

Biodegradasi Senyawa Hidrokarbon Oleh Strain *Bacillus cereus*(VIC) Pada Kondisi Salinitas Yang Berbeda

Biodegradation of Hydrocarbons by *Bacillus cereus* (VIC) Strain in the Different Salinity Conditions

**Reza Auliarahman Bhaktinagara, Agung Suprihadi, Budi Raharjo**  
Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Universitas Diponegoro Semarang

**Abstrak**

*Bacillus cereus* telah diketahui sebagai mikroba hidrokarbonoklastik yang dapat mendegradasi senyawa hidrokarbon dalam kondisi lingkungan non-salin dan beberapa sering ditemukan pada lingkungan dengan kondisi salinitas tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan strain *Bacillus cereus* (VIC) yang diisolasi dari lingkungan non-salin untuk mendegradasi senyawa hidrokarbon dalam minyak mentah pada kondisi salinitas yang berbeda. *Bacillus cereus* (VIC) diinokulasikan dalam medium terkontaminasi minyak mentah dengan kadar salinitas 0,3‰, 9,4‰, dan 19,6‰ dan diinkubasi selama 15 hari. Penentuan jumlah mikroba menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) serta penentuan persentase *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) menggunakan metode gravimetri setiap 5 hari. Hasil penentuan jumlah mikroba menunjukkan bahwa *Bacillus cereus* (VIC) memiliki rentang toleransi terhadap salinitas hingga kadar 19,6‰ karena mampu tumbuh mencapai kerapatan  $6,9 \times 10^6$  CFU/ml pada hari ke-15. *Bacillus cereus* (VIC) juga mampu mendegradasi hidrokarbon dalam polutan minyak mentah yang ditunjukkan dengan persentase TPH terdegradasi dalam medium hingga 21% selama masa inkubasi 15 hari pada medium dengan kadar salinitas 19,6‰. Biodegradasi menggunakan *Bacillus cereus* (VIC) mampu meningkatkan degradasi TPH dalam medium hingga 19,8% dibandingkan degradasi TPH akibat *weathering*.

Kata Kunci: Biodegradasi, *Bacillus cereus* (VIC), Total Petroleum Hydrocarbon (TPH), Salinitas

*Bacillus cereus* has been noted as hydrocarbonoclastic microbe that has ability to degrade hydrocarbons in non-saline conditions and some often to be found on high salinity environment conditions. The purpose of this research is to determine the ability of strains *Bacillus cereus* (VIC) were isolated from non-saline environment to degrade hydrocarbons in crude oil on the different salinity condition. *Bacillus cereus* (VIC) was inoculated on the medium that has contaminated by crude oil with salinity level of 0,3‰, 9,4‰, dan 19,6‰ and incubated for 15 days. Determination of microbial growth is by using Total Plate Count (TPC) method along with determination of Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) percentage using gravimetry method for every 5 day. The determination of microbial growth showed that *Bacillus cereus* (VIC) has the tolerance for salinity level up to 19,6‰ because it is able to grow to a density of  $6.9 \times 10^6$  CFU/ml on the 15th day. *Bacillus cereus* (VIC) is also able to degrades hydrocarbons on crude oil pollutants that indicated from degradation of TPH percentage in the medium up to 21% during 15 days incubation period on the medium with salinity level of 19,6‰. Biodegradation using *Bacillus cereus* (VIC) can increase TPH degradation on the medium up to 19,8% than TPH degradation because of *weathering*.

Keywords: Biodegradation, *Bacillus cereus*(VIC), Total Petroleum Hydrocarbon (TPH), Salinity.

## I. PENDAHULUAN

Permasalahan pencemaran minyak mentah dapat terjadi akibat kegiatan eksplorasi dan eksploitasi pengelolaan minyak bumi. Proses eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi dapat dilakukan di daerah daratan dan di daerah yang terletak di wilayah pesisir maupun laut lepas (LIPI, 2013). Salah satu upaya untuk mengatasi pencemaran minyak bumi adalah dilakukan proses pemulihan lingkungan dengan menggunakan teknik bioremediasi (Citroekso, 1996). Teknik bioremediasi telah dilakukan untuk penguraian polutan minyak dengan menggunakan mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon yang ditemukan di situs tercemar maupun mikroorganisme yang diintroduksi ke wilayah tercemar (Komarawidjaja dan Lysiasuti, 2009).

