MIKROSIMBION SPONS *CALLYSPONGIA* Sp SEBAGAI BIOMATERIAL PENDEGRADASI HIDROKARBON LIMBAH SLUDGE MINYAK BUMI

MICROSYMBIONT OF SPONGE *CALLYSPONGIA* Sp AS BIOMATERIAL IN DEGRADING HYDROCARBONS OF PETROLEUM SLUDGE WASTE

Ismail Marzuki¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Fajar, Makassar, Pos:90231

*E-mail: ismailmz3773@gmail.com

ABSTRAK

Spons salah satu kekayaan alam laut Indonesia, umumnya bersimbiosis dengan mikroorganisme, dan potensial sebagai biomaterial pendegradasi komponen hidrokarbon. Tujuan penelitian adalah mereduksi sifat toksik, mutagenik dan karsinogenik limbah *sludge* minyak bumi. Metode yang digunakan, yakni: interaksi mikrosimbion terhadap limbah *sludge* minyak bumi pada variasi waktu kontak dan perlakuan penambahan nutrient NPK serta suplay oksigen dengan shaker, diharapkan dapat mendegradasi komponen hidrokarbon dalam limbah SMB. Biomaterial pendegradasi yang digunakan adalah *Bacillus subtilis* strain BAB-1684, merupakan mikrosimbion spons *Callyspongia* sp, diperoleh pada area tercemar limbah minyak bumi sekitar Kilang Minyak Pantai Melawai Balikpapan, sedangkan *sludge* sebagai objek degradasi diperoleh dari PT. Chevron Pacific Indonesia, Dumai-Riau. Indikator degradasi yang diamati, yakni: kerapatan optik ($\lambda=600$ nm); pH; tingkat degradasi; waktu retensi; kelimpahan komponen; dan konsentrasi komponen hidrokarbon sebelum dan setelah kontak diukur menggunakan GC-MS. Hasil yang diperoleh, yakni: kerapatan optik tertinggi absorbansi 0,654, perubahan pH media degradasi 7 menjadi 6, tingkat degradasi maksimum mencapai 35,42% dengan waktu kontak 30 hari. Penurunan waktu retensi terjadi terhadap 20 jenis komponen alifatik dan 2 jenis aromatik yang teridentifikasi, dan komponen hidrokarbon terdegradasi tertinggi dicapai setelah kontak selama 25 hari. Simpulan, *Bacillus subtilis* strain BAB-1684 dapat mendegradasi komponen alifatik dan aromatik limbah SMB. Titik optimum indikator analisis dicapai pada masa kontak 25 hari.

Kata kunci: spons, mikrosimbion, degradasi, hidrokarbon, sludge

ABSTRACT

Sponges one marine natural wealth of Indonesia, mostly in symbiosis with microorganisms, and potential as biomaterials degrading hydrocarbon component. The research objective is to reduce the nature of toxic, mutagenic and carcinogenic petroleum sludge. The method used, namely: interaction microsymbiont against petroleum sludge on the variation of contact time and the addition of nutrients NPK treatment and supply oxygen to the Shaker, is expected to degrade the hydrocarbon components in the waste SMB. Biomaterials degrading used is *Bacillus subtilis* strain BAB-1684, is a sponge microsymbiont *Callyspongia* sp, obtained in petroleum waste contaminated area around the refinery Melawai Beach Balikpapan, while the degradation of sludge as an object obtained from PT. Chevron Pacific Indonesia, Dumai-Riau. Degradation indicators were observed, namely: optical density ($\lambda = 600$ nm); pH; the level of degradation; retention time; abundance of components; and the concentration of hydrocarbons before and after contact was measured using GC-MS. The results obtained, namely: the highest optical density of 0.654 absorbance, pH change media degradation 7 to 6, the maximum degradation rate reached 35.42% with a contact time of 30 days. The decline in the retention time of going to 20 different kinds of component aliphatic and aromatic identified two types, and achieved the highest degraded hydrocarbon component after contact for 25 days. Conclusion, *Bacillus subtilis* strain BAB-1684 can degrade aliphatic and aromatic components of waste SMB. The optimum point analysis of indicators reached on a contract period of 25 days.

Keywords: sponge, microsymbiont, degradation, hydrocarbons, sludge

PENDAHULUAN

Potensi spons Indonesia mencapai 80 % dari potensi spons dunia, namun dewasa ini pemanfaatan spons yang banyak dilakukan, baru pada tahap isolasi dan karakterisasi, meskipun sudah ada sebagian kecil penelitian identifikasi zat aktif dan anti bakteri dari spons untuk tujuan penemuan bahan berpotensi obat,[1],[2]. Penggunaan material dari spons sebagai pendegradasi sifat toksik dan karsinogenik hidrokarbon adalah salah satu upaya penganeekaragaman fungsi spons dalam penanganan pencemaran hidrokarbon yang terjadi dilaut untuk keselamatan biota sekaligus upaya pelestarian lingkungan laut hijau,[3].

