

Potensi Konsorsium Sampel Air Pelabuhan Kamal dan *Bittern* dalam Mendegradasi Solar

Harfatia Chandra Puspita Sari, Haryo Triajie*, Abdus Salam Junaedi

Departemen Kelautan dan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura
Jl. Raya Telang, PO BOX 2 Kamal, Bangkalan, Jawa Timur 69162 Indonesia
Email: haryotriajie@trunojoyo.ac.id

Abstract

Potential Consortium of Water Samples Kamal Harbor and *Bittern* in Degrading Diesel Fuel

Biodegradation is an alternative in overcoming oil pollution biologically. Utilization of bacteria obtained from contaminated (indigenous) areas is known to be more effective in the degradation process. This study aims to determine the characteristics of indigenous bacteria that have been isolated from Kamal harbor water samples, and the consortium will be compared with the consortium of bacteria isolated from salt waste water (*bittern*) samples to determine their ability to degrade diesel pollutants. The method used in this research is the enrichment method, to obtain bacterial isolates. The consortium was treated with solar concentrations of 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, and 3%. The results showed that 4 types of bacteria were obtained (Bl.1, Bl.2, Bl.3, and Bl. 4) from Kamal harbor waters with different macroscopic and microscopic characteristics. The highest %total petroleum hydrocarbons (TPH) reduction by the indigenous consortium was in the 3% diesel treatment with a value of 3.87, while in the *bittern* consortium there was 2.5% diesel treatment with a value of 3.34.

Keywords : *bittern*, degradation, indigenous, diesel fuel

Abstrak

Biodegradasi merupakan salah satu alternatif dalam menanggulangi pencemaran minyak secara biologis. Pemanfaatan bakteri yang diperoleh dari area pencemaran (indigenous) diketahui akan lebih efektif dalam proses degradasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik bakteri yang berhasil diisolasi dari sampel air pelabuhan kamal, dan konsorsiumnya akan dibandingkan dengan konsorsium bakteri yang berhasil diisolasi dari sampel air limbah garam (*bittern*) guna mengetahui kemampuannya dalam mendegradasi bahan pencemar solar. Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu metode enrichment, untuk memperoleh isolat bakteri. Konsorsium diberi perlakuan dengan konsentrasi solar 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3%. Hasil penelitian menunjukkan diperoleh 4 jenis bakteri (Bl.1, Bl.2, Bl.3, dan Bl.4) dari perairan pelabuhan kamal dengan karakteristik makroskopis dan mikroskopis yang berbeda-beda. Penurunan %total petroleum hidrokarbon (TPH) tertinggi oleh konsorsium indigenous terdapat pada perlakuan solar 3% dengan nilai sebesar 3,87, sedangkan pada konsorsium *bittern* terdapat pada perlakuan solar 2,5% dengan nilai sebesar 3,34.

Kata kunci : *bittern*, degradasi, indigenous, solar

PENDAHULUAN

Pelabuhan menjadi salah satu area yang paling berpotensi mengalami pencemaran air yang disebabkan oleh

minyak solar, hal ini dapat terjadi karena di pelabuhan terdapat aktivitas seperti penyeberangan, bongkar muat tengah laut, dan perbaikan atau perawatan kapal (*docking*). Menurut Utomo *et al.*, (2013)

pencemaran di Pelabuhan dapat disebabkan oleh tumpahan minyak solar yang menjadi bahan bakar kapal. Pencemaran minyak bumi di laut menjadi permasalahan yang serius karena peristiwa ini bersifat destruktif bagi biota laut. Biota laut akan mengalami dampak pencemaran baik secara langsung maupun tidak langsung. Penanggulangan terhadap pencemaran minyak dapat dilakukan baik secara fisika, kimia, dan biologi. Penanggulangan secara biologi dilakukan dengan teknologi bioremediasi. Berdasarkan aspek profitabel teknologi ini memiliki kelebihan yakni ramah lingkungan, murah, dan fleksibel (Sulistyono, 2013). Salah satu teknik dalam bioremediasi yaitu biodegradasi menjadi salah satu alternatif untuk menanggulangi pencemaran minyak secara biologis dengan memanfaatkan mikroorganismenya.