Lasari (2010) menyatakan bahwa bakteri yang mampu mendegradasi senyawa yang terdapat di dalam hidrokarbon minyak bumi disebut bakteri hidrokarbonoklastik. Bakteri ini mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon dengan memanfaatkan senyawa tersebut sebagai sumber karbon dan energi yang diperlukan bagi pertumbuhannya.

Secara umum, *Bacillus* sp. telah diidentifikasi sebagai pendegradasi petroleum hidrokarbon (Ghazaliet al., 2004) dan juga sebagai pendegradasi senyawa naphthalene dan pyrene (Ron dan Rosenberg, 2001). Penelitian yang telah dilakukan oleh Bujanget al. (2013), diketahui bahwa *Bacillus cereus* mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon pada limbah air tawar yang tercemar minyak hingga 5% - 91% dengan masa inkubasi 5 hari pada suhu 30°C.

Menurut Tajkarimi (2012), pada umumnya *Bacillus cereus* mampu bertahan dalam lingkungan dengan kadar NaCl paling banyak 7,5% dan beberapa toleran hingga kadar NaCl sampai 10%. Beberapa

kasus penemuan *Bacillus cereus* pada lingkungan dengan kadar salinitas tinggi antara lain adalah teridentifikasinya strain *Bacillus cereus* DSD32 pada zona litoral laut mati di Yordania yang memiliki kadar garam hingga 38% (Jacob, 2012), strain *Bacillus cereus* MS6 yang diisolasi dari air limbah industri kertas memiliki kemampuan untuk hidup dalam medium cair dengan kadar garam berkisar antara 1% - 25% (Al-Zazaeet al., 2011), serta strain *Bacillus cereus* (VIC) yang mampu tumbuh dengan baik dalam medium cair yang mengandung kadar Air Laut Sintetik (ALS) sebanyak 10% dan 25% (Bhaktinagara, 2015).

Penelitian sebelumnya untuk membandingkan kemampuan antara 3 strain *Bacillus cereus* yaitu *Bacillus cereus*(EL), *Bacillus cereus*(MAR), *Bacillus cereus*(VIC) untuk tumbuh pada lingkungan bersalinitas tinggi sekaligus mendegradasi polutan minyak yang telah dilakukan oleh Bhaktinagara (2015), menunjukkan hasil bahwa *Bacillus cereus* (VIC) memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon dibanding dua strain lainnya yang dapat ditunjukkan dengan kandungan CO<sub>2</sub> terlarut pada tiap medium.

Penelitian kali ini akan dilakukan analisis kuantitatif dengan menguji pertumbuhan strain *Bacillus cereus* (VIC) dan kemampuan degradasi senyawa hidrokarbon yang dipantau dalam jangka waktu tertentu pada kadar salinitas yang berbeda-beda untuk mengetahui lebih lanjut tentang kemampuan strain *Bacillus cereus* (VIC) untuk mendegradasi senyawa hidrokarbon dalam minyak mentah.

## II. BAHAN DAN CARA KERJA

### Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah erlenmeyersteril, mikropipet 100 µl, mikroskop cahaya, penghitung koloni, inkubator, laminar, cawan petri steril, tabung reaksi steril, gelas ukur steril, corong pisah, autoklaf, penangas air, salinometer, neraca analitik, pembakar bunsen, termometer, ose datar, dan kamera digital.

## Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades steril, air laut sintetik (ALS) steril, medium *nutrientbroth* (NB), medium *nutrient agar* (NA), minyak mentah, Pupuk Urea N 46%, NPK Rasio 18:18:18, isolat strain *Bacillus cereus* (VIC) koleksi BTL – BPPT, n-heksan, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

## Cara Kerja

### 1. .... penyiapan Medium

*NutrientBroth* (NB) dibuat dengan melarutkan 0,96 gr bubuk NB ke dalam 120 ml aquades kemudian disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit.

Medium adaptasi tahap pertama dibuat dengan melarutkan 0,64 gr bubuk NB ke dalam 80 ml larutan aquades dengan 2% Air Laut Sintetik (ALS). Medium adaptasi tahap kedua dibuat dengan melarutkan 0,64 gr bubuk NB ke dalam 80 ml larutan aquades dengan 10% ALS kemudian disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Menurut Kuncoro (2004), pembuatan ALS dilakukan dengan melarutkan senyawa-senyawa garam berupa NaCl sebanyak 24 g, MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O sebanyak 8 g, KCl sebanyak 0,7 g, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O sebanyak 0,37 g, NaNO<sub>3</sub> sebanyak 0,1 g, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O sebanyak 0,005 g, NaHCO<sub>3</sub> sebanyak 0,168 kedalam 1000 ml aquades.