Pencemaran lingkungan oleh hidrokarbon minyak bumi baik yang berwujud cair maupun padatan atau lumpur (*sludge*), terus mengalami peningkatan dan telah menimbulkan dampak yang signifikan bagi biota laut. Pencemaran hidrokarbon semakin meningkat dari waktu ke waktu bukan hanya disebabkan oleh tumpahan minyak bumi melalui kecelakaan transportasi laut, tetapi potensi cemaran hidrokarbon juga banyak berasal dari kegiatan eksplorasi, pencucian tengah laut oleh kapal tanker (*ballas*), limbah rumah tangga, dan industri, sehingga diperlukan metode khusus yang efektif, efisien, murah serta sederhana dalam menanganinya. Biodegradasi adalah salah satu metode yang dipandang efisien dapat digunakan dalam upaya untuk mengurangi tingkat toksik, karsinogenik limbah hidrokarbon dengan bantuan mikroorganisme. Biodegradasi senyawa hidrokarbon dalam lumpur minyak bumi ini dapat dilakukan oleh mikroorganisme, salah satunya adalah bakteri *Pseudomonas sp*, *Bacillus Flexus* strain PHCDB20, termasuk biomassa spons *Callyspongia sp*,[2],[3],[4]. Akibat lanjutan dari tumpahan minyak bumi dilaut, yakni terjadinya penurunan kualitas laut oleh *sludge* limbah minyak bumi yang mengandung komponen hidrokarbon alifatik maupun aromatik toksik, karsinogenik yang merupakan komponen utama limbah SMB dan juga mengandung komponen anorganik logam berat dalam bentuk ion, misalnya Pb^{+2} , Cu^{+2} , Cr^{+3} , Cd^{+2} , Co^{+2} , Ag^{+} dan sebagian kecil Hg^{+2} , As^{+2} , Ni^{+2} ,[5],[6],[7]. Spons *Callyspongia aerizusa* merupakan salah satu spons yang dapat mengabsorpsi logam Zn,[8]. Hal ini sebagai bukti bahwa spons dapat beradaptasi dengan lingkungan toksik tercemar limbah logam berat sekaligus memiliki fungsi biodegradasi terhadap komponen toksik dan karsinogenik hidrokarbon,[9],[10]. Kemampuan degradasi komponen hidrokarbon oleh biomassa dan mikrosimbion spons disebabkan karena sel biomassa dan sel mikrosimbion spons dapat memproduksi enzim tertentu untuk tujuan reduksi zat toksik dan karsinogenik minyak bumi agar spons dapat bertahan hidup,[11],[12].

Penggunaan mikrosimbion spons sebagai material pendegradasi, penting dilakukan, karena limbah hidrokarbon mengandung 2 komponen berbahaya, yakni komponen aromatik (PAH) bersifat toksik, mutagenik dan karsinogenik, dan komponen anorganik logam berat sangat toksik yang dikelompokkan sebagai bahan berbahaya dan beracun (B3), sedangkan biomaterial spons, yakni mikrosimbion berpotensi mendegradasi komponen toksik, karsinogenik hidrokarbon alifatik maupun PAH. Tujuan penelitian adalah mendegradasi dan mereduksi komponen hidroakrbon toksik, karsinogenik dan mutagenik dengan melihat indikator degradasi seperti: bau fermentasi, pembentukan gas media degradasi, pH, kerapatan optik, tingkat degradasi, konsentrasi, dan struktur komponen hidrokarbon sebelum dan setelah degradasi.

METODE PENELITIAN

Bahan

Material yang digunakan: kultur *Salt Mineral Stone Solution* (SMSS), Nutrien Agar (NA), Metanol pa, HCl, NaCl 0,9 % fisiologis, biakan murni bakteri *Pseudomonas sp*, n-hexan pa, Na₂SO₄ anhidrat pa, nutrien NPK [Norsk Hydro A.S. Norwegia], iso-oktana [CA540-84-1], PAH 16 mix CRM 48905 [Supelco], dikloromethan GR [Merk], Aquabides, Limbah *sludge* minyak bumi (SMB) dari PT. Chevron Pacifik Indonesia, Dumai-Riau dan mikrosimbion *Bacillus subtilis* strain BAB 1684 (BS-1684).

Karakteristik sampel limbah SMB: warna hitam, jenis sampel chemical sludge, kode titik sampling tangki B 05, perwujudan pasta, titik leleh 450C, kadar air 4,9769 %, bahan tak larut 0,7845 %, fraksi alifatik 85,98 %, fraksi aromatik 3,03 %, dan komponen lainnya 10,99 %, [3], [4], [13]. Karakteristik BS-1684: berbentuk isolat, sumber diisolasi dari spons *Callyspongia sp*, Titik sampling spons koordinat 01° 16. 31'7"; LS: 116° 48. 26'4" BT, sekitar Kilang Minyak, bakteri gram positif, metode identifikasi karakterisasi dengan PCR, jumlah sel bakteri 4,8.10³ sel/mL, [11], [17], [18].

Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah GC-MS [Agilent 7890], kolom kapiler [Agilent 19019S-436HP-5MS], spectronik 20 D* [Thermo E. Corp], shaker inkubator [Enviro-Genie], pipet mikro [Dragon Onemed], LAF [EAC1 Enviroco], pH meter, neraca analitik [Mettler PM-200], dan [Mettler AE-100], kertas Whatman No. 41, oven [WTC Binder], oven [Ecocell MM-Medcenter], autoklaf All [American Wilcon], thermometer [Ysi], vacuum pump [Eyela A-10005], kertas pH, *magnetic stirrer*, handskun, spoit, sendok tanduk, seperangkat peralatan gelas, vial penutup karet, dan vial ulir.

Prosedur

Suspensi BS-1684 dibuat dengan memasukkan 5 mL larutan NaCl 0,9 % fisiologis dalam kultur BS-1684. Suspensi BS-1684, diencerkan dengan larutan SMSS hingga menjadi 400 mL, dihomogenkan. Setiap vial diisi 15 mL suspensi BS-1684, lalu dibagi dalam 6 kelompok, setiap kelompok terdiri atas 3 vial dan diberi label (5, 10, 15, 20, 25, dan 30) hari. Setiap vial ditambahkan 10 mL larutan NPK 5 %, lalu di tambahkan ± 1 g limbah SMB, kemudian di shaker pada kecepatan 100 rpm selama 3 jam pertama. Pengamatan awal dengan mengukur pH, selanjutnya di shaker kembali secara kontinyu dan setiap 5 hari kontak dilakukan pengamatan dan pengukuran indikator degradasi,[4],[14].

Sisa limbah SMB yang tidak terdegradasi diekstraksi dengan 3 x 15 mL diklorometana GR. Absorban diukur terhadap fraksi air sedangkan fraksi diklorometana dipipet 0,5 mL, diencerkan untuk dianalisis menggunakan GC-MS, sedangkan Fraksi diklorometana selanjutnya dipekatkan untuk menentukan bobot dan persen terdgradasi, disebut tingkat degradasi. *Catatan:* 0,5 mL yang dipipet dimasukkan dalam perhitungan sebagai deviasi,[14],[15].

Pengukuran kerapatan Optic (OD) suspensi media degradasi,[14]

Rumus OD = $2 - \log \%T$,pers. (1)

OD = Optical density (kerapatan optik)

%T = Transmitan yang terukur pada spektro pada $\lambda=600$ nm

Tingkat degradasi ditentukan dengan menggunakan rumus),[16].

Bm = X – Y,pers. (2)

Bm = bobot limbah *sludge* minyak bumi sisa degradasi (g)

X = bobot vial + bobot *sludge* minyak bumi sisa degradasi (g)

Y = bobot vial kosong (g)

Bobot limbah SMB yang hilang,[14]

Bak = Baw – Bm,pers. (3)

Bak = bobot limbah SMB yang hilang setelah degradasi (g)

Bm = bobot limbah SMB sisa degradasi (g)

Baw = bobot awal SMB yang ditimbang (g)

Persen degradasi,[14]

% Bak = $\frac{(Bak)}{Baw} \times 100\%$,pers. (4)

% Bak = persen limbah SMB terdegradasi (%)

Baw = bobot limbah SMB yang ditimbang (g)

Bak = bobot limbah SMB akhir yang terdegradasi (g)

Konsentrasi Komponen Hidrokarbon dalam SMB yang terdegradasi,[14]

$$m_1 = k \times A_{std}, \dots\dots\dots \text{pers. (5.1)}$$

$$m_2 = k \times A_{spl}, \dots\dots\dots \text{pers. (5.2)}$$

$$\text{Kadar (g/mL)} = \frac{\text{Luas puncak sampel}}{\text{Luas puncak standar}} \times \text{Kons standar} \times fg \dots \text{pers. 6}$$

m_1 = konsentrasi standar

m_2 = konsentrasi jenis hidrokarbon dalam sludge

k = faktor koreksi GC-MS

A_{std} = Luas puncak standar

A_{spl} = luas puncak jenis hidrokarbon dalam sampel sludge

fg = faktor pengenceran

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran GC-MS terhadap waktu retensi, luas puncak, jenis hidrokarbon, dan perhitungan konsentasi sebelum dan setelah degradasi selama masa kontak 30 hari antara suspensi BS-1684 dengan limbah SMB, disajikan dalam Tabel 1, berikut:

Tabel 1 Jenis dan konsentrasi komponen hidrokarbon dalam limbah SMB sebelum dan setelah degradasi

