PEMANFAATAN KONSORSIUM MIKROBA DARI KOTORAN SAPI DAN KUDA PADA PROSES BIODEGRADASI LIMBAH MINYAK BERAT (LMB)

Charlena*), Muhamad Yani, Eka NW
Departemen Kimia, FMIPA Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680
karlena_22@yahoo.co.id

ABSTRAK

Limbah minyak bumi berasal dari kegiatan industri perminyakan yang terbuang atau tumpah ke lingkungan menyebabkan terjadi pencemaran lingkungan. Bioremediasi merupakan salah satu metode yang dapat memulihkan lingkungan tercemar. Mikroba yang digunakan untuk mendegradasi limbah minyak berat (LMB) berasal dari kotoran sapi dan kuda. Parameter yang diamati adalah TPH padat, TPH cair, TPC, KOK, dan pH. Persen degradasi terbesar didapatkan dari penambahan LMB 5 %. LMB 5 % (b/v) yang ditambahkan akan memudahkan mikroba dalam mendegradasinya dibandingkan dengan LMB 10 %. Hal ini karena toksisitas yang rendah pada LMB 5 %. Konsorsium kotoran sapi dengan penambahan LMB 5 % pada hari ke-21 mencapai 40.36 % degradasi TPH, sedangkan konsorsium kotoran kuda mencapai 22.77 % degradasi TPH. Konsorsium kotoran sapi dengan penambahan LMB 10 % pada hari ke-21 mencapai 18.50 % degradasi TPH, sedangkan konsorsium kotoran kuda mencapai 16.80 % degradasi TPH. Hal ini juga menunjukkan bahwa mikroba pada konsorsium kotoran sapi lebih baik dalam mendegradasi LMB dibandingkan dengan mikroba pada konsorsium kotoran kuda.

Kata kunci: Konsorsium mikroba, kotoran hewan, limbah minyak berat

1 PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan salah satu sumber daya alam penting di Indonesia. Minyak bumi memiliki bermacam manfaat bagi kehidupan manusia, akan tetapi bila tumpah atau terbuang ke lingkungan, minyak bumi tersebut akan menjadi pencemar yang berbahaya. Selama kegiatan industri perminyakan umumnya terjadi tumpahan maupun ceceran minyak bumi dan produk-produknya, sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran. Meningkatnya frekuensi pencemaran akan mengancam kebersihan lingkungan baik di daratan maupun di perairan. Lingkungan darat yaitu tanah merupakan salah satu komponen utama bagi pertumbuhan tanaman yang sangat dibutuhkan oleh manusia dan hewan. Kondisi tanah yang subur dan bebas pencemar sangatlah diperlukan. Adanya kontaminasi senyawa organik maupun senyawa kimia lainnya yang sulit didegradasi dan bersifat toksik di tanah menjadi pengganggu pertumbuhan tanaman dan organisme lain yang hidup di dalamnya. Dengan kata

lain pencemaran pada lingkungan akan mengurangi kualitas dan daya dukung lingkungan terhadap makhluk hidup.

Salah satu kontaminan yang relatif sulit didegradasi ialah senyawa hidrokarbon yang berasal dari minyak bumi atau lumpur minyak bumi. Penanganan kondisi lingkungan yang tercemar minyak bumi dapat dilakukan dengan metode fisika, kimia, dan biologi. Penanganan secara kimia dan fisika merupakan cara penanganan cemaran minyak bumi yang membutuhkan waktu relatif singkat, tetapi metode ini relatif tidak ramah lingkungan. Penanganan metode biologi relatif tidak merusak lingkungan dibandingkan dengan metode kimia dan fisika. Penanganan ini menggunakan teknik bioremediasi dengan memanfaatkan mikroba (kapang dan bakteri) untuk menghilangkan cemaran dari lingkungan. Bioremediasi merupakan proses detoksifikasi dan degradasi limbah minyak. Penanggulangan limbah minyak bumi secara hayati cukup efektif, efisien, ekonomis, dan lebih ramah lingkungan [1].

Tidak semua mikroba dapat mendegradasi minyak bumi, hanya mikroba yang dapat beradaptasi dengan minyak bumi yang dapat melakukan biodegradasi. Kotoran hewan merupakan bahan aktif, yang banyak mengandung mikroba. Selain kaya akan mikroba perombak, kotoran hewan juga memiliki kandungan nutrisi yang cukup bagi pertumbuhan mikroba. Secara umum, kotoran segar hewan mengandung 70 – 80% air, 0.3 – 0.6% nitrogen, 0.1 – 0.4% fosfor dalam bentuk P_2O_5, 0.3 – 1.0% kalium dalam bentuk K_2O [2].

Anggraeni (2003) [2] mengisolasi mikroba pendegradasi minyak bumi dari kotoran hewan dan mengidentifikasi 3 isolat yaitu *Pseudomonas pseudomallei*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Enterobacter agglomerans*. Hikmatulloh (2004) [3] dan Zaky (2005) [4] mengujicobakan isolat pendegradasi tersebut pada minyak diesel. Kotoran sapi dan kuda merupakan sumber isolat mikroba yang dapat dimaanfaatkan dalam mendegradasi minyak bumi. Isolat-isolat ini dapat digunakan untuk mendegradasi senyawa hidrokarbon secara spesifik, baik dalam keadaan tunggal maupun campuran. Penelitian ini difokuskan pada pembuatan dan uji kemampuan konsorsium mikroba dalam mendegradasi cemaran hidrokarbon minyak bumi, sehingga mikroba dapat digunakan untuk memulihkan tanah yang tercemar limbah minyak bumi.