Medium untuk uji disiapkan dengan membuat larutan aquades dan ALS sebanyak 0% (tanpa penambahan ALS), 25%, dan 50% dan penambahanpupuk Urea dan NPK dalam medium dengan perbandingan C:N:P = 20:5:1 (Najmiyati dan Akhadi, 2012). Larutan medium diukur kadar salinitasnya menggunakan salinometer dan diketahui bahwa Larutan dengan kadar ALS 0% memiliki salinitas 0,3‰, ALS 25% memiliki salinitas 9,4‰, dan ALS 50% memiliki salinitas 19,6‰. Medium kemudian dibagi ke dalam tabung erlenmeyer sejumlah perlakuan dan pengulangan yang dilakukan sebanyak 36 ml dan ditambahkan minyak mentah sebanyak 4 ml hingga mencapai 40 ml kemudian disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit.

Medium enumerasi berupa *Nutrient Agar* (NA) dibuat dengan melarutkan 4,6 gr bubuk NA ke dalam 200 ml aquades tiap kali akan dilakukan enumerasi mikroba kemudian disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit.

### 2. .... peremajaan Adaptasi *Bacillus cereus*(VIC)

Peremajaan strain *Bacillus cereus* (VIC) dilakukan dengan menginokulasi isolat *Bacillus cereus* (VIC) ke dalam medium *nutrientbroth* dalam tabung erlenmeyer 100 ml, dan diinkubasi menggunakan *rotaryshaker* selama 1 x 24 jam pada suhu ruangan

Adaptasi *Bacillus cereus* (VIC) dilakukan dengan mengambil 1 ml kultur hasil peremajaan dan dipindahkan ke dalam erlenmeyer berisi 50 ml medium NB dengan kandungan ALS 2% untuk diinkubasi selama 2 x 24 jam. Langkah selanjutnya adalah mengambil 1 ml kultur hasil inkubasi pada medium NB dengan kandungan ALS 2% dan dipindahkan ke dalam 50 ml medium NB dengan

kandungan ALS 10% untuk diinkubasi selama 2 x 24 jam. Inokulum pada medium NM dengan kadar 10% ALS ini yang akan menjadi *starter* dan akan dilakukan perhitungan kerapatannya.

### 3. .... **inokulasi Kultur *Bacillus cereus* (VIC)**

0,5 ml medium NB dengan kadar ALS 10% yang mengandung strain *Bacillus cereus* (VIC) diinokulasikan ke dalam medium uji yang memiliki kadar salinitas berbeda dan tercemar minyak mentah. Medium kontrol diambil dari medium berkadar salinitas 19,6‰ yang tidak diinokulasikan untuk digunakan sebagai pembanding kondisi bioremediasi dan tanpa bioremediasi.

### 4. .... **inkubasi**

Proses inkubasi menggunakan *rotary shaker* dilakukan setelah semua proses inokulasi selesai. Proses inkubasi dilakukan selama 15 hari dalam suhu ruangan dengan kecepatan rotasi 200 rpm.

### 5. .... **enumerasi *Bacillus cereus* (VIC)**

Enumerasi *Bacillus cereus* (VIC) dilakukan setiap 5 hari sekali dimulai dari awal inokulasi hingga inkubasi hari ke-15. Pengenceran dilakukan sampai tingkat  $10^{-6}$  dari 0,1 ml suspensi yang diambil dari medium yang diinkubasi. Selanjutnya disiapkan cawan petri yang telah diisi medium NA untuk tahap inokulasi selanjutnya. 0,1 ml hasil pengenceran  $10^{-2}$ ,  $10^{-4}$ , dan  $10^{-6}$  diteteskan di atas medium NA dan disebarkan menggunakan ose datar. Cawan petri yang telah diinokulasi kemudian diinkubasi pada suhu 30°C selama 24 jam dan dihitung jumlah koloni yang tumbuh. Penentuan jumlah mikroba (CFU/ml) didapat dari hasil pengamatan

jumlah koloni dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{CFU}{ml} = \frac{\text{Jumlah koloni per cawan} \times \text{faktor pengenceran}}{\text{volume inokulasi (ml)}}$$