No. urut	W. Retensi (Menit)	Nama Senyawa	Rumus Molekul	Luas Puncak	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi setelah Kontak 30 hari (ppm)
1	2	3	4	5	6	7
1	6.639	Dekana	C ₁₀ H ₂₂	1523518	31,734.88	14,629.16
2	8.895	Undekana	C ₁₁ H ₂₄	1924551	40,088.40	16,735.26
3	10.752	Dodekana	C ₁₂ H ₂₆	1945655	40,527.99	19,444.47
4	12.344	Tridekana	C ₁₃ H ₂₈	2445843	50,946.91	31,947.43
5	13.759	Tetradekana	C ₁₄ H ₃₀	2335638	48,651.34	25,085.61
6	14.189	2,7-dimethyl Naphthalena*	C ₁₂ H ₁₂	978973	20,392.01	15,564.43
7	15.053	Pentadekana	C ₁₅ H ₃₂	3168982	66,009.90	45,295.69
8	16.259	Heksadekana	C ₁₆ H ₃₄	2738938	57,052.08	26,594.74
9	17.281	1,4-dimethyl Azulena*	C ₁₂ H ₁₂	712354	14,838.33	10,617.55
10	17.390	Heptadekana	C ₁₇ H ₃₆	2654343	55,289.96	33,237.47
11	18.463	Oktadekana	C ₁₈ H ₃₈	2478989	51,637.34	36,295.36
12	19.479	Nonadekana	C ₁₉ H ₄₀	2413720	50,277.79	36,138.01
13	20.455	Elkosa	C ₂₀ H ₄₂	2357700	49,110.89	33,770.35
14	21.381	Heneikosa	C ₂₁ H ₄₄	2397339	49,936.57	27,192.77
15	22.274	Dokosa	C ₂₂ H ₄₆	2445619	50,942.24	32,566.56
16	23.128	Trikosan	C ₂₃ H ₄₈	2503408	52,145.99	35,089.49
17	23.945	Tetrakosa	C ₂₄ H ₅₀	2643560	55,065.35	35,921.58
18	24.732	Pentakosa	C ₂₅ H ₅₂	1845655	38,444.99	22,524.87
19	25.493	Heksakosa	C ₂₆ H ₅₄	2656345	55,331.67	35,088.61
20	26.226	Oktakosana	C ₂₇ H ₅₆	2835635	59,066.28	41,315.51

21	27.619	Nonakosana	C ₂₉ H ₆₀	1998944	41,638.00	22,151.27
22	28.282	Triakontana	C ₃₀ H ₆₂	1084561	22,591.41	17,226.18

Keterangan: * komponen hidrokarbon aromatik

Berdasarkan Tabel 1, di atas terlihat bahwa ada 20 jenis komponen hidrokarbon alifatik membentuk deret homolog C₁₀–C₃₀ dan 2 jenis hidrokarbon aromatik yang menyusun sampel limbah SMB dengan waktu retensi semakin tinggi sesuai bertambah panjangnya rantai karbon. Hal ini sesuai dengan prinsip kerja dari kromatografi gas, yaitu suatu komponen dengan berat molekul tinggi akan membutuhkan waktu lebih banyak untuk mengalami pemisahan.

Luas puncak berbeda setiap jenis hidrokarbon, menunjukkan adanya perbedaan konsentrasi dari setiap jenis hidrokarbon yang terkandung dalam sampel limbah SMB. Semakin besar luas puncak mengindikasikan bahwa konsentrasi komponen hidrokarbon tersebut semakin tinggi,[19],[20]. Masih pada Tabel 1 di atas, terlihat pula bahwa semua jenis hidrokarbon (komponen alifatik maupun aromatik) dalam limbah SMB dapat didegradasi oleh *Bacillus subtilis* strain BAB 1684 (BS-1684) yang merupakan mikrosimbion spons *Callyspongia sp.* Hal ini dapat dilihat dengan adanya penurunan konsentrasi komponen hidrokarbon sebelum dan setelah degradasi (kolom 6 dan 7) yang bervariasi. Perbedaan penurunan konsentrasi hasil degradasi disebabkan oleh kinerja suspensi BS-1684 yang spesifik terhadap jenis hidrokarbon yang didegradasinya, karena perbedaan berat molekul, jenis hidrokarbon, menyusun limbah SMB, serta jenis dan jumlah sel BS-1684 mikrosimbion pendegradasi,[3],[4],[20].

Beberapa indikator kinerja degradasi mikrosimbion BS-1684 terhadap limbah SMB ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah. *Pertama*, Bau fermentasi tercium pada kontak sejak hari ke 15 dan tercium tajam pada kontak hari ke 25, menandakan adanya proses degradasi yang terjadi dalam media degradasi sebagai hasil dari kinerja degradasi mikrosimbion BS-1684,[1],[3]; *kedua*, terdeteksi pembentukan gas media degradasi teramati pada masa kontak 25 hari, kekuatan gas meningkat pada hari ke 25 masa kontak, menunjukkan bahwa degradasi komponen hidrokarbon dalam limbah SMB oleh mikrosimbion BS-1684 telah terjadi,[1],[4].

