (Kontrol); (P1) = NB + 0,5% Glukosa; (P2) = NB + 0,5% Fruktosa; (P3) = NB + 0,5% Maltosa; (P4) = NB + 0,5% Laktosa.

adanya pertumbuhan sel bakteri (Zilberstain *et al.*, 1984). Dalam kondisi basa, bakteri *S. marcescens* dapat meningkatkan ekspresi kation monovalen atau proton antiporter dalam sitoplasmanya dan meningkatkan aktivitas ATP sintetase untuk mengikat H^+ masuk ke jalur pembentukan ATP. Hal ini dilakukan bakteri *S. marcescens* sehingga bakteri tetap dapat bertahan dalam kondisi basa hingga nutrisi dalam medium habis (Padan *et al.*, 2005).

Produksi Pigmen Merah oleh *Serratia marcescens*

Berdasarkan Gambar 4., rata-rata kandungan pigmen merah *S. marcescens* pada semua perlakuan selama waktu inkubasi 72 jam menghasilkan nilai dengan kisaran antara 0,055-0,451 mg/L, dengan rata-rata kandungan pigmen merah tertinggi pada perlakuan P4 (0,451 mg/L) yang dicapai pada waktu inkubasi 24 jam.

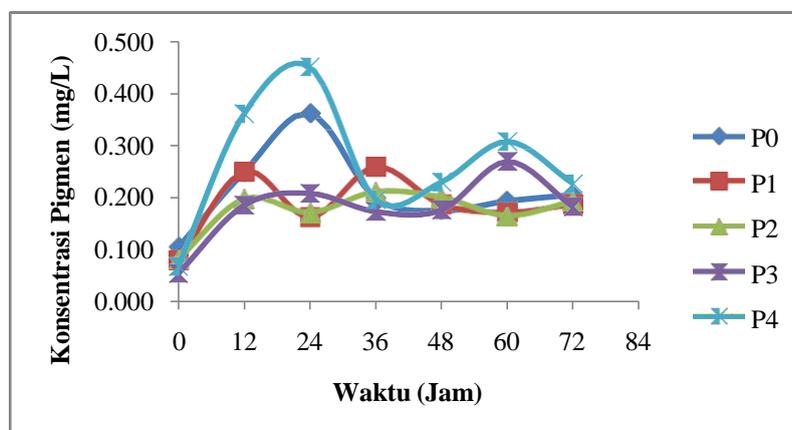
Berdasarkan Gambar 4., pigmen merah mulai diproduksi saat sel bakteri *S. marcescens* masih berada pada fase eksponensial. Hal ini dikarenakan pada fase eksponensial, sel bakteri sudah banyak berkembang dalam kondisi pertumbuhan yang sesuai. Keadaan ini akan mengaktifkan ekspresi gen pigmen merah, sehingga pigmen dapat mulai dihasilkan. Pigmen dapat diekspresikan dalam beberapa kondisi, yaitu

ketika *S. marcescens* sudah mencapai densitas sel yang tinggi dan ketika *S. marcescens* sudah dalam kondisi lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhannya (Khanafari *et al.*, 2006).

Perlakuan P0 dan P4 menghasilkan pigmen tertinggi pada waktu inkubasi 24 jam, sedangkan P1 dan P2 menghasilkan pigmen tertinggi pada waktu inkubasi 36 jam. P3 baru menghasilkan pigmen tertinggi pada waktu inkubasi 60 jam dan P4 kembali menghasilkan pigmen dengan jumlah yang tinggi pada waktu inkubasi 60 jam. Produksi pigmen pada perlakuan P0, P1, dan P2 relatif menurun setelah waktu inkubasi 36 jam.

Rata-rata kandungan pigmen merah *S. marcescens* akan dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji Duncan jika hasil analisis sidik ragamnya menunjukkan perbedaan sangat nyata. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sumber karbon yang maksimal untuk produksi pigmen merah adalah laktosa yang terkandung dalam perlakuan P4.

Perlakuan P4 yang mengandung sumber karbon laktosa memiliki rata-rata produksi pigmen tertinggi pada waktu inkubasi 24 jam. Menurut Giri *et al.*, (2004), sumber karbon memiliki peran penting untuk produksi pigmen. Penambahan laktosa atau maltosa akan meningkatkan konsentrasi pigmen, namun penambahan glukosa akan menghambat



Gambar 4. Produksi pigmen merah *S. marcescens* pada medium dengan sumber karbon yang berbeda. (P0) = NB (Kontrol); (P1) = NB + 0,5% Glukosa; (P2) = NB + 0,5% Fruktosa; (P3) = NB + 0,5% Maltosa; (P4) = NB + 0,5% Laktosa.

produksi pigmen. Gargallo *et al.*, (1987) menjelaskan bahwa pada medium yang mengandung glukosa, *S. marcescens* akan menghasilkan glukosa-6-phosphat dehidrogenase alloenzim yang akan menghambat produksi pigmen.