Di mana:

$$\text{faktor pengenceran} = \frac{I}{\text{tingkat pengenceran}}$$

### 6. .... **pengukuran Persentase TPH**

Analisis TPH dengan metode gravimetri dapat dilakukan dengan cara sampel medium campuran ALS yang terkontaminasi sebanyak 10 ml ditambahkan 15 ml n-heksan hasil pemurnian dengan destilasi bertingkat pada suhu 60°C, kemudian dikocok selama 5 menit lalu didiamkan sampai n-heksan terpisah. Terdapat 3 lapisan yaitu minyak solar, n-heksan dan air. Air dibuang, lapisan minyak solar dan n-heksan disaring dengan kertas saring yang telah diolesi 0,5g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ke dalam erlenmeyer 100 ml yang telah ditimbang. Erlenmeyer dipanaskan pada suhu 60°C (sesuai dengan titik didih n-heksan) sampai n-heksan dan air habis menguap sehingga hanya tersisa minyak. Erlenmeyer diangkat dan didiamkan sampai dingin lalu ditimbang dan dicatat beratnya.

Perhitungan % TPH menggunakan persamaan berikut:

$$\%TPH = \frac{\text{Berat residu}}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. .... **pertumbuhan *Bacillus cereus* (VIC)**

Pengamatan pertumbuhan *Bacillus cereus* (VIC) dalam medium uji selama masa inkubasi 15 hari dan enumerasi setiap 5 hari sekali dimulai dari hari pertama inokulasi dengan kerapatan *starter Bacillus cereus* (VIC) sebesar 1,2 x

$10^7$  CFU/ml menunjukkan hasil seperti yang terdapat pada Tabel 1.

Kerapatan tertinggi pada pengamatan hari terakhir terdapat pada medium dengan kadar salinitas 0,3‰ yang menunjukkan nilai  $8 \times 10^6$  CFU/ml. Kerapatan pada medium dengan kadar salinitas 9,4 ‰, dan 19,6 ‰ juga menunjukkan nilai  $10^6$  CFU/ml dimana lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah kerapatan *starter* yang ditumbuhkan dalam medium NB dengan kadar ALS 10% selama 2 x 24 jam yaitu sebesar  $1,2 \times 10^7$  CFU/ml. Data yang terdapat pada Tabel 1 kemudian diubah ke dalam bentuk diagram batang log pertumbuhan *Bacillus cereus* (VIC) pada medium dengan kadar salinitas yang berbeda selama masa inkubasi 15 hari seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Perbedaan yang dapat diamati dari pertumbuhan *Bacillus cereus* (VIC) pada ketiga kondisi salinitas medium yaitu lama waktu fase lag hingga memasuki fase eksponensial. *Bacillus cereus* (VIC) yang ditumbuhkan dalam medium dengan kadar salinitas 0,3‰ dapat lebih cepat memasuki fase eksponensial dibandingkan dengan isolat yang ditumbuhkan dalam medium dengan kadar salinitas 9,4 ‰ dan 19,6 ‰. Fase eksponensial *Bacillus cereus* (VIC) dalam medium dengan kadar salinitas 0,3‰ terjadi setelah pengamatan hari ke-5, sedangkan fase eksponensial *Bacillus cereus* (VIC) dalam medium dengan kadar salinitas 9,4 ‰ dan 19,6 ‰ terjadi setelah pengamatan hari ke-10.

Lamanya fase lag ini disebabkan kondisi medium yang sangat berbeda dari medium *starter*. Hidrokarbon dalam minyak mentah pada medium merupakan satu-satunya sumber karbon yang dapat dimanfaatkan oleh *Bacillus cereus* (VIC) begitu nutrisi dalam NB yang terdapat dalam inokulan habis sehingga *Bacillus cereus* (VIC) membutuhkan waktu untuk mensintesis enzim monooksigenase untuk mendegradasinya.

Fase adaptasi *Bacillus cereus* (VIC) dalam medium dengan kadar salinitas 9,4‰ dan 19,6 ‰ lebih lama dibandingkan dalam medium dengan kadar salinitas 0,3‰ dapat dikarenakan bukan hanya *Bacillus cereus* (VIC) harus beradaptasi dengan sumber nutrisi yang baru tetapi juga terjadi penekanan tingkat pertumbuhan akibat adanya tekanan osmosis yang disebabkan oleh peningkatan kadar garam dibandingkan medium asalnya.