Tabel 2 Rata-rata hasil pengukuran setiap Indikator degradasi

Indikator degradasi	Waktu Kontak (hari)						
	5	10	15	20	25	30	30
Bau fermentasi	Tt	tt	x	x	Xx	xx	Xx
Pembentukan Gas	Tt	tt	tt	y	Yy	yy	Yy

Kerapatan optik (OD)	0,067	0,086	0,140	0,309	0,654	0,456	0,454
pH	7	7	7	6	6	6	6
Tingkat degradasi (%)	2,79	7,72	15,32	23,36	29,69	33,87	35,42

Keterangan: tt = tidak terdeteksi

x = ada bau fermentasi; xx = bau fermentasi tajam

y = ada gas terbentuk; yy = pembentukan gas kuat

Ketiga, ada peningkatan kerapatan optik media degradasi. nilai *optikal density* (OD) paling tinggi pada kontak hari ke 25 dan mengalami penurunan pada masa kontak setelah 25 hari, mengindikasikan bahwa degradasi yang komponen hidrokarbon dalam limbah SMB yang terjadi bervariasi untuk waktu kontak yang berbeda sebagai akibat oleh kinerja mikrosimbion yang berbeda dalam mendegradasi suatu jenis komponen hidrokarbon; *Keempat*, adanya perubahan pH media degradasi terjadi pada kontak hari ke 20 dari pH 7 menjadi 6, yang berarti bahwa media degradasi bertambah asam yang disebabkan oleh kontribusi dari terdegradasinya komponen-komponen hidrokarbon yang menyusun limbah SMB menjadi beberapa produk asam organik,[1],[3],[21]. Hal ini diperkuat oleh data GC-MS, terdeteksi beberapa jenis asam organik, merupakan senyawa baru yang teridentifikasi dalam media degradasi, misalnya etanoat, butanoat, benzoat diduga sebagai senyawa yang berkontribusi pada peningkatan keasaman media degradasi,[4],[20].

Empat indikator degradasi yang diukur, memberi informasi bahwa degradasi komponen hidrokarbon dalam limbah SMB (alifatik dan aromatik) terjadi sebagai hasil kerja mikrosimbion BS-1684 yang mampu merombak struktur hidrokarbon menjadi komponen organik sederhana, artinya mikrosimbion BS-1684 mampu menggunakan karbon sebagai nutrisi untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya dalam media yang toksik,[1],[4],[19], [21].

Kinerja mikrosimbion BS-1684 dalam merombak komponen hidrokarbon dalam limbah SMB bervariasi sesuai dengan waktu kontak, hal ini dapat dilihat dari nilai tingkat degradasi yang cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya waktu interaksi. Tingkat degradasi dalam satuan persen diukur sebagai selisih bobot limbah SMB sebelum kontak dengan sisa limbah SMB setelah kontak pada hari tertentu. Persen degradasi meningkat seiring dengan bertambahnya masa kontak. Tingkat degradasi BS-1684 tertinggi mencapai 35,42% dicapai setelah kontak selama 30 hari. Hasil ini tergolong rendah jika dibandingkan dengan beberapa hasil penelitian sebelumnya yang dapat mencapai di atas 80%, yang dilakukan pada satu jenis komponen hidrokarbon dan menggunakan bakteri *pseudomonas sp.*[1],[19],[21],[23]

Tingkat degradasi yang rendah berdasarkan pengamatan disebabkan oleh beberapa faktor, yakni: *pertama*, limbah SMB yang digunakan mengandung 22 jenis

hidrokarbon, dimana setiap jenis hidrokarbon berkontribusi meningkatkan toksisitas limbah; *kedua*, limbah SMB membentuk gumpalan dalam media degradasi, sehingga degradasi tidak efektif, karena hanya bagian permukaan saja yang terjadi kontak antara mikrosimbion BS-1684 dengan limbah SMB; *ketiga*, degradasi yang terjadi pada awal masa kontak, menghasilkan beberapa jenis asam organik, menyebabkan masa hidup sel BS-1684 menjadi lebih singkat; *keempat*, pembelahan sel BS-1684 berlangsung dalam empat tahap untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan toksik hidrokarbon, yakni fase adaptasi, logaritmik, stasioner dan fase kematian, [1],[11],[23]. Mengkomparasikan keempat indikator degradasi yang diukur dan membandingkan tingkat degradasi yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa kinerja optimum mikrosimbion BS-1684 dalam mendegradasi komponen hidrokarbon limbah SMB jenis *chemical sludge* dapat dicapai pada masa kontak 25 hari,[12],[17].