2 METODOLOGI

Alat-alat yang digunakan adalah Soxhlet, radas penguap putar (*rotary evaporator*), desikator, inkubator goyang, autoklaf, inkubator, oven, neraca analitik, ember, mikropipet, indikator pH universal, dan alat gelas lainnya. Bahan-bahan yang digunakan adalah LMB yang berasal dari industri minyak bumi di Duri, kotoran segar sapi dan kuda yang diambil dari Kandang Sapi Fakultas Peternakan dan Fakultas Kedokteran Hewan IPB, Darmaga. Bahan-bahan untuk keperluan pertumbuhan mikroba meliputi : gula, pupuk urea, pupuk SP36, media mineral dari air laut, larutan garam fisiologis (NaCl 0,85%) , *Nutrient Agar* (NA), solar, akuades, alkohol, serta bahan-bahan untuk keperluan analisa antara lain n-heksana, Na_2SO_4, $K_2Cr_2O_7$, $HgSO_4$, akuades, indikator ferroin, ferro amin sulfat dan silika gel.

Tahapan penelitian ini terdiri dari pembuatan konsorsium segar menggunakan kotoran sapi dan kuda, pembuatan media minimal, dan aplikasi biodegradasi LMB dan analisa Total Plate Count (TPC), Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) fase padat, TPH fase cair, Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK), dan pH.

2.1 Pembuatan Konsorsium Segar pada Media Kaya

Sebanyak 200 g contoh kotoran sapi dilarutkan dalam 2 L air laut dalam ember dan ke dalamnya ditambahkan 200 g gula, 20 g urea, 2 g SP36. Hal yang sama juga dilakukan pada kotoran kuda. Contoh disimpan di laboratorium pada temperatur ruang (25-27 ^oC) dan diaerasi selama 1 minggu. Setiap hari dilakukan pengukuran pH contoh, bila pH terlalu asam atau terlalu basa ditambahkan H_2SO_4 6 N atau NaOH 6 N sampai pH normal.

2.2 Pembuatan Media Minimal dari Konsorsium segar

Sebanyak 400 ml konsorsium segar baik sapi maupun kuda dilarutkan dengan air laut sebanyak 4 liter dan ditambahkan dengan solar 5 % (v/v), 8 g urea, 0.8 g SP36 dan diaerasi selama 3 minggu. Setiap hari diamati pH dan setiap minggu diamati TPC. Setelah 3 minggu penambahan solar, dilakukan penyegaran dengan penambahan LMB 5 % (b/v) selama 2 minggu.

2.3 Aplikasi Biodegradasi Untuk LMB

Penambahan LMB 5 % (b/v), sebanyak 10 ml konsorsium segar dari kotoran sapi ditambahkan LMB 28.26 g dalam Erlenmeyer 250 ml, kemudian ditambahkan dengan air laut

sebanyak 100 ml, 0.7345 g urea, dan 0.4903 g SP36. Penambahan LMB 10 % (b/v), sebanyak 10 ml konsorsium segar dari kotoran sapi ditambahkan LMB sebanyak 56.52 g dalam Erlenmeyer 250 ml, kemudian ditambahkan dengan air laut sebanyak 100 ml, 1.4690 g urea, dan 0.9806 g SP36. Konsorsium media diletakkan pada inkubator goyang selama 3 minggu. Pada hari ke-0, 3, 7, 14, dan 21 dilakukan analisa TPC, TPH fase padat, TPH fase cair, KOK, dan pH. Hal yang sama dilakukan pada konsorsium segar dari kotoran kuda.

2.4 Analisa *Total Plate Count* (TPC) [5]

Larutan fisiologis NaCl 0.85% dimasukkan ke dalam tabung ulir (dengan label 10^{-1} sampai 10^{-8}) sebanyak 9 ml. Selanjutnya tabung ulir berisi larutan fisiologis disterilisasi beserta cawan petri, nutrient agar yang telah disiapkan dan tip untuk mikropipet pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah sterilisasi, tabung ulir didinginkan.

Sebanyak 1 ml sampel dimasukkan ke dalam tabung ulir dengan label 10^{-1}, lalu tabung ulir tersebut dikocok hingga homogen, pengenceran (10^{-1} – 10^{-8}). Dari semua tabung ulir (10^{-1} – 10^{-8}), masing- masing dipipet sebanyak 1 ml ke dalam cawan petri steril terpisah, kemudian larutan nutrient agar dituang. Setelah agar padat cawan diinkubasi terbalik pada suhu 30°C selama 24-48 jam. Jumlah koloni yang tumbuh pada cawan petri tersebut dihitung. Jumlah koloni yang dapat diterima antara 30-300.

2.5 Analisa TPH Fase Padat (Modifikasi [6])

Sebanyak 5 gram sampel ditimbang kemudian dibungkus dengan kertas saring dan dibuat timbel. Timbel yang telah dibuat tersebut dimasukan dalam Soxhlet dan diekstrak dengan pelarut n-heksana 125 ml selama ± 4 jam. Ekstrak yang diperoleh dihilangkan airnya dengan Na_2SO_4 anhidrat dan disaring, kemudian ditambahkan silika gel untuk menghilangkan senyawa polarnya dan disaring. Ekstrak yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam labu bundar dan dipekatkan dengan penguap putar (*rotavapor*) hingga pekat atau sudah terpisah dengan pelarutnya. Labu bulat yang berisi sampel uang sudah terekstrak dikeringkan dalam oven pada suhu 70 ºC selama 30 menit kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang, Bobot yang terukur merupakan residu minyak (nilai TPH).

2.6 Analisa TPH Fase Cair (Modifikasi [7])

Sebanyak 50 ml sampel yang telah dicampur dengan limbah minyak disaring kemudian diekstrak dengan corong pisah menggunakan 50 ml heksana selama 1 jam. Kandungan air pada ekstrak dihilangkan dengan menambahkan Na_2SO_4 anhidrat dan disaring, kemudian ditambahkan silika gel untuk menghilangkan senyawa-senyawa polar dan disaring. Ekstrak yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam labu bundar dan dipekatkan dengan penguap putar (*rotavapor*) hingga pekat atau sudah terpisah dengan pelarutnya. Labu bulat yang berisi sampel uang sudah terekstrak dikeringkan dalam oven pada suhu 70 ºC selama 30 menit kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang, Bobot yang terukur merupakan residu minyak (nilai TPH cair).