Hamdiyati (2013) menyatakan bahwa lamanya fase adaptasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya:

- Kondisi medium dan lingkungan pertumbuhan, dimana jika medium dan lingkungan pertumbuhan sama seperti medium dan lingkungan sebelumnya, mungkin tidak diperlukan waktu adaptasi. Tetapi jika nutrisi yang tersedia dan kondisi lingkungan yang baru berbeda dengan sebelumnya, diperlukan waktu penyesuaian untuk mensintesis enzim-enzim
- Jumlah inokulum, dimana jumlah awal sel yang semakin tinggi akan mempercepat fase adaptasi.

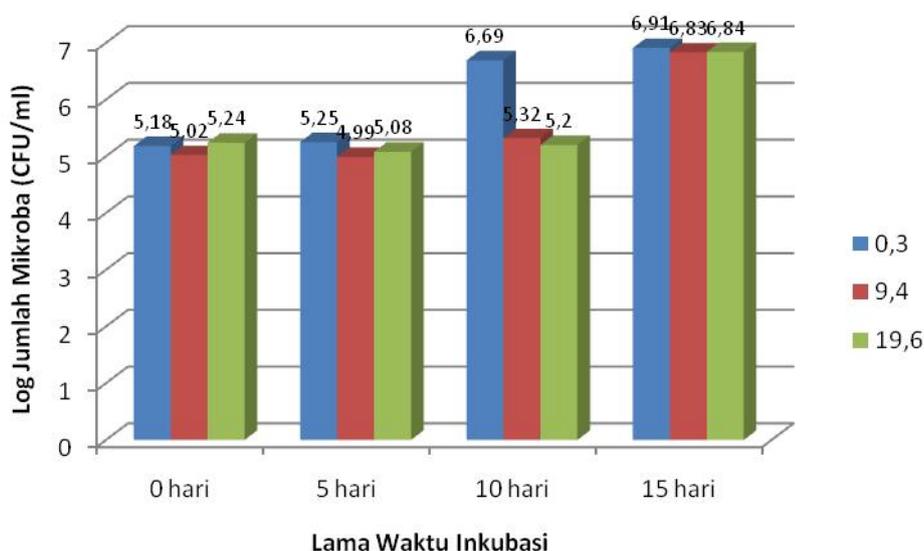
Nilai kerapatan *Bacillus cereus* (VIC) tertinggi pada medium uji hingga masa inkubasi 15 hari yang mencapai  $10^6$  CFU/ml menunjukkan nilai yang lebih rendah dari kerapatan *starter* dengan masa inkubasi 2 x 24 jam yang dapat disimpulkan bahwa kondisi medium uji tidak cocok untuk menunjang pertumbuhan *Bacillus cereus* (VIC) secara optimal. Kondisi awal medium uji yang sangat berbeda dengan medium peremajaan dan adaptasi mengakibatkan fase lag yang lama karena *Bacillus cereus* (VIC) harus mensintesis enzim baru yang sesuai dengan kondisi nutrisi yang baru serta beradaptasi dengan perubahan fisik dan kimia pada medium yang baru. Namun demikian, walaupun terdapat perbedaan lama waktu fase lag dan nilai kerapatan yang tidak sebanyak *starter*, peningkatan jumlah kerapatan sel pada pengamatan hari ke-15 dalam ketiga medium dengan kadar

salinitas berbeda menunjukkan bahwa *Bacillus cereus* (VIC) memiliki rentang toleransi terhadap perubahan salinitas hingga kadar 19,6‰ dan selama

ketersediaan nutrisi dalam medium masih mencukupi maka terdapat kemungkinan fase pertumbuhan *Bacillus cereus* (VIC) akan terus berlanjut.

**Tabel 1.** Jumlah Sel *Bacillus cereus* (VIC) dalam Medium Uji

Salinitas (‰)	CFU/ml	Masa Inkubasi (hari)			
		0	5	10	15
0,3		$1,5 \times 10^5$	$1,8 \times 10^5$	$4,9 \times 10^6$	$8 \times 10^6$
9,4		$1 \times 10^5$	$9 \times 10^4$	$2,1 \times 10^5$	$6,8 \times 10^6$
19,6		$1,7 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	$6,9 \times 10^6$



**Gambar 1.** Diagram batang pertumbuhan *Bacillus cereus* (VIC) dalam medium uji selama masa inkubasi 15 hari

## 2. .... iodegradasi Hidrokarbon

Penentuan persentase *Total Petroleum Hidrokarbon* (TPH) pada medium uji selama masa inkubasi 15 hari menunjukkan hasil seperti yang terlihat pada Gambar 2 dimana terjadi penurunan kadar TPH di semua sampel medium uji pada medium yang diinokulasikan *Bacillus cereus* (VIC) maupun pada kontrol.