Perubahan kelimpahan komponen hidrokarbon dalam limbah SMB merupakan salah satu faktor yang menunjukkan bahwa terjadi perubahan konsentrasi. Grafik 1 di bawah memperlihatkan kecenderungan penurunan kelimpahan setiap komponen hidrokarbon dalam limbah SMB pada waktu kontak yang berbeda. Penurunan kelimpahan komponen hidrokarbon tersebut diindikasikan sebagai hasil kerja sel mikrosimbion BS-1684 dalam mendegradasi komponen hidrokarbon dalam limbah SMB. Waktu retensi dan kelimpahan setiap komponen hidrokarbon dalam limbah SMB sebagaimana terlihat pada Grafik 1, berikut:

Grafik 1 Kromatogram hubungan antara kelimpahan komponen hidrokarbon dalam Limbah SMB dengan waktu retensi (menit) setelah degradasi dengan suspensi BS-1684. a) sebelum kontak; b) kontak 10 hari; c) Kontak 15 hari; d) Kontak 20 hari; e) Kontrak 25 hari; dan f) Kontak 30 hari

Kromatogram di atas sesuai dengan tingkat degradasi yang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak,[19],[22],[23] sehingga konsentrasi setiap

komponen hidrokarbon dalam limbah SMB semakin menurun pula sebagaimana terlihat pada Tabel 1, kolom 6 dan 7.

Penurunan kelimpahan setiap komponen hidrokarbon dalam limbah SMB akan sejalan dengan penurunan konsentrasi komponen yang dihitung berdasarkan data luas puncak, sebagaimana terlihat pada Grafik 2, untuk komponen alifatik dan Grafik 3 untuk komponen aromatik, berikut:

Grafik 2 Hubungan antara Persen Penurunan Luas Puncak 5 jenis hidrokarbon Alifatik dalam Limbah SMB terhadap Waktu Kontak (hari)

Konsentrasi lima jenis komponen alifatik yang mewakili 20 jenis komponen sejenis serta dua jenis komponen aromatik berdasarkan waktu kontak mengalami perubahan yang bervariasi. Konsentrasi setiap komponen dalam limbah SMB mengalami penurunan sebagai akibat dari hasil kerja degradasi mikrosimbion BS-1684 yang diisolasi dari spons *Callyspongia sp.*

Grafik 3 Hubungan antara Persen Penurunan Luas Puncak Komponen Aromatik dalam Limbah SMB terhadap Waktu Kontak (hari)

Penentuan konsentrasi seluruh jenis hidrokarbon komponen alifatik maupun aromatik yang menyusun limbah SMB dihitung menggunakan dua metode, yakni didasarkan pada metode internal standar (pers. 5) dan metode eksternal standar (pers. 6) dengan menggunakan luas puncak sampel dan luas puncak iso-oktana sebagai

komponen hidrokarbon dalam limbah SMB semakin menurun pula sebagaimana terlihat pada Tabel 1, kolom 6 dan 7.

Penurunan kelimpahan setiap komponen hidrokarbon dalam limbah SMB akan sejalan dengan penurunan konsentrasi komponen yang dihitung berdasarkan data luas puncak, sebagaimana terlihat pada Grafik 2, untuk komponen alifatik dan Grafik 3 untuk komponen aromatik, berikut:

Grafik 2 Hubungan antara Persen Penurunan Luas Puncak 5 jenis hidrokarbon Alifatik dalam Limbah SMB terhadap Waktu Kontak (hari)

Konsentrasi lima jenis komponen alifatik yang mewakili 20 jenis komponen sejenis serta dua jenis komponen aromatik berdasarkan waktu kontak mengalami perubahan yang bervariasi. Konsentrasi setiap komponen dalam limbah SMB mengalami penurunan sebagai akibat dari hasil kerja degradasi mikrosimbion BS-1684 yang diisolasi dari spons *Callyspongia sp.*

Grafik 3 Hubungan antara Persen Penurunan Luas Puncak Komponen Aromatik dalam Limbah SMB terhadap Waktu Kontak (hari)

Penentuan konsentrasi seluruh jenis hidrokarbon komponen alifatik maupun aromatik yang menyusun limbah SMB dihitung menggunakan dua metode, yakni didasarkan pada metode internal standar (pers. 5) dan metode eksternal standar (pers. 6) dengan menggunakan luas puncak sampel dan luas puncak iso-oktana sebagai

eksternal standar. Kedua metode perhitungan menghasilkan nilai konsentrasi setiap jenis hidrokarbon dalam limbah SMB relatif sama sesuai pada kolom 6 dan 7, Tabel 1, di atas [4],[19],[23].

Hasil perhitungan konsentrasi sesuai dengan tingkat degradasi yang diperoleh, (Tabel 2 baris 7) dan kromatogram kelimpahan komponen berdasarkan waktu retensi, (Grafik 1), meskipun penurunan konsentrasi setiap jenis komponen hidrokarbon dalam limbah SMB untuk setiap waktu kontak bervariasi, (Grafik 2 dan Grafik 3). Faktor penentu variasi penurunan konsentrasi setiap jenis hidrokarbon yang didegradasi adalah: *pertama*, jenis dan karakteristik bakteri (mikrosimbion BS-1684) yang digunakan sebagai biomaterial degradasi; *kedua*, jenis dan karakteristik limbah hidrokarbon SMB sebagai objek terdegradasi; *ketiga*, metode dan perlakuan degradasi,[21],[22].