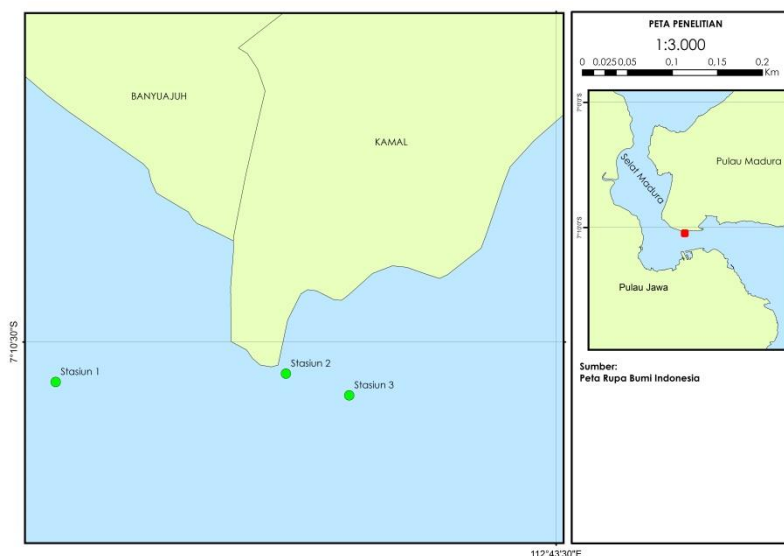
Penggunaan bakteri sebagai agen pendegradasi akan lebih efektif apabila bakteri tersebut didapatkan dari area pencemaran. Menurut Ismail *et al.*, (2015) dengan memanfaatkan sifat *indigenous* ataupun *extraneous* mikroba mampu mengatasi pencemaran hidrokarbon. Beberapa penulis telah melaporkan terkait kemampuan bakteri *indigenous* dalam mendegradasi minyak solar (Hasyimuddin *et al.*, 2016, Andhini *et al.*, 2018, Puspitasari *et al.*, 2020). Namun, penelitian terkait pemanfaatan bakteri di Perairan Pelabuhan Kamal belum pernah dilakukan. Selain itu,

informasi terkait pemanfaatan bakteri *non-indigenous* yang diisolasi dari air limbah garam (*bittern*) dalam menguraikan komponen pencemaran hidrokarbon belum banyak diungkap. Berdasarkan latar belakang diatas, maka perlu dilakukan penelitian terkait beberapa bakteri *indigenous* dan *non-indigenous* yang potensial untuk menguraikan komponen pencemaran hidrokarbon.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik bakteri yang berhasil diisolasi dari sampel air pelabuhan kamal dan konsorsiumnya akan dibandingkan dengan konsorsium bakteri yang berhasil diisolasi dari sampel air limbah garam (*bittern*) sebagai bakteri *non-indigenous* guna mengetahui kemampuannya dalam mendegradasi bahan pencemar solar.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Oktober hingga Desember 2020. Stasiun pengambilan sampel dilakukan di area Pelabuhan Kamal. Pelabuhan kamal digunakan sebagai penghubung antara Pulau Madura dan Pulau Jawa dan memiliki letak geografis pada 7°10'29.4"S 112°43'18.4"E. Pengambilan sampel dan pengukuran kualitas air dilakukan pada stasiun yang telah ditentukan. Stasiun pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Sterilisasi peralatan yang terbuat dari aluminium seperti jarum ose dilakukan dengan pemijaran. Sedangkan peralatan *glass* dicuci dan dikeringkan menggunakan tissue, kemudian dibungkus menggunakan kertas dan dimasukkan ke dalam plastik. Sterilisasi alat tersebut dilakukan dengan menggunakan autoklaf selama 15 menit, pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm. Pembuatan media cair *Stone Mineral Salt Solution Extract Yeast* (SMSSe) dilakukan dengan menimbang 0,5 g CaCO₃, 0,25 g NH₄NO₃, 0,1 g Na₂HPO₄·7H₂O, 0,05 g KH₂PO₄, 0,05 g MgSO₄·7H₂O, 0,02 g MnCl₂·7H₂O dan ditambahkan dengan ekstrak ragi sebanyak 0,01% (b/v) atau sebanding dengan 0,02 g yang dilarutkan dalam 200 mL air laut steril. Pembuatan media padat *Stone Mineral Salt Solution Extract Yeast* (SMSSe) dilakukan dengan menambahkan 2% *bacto agar* sebagai pematat dalam media. Selain itu, ditambahkan minyak solar sebanyak 2% (b/v) dalam media yang bertujuan sebagai sumber karbon (Nurjanah, 2020).

Pengambilan sampel dilakukan pada tiga stasiun yang telah ditentukan dengan 3 kali pengulangan. Stasiun terletak di pelabuhan kamal yang merupakan area penyeberangan kapal. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel yaitu metode *purposive sampling* (Puspitasari *et al.*, 2020). Sampel air laut diambil menggunakan botol sampel 100 mL steril dengan cara memasukkan botol hingga kedalaman 15 cm dari permukaan air, dan ditutup dengan posisi botol yang masih berada di kolom air (Mijaya *et al.*, 2019). Botol sampel kemudian disimpan dalam kondisi dingin pada *coolbox*. Pengukuran beberapa parameter kualitas air seperti salinitas, suhu, pH, dan *dissolved oxygen* (DO) juga dilakukan pada lokasi pengambilan sampel air laut.

Isolasi dilakukan dengan cara memasukkan sumber isolat yaitu air laut sebesar 2% (b/v) ke dalam media SMSSe cair yang telah diberi solar sebesar 2% (b/v), kemudian diinkubasi pada suhu ruang diatas *rotary shaker* dengan kecepatan 120 rpm selama 3 hari. Isolasi dilakukan dengan metode pengenceran hingga 10⁻⁵ menggunakan NaCl fisiologis steril (Hasyimuddin *et al.*, 2016). Tiga pengenceran

terakhir yaitu 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵ diambil sebanyak 1 mL untuk dibiakkan di atas media *Stone Mineral Salt Solution Extract Yeast* (SMSSe) yang mengandung solar sebesar 2% (b/v) dan *bacto agar* sebesar 2%. Isolasi bakteri pada media padat dilakukan dengan metode cawan sebar (*spread plate*) (Nurjanah, 2020). Inkubasi dilakukan pada suhu 35°C selama 2×24 jam. Setiap koloni yang tumbuh dengan morfologi yang berbeda dibiakkan kembali dengan metode gores (*streak plate*) pada media serupa untuk memperoleh koloni tunggal. Karakterisasi bakteri dilakukan dengan pengamatan secara makroskopis meliputi bentuk, warna, tepian (*margin*), dan elevasi, dan mikroskopis meliputi pewarnaan gram dan uji biokimiawi (uji katalase, motilitas, dan sitrat).