2.7 Analisa Kadar KOK [8]

Sebanyak 2.5 ml sampel diambil menggunakan pipet dan dimasukkan ke dalam tabung KOK, kemudian 1.25 ml larutan campuran kalium dikromat-merkuri sulfat dimasukkan menggunakan pipet ke dalam sampel. Setelah itu, ditambahkan 2.5 ml larutan campuran asam sulfat-perak sulfat dan campuran diaduk kemudian ditutup. Tahap diatas diulangi pada 2.5 ml air suling sebagai blanko. Setelah masing-masing unit pengaman pada tutup dipasang, tabung dimasukkan ke dalam oven pada suhu 150°C. Setelah 2 jam, tabung KOK dikeluarkan dari dalam oven dan dibiarkan hingga dingin. Campuran dari tabung KOK dipindahkan ke dalam labu erlenmeyer 100 mL dan dibilas dengan 2.5 ml air suling. Lalu, 0.5 ml asam sulfat pekat dan 2 tetes larutan indikator feroin ditambahkan secara berturut-turut ke dalam campuran. Campuran dititrasi dengan larutan baku fero amonium sulfat 0.05 N yang telah distandardisasi sampai terjadi perubahan warna dari hijau menjadi merah coklat lalu dicatat volume pemakaian larutan baku fero amonium sulfat.

2.8 Analisa pH

Sebanyak 5 ml sampel dimasukkan ke dalam tabung ulir, kemudian sampel diukur pH menggunakan indikator universal (pH 2-9) selang 0.5.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

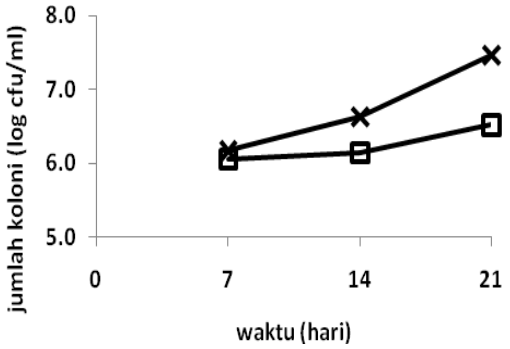
3.1 Pembuatan Konsorsium Mikroba

Pembuatan konsorsium mikroba dari kotoran sapi dan kuda yang masih segar menggunakan media air laut karena banyak mengandung media mineral yang dibutuhkan dalam menumbuhkan mikroba. Selain itu juga ditambahkan nutrisi lain seperti gula sebagai sumber karbon, urea sebagai sumber nitrogen, dan SP36 sebagai sumber fosfor dengan perbandingan C:N:P sebesar 100:10:1. Proses pembuatan konsorsium ini menggunakan media kaya. Penggunaan media kaya bertujuan agar mikroba dapat tumbuh dengan cepat. Pembuatan konsorsium segar ini dimulai dari skala 2 liter dan dilakukan pengamatan pH setiap harinya selama tiga hari dan terus diaerasi untuk metabolisme pertumbuhannya. Bagi mikroba aerobik, oksigen merupakan faktor penting bagi kelangsungan hidupnya.

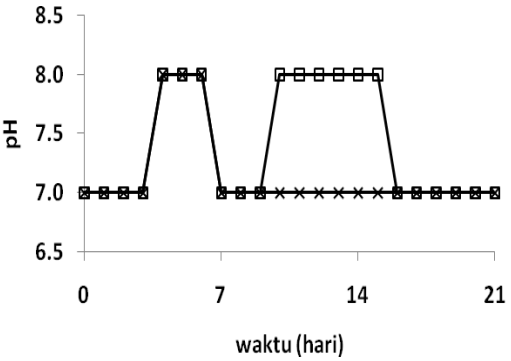
Nilai pH pada konsorsium dari kotoran sapi dan kuda berada pada kisaran pH 5-8. Pada hari ke-0 nilai pH yang terukur adalah 7. Pengamatan pada hari ke-1 mengalami penurunan menjadi 5 dan kemudian pH dinaikkan dengan NaOH menjadi kondisi netral (pH 7) dan terus konstan sampai hari ke-3. Proses penurunan nilai pH ini menunjukkan proses biodegradasi yang menghasilkan asam-asam organik.

Setelah tiga hari konsorsium segar ini diperbesar skalanya menjadi 4 liter pada media minimal untuk keperluan aplikasi dengan menambahkan solar 5 % (v/v). Proses penambahan ini sengaja dilakukan untuk mengkondisikan mikroba yang berasal dari kotoran sapi dan kotoran kuda agar dapat bertahan hidup pada lingkungan yang mengandung minyak dengan memanfaatkan hidrokarbon sebagai sumber karbon dan digunakan untuk aktivitas metabolismenya, sehingga dapat diaplikasikan pada tanah tercemar LMB. Proses ini dilakukan selama 3 minggu dan setiap minggunya dilakukan penyegaran media dengan penambahan solar 5 % (v/v) dan analisa TPC.

Pertumbuhan mikroba setiap minggunya semakin meningkat. Hal ini menunjukkan mikroba mampu beradaptasi, tumbuh, dan mendegradasi senyawa hidrokarbon. Jumlah koloni terbesar terdapat pada konsorsium sapi yang mencapai 10^7 cfu/ml, sedangkan jumlah koloni yang terdapat pada konsorsium kotoran kuda hanya mencapai 10^6 cfu/ml (Gambar 2).