Jenis bakteri pendegradasi yang digunakan adalah *Bacillus subtilis* strain BAB-1684, merupakan bakteri urutan kedua setelah *pseudomonas sp* dalam kemampuan mendegradasi hidrokarbon, sedangkan karakteristik bakteri mikrosimbion BS-1684 terdiri atas 960 pasangan basa nitrogen,[1],[17],[18],[21]. Faktor lainnya yang berpengaruh pada kinerja bakteri yang berkaitan dengan jenis dan karakteristik bakteri pendegradasi adalah; Pembelahan sel bakteri melalui empat fase, masing-masing fase membutuhkan waktu tersendiri, ukuran sel bakteri, waktu hidup sel, jumlah sel bakteri yang digunakan, dan kemampuan adaptasi sel bakteri dalam lingkungan toksik hidrokarbon akibat peningkatan keasaman media oleh kehadiran senyawa asam organik hasil degradasi,[2],[11],[22],[23].

Jenis dan karakteristik limbah SMB yang didegradasi sangat menentukan tingkat degradasi. Komponen hidrokarbon sebanyak 22 jenis yang terdapat dalam limbah SMB terakumulasi dalam media degradasi menyebabkan media degradasi menjadi sangat toksik berdampak pada menurunnya kemampuan degradasi mikrosimbion. Konsentrasi setiap jenis hidrokarbon dalam limbah SMB sangat tinggi, sehingga media degradasi menjadi sangat toksik, Bobot molekul 22 jenis hidrokarbon dalam limbah SMB berbeda-beda, dimana diketahui bahwa setiap jenis hidrokarbon memiliki mekanisme sendiri-sendiri untuk terdegradasi oleh suatu jenis bakteri,[11],[12]. Hasil degradasi suatu jenis hidrokarbon menghasilkan asam organik yang berbeda, dan berkontribusi pada peningkatan keasaman media degradasi yang berakibat pada penurunan daya tahan sel bakteri dalam media,[19],[20],[23].

Metode dan perlakuan seperti waktu kontak antara mikrosimbion dengan limbah SMB, adanya nutrient seperti NPK, konsentrasi nutrient, jenis nitrien, aerasi

untuk memenuhi kebutuhan oksigen bakteri, pH awal media degradasi, merupakan faktor yang juga berpengaruh pada kinerja suatu bakteri dalam mendegradasi jenis dan komponen hidrokarbon, yang dalam hal ini telah dilakukan sesuai pada kondisi optimumnya sebagaimana pada hasil penelitian sebelumnya.

KESIMPULAN

Sesuai data temua di atas disimpulkan: mikrosimbion *Bacillus subtilis* strain BAB-1684 merupakan biomaterial yang dapat mendegradasi semua jenis hidrokarbon dalam limbah sludge minyak bumi; terdeteksi bau fermentasi, pembentukan gas maksimum; kerapatan optik media degradasi, 0,654; pH media degradasi mengalami penurunan dari pH 7 menjadi 6, seluruhnya dicapai pada masa kontak 25 hari selanjutnya disebut masa kontak optimum degradasi; tingkat degradasi maksimum 35,42% dicapai setelah 30 hari masa kontak; semua jenis hidrokarbon (20 jenis hidrokarbon alifatik dan 2 jenis aromatik) terdegradasi ditandai dengan penurunan konsentrasi yang bervariasi pada masa kontak yang diukur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Murniasih, T., dan Rasyid, A., 2010. Potensi bakteri yang berasosiasi dengan spons asal Barrang Lompo-Makassar sebagai sumber bahan anti bakteri, *Jurnal Oseanologi dan Limnologi*, vol. 36 (3), hlm 281-292
- [2] Bagavananthem, S.G., 2010. Cyclodepsipeptides from marine spones: Natural agents for drug research. *Journal Marine Drugs*, vol. 8, hlm 810-834
- [3] Marzuki, I., Noor, A., La Nafie, N., Djide, N.,M., 2015a. The Potential Biodegradation Hydrocarbons of Petroleum Sludge Waste by Cell Biomass Sponge *Callyspongia sp*, *International Journal Marina Chimica Acta*, vol. 16(2), hlm 11-20
- [4] Marzuki, I., Noor, A., La Nafie, N., Djide, N.,M., 2015b. Sponge Role in Alleviating Oil Pollution Through Sludge Reduction, a Preliminary Approach, *International Journal of Applied Chemistry (IJAC)*, vol. 11(4), hlm 427-441
- [5] Netty,S., Alfian, N., Nunuk, S., Nicole, de, V., 2014. A preliminary Effort to assign Sponge (*Callyspongia sp*) as trace metal biomonitor for Pb, Cd, Zn, and Cr, an enviromental perspective in hative gulf water Ambon, *Advances in Biological Chemistry Journal*, vol. 3, hlm 549-552, <http://dx.doi.org/10.4236/abc.2013.26062>
- [6] Gupta, S., Nayek, S., Saha, R.N., Satpati, S., 2008. Assessment of heavy metal accumulation in macrophyte, agricultural soil, and crop plants adjacent to discharge zone of sponge iron factory, *Journal Enviromental Geology*, vol. 55 (4):, hlm 731-739
- [7] Shama. S.A., M.E. Moustafa, M.A. Gad, 2010. Removal of heavy metals Fe^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{3+} and Cd^{2+} From Aquaeus Solutins by Using Eichornia Crassipes, *Journal Electrochimica Acta*, vol. 28 (2):, hlm 125-133
- [8] Lydia, M., Alfian, N., Tjodi, H., Nicole, de, Voog., 2014. Essential Metal Zn in Sponge *Callyspongia aerizusa* from Spermonde Archipelago, *Advances in Biological Chemistry Journal*, vol. 4: 86-90, <http://dx.doi.org/10.4236/abc.2014.41012>