Pembuatan suspensi isolat bakteri 10⁻⁸ sel/mL dilakukan dengan mengambil isolat murni menggunakan jarum ose steril sebanyak 1-2 ose, kemudian isolat tersebut dimasukkan dalam tabung reaksi yang telah berisi larutan NaCl fisiologis 0,85%. Kekeruhan (*turbidity*) campuran tersebut dipadankan dengan 0.5 *McFarland Standard* (Nababan, 2008).

Uji Potensi Konsorsium dalam Mendegradasi Solar

Uji potensi konsorsium dilakukan dengan mengambil sebanyak 0,5 mL konsorsium sejumlah 10⁻⁵ sel/mL, kemudian konsorsium ditambahkan dalam media *Stone Mineral Salt Solution Extract Yeast* (SMSSe) cair sebanyak 75 mL yang telah diberi solar dengan konsentrasi 1% (0,75 mL), 1,5% (1,1 mL), 2% (1,5 mL), 2,5% (1,9 mL), dan 3% (2,3 mL) secara terpisah. Selain menggunakan konsorsium (beberapa isolat bakteri) dari sampel air pelabuhan kamal juga dilakukan perlakuan dengan menggunakan konsorsium (beberapa isolat bakteri) dari sampel air limbah garam (*bittern*) dan kontrol (perlakuan tanpa isolat). Kultur diinkubasi pada suhu ruang dan dibuncang di atas *rotary shaker* dengan kecepatan 120 rpm (Nababan, 2008). Menurut Ismail *et al.*, (2015), inkubasi dilakukan selama 7 × 24 jam, yaitu selama masa inkubasi pertumbuhan isolat diukur berdasarkan nilai *optical density* (OD) dengan menggunakan spektrofotometer

pada panjang gelombang 600 nm. Pengukuran kepadatan bakteri pada penelitian ini dilakukan pada hari ke-0, 3, 5, dan 7. Selain itu, perubahan pH diukur bersamaan dengan pengukuran nilai *Total Petroleum Hidrokarbon* (TPH) yang dilakukan pada hari ke-0 dan hari ke-7 masa inkubasi.

Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) dianalisis secara gravimetri dengan memasukkan sampel sebanyak 10 mL media *Stone Mineral Salt Solution Extract Yeast* (SMSSE) yang mengandung solar hasil perlakuan ke dalam corong pisah. Langkah selanjutnya yaitu menambahkan 15 mL n-heksana hasil pemurnian dengan destilasi bertingkat pada suhu 60°C, kemudian campuran dikocok selama 5 menit dan diamkan hingga n-heksana terpisah. Kemudian akan terbentuk tiga lapisan yaitu minyak, n-heksana, dan air. Bagian air dibuang, sedangkan minyak dan n-heksana dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring yang telah diolesi dengan ± 0,5 g Na₂SO₄ ke dalam gelas beker yang telah ditimbang. Gelas beker tersebut dipanaskan pada suhu 60°C (sesuai dengan titik didih n-heksana) hingga n-heksana dan air habis karena menguap, sehingga yang tersisa dalam gelas beker hanya minyak. Gelas beker tersebut diangkat dan didiamkan hingga dingin, kemudian dilakukan penimbangan dan pencatatan beratnya (Bhaktinagara *et al.*, 2015). Rumus yang digunakan untuk menghitung %TPH yaitu:

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air di perairan pelabuhan kamal diperoleh nilai rata-rata yang disajikan pada Tabel 1. Nilai pH optimum untuk kehidupan mikroba dalam air yaitu 6,0 – 8,0, hal ini menunjukkan bahwa mikroba dapat hidup di perairan pelabuhan kamal. Nilai oksigen

terlarut atau *dissolved oxygen* (DO) di perairan pelabuhan kamal berkisar antara 7,96–8,97 dan salinitas sebesar 33 ppt. Salinitas di perairan dapat menyebabkan waktu generasi bakteri menjadi panjang, selain itu dapat merubah morfologis dan fisiologis bakteri. Bakteri pada lokasi penelitian tergolong bakteri mesofilik, hal tersebut disebabkan karena bakteri mesofilik memiliki suhu pertumbuhan yang optimum pada 30 – 40 °C (Mudatsir, 2007).