Gambar 2 Pertumbuhan populasi mikroba konsorsium kotoran sapi (□) dan kuda (×) pada media minimal dengan penambahan solar 5 % (v/v)



Gambar 3 Perubahan nilai pH konsorsium kotoran sapi (□) dan kuda (×) pada media minimal dengan penambahan solar 5 % (v/v)

berkisar antara 7-8 dengan pH awal adalah netral kemudian pada hari ke-4, meningkat menjadi 8 dan konstan hingga hari ke-6, pH menurun pada hari ke-7 menjadi 7 dan konstan hingga hari ke-9. Pada hari ke-10, pH menjadi 8 dan konstan hingga hari ke-15. pH meningkat disebabkan oleh adanya senyawa basa seperti NH_3 yang dihasilkan mikroba dalam proses biodegradasi. Pada hari ke-16 pH turun menjadi 7 dan konstan hingga hari ke-21. pH awal media minimal pada konsorsium dari kotoran kuda adalah 7 kemudian pada hari ke-4, pH meningkat menjadi 8 dan konstan hingga hari ke-6. Pada hari ke-7 pH menurun menjadi 7 dan konstan hingga hari ke-21. pH menurun disebabkan adanya senyawa asam-asam organik hasil biodegradasi. Perubahan nilai pH ini juga dipengaruhi oleh kemampuan mikroba dalam menjaga kelangsungan aktivitasnya. pH yang teramati masih berada pada kisaran pH optimum yaitu 6-8.

Lapisan minyak konsorsium dari kotoran sapi lebih cepat menipis dan habis pada hari ke-8, sedangkan lapisan minyak konsorsium dari kotoran kuda habis pada hari ke-12. Mikroba mengkonsumsi hidrokarbon sebagai sumber C sehingga lapisan minyak semakin menipis. Lapisan minyak pada konsorsium kotoran sapi lebih cepat menipis karena pada kotoran sapi cenderung memiliki komposisi kandungan hemiselulosa, selulosa, lignin, total protein, dan kadar abu yang seimbang sehingga mikroba lebih mudah mencernanya dibandingkan dengan konsorsium kotoran kuda yang memiliki kandungan protein dalam jumlah rendah namun kandungan selulosa dan hemiselulosanya tinggi. Semakin cepat lapisan

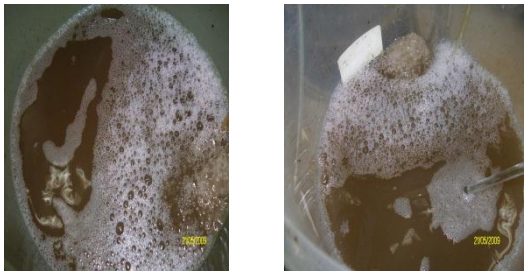
minyak ini habis menunjukkan kemampuan bakteri dalam mendegradasi hidrokarbon semakin baik. Pengamatan lapisan minyak pada konsorsium dapat dilihat pada Gambar 4.

(a) (b)

Gambar 4 Lapisan minyak pada konsorsium kotoran sapi (a) dan kuda (b) dengan penambahan solar 5 % (v/v)

Pada proses bidegradasi akan menghasilkan gas yang akan membentuk gelembung-gelembung udara dan mengapung

di atas permukaan konsorsium. Semakin lama waktu inkubasi, maka gelembung udara yang terbentuk akan semakin meningkat terutama setelah hari ke-7. Gelembung udara yang terbentuk pada konsorsium dari kotoran sapi lebih banyak dibandingkan gelembung udara pada konsorsium dari kotoran kuda (Gambar 5). Adanya gelembung udara menunjukkan bahwa terdapat aktivitas metabolisme dari mikroba yang menghasilkan gas seperti karbon dioksida, uap air, metana, dan amoniak [9].



(a) (b)

Gambar 5 Gelembung udara pada konsorsium kotoran sapi (a) dan kuda (b)

Setelah tiga minggu penambahan solar, dilakukan penyegaran media dengan menambahkan LMB 5 % b/v selama 2 minggu. Hal ini untuk mengadaptasikan mikroba dengan senyawa polutan yang akan didegradasinya.

3.2 Aplikasi Biodegradasi

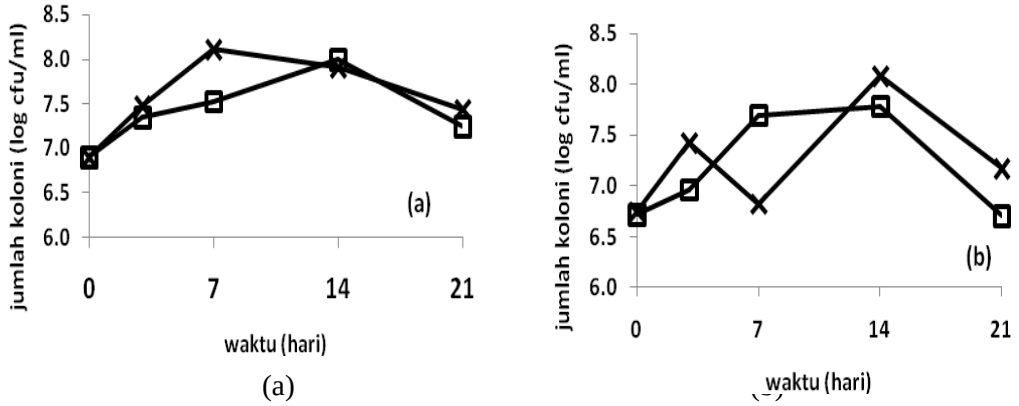
Batasan utama dalam biodegradasi hidrokarbon minyak bumi dalam tanah maupun air adalah ketersediaan sumber nitrogen dan fosfor sebagai nutrisi bagi pertumbuhan mikroba. Untuk memenuhi kebutuhan nutrisi mikroba tersebut maka dalam penelitian ini ditambahkan SP36 dan urea. Penambahan nutrisi ini dapat mengaktifkan mikroba sehingga mempercepat proses penguraian hidrokarbon minyak bumi.

Aplikasi ini menggunakan kotoran sapi dan kuda yang ditambahkan dengan LMB 5 % (b/v) dan 10 % (b/v) yang akan didegradasi, dilakukan dengan inkubator goyang untuk tujuan aerasi. Aplikasi ini dilakukan selama 21 hari dan dianalisis pada hari ke-0, hari ke-3, hari ke-7, hari ke-14, dan hari ke-21 terhadap pH, TPH, KOK, dan TPC.