- [9] Venkateswara, Rao, J., K. Srikanth., Usman, P.K., 2009. The Use of marine sponge, *haliclona tenuiramosa* as bioindicator to monitor heavy metal pollution in The Coasts of Gulf Mannar, India. *Environ Monit Assess, Journal Springer*, vol. 156, hlm 451-459
- [10] Teng, Ying, Yongming Luo, Mingming Sun, Zengjun Liu, Zhengao Li, Peter Christie, 2010. Effect of bioaugmentation by *paracoccus* sp. strain HPD-2 on the soil microbial community and removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from an aged contaminated soil. *Journal Bioresource Technology*. vol. 101, hlm 3437-3443
- [11] Marzuki, I., Noor, A., La Nafie, N., Djide, N.,M., 2014a, *Isolation and Identification on Degradator Bacterial of Petroleum waste which Symbionts with Sponge Callyspongia sp from Melawai Beach*, Proceeding: International Conference on the sciences (ICOS), ISBN : 9786027219809, vol. 1, hlm 493-503
- [12] Marzuki, I., Noor, A., La Nafie, N., Djide, N.,M., 2016. Micro symbiont and Morphological Phenotype Analysis Marine Sponge Biomass From Melawai Beach, Balikpapan, East Kalimantan, *International Journal Marina Chimica Acta*, vol. 17(1), hlm 8-15
- [13] Anonim, 2014. Profil dan statistik PT. Chevron Pacific Indonesia, Jakarta
- [14] Ijah U. J. J. and L. I. Ukpe. 2008. Biodegradation of Crude Oil by *Bacillus* Strain 28A and 61B Isolated from Oil Spilled Soil. *Waste Management Journal* vol. 12, hlm 55-60
- [15] Bossert, I.,D. and D.S., Kosson, 1997. *Methods for measuring hydrocarbon biodegradation in Soil. In Manual of Enviromental Microbiology* ASM Press,Washintong D.C., hlm 738-742
- [16] Charlena, Haris A., dan Karwati, 2009. Degradasi hidrokarbon pada tanah tercemar minyak bumi dengan isolat A10 dan D8. *Prosiding Seminar Nasional Sains II*. Bogor, 14 Nopember 2009
- [17] Marzuki, I., Noor, A., La Nafie, N., Djide, N.,M., 2014b. Isolation and identification Bacterial Symbionts of sponge as Producer enzyme amylase from Melawai Beach, Balikpapan, *Jurnal ilmiah dr. Aloe Saboe*, vol. 1(2), hlm 11-18
- [18] Marzuki, I., Noor, A., La Nafie, N., Djide, N.,M., 2015. Molecular characterization of gene 16S rRNA micro symbionts in sponge at Melawai Beach, East Kalimantan, *International Journal Marina Chimica Acta*, Vol. 16(1), hlm 38-46
- [19] Akinde, S.B., Iwuozor, C.C. and Obire, Omokaro, 2012. Alkane degradative potentials of bacteria isolat from the deep atlantic ocean of the Gulf of Guinea. *Journal Bioremed Biodegradation*, vol. 3 (1), hlm 2-6
- [20] Obire, O., Akinde, S.B., 2011. In-situ physic-chemical properties of the deep Atlantic Ocean water colum and implications on heterotrophic bacterial distribution in the guff of Guines. *Journal of Advances in applied Science Research*, vol. 2 (2), hlm 470-482
- [21] Syakti, D. A., Yani, M., Hidayati, V.N., Siregar, S.A. Doumeng, P., I.M. Sudiana, M., 2013. The Bioremediation potential of hydrocarbonoclastic bacteria isolated from a Mangrove Contaminated by Petroleum Hydrocarbons on the Cilacap Coast, Indonesia. *Journal Bioremediation*, vol. 17 (1), hlm 11–20, online. DOI: 10.1080. 731446
- [22] Acevedo, Francisca, Leticia Pizzul, María del Pilar Castilloc, Raphael Cuevas, María, C. Diez. 2011. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by the Chilean white-rot fungus *Anthracoophyllum discolor*. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 185, hlm 212-219

- [23] Nugroho, A., 2009. Produksi gas hasil biodegradasi minyak bumi: Kajian awal aplikasinya dalam microbial enhanced oil recovery (MEOR), *Jurnal Makara Sains*, vol. 13 (2), hlm 111-116