Karakteristik Isolat Bakteri di Perairan Pelabuhan Kamal

Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat bakteri yang diperoleh dari perairan pelabuhan kamal memiliki karakteristik makroskopis dan mikroskopis yang berbeda. Menurut Junaedi *et al.*, (2020) perbedaan spesies bakteri dapat ditunjukkan dengan adanya karakteristik koloni bakteri yang berbeda-beda. Hasil karakterisasi bakteri secara makroskopis disajikan pada Tabel 2. Menurut Safrida *et al.*, (2012) perbedaan bentuk koloni bakteri dipengaruhi oleh beberapa faktor meliputi umur, faktor lingkungan (biotik dan abiotik), faktor makanan (medium pertumbuhan), dan suhu. Hasyimuddin *et al.*, (2016) juga mengemukakan bahwa adaptasi bakteri terhadap lingkungannya akan mempengaruhi bentuk morfologi dan struktur anatomi bakteri untuk bertahan hidup. Hasil karakteristik mikroskopis bakteri disajikan pada Tabel 3. Bakteri jenis gram negatif ditandai dengan warna merah sedangkan jenis gram positif ditandai dengan warna ungu pada koloni bakteri saat diamati di bawah mikroskop. Menurut Sopiah (2011) bakteri gram negatif mampu menyerap larutan kristal violet secara maksimal, sedangkan bakteri gram negatif tidak mampu mempertahankan warna dari larutan kristal violet, sehingga saat diberikan safranin sebagai warna pebanding sel bakteri menunjukkan warna merah.

Tabel 1. Kualitas air di Pelabuhan Kamal

Stasiun	pH	<i>Dissolved oxygen</i> (DO)	Salinitas	Suhu
1	7,34	8,97	33	30,1
2	7,31	8,14	33	30,3
3	7,49	7,96	33	30,5

Tabel 2. Karakteristik Makroskopis Bakteri

Karakter makroskopis	Bl.1	Bl.2	Bl.3	Bl.4
Warna	Putih	Putih	Putih	Putih
Bentuk	Circular	Irreguler	Irreguler	Rhizoid
Tepian	Smooth	Lobate	Irreguler	Rhizoid
Elevasi	Flat	Convex	Flat	Flat
Permukaan	Halus	Kasar	Kasar	Kasar
Ukuran	Kecil	Kecil	Besar	Kecil
Diameter	4,4 mm	5,45 mm	6,8 mm	5,6 mm

Tabel 3. Karakteristik Mikroskopis Bakteri

Jenis bakteri	Pewarnaan gram		Sitrat	Katalase	Motilitas
	Gram	Bentuk	Butt/Slant		
Bl.1	Negatif	Bacil	-/+	-	+
Bl.2	Negatif	Coccus	-/-	-	+
Bl.3	Positif	Bacil	-/-	+	+
Bl.4	Negatif	Coccus	-/-	+	+

Hasil positif pada uji sitrat menunjukkan bahwa adanya pemanfaatan sitrat oleh isolat bakteri yang ditandai dengan perubahan warna media dari hijau menjadi biru. Menurut Ismail *et al.*, (2015) perubahan warna biru pada media uji menandakan bahwa isolat bakteri dapat memanfaatkan media sitrat sebagai sumber karbon. Hasil negatif pada uji katalase ditandai dengan tidak terbentuknya gelembung pada kaca preparat setelah diberikan larutan H₂O₂ 3%, sedangkan hasil positif ditandai dengan terbentuknya gelembung pada saat pengujian. Menurut Wahyuni *et al.*, (2018) hasil positif dalam uji katalase ditandai dengan terdapatnya bakteri yang mampu menghasilkan enzim katalase untuk mengkatalisa pemecahan hidrogen peroksida (H₂O₂) menjadi senyawa H₂O dan O₂. Uji motilitas terhadap semua isolat bakteri menunjukkan hasil yang positif atau bersifat motil. Hal ini ditandai dengan adanya jejak pergerakan bakteri di sekitar tusukan dan terbentuknya pelikel pada permukaan media. Menurut Elvira *et al.*, (2016) pelebaran bakteri pada permukaan media menandakan jika bakteri tersebut memiliki flagella.