Menurut Lasari (2010), hidrokarbon dalam minyak mentah akan digunakan sebagai sumber karbon dan energi oleh mikroba hidrokarbonoklastik yang diperlukan bagi pertumbuhannya. Seiring dengan masa adaptasinya di medium yang

baru, *Bacillus cereus* (VIC) akan mensintesis enzim monooksigenase untuk mendegradasi hidrokarbon dalam minyak mentah menjadi alkohol yang akan diubah kembali menjadi asam asetat dan asam karboksilat (Kim dan Gadd, 2008), yang akan digunakan dalam aktivitas metabolisme untuk dapat bertahan hidup dan mengakibatkan persentase TPH dalam medium uji terus menurun hingga hari ke-15 masa inkubasi.

Gambar 3 menunjukkan persentase TPH terdegradasi yang terjadi selama waktu inkubasi pada tiap medium uji yang dapat diketahui dari selisih antara persentase TPH pada penentuan di awal inokulasi dengan penentuan persentase TPH pada hari-hari sesudahnya. *Bacillus*

*cereus* (VIC) mampu mendegradasi hidrokarbon pada polutan minyak mentah dalam medium dengan kadar salinitas 9,4‰ sebanyak 23,4% dan dalam medium dengan kadar salinitas 19,6‰ sebanyak 21% selama masa inkubasi 15 hari. Hidrokarbon dalam minyak mentah pada medium dengan kadar salinitas 0,3‰ menunjukkan degradasi sebanyak 24,9% dan pada medium kontrol tanpa terdapat mikroba terjadi degradasi TPH sebanyak 5,1%.

Terdapat perbedaan persentase TPH terdegradasi pada ketiga kondisi salinitas medium dimana pada hari ke-5 degradasi TPH dalam medium dengan kadar salinitas 9,4‰ dan 19,6‰ lebih tinggi dibanding degradasi TPH dalam medium dengan kadar salinitas 0,3‰, namun pada hari ke-10 dan ke-15 menunjukkan degradasi TPH dalam medium dengan kadar salinitas 0,3‰ lebih tinggi dibandingkan dalam medium dengan kadar salinitas 9,4‰ dan 19,6‰.

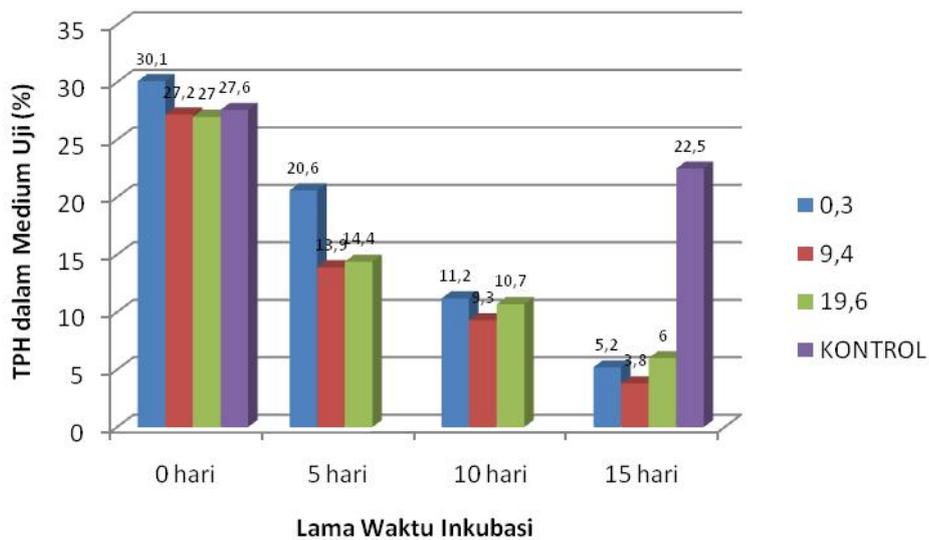
Menurut Margesin dan Schinner (2001), biodegradasi hidrokarbon pada lingkungan bersalinitas tinggi sangat dipengaruhi oleh penambahan nutrisi berupa nitrogen dan fosfor yang akan digunakan mikroba untuk hidup dan mensintesis enzim pendegradasi hidrokarbon selama fase lag. Nutrien yang dibutuhkan dan digunakan dalam aktivitas metabolisme selama fase lag menjadi lebih tinggi agar mikroba dapat bertahan hidup dan beradaptasi pada kondisi lingkungan yang ekstrim seperti peningkatan tekanan osmotik akibat penambahan kadar salinitas.