3.2.1 Perubahan Nilai TPC Selama Proses Biodegradasi

Konsorsium mikroba ini merupakan kumpulan dari berbagai macam mikroba yang terdapat pada kotoran sapi dan kotoran kuda.

Jumlah koloni merupakan pertumbuhan mikroba yang terkandung dalam sampel. Jumlah koloni mikroba dengan penambahan LMB 5 % (b/v) mengalami peningkatan dari hari ke-0 dan hari berikutnya (Gambar 6 a). Hal ini menunjukkan mikroba dapat memanfaatkan senyawa yang terkandung dalam LMB sebagai sumber nutrisinya. Jumlah koloni konsorsium kotoran sapi dan kuda dari 10^6 cfu/ml menjadi 10^8 cfu/ml menunjukkan pertumbuhan pada mikroba dan pada hari terakhir (hari ke-21) mengalami penurunan menjadi 10^7 cfu/ml, jumlah koloni yang berkurang ini menunjukkan fase kematian pada mikroba.



(a)

Gambar 6 Pertumbuhan mikroba pada konsorsium kotoran sapi (□) dan kuda (×) dengan penambahan LMB 5 % (b/v) (a) dan 10 % (b/v) (b)

Pertumbuhan mikroba pada konsorsium kotoran sapi dan kuda dengan penambahan LMB 10 % (b/v) dapat dilihat pada Gambar 6 b. Jumlah koloni pada konsorsium kotoran sapi dari 10^6 cfu/ml menjadi 10^7 cfu/ml menunjukkan fase pertumbuhan pada mikroba dan pada hari terakhir (hari ke-21) mengalami penurunan menjadi 10^6 cfu/ml, jumlah koloni yang berkurang ini menunjukkan fase kematian pada mikroba, sedangkan jumlah koloni pada konsorsium kotoran kuda dari 10^6 cfu/ml menjadi 10^8 cfu/ml menunjukkan pertumbuhan pada mikroba dan pada hari ke-21 berkurang menjadi 10^7 cfu/ml. Semakin berkurangnya jumlah koloni mikroba disebabkan semakin berkurangnya nutrisi yang dapat dikonsumsi oleh mikroba dan ini menunjukkan fase kematian pertumbuhan mikroba. Semakin meningkat jumlah koloni, maka nilai TPH padat akan menurun.

Jumlah koloni pada konsorsium kotoran sapi cenderung lebih meningkat dibandingkan dengan konsorsium dari kotoran kuda. Hal ini berkaitan dengan jenis mikroba yang terdapat pada kotoran sapi lebih banyak yang dapat mendegradasi limbah minyak bumi dibandingkan dengan mikroba pada kotoran kuda, jumlah kandungan nutrien pada kotoran sapi lebih seimbang dibandingkan dengan kotoran kuda, dan pertumbuhan mikroba pada kotoran sapi lebih cepat dibandingkan mikroba pada kotoran kuda saat proses pengayaan. Beberapa spesies bakteri yang terkandung dalam limbah kotoran sapi [10] antara lain *Escherichia coli, Citrobacter freundii, Pseudomonas putrefasciens, Enterobacter cloacae, Proteus morganii, Salmonella* spp*, Enterobacter aerogenes, Flavobacterium, Pseudomonas fluorescens,* dan *Providencia alcalifasciens*, sedangkan mikroba yang terkandung di dalam sekum, kolon, dan tinja ternak kuda antara lain *Entamoeba caprae, Calismatix equi,* dan *Entamoeba equi.* Komposisi kimia kotoran kuda, ditemukan kandungan protein dalam jumlah rendah namun kandungan selulosa dan hemiselulosanya tinggi. Berbeda dengan kotoran sapi yang cenderung memiliki komposisi kandungan hemiselulosa, selulosa, lignin, total protein, dan kadar abu yang seimbang. [2] dapat mengisolasi 12 isolat dari kotoran sapi yang mampu memanfaatkan senyawa hidrokarbon dan mengidentifikasi 3 isolat yaitu *Pseudomonas pseudomallei, Pseudomonas aeruginosa,* dan *Enterobacter agglomerans*. Jumlah koloni berkaitan dengan persentase degradasi. Secara umum semakin besar jumlah koloni mikroba maka semakin tinggi persentase degradasinya.

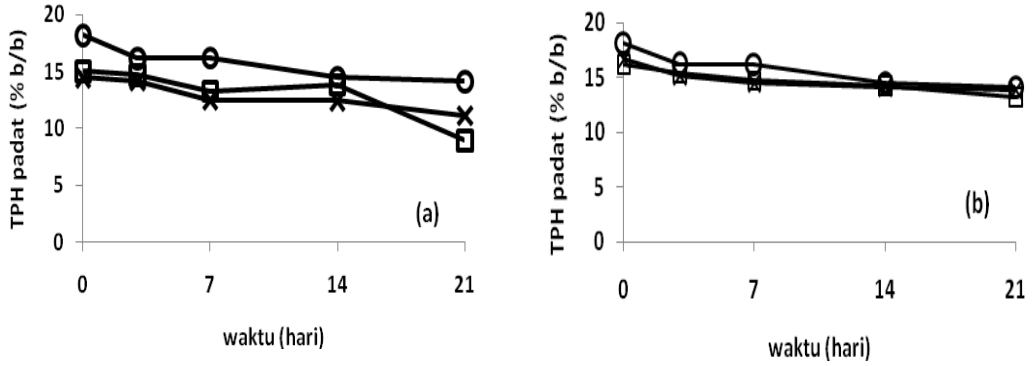
3.2.2 Penurunan TPH Fase Padatan

Parameter yang paling tepat untuk menggambarkan proses biodegradasi limbah minyak bumi adalah TPH. Kandungan hidrokarbon pada tanah yang digunakan dalam penelitian ini tergolong tinggi yaitu 17.22 % [11]. Tingginya nilai TPH awal proses biodegradasi ini membuat laju degradasi tidak optimum karena menurut [14] kondisi optimum biodegradasi terjadi pada total kontaminan (TPH) sebesar 5–10 %. Untuk mengoptimalkan proses biodegradasi, maka minyak yang ada pada tanah harus terdispersi ke dalam media air sehingga mikroba dapat mendegradasi minyak tersebut.