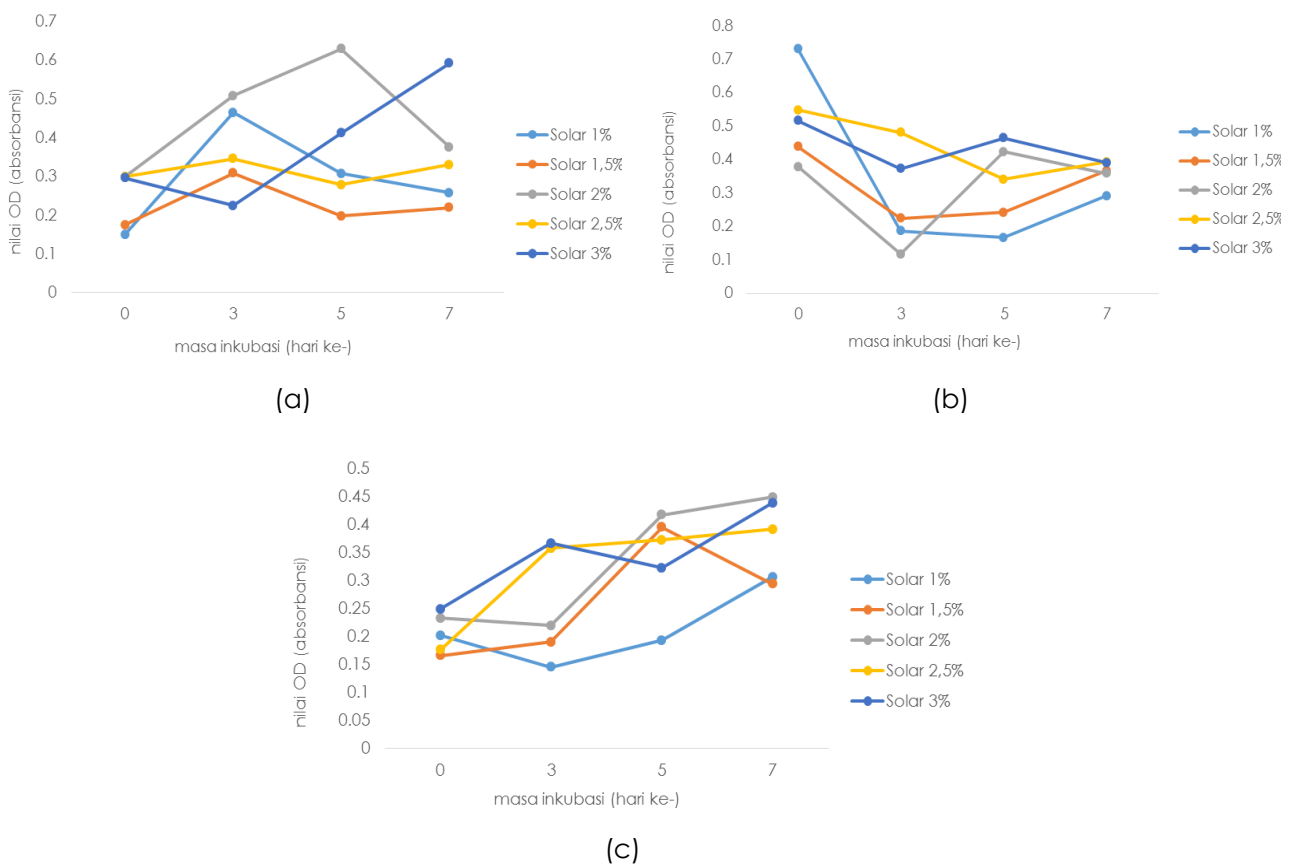
Nilai optical density (OD) selama Masa Inkubasi

Hasil pengukuran *optical density* (OD) terhadap perlakuan kontrol, konsorsium *indigenous*, dan konsorsium *bittern* dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 2 (a) menunjukkan bahwa nilai *optical density* mengalami perbedaan sejak awal masa inkubasi hari ke-0. Fluktuasi nilai *optical density* (OD) tersebut diduga disebabkan karena media yang telah ditambahkan solar dengan konsentrasi yang berbeda tidak homogen. Selain itu, perlakuan kontrol pada masa inkubasi hari ke-3 diduga mengalami kontaminasi. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Ismail *et al.*, (2015) bahwa pada perlakuan kontrol negatif (tanpa isolat bakteri) memungkinkan terjadinya kontaminasi. Kontaminasi mulai terjadi pada waktu inkubasi 3 hari yang ditandai dengan meningkatnya nilai *optical density* (OD).

Gambar 2 (b) menunjukkan bahwa pada masa inkubasi hari ke-3 semua perlakuan konsentrasi solar mengalami penurunan nilai *optical density* (OD). Menurut Mijaya *et al.*, (2019), pada awal masa

inkubasi jumlah bakteri yang tumbuh sedikit, hal ini disebabkan karena bakteri masih dalam fase adaptasi dengan substratnya. Fluktuasi terjadi pada masa inkubasi hari ke-5, perlakuan konsentrasi solar 1,5%, 2%, dan 3% mengalami fase eksponensial yang ditandai dengan kenaikan nilai *optical density* (OD). Penambahan jumlah bakteri menandakan jika bakteri dapat memenuhi sumber nutrisinya melalui pemanfaatan substrat yang ada. Menurut Nasikhin dan Maya (2013) pertumbuhan bakteri pada media menandakan bahwa isolat bakteri tidak hanya mampu memanfaatkan *yeast extract*, namun juga mampu memanfaatkan solar sebagai sumber karbon organik. Perlakuan konsentrasi solar 1% dan 2,5% nilai *optical density* (OD) mengalami penurunan. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada perlakuan konsentrasi solar 1% dan 2,5% konsorsium membutuhkan waktu adaptasi yang lebih lama.

Gambar 2 (c) menunjukkan bahwa pada masa inkubasi hari ke-7 pada perlakuan konsentrasi solar 1,5% telah mengalami fase kemunduran (*death phase*). Namun, pada perlakuan konsentrasi solar 1%, 2%, 2,5%, dan 3% masih terjadi kenaikan nilai *optical density*. Kenaikan nilai *optical density* (OD) pada akhir masa inkubasi hari ke-7 menunjukkan bahwa masih banyak bakteri yang hidup. Hal ini menandakan bahwa waktu pertumbuhan yang dimiliki oleh bakteri tersebut panjang. Selain itu, penurunan jumlah bakteri yang ditandai dengan penurunan *optical density* (OD) disebabkan karena pada media pertumbuhan terjadi akumulasi bahan beracun (*toxic*) dan penurunan nutrisi sehingga jumlahnya yang terbatas (Ismail *et al.*, 2015). Menurut Puspitasari *et al.*, (2020) penurunan jumlah sel bakteri pada akhir masa inkubasi disebabkan karena berkurangnya nutrisi berupa N dan P yang terkandung dalam media.