Fase lag yang dialami oleh *Bacillus cereus* (VIC) dalam medium dengan kadar salinitas 9,4‰ dan 19,6‰ pada hari ke-5 dan ke-10 (Gambar 1) dan persentase

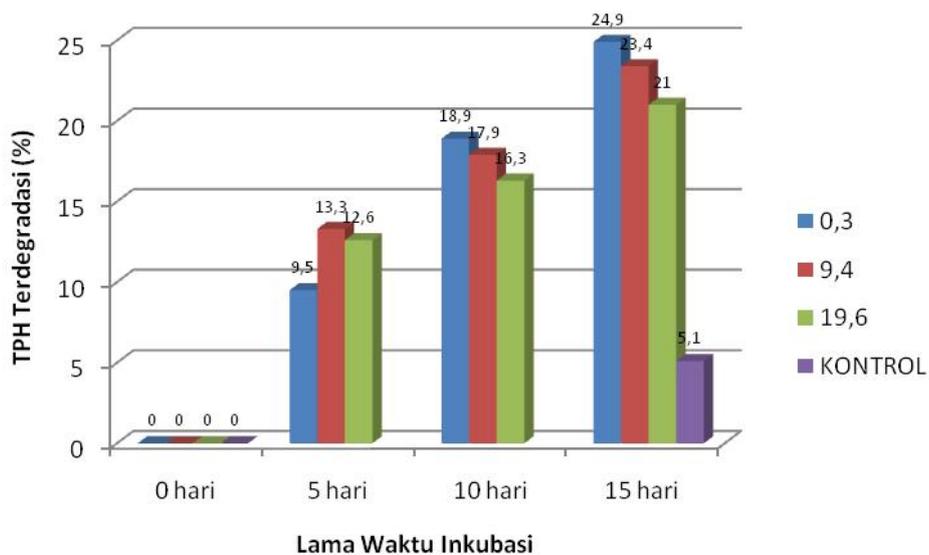
TPH terdegradasi pada hari yang sama (Gambar 3) menunjukkan bahwa biodegradasi hidrokarbon oleh *Bacillus cereus* (VIC) tetap terjadi selama masa adaptasi mikroba dalam kondisi medium yang baru. Walaupun kondisi medium tidak mendukung untuk pertumbuhan optimal *Bacillus cereus* (VIC) namun dikarenakan rentang toleransinya terhadap peningkatan kadar salinitas hingga 19,6‰ menyebabkan hidrokarbon dalam minyak mentah tetap terbiodegradasi karena digunakan sebagai sumber karbon oleh *Bacillus cereus* (VIC) agar dapat bertahan hidup selama fase lag bersamaan dengan pemanfaatan nutrisi lain yang telah ditambahkan ke dalam medium uji.

Degradasi hidrokarbon pada medium kontrol sebesar 5,1% selama masa inkubasi 15 hari menunjukkan bahwa degradasi hidrokarbon pada polutan minyak mentah dalam medium uji dapat terjadi tanpa proses bioremediasi oleh *Bacillus cereus* (VIC). Penurunan persentase TPH pada medium kontrol menunjukkan proses degradasi senyawa minyak mentah dapat terjadi secara fisik namun dengan hasil yang tidak signifikan. Penambahan mikroba dalam medium membuktikan bahwa mikroba, dalam hal ini *Bacillus cereus* (VIC) mampu meningkatkan degradasi senyawa polutan minyak mentah hingga 19,8% diikuti dengan penambahan nutrisi yang cukup.

Menurut ITOPF (2013). Salah satu proses perubahan fisik dan kimia yang terjadi pada minyak yang tumpah ke laut yang disebut *weathering* seperti dispersi, disolusi, emulsifikasi, dan oksidasi yang terjadi selama masa inkubasi. Emulsifikasi dalam medium pada penelitian ini dapat terjadi karena gelombang yang terbentuk saat inkubasi menggunakan *rotary shaker*.