Konsumsi glukosa yang tinggi pada waktu inkubasi 6 jam sampai 12 jam menyebabkan pH medium pertumbuhan menjadi asam. Asam tersebut merupakan asam organik hasil metabolisme *S. marcescens*. Glukosa yang digunakan dalam penelitian ini lebih cepat menghasilkan asam karena tingginya konsumsi glukosa oleh *S. marcescens*. Menurut Solé *et al.* (2000), karbohidrat yang lebih cepat menghasilkan asam pada medium pertumbuhan, tidak dapat digunakan untuk mempelajari pengaruh karbohidrat dalam menghasilkan pigmen. Solé *et al.* (1997) juga menjelaskan bahwa pemberian glukosa akan mengganggu proses sintesis pigmen. Faktor inilah yang juga mengakibatkan konsentrasi pigmen pada medium yang mengandung glukosa tidak terlalu maksimal jika dibandingkan dengan medium yang mengandung laktosa.

Pigmen sudah mulai sedikit dihasilkan ketika pertumbuhan mencapai waktu inkubasi 48 jam sampai 72 jam. Hal ini dikarenakan pada rentang waktu tersebut, pH medium pertumbuhan *S. marcescens* sudah menunjukkan kondisi basa dengan nilai pH sebesar 7,7-8,7. Penelitian yang dilakukan oleh Sundaramoorthy *et al.* (2009) menjelaskan bahwa pertumbuhan pigmen terbaik berada pada pH 7. Shaikh (2016) juga menjelaskan bahwa pertumbuhan pigmen terbaik terdapat pada medium pertumbuhan dengan nilai pH tidak lebih dari 7,5.

Pigmen pada perlakuan P3 dan P4 meningkat pada waktu inkubasi 60 jam. Hal ini dapat dimungkinkan karena adanya gula yang telah terhidrolisis masuk ke dalam jalur biosintesis asam mevalonat. *S. marcescens* memiliki kemampuan untuk membentuk enzim maltase dan laktase

yang mampu memecah maltosa dan laktosa (Shaikh, 2016). Pembentukan enzim maltase dan laktase saat proses glikolisis menyebabkan gula yang sudah terhidrolisis akan masuk ke dalam jalur asam mevalonat yang akan merangsang pembentukan pigmen merah (Rahayu, 2004).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sumber karbon tidak berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan *S. marcescens*. Sumber karbon terbaik untuk menghasilkan produksi pigmen merah oleh *S. marcescens* adalah laktosa dengan konsentrasi pigmen sebesar 0,451 mg/L yang dicapai pada waktu inkubasi 24 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Dufosse, L. 2009. Pigments, Microbial. *Encyclopedia Microbiol.* 4: 457-471.
- Fardiaz, S. 1987. *Fisiologi Fermentasi*. Pusat Antar Universitas IPB. Bogor.
- Gargallo, D., Loren, J. G., Guinea, J. 1987. Glucose-6phosphat Dehydrogenase Alloenzymes and Their Relationship to Pigmentation in *Serratia marcescens*. *Appl Environ Microbiol.* 53: 1983-1986.
- Giri, A. V., Anandkumar, N., Muthukumar, G., & Pennathur, G. 2004. A Vovel Medium for The Enhanced Cell Growth and Production of Prodigiosin from *Serratia marcescens* Isolated from Soil. *Research Article BMC Microbiology.* 4(11): 1-10.
- Hussein, Y. K. & Hyup, F. 2014. Isolation, Identification and Characterization of Thermo-tolerant Bacteria from Hot-Spring that can degrade Halogenated Compounds. *International Journal of Engineering Sciences*