Gambar 2. Nilai *optical density* (OD) (a). Kontrol (b). Konsorsium *Indigenus* (c).Konsorsium *Bittern*

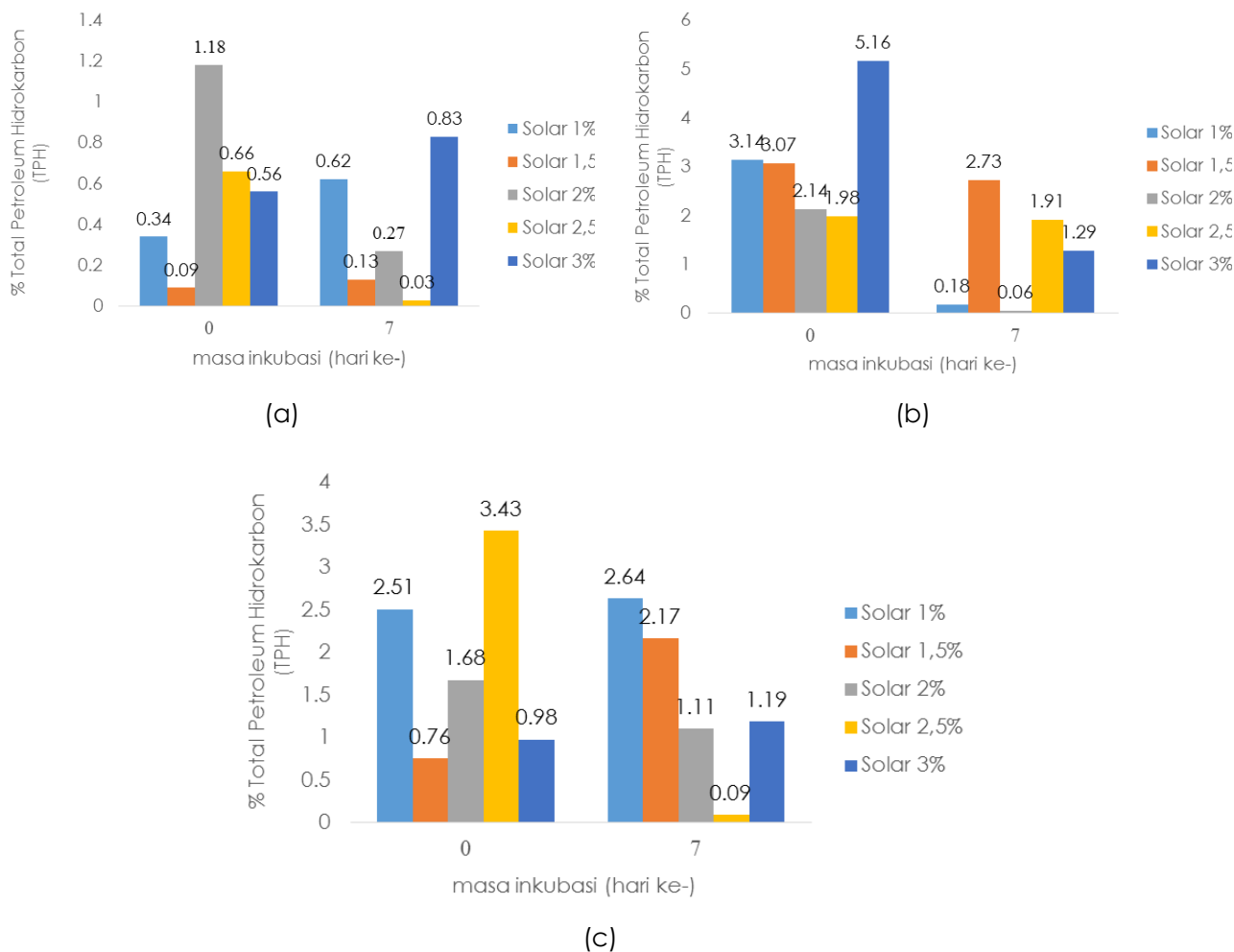
Menurut Nugroho (2007) bahwa proses degradasi atau perombakan oleh konsorsium bakteri (campuran beberapa isolat bakteri) terhadap senyawa hidrokarbon ditandai dengan kurva pertumbuhan yang fluktuatif. Fluktuasi kurva pertumbuhan konsorsium diakibatkan oleh perubahan dominansi bakteri pada media pertumbuhan. Pertumbuhan konsorsium bakteri tidak selalu meningkat meskipun dengan penambahan solar sebagai sumber karbon. Hal tersebut disebabkan karena jenis bakteri yang mendominasi sulit dalam mendegradasikan komposisi hidrokarbon. Selain itu, proses degradasi ditandai dengan perubahan nilai pH selama masa inkubasi. Nilai pH pada perlakuan kontrol, konsorsium *indigenus*, dan konsorsium *bittern* saat masa inkubasi hari ke-0 berkisar antara 6,0–6,5. Nilai pH menunjukkan penurunan pada masa inkubasi hari ke-7 berkisar antara 5,4–5,9. Penurunan nilai pH tersebut diakibatkan oleh bakteri yang melakukan aktivitas metabolisme bakteri mengakibatkan nilai pH menurun. Penurunan nilai pH pada media tidak terlalu besar, hal ini disebabkan karena adanya senyawa KH_2PO_4 sebagai larutan penyangga yang terkandung dalam media. Menurut Ristiati *et al.* (2016) bahwa reaksi kimia yang terjadi di dalam media berupa pertukaran ion K^+ dari dalam sel dengan ion H^+ yang terdapat di lingkungan menyebabkan penurunan nilai pH media.