**Gambar 2.** Diagram batang persentase TPH dalam medium uji selama masa inkubasi 15 hari



**Gambar 3.** Diagram batang persentase TPH terdegradasi selama masa inkubasi 15 hari

#### IV. KESIMPULAN

*Bacillus cereus* (VIC) menunjukkan kemampuan untuk dapat tumbuh dan mendegradasi senyawa hidrokarbon yang tidak jauh berbeda di ketiga medium dengan kondisi salinitas dengan kadar 0,3‰, 9,4‰, dan 19,6‰ selama masa inkubasi 15 hari. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *Bacillus cereus* (VIC) memiliki rentang toleransi salinitas hingga kadar 19,6‰. *Bacillus cereus* (VIC) juga

mampu mendegradasi hidrokarbon pada tiga kondisi salinitas yang berbeda dilihat dari persentase TPH terdegradasi selama waktu inkubasi 15 hari sebanyak 24,9% dalam medium dengan kadar salinitas 0,3‰, 23,4% dalam medium dengan kadar salinitas 9,4‰, dan 21% dalam medium dengan kadar salinitas 19,6‰. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Bacillus cereus* (VIC) mampu mendegradasi polutan minyak mentah pada lingkungan dengan kondisi salinitas hingga mencapai

19,6 % dan biodegradasi menggunakan *Bacillus cereus* (VIC) mampu meningkatkan degradasi hidrokarbon hingga 19,8% dibandingkan dengan degradasi hidrokarbon yang terjadi akibat *weathering*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Al-Zazae, M.A., Shivayogeeshwar N., Gurumurthy D.M, dan Rajeshwara A.N. 2011. *Identification, Characterization of Novel Halophilic Bacillus Cereus Ms6: a Source for Extra Cellular A-Amylase*. Journal of Environmental Biology 5(5): 992-999.
- Bhaktinagara, R.A. 2015. *Laporan Kerja Praktek; Kemampuan Strain Bacillus cereus dalam Mendegradasi Polutan Minyak Mentah pada Lingkungan Bersalinitas Tinggi*. Jurusan Biologi. FMS Universitas Diponegoro. Semarang
- Bujang, M., Ibrahim N.A., Rak A.E. 2013. *Biodegradation Of Oily Wastewater By Pure Culture Of Bacillus cereus*. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science 2(8): 108-115.
- Citrorekso, P. 1996. *Pengantar Bioremediasi: Prosiding Pelatihan dan Lokakarya "Peran Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan"*. LIPI – BPPT – HSF.Cibinong.
- Hamdiyati, Y. 2013. *Pertumbuhan dan Pengendalian Mikroorganisme 2*. Departemen Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan MIPA UPI. Bandung.
- ITOPF. *Weathering Process: Behavior of Oil at Sea*. The International Tanker Owner Pollution Federation Limited. [www.itopf.com](http://www.itopf.com). 18 November 2013.
- Jacob, J.H. 2012. *Classification of Halophilic Heterotrophic Bacteria Thriving in the Jordanian Dead Sea Littoral Zone*. Journal of Biological Sciences 12(4): 246-252.
- Kim, B.H. dan Gadd G.M. 2008. *Bacterial Physiology and Metabolism*. Cambridge University Press. New York.
- Komarawidjaja, W dan Lysiastuti, E. 2009. *Status Konsorsium Mikroba Lokal Pendegradasi Minyak*. Jurnal Teknologi Lingkungan–BPPT 3(10): 347-354.
- Lasari, D.P. 2010. *Bakteri, Pengolah Limbah Minyak Bumi yang Ramah*

- Lingkungan.*Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.[www.esdm.go.id](http://www.esdm.go.id). 18 November 2013.
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.*Uji Coba Teknik Bioremediasi di Pantai Berpasir Tercemar Minyak di Cilacap.*Arsip Kegiatan Penelitian Laboratorium dan Lapangan di Bidang Peneliti Ilmu Hayati (Biologi).[www.lipi.go.id](http://www.lipi.go.id). 23 November 2013.
- Margesin, R. dan Schinner, F. 2001. *Biodegradation dan Bioremediation of Hydrocarbons in Extreme Environments.*Journal of Applied Microbiology dan Biotechnology 56:650–663.
- Najmiyati, E. dan Akhadi D.H. 2012.*Viabilitas dan Kinerja Konsorsium Mikroba Pendegradasi Hidrokarbon Setelah Penyimpanan dalam Pendingin dan Penyimpanan Beku.*ECOLAB: Jurnal Kualitas Lingkungan Hidup. PUSARPEDAL-KLH 6(2): 81-89.
- Ron, E.Z. dan Rosenberg, E. 2001.*Natural Roles of Biosurfactants.* Environmental Microbiology Journal 3(4): 229-236.
- Tajkarimi, M. 2012. *Bacillus cereus.*Department of Biology University of North Carolina. Greensboro.