- & *Research Technology*. 3(11): 162-166.
- Ibrahim, R. F., Fauzi, A., & Suryadarma. 2005. The Progress of Geothermal Energy Resources Activities in Indonesia. *Proceedings World Geothermal Congress*. Antalya, Turkey: 1-7.
- Jeffrey, L., DeCesaro, D., Le, S., & Miller, C. 2012. Growth Characteristic and Membrane Retention Profile of *S. marcescens* as a Model for Aqueous Solution Filtration. *American Pharmaceutical Review* <http://www.americanpharmaceuticalreview.com/Featured-Articles/118497-Growth-Characteristics-and-Membrane-Retention-Profile-of-S-marcescens-as-a-Model-for-Aqueous-Solution-Filtration/>. Diakses pada 5 Juni 2017.
- Khanafari, A., Assadi, M. M., & Fakhr, F. A. 2006. Review of Prodigiosin, Pigmentation in *Serratia marcescens*. *Online Journal of Biological Sciences*. 6(1): 1-13.
- Kim, D., Chung, S., Lee, S., & Choi, J. 2012. Relation of Microbial Biomass to Counting Units for *Pseudomonas aeruginosa*. *African Journal of Microbiology Research*. 6(21): 4620-4622.
- Kurbanoglu, E. B., Ozdal, M., Ozdal, O. G., Algur, O. F. 2015. Enhanced Production of Prodigiosin by *Serratia marcescens* MO-1 Using Ram Horn Peptone. *Brazilian Journal of Microbiology*. 46(2): 631-637.
- Kushwaha, K., Saini, A., Saraswat, P., Agarwal, M., & Saxena, J. 2014. Review Article-Colorful World of Microbes: Carotenoids and Their Applications. *Hindawi Publishing Corporation Advances in Biology*, Article ID 837891, 13.
- Mago, O. Y. T. 2015. Optimasi Biokonversi Kitin dari Cangkang Udang Menggunakan Bakteri Kitinolitik dari Sumber Air Panas Gedong Songo, Bandungan, Kabupaten Semarang. *Tesis*. UNDIP. Semarang.
- Mahmoud, S. T., Luti, K. J. K., & Yonis, R. W. 2015. Enhancement of prodigiosin production by *Serratia marcescens* S23 via introducing microbial elicitor cells into culture medium. *Iraqi Journal of Science*. 56(3A): 1938-1951.
- Padan, E., Bibi, E., Ito, M., & Krulwich, T. A. 2005. Alkaline pH Homeostasis in Bacteria: New Insights. *Review Biochimica et Biophysica Acta 1717*: 67-88.
- Pirt, S. J. 1975. *Principles of Microbe and Cell Cultivation*. Blackwell Scientific Publication. London.
- Rahayu, E. J. 2004. Pertumbuhan dan Produksi Pigmen Karotenoid oleh Khamir *Rhodotorula mucilaginosa* UICC Y-18 pada Medium Standar dengan Sumber Karbon yang Berbeda. *Skripsi*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Raj, D. N., Dhanasekaran, D., Thajuddin, N., & Panneerselvam, A. 2009. Production of Prodigiosin from *Serratia marcescens* and Its Cytotoxicity Activity. *J. Pharma Res*. 2: 590-593.
- Santos, A. M. P and F. Maugeri. 2007. Synthesis of Fructooligosaccharides from Sucrose Using Inulinase from *Kluyveromyces marxianus*. *J. Food Technol and Biotechnol*. Vol 45 (2):181-189.
- Setyati, W. A., Martani, E., Triyanto, Subagiyo, & Zainuddin, M. 2015. Kinetika Pertumbuhan dan Aktivitas Protease Isolat 36k dari Sedimen Ekosistem Mangrove, Karimunjawa, Jepara. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 20(3): 163-169.
- Shaikh, Z. 2016. Biosynthesis of Prodigiosin and Its Applications.

- Journal of Pharmacy and Biological Sciences*. 11(6): 01-28.
- Solé, M., Francia A., Rius, N., & Lorén, J. G. 1997. The Role of pH in The "Glucose Effect" on Prodigiosin Production by Non-proliferating Cells of *Serratia marcescens*. *Lett Appl Microbiol*. 25: 81–84.
- Solé, M., Rius, N., & Lorén, J. G. 2000. Rapid Extracellular Acidification Induced by Glucose Metabolism in Non-proliferating Cells of *Serratia marcescens*. *Internatl Microbiol*. 3: 39-43.
- Sujarweni, V. W. 2015. *SPSS untuk Penelitian*. Pustaka Baru Press. Yogyakarta.
- Sundaramoorthy, N., Yogesh, P., & Dhandapani, R. 2009. Production of prodigiosin from *Serratia marcescens* isolated from soil. *Indian Journal of Science and Technology*. 2(10): 32-34.
- Tibor, C. 2007. Liquid Chromatography of Natural Pigments and Synthetic Dyes. *Journal of Chromatography library*. 71: 1-591.
- Willey, J. M., Sherwood, L. M., & Woolferton, C. J., 2008. *Prescott, Harley, and Klein's Microbiology*, Seventh Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Williamson, N. R., Fineran, P. C., Cristwood, S. R., Chawral, S. R., Leeper, F. J., & Salmond, G. P. C. 2007. Anticancer and Immunosuppressive Properties of Bacterial Prodigionines. *Future Microbial*. 2: 605-618.
- Young, M. M. 1985. The Principles, Application and Regulation of Biotechnology in Industry, Agriculture and Medicine. *Comprehensive Biotechnology*. 1: 189-213.
- Zilberstein, D., Agmon, V., Schuldiner, S., & Padan, E. 1984. *Escherichia coli* Intracellular pH, Membrane Potential, and Cell Growth. *J. Bacteriol*. 158: 246 – 252.