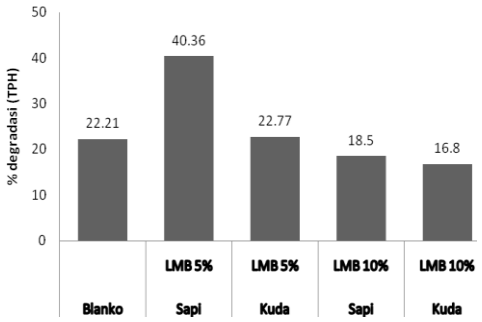
Penurunan TPH fase padatan pada konsorsium kotoran sapi dan kuda dengan penambahan LMB 5 % (b/v) dapat dilihat pada Gambar 7 a. Hasil tersebut menunjukkan, pada konsorsium kotoran sapi dan kuda nilai TPH akhir mengalami penurunan dari nilai TPH awal. Hal ini menunjukkan kemampuan bakteri dalam mendegradasi LMB. Nilai TPH awal konsorsium kotoran sapi pada penambahan LMB 5 % (b/v) adalah 15.04 % (b/b) mengalami penurunan menjadi 8.97 % (b/b). Hal ini berarti LMB yang terdegradasi sebanyak 40.36 % (Gambar 8). Konsorsium kotoran kuda, nilai TPH awalnya sebesar 14.45 % (b/b) menjadi 11.16 % (b/b). Hal ini berarti LMB yang terdegradasi sebesar 22.77 %. Penurunan nilai TPH ini sesuai dengan meningkatnya jumlah koloni bakteri yang dapat mendegradasi limbah minyak bumi, sehingga semakin banyak jumlah koloni mikroba, maka semakin banyak limbah minyak bumi yang didegradasi.

Nilai TPH fase padatan dengan penambahan LMB 10 % (Gambar 7 b) mengalami penurunan. Persen TPH fase padatan pada konsorsium kotoran sapi menurun dari 16.22 % (b/b) menjadi 13.22 % (b/b). Hal ini berarti LMB yang didegradasi sebesar 18.50 % (Gambar 8). Konsorsium kotoran kuda mengalami penurunan dari 16.67 % (b/b) menjadi 13.87 % (b/b). Hal ini berarti LMB yang didegradasi sebesar 16.80 %. Persen TPH fase padatan pada blanko juga mengalami penurunan dari 18.19 % (b/b) menjadi 14.15 % (b/b). Hal ini menunjukkan LMB terdegradasi sebesar 22.21 %. Nilai TPH fase padatan pada blanko mengalami penurunan, berarti menunjukkan LMB dapat terdegradasi. Hal ini dikarenakan adanya perlakuan fisika kimia yaitu terjadi penguapan dan juga mikroba indigenus yang terdapat pada LMB. Lestari (2010) meneliti 3 isolat mikroba terbaik yang berasal dari LMB yaitu kode MY7, MY 12, dan MYFlr dan mengkombinasikannya, sehingga didapatkan

persen degradasi terbesar yaitu 36.74 %. Oleh karena itu selain mikroba dari kotoran sapi dan kuda, mikroba indigenus dari LMB juga membantu dalam mendegradasi LMB.



Gambar 7 Penurunan TPH fase padatan pada konsorsium kotoran sapi (□), kuda (×), dan blanko (○) dengan penambahan LMB 5 % (b/v) (a) dan 10 % (b/v) (b)

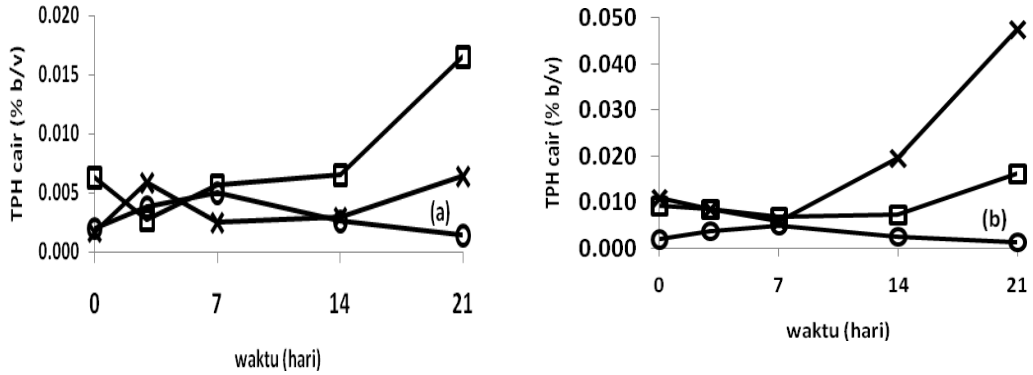


Gambar 8 Degradasi TPH pada konsorsium sapi, kuda, dan blanko dengan penambahan LMB 5 % (b/v) dan 10 % (b/v) setelah 21 hari

Semakin banyak LMB yang terdegradasi menunjukkan bahwa konsorsium kotoran sapi lebih baik dibandingkan dengan konsorsium kotoran kuda dengan penambahan LMB 5 % (b/v) maupun 10 % (b/v). Penambahan LMB 5 % menunjukkan hasil degradasi yang lebih baik dibandingkan dengan penambahan LMB 10 %. Hal ini dikarenakan LMB 5 % mempunyai toksisitas yang lebih rendah dibandingkan dengan LMB 10 % sehingga LMB 5 % lebih mudah didegradasi.