Nilai % Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) selama Masa Inkubasi

Penurunan nilai % *Total Petroleum Hidrokarbon* (TPH) oleh konsorsium *indigenus* pada akhir masa inkubasi hari ke-7 dapat dilihat pada Gambar 3 (b). Penurunan tersebut disebabkan karena isolat bakteri dalam bentuk konsorsium yang ditambahkan sebagai perlakuan berasal dari area pelabuhan yang tercemar minyak solar. Penggunaan bakteri sebagai agen pendegrasi dapat diperoleh dari area yang mengandung hidrokarbon (Mijaya *et al.*, 2019). Sedangkan peningkatan dan penurunan % *Total Petroleum Hidrokarbon* (TPH) oleh konsorsium *bittern* pada akhir masa inkubasi hari ke-7 (Gambar 3 (c)) diduga disebabkan karena isolat bakteri

dalam bentuk konsorsium yang ditambahkan dalam media berasal dari lingkungan yang tidak tercemar oleh minyak solar, sehingga konsorsium tersebut tidak mampu melakukan proses degradasi secara maksimal. Selain itu, penyebab lainnya adalah saat analisis % *Total Petroleum Hidrokarbon* (TPH) jumlah solar yang terambil dari tiap perlakuan konsentrasi solar (1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3%) tidak selalu sama. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Hafiluddin (2011) bahwa fluktuasi kadar minyak selama masa inkubasi diduga disebabkan karena saat analisa sampel yang terambil kurang homogen.

Proses degradasi akan seiring dengan peningkatan kekeruhan media. Kekeruhan media pada penelitian ini mulai terjadi pada masa inkubasi hari ke-3. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Prayitno *et al.*, (2010) bahwa tingkat kekeruhan media yang disebabkan karena adanya minyak terlarut menjadi salah satu cara untuk mengetahui kemampuan degradasi oleh bakteri. Peningkatan kekeruhan media seiring dengan berkurangnya lapisan minyak solar pada permukaan media. Menurut Charlena *et al.*, (2011), lapisan solar yang berada pada permukaan media akan terpecah menjadi butiran-butiran-butiran kecil, hal ini diakibatkan oleh keberadaan biosurfaktan yang dihasilkan oleh isolat bakteri. Kemampuan degradasi minyak solar oleh konsorsium bakteri disebabkan karena adanya enzim yang dihasilkan bakteri tersebut, sehingga senyawa organik kompleks dapat dipecah menjadi senyawa sederhana sehingga dapat diserap oleh bakteri dan dijadikan sebagai nutrisi untuk kehidupannya (Yolantika *et al.*, 2015). Enzim monooksigenase dan enzim dioksigenase merupakan enzim yang dihasilkan oleh bakteri yang memiliki kemampuan untuk membuka ikatan karbon pada cincin aromatik dan menghasilkan alkohol primer. Enzim dioksigenase yang dihasilkan oleh bakteri akan mendegradasikan PAH sehingga terbentuk cis-hidrodiol. Senyawa cis-hidrodiol akan membentuk dihidroksi-PAH yang merupakan substrat untuk membuka cincin melalui proses didehidrogenasi. Enzim monooksigenase yang diberi satu molekul oksigen juga akan mampu mendegradasi PAH dan membentuk arene oksida.



Gambar 3. Nilai % Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) (a).Kontrol (b).Konsorsium Indigenus (c).Konsorsium Bittern

Molekul tersebut dimanfaatkan oleh bakteri sebagai sumber nutrisi untuk energi dan pertumbuhan (Hasyimuddin *et al.*, 2016).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa diperoleh 4 jenis bakteri (Bl.1, Bl.2, Bl.3, dan Bl.4) dari perairan pelabuhan kamal. Kemampuan degradasi tertinggi oleh konsorsium *indigenus* yaitu pada perlakuan 3% dengan penurunan % total petroleum hidrokarbon (TPH) sebesar 3,87, sedangkan konsorsium *bittern* nilai degradasi tertinggi terdapat pada perlakuan solar 2,5% dengan penurunan % total petroleum hidrokarbon (TPH) sebesar 3,34. Penelitian lanjutan terkait identifikasi bakteri dan uji statistik perlu

dilakukan guna mengembangkan penelitian sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

Andhini, N., Nursyirwani., & S, Nedi. 2018. Isolasi Bkteri Pendegradasi Minyak dari Perairan Sekitar Pelabuhan Bengkalis Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 23(1):15-20.