3.2.3 Perubahan Nilai TPH Fase Cairan

Parameter TPH fase cair dapat dijadikan tolok ukur juga dalam degradasi limbah minyak berat. Semakin tinggi nilai TPH cair limbah minyak berat menunjukkan semakin terdispersinya di dalam air, dan memudahkan bakteri mendegradasi limbah minyak berat.



(a) (b)

Gambar 9 Perubahan TPH fase cairan pada konsorsium kotoran sapi (□), kuda (×), dan blanko (○) dengan penambahan LMB 5 % (b/v) (a) dan 10 % (b/v) (b)

Nilai TPH fase cairan pada konsorsium kotoran sapi maupun kuda dengan penambahan LMB 5 % (b/v) mengalami peningkatan (Gambar 9 a). Pada konsorsium kotoran sapi, nilai TPH fase cairan awalnya sebesar 0.0063 % (b/v) menjadi 0.0165 % (b/v). Konsorsium kotoran kuda, nilai TPH fase cairan awalnya sebesar 0.0017 % (b/v) menjadi 0.0064 % (b/v). Perubahan nilai nini menunjukkan banyaknya LMB yang terdispersi ke dalam air.

Nilai TPH fase cairan pada konsorsium kotoran sapi maupun kuda dengan penambahan LMB 10 % mengalami peningkatan (Gambar 9 b) dari 0.0092 % (b/v) menjadi 0.0162 % (b/v). Pada konsorsium kotoran kuda TPH fase cairan awalnya sebesar 0.0109 % (b/v) menjadi 0.0475 % (b/v). Secara umum semakin menurun % TPH fase padatan, maka % TPH fase cairan akan meningkat. Hal ini dikarenakan akan semakin banyaknya limbah minyak bumi yang terdispersi dalam air, sehingga senyawa hidrokarbon dalam cairan semakin bertambah.

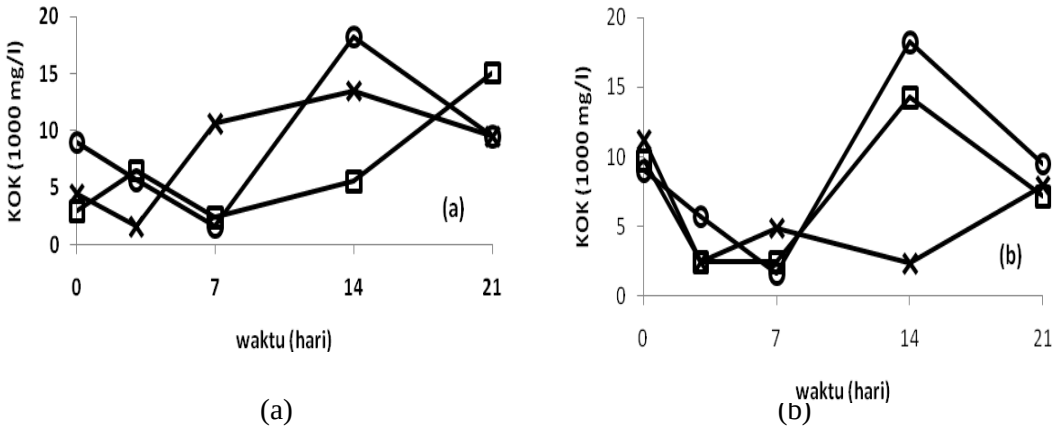
3.2.4 Perubahan Nilai KOK

Nilai KOK menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi baik yang terurai secara biologis maupun yang tidak terurai secara biologis [12].

Perubahan nilai KOK pada konsorsium kotoran sapi dan kuda dengan penambahan LMB 5 % (b/v) ditunjukkan pada Gambar 10 a. Nilai KOK pada konsorsium kotoran sapi mengalami peningkatan dari awalnya sebesar 2995 mg/L dan akhirnya menjadi 15078 mg/L.

Nilai awal KOK pada konsorsium kuda adalah sebesar 4492 mg/L meningkat menjadi 9523 mg/L. Peningkatan nilai KOK ini menunjukkan semakin banyak senyawa organik yang terkandung dalam LMB terdispersi ke fase cair, sehingga jumlah senyawa organik yang akan dioksidasi semakin banyak. Oleh karena itu, jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan senyawa tersebut menjadi senyawa yang lebih sederhana semakin tinggi.

Pada penambahan LMB 10 % (b/v) (Gambar 10 b), nilai KOK pada konsorsium kotoran sapi mengalami penurunan dari 9734 mg/L menjadi 7142 mg/L. Pada konsorsium kotoran kuda, nilai KOK mengalami penurunan dari awalnya sebesar 11232 mg/L akhirnya menjadi 7936 mg/L. Penurunan nilai ini menujukkan berkurangnya kandungan senyawa organik yang terkandung dalam limbah minyak bumi, sehingga jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan senyawa tersebut menjadi senyawa sederhana semakin sedikit. Semakin banyak LMB terdegradasi, maka nilai KOK akan semakin tinggi. Nilai KOK ini berada di atas ambang batas yang ditentukan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 3 Tahun 1998 untuk limbah cair yaitu sebesar 100 mg/L, sehingga perlu adanya perlakuan tambahan untuk menurunkan nilai KOK tersebut sehingga dapat langsung dibuang ke lingkungan secara aman.