Bhaktinagara, R.A., Agung, S., & Budi, R. 2015, Biodegradasi Senyawa Hidrokarbon oleh Strain *Bacillus cereus* (VIC) pada Kondisi Salinitas yang Berbeda. *Jurnal Biologi*, 3(4):62-71.

Charlena., Mas'ud, Z.A., Mohamad, Y., Ahmad, S., & Joko, G.T. 2011. Biodegradasi Limbah Minyak Berat Menggunakan Isolat

- Tunggal dan Campuran dengan Penambahan Alkibenzena sulfonat Linear. Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia. Serpong, 24 Mei. 182-189.
- Elvira, I., Sri, W., & Nur, A. 2016. Karakterisasi Sifat Biokimia Isolat Bakteri Asam Laktat yang Dihasilkan dari Proses Fermentasi *Wikau Maombo*. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 2(1):121-124.
- Hafiluddin. 2011. Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak dengan Teknik Bioaugmentasi dan Biostimulasi. *Jurnal Embryo*, 8(1):47-52.
- Hasyimuddin., M. Natsir, D., & M. Farid, S. 2016. Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar dari Perairan Teluk Pare-pare. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 1(4):41-46. doi : 10.24252/bio.v4i1.1119
- Ismail, H. E., Nursiah, L. N., & Seniwati, D. 2015. Isolasi Bakteri Pendegradasi Senyawa Pirendari Perairan Pelabuhan Paotere. *Jurnal Techno*, 2(1):1-7.
- Junaedi, A. S., Riana, F., Sari, H.C.P.S., Witria., & Zainuri, M. 2020. Kualitas Daging Ikan Kurisi (*Nemipterus japonius*) Hasil Tangkapan Nelayan di Pelabuhan Perikanan Branta, Pamekasan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(2): 303-319
- Mijaya, M.R.S., Nur, A.Y., Ardiansyah., & Nurhayani, H.M. 2019. Isolasi dan Seleksi Bakteri Pendegradasi Solar dari Pelabuhan Penyeberangan Kendari – Wawonii, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Penelitian Biologi*, 2(6):995-1006. doi: 10.33772/biowallacea.v6i2.8825
- Mudatsir. 2007. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kehidupan Mikroba dalam Air. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala*, 1(7): 23-29.
- Nababan, B. 2008. Isolasi dan Uji Potensi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar dari Laut Belawan. Tesis. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Nasikhin, R, & M. Shovitri. 2013. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Solar dan Bensin dari Perairan Peabuhan Gresik. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(2):84-88.
- Nugroho, A. 2007. Dinamika Populasi Konsorsium Bakteri Hidrokarbonoklastik: Studi Kasus Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Skala Laboratorium. *Jurnal Ilmu Dasar*, 1(8):13-23.
- Nurjanah, I., Maulidiyah., & M. Munir. 2020. Potensi Degradasi Minyak Soar oleh Bakteri Hidrokarbonoklastik di Perairan Pelabuhan Tanjung Perak. *Journal of Marine Resources and Coastal Management*, 1(1):31-38.
- Prayitno, J., Amalia, M., & Esi, L. 2010. Degradasi Minyak Mentah dan Solar oleh Konsorsium Mikroba Asal Pertambangan Minyak Cepu. *Jurnal Ecolab*, 2(4):55-96. doi : 10.20886/jklh.2010.4.2.81-88
- Puspitasari, I., Agus, T., & Jusup, S. 2020. Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Tanjung Mas, Semarang. *Journal of Marine Research*, 3(9):281-288.
- Ristiati, N. P, Sanusi, M, & I M.G.P. Putra. 2016. Uji Kemampuan Degradasi Minyak Solar Oleh Konsorsium Bakteri Hasil Preservasi dengan Kombinasi Metode Liofilisasi dan Metode Gliserol. Prosiding Seminar Nasional MIPA. 258-267.
- Safrida, Y.D., Cut, Y., & Cut, N.D. 2012. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Berpotensi Probiotik pada Ikan Kembung (*Rastrelliger sp.*). *Jurnal Depik*, 1(3):200-203.
- Sopiah, N., Avi, N.O., Susi, S., Fuji, S., & Dwindrata, B.A. 2011. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon yang Berasal dari Tanah Tercemar Minyak Bumi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3(2):291-298. doi : 10.29122/jtl.v12i3.1238
- Sulistiyono. 2013. Dampak Tumpahan Minyak (*Oil Spill*) di Perairan Laut pada Kegiatan Industri Migas dan Metode Penanggulangannya. *Forum Teknologi*, 3(1):49-57.
- Utomo, Y., Priyono, B., & Ngabekti, S. 2013. Saprobitas Perairan Sungai Juwana Berdasarkan Bioindikator Plankton. *Unnes Journal of Life Science*, 2(1):28-35.
- Wahyuni, R. M., Arman, S., Mahdi, A., Erina., M. Hasan., & Zainuddin. 2018. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Enterik Patogen pada Badak Sumatera (*Dicerorhinus sumatrensis*) di Suaka Rhino Sumatera (SRS), Taman Nasional Way Kambas (TNWK), Lampung.

Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner, 4(2):474-487.

Yolantika, H., Periadnadi., & Nurmiati. 2015. Isolasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon

di Tanah Tercemar Lokasi Perbengkelan Otomotif. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 4(2):153-157.