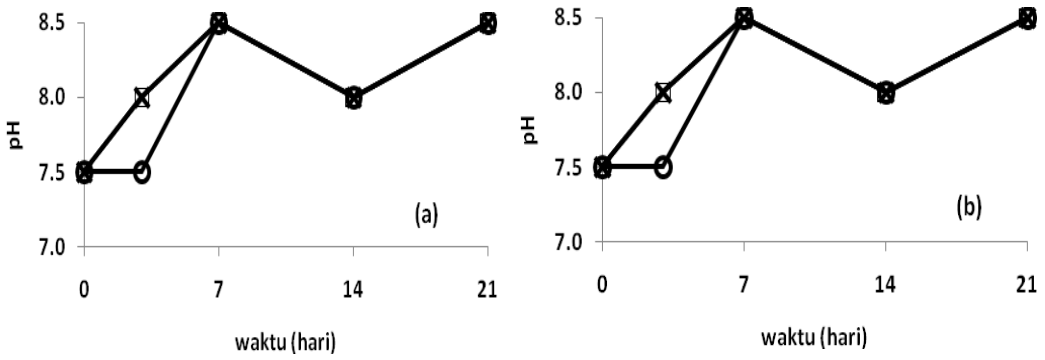
(a) (b)

Gambar 10 Perubahan nilai KOK pada konsorsium kotoran sapi (□), kuda (×), dan blanko (○) dengan penambahan LMB 5 % (b/v) (a) dan 10 % (b/v) (b)

3.2.5 Perubahan Nilai pH

Nilai pH optimum mikroba pada proses biodgradasi LMB berkisar antara 6-9. Nilai pH konsorsium kotoran sapi dan kuda dengan penambahan LMB 5 % (b/v) semakin meningkat yaitu dari 7.5 menjadi 8.5 (Gambar 11 a). Perubahan nilai pH pada penambahan

LMB 5 % dan 10 % tidak berbeda nyata Penambahan LMB 10 % (b/v), nilai pH konsorsium kotoran sapi dan kuda semakin meningkat dari 7.5 menjadi 8.5 (Gambar 11 b). Nilai pH ini masih berada di kisaran pH optimum pada mikroba pendegradasi LMB. Peningkatan nilai pH ini dikarenakan mikroba mengeluarkan senyawa basa seperti amoniak dalam proses metabolismenya.



(a) (b)

Gambar 11 Perubahan nilai pH pada konsorsium kotoran sapi (□), kuda (×), dan blanko (○) dengan penambahan LMB 5 % (b/v) (a) dan 10 % (b/v) (b)

Perubahan nilai pH pada penambahan LMB 5 % dan 10 % tidak berbeda nyata Penambahan LMB 10 % (b/v), nilai pH konsorsium kotoran sapi dan kuda semakin meningkat dari 7.5 menjadi 8.5 (Gambar 11 b). Nilai pH ini masih berada di kisaran pH optimum pada mikroba pendegradasi LMB. Peningkatan nilai pH ini dikarenakan mikroba mengeluarkan senyawa basa seperti amoniak dalam proses metabolismenya.

4 SIMPULAN DAN SARAN

Kemampuan mikroba dalam mendegradasi LMB dapat diukur dari beberapa parameter diantaranya TPC, penurunan TPH fase padatan, dan besarnya % degradasinya. Persen degradasi terbesar didapatkan dari penambahan LMB 5 %. Hal ini karena toksisitas yang rendah pada LMB 5 %. Konsorsium kotoran sapi dengan penambahan LMB 5 % pada hari ke-21 mencapai 40.36 % degradasi TPH, sedangkan konsorsium kotoran kuda mencapai 22.77 % degradasi TPH. Konsorsium kotoran sapi dengan penambahan LMB 10 % pada hari ke-21 mencapai 18.50 % degradasi TPH, sedangkan konsorsium kotoran kuda mencapai

16.80 % degradasi TPH. Konsorsium mikroba kotoran sapi pada penambahan LMB 5 % (b/v) lebih baik dalam mendegradasi LMB dibandingkan dengan mikroba pada konsorsium kotoran kuda.

LMB diketahui mengandung PAH, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai kandungan PAH yang ada, perlunya mengetahui kondisi optimum LMB dalam proses biodegradasi dengan menggunakan konsorsium kotoran sapi dan kuda.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Anggraeni D. 2003. Isolasi Bakteri dan Kapang Pendegradasi Hidrokarbon Minyak Diesel dari Kotoran Hewan. [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

[2] [APHA] American Public Health Association. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th edition. Washington DC: APHA, AWWA & WEF.

[3] Clesceri LC, Greenberg AE, Eaton AD. 2005. *Standard Method for Examination of Water and Wastewater 21th* .5220.C- Clossed Reflux, Titrimetri Method. APHA, AWWA, WEF.

[4] Hadioetomo RS. 1993. *Mikrobiologi Dasar dalam Praktek*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

[5] Hikmatuloh YA. 2004. Kajian Kombinasi Bakteri Pada Proses Biodegradasi Minyak Diesel. [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

[6] [KLH]. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kawasan Industri. Jakarta: Departemen Lingkungan Hidup. [terhubung berkala]. http://www. proxsis.com/perundangan/LH/doc/uu/J07-1998-00003.pdf [Desember 2009].

[7] Rony. 2009. Pengaruh Surfaktan Anionik dan Pengadukan Terhadap Kelarutan Limbah Minyak Bumi dalam Air. [skripsi]. Bogor. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

[8] Srimulyati I. 2000. Pemanfaatan Ekstrak Kompos Kotoran Sapi untuk Mengendalikan Penyakit Bercak Ungu pada Bawang Merah (*Allium cepa lavascalonium*). [skripsi]. Bogor. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

[9] Suyeti. 2003. Kajian Produksi Serbuk Inokulum untuk Degradasi Senyawa Hidrokarbon Minyak Bumi. [skripsi]. Bogor. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

[10] Udiharto M. 1996. Bioremediasi Miyak Bumi. *Prosiding Pelatihan dan Lokakarya "Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan"*, Cibinong 24-28 Juni 1996. LIPI-BPPT-HSF.

[11] [US EPA] United States Environmental Protection Agency. 1998. Method 1664, Revision A: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. Washington DC: U.S.EPA.

[12] [US EPA] United States Environmental Protection Agency. 1999. Method 9071B, n-Hexane Extractable Material (HEM) for Sludge, Sediment, and, Solid Samples. Washington DC: U.S.EPA.

[13] Zaki M. 2005. Produksi dan Karakterisasi Inokulum Serta Aplikasinya dalam Mendegradasi Senyawa Hidrokarbon Minyak Bumi. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

[14] Vidali M. 2001. Bioremediation. An Overview. Department of Inorganic Chemical. University of Padova, Padova.