

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Bengkel Kendaraan Bermotor

Bengkel umum kendaraan bermotor merupakan bengkel yang berfungsi memperbaiki dan merawat kendaraan bermotor agar tetap memenuhi persyaratan teknis dan layak jalan. Kendaraan bermotor adalah kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu. Untuk memenuhi kebutuhan akan pelayanan jasa yang lebih baik, sebagai jawaban pemenuhan kesejahteraan masyarakat, pelayanan jasa dibengkel juga dikembangkan. Berbagai bengkel sekarang juga melayani jasa cuci kendaraan dan juga salon kendaraan (Tim KSS, 1998).

Perkembangan industri bengkel kendaraan bermotor sebagai salah satu pendukung industri otomotif yaitu pelayanan purna jual, sebagai *authorized* maupun bengkel umum semakin banyak dan sangat diminati oleh pengusaha untuk mendirikan bengkel baru yang dapat memberikan layanan jasa terbaik bagi para pemilik kendaraan. Oleh sebab itu tidaklah mengherankan jika jumlah bengkel semakin bertambah dan beragam jenisnya, khususnya di kota-kota besar di Indonesia (Tim KSS, 1998).

Menurut Rozali (1996) jenis bengkel kendaraan bermotor berdasarkan fasilitas pelayanan dapat dibedakan menjadi empat yaitu :

1. Bengkel *dealer*

Bengkel *dealer* adalah bagian dari suatu *dealer* otomotif yang memberikan layanan purna jual kepada konsumen. Bengkel jenis ini

biasanya hanya melayani kendaraan dengan merek tertentu yang dijual di *dealer* tersebut. Pelayanan yang ditawarkan meliputi perawatan rutin hingga perbaikan yang memerlukan penggantian suku cadang. Bengkel jenis ini biasanya terdiri dari beberapa bagian khusus yang memberikan pelayanan perawatan atau perbaikan tertentu pada komponen mobil (mesin, *balancing*, perbaikan bodi dan sebagainya). Oleh karena itu, teknisi yang bekerja pada bengkel ini juga memiliki spesialisasi tertentu dan dilengkapi peralatan yang mendukung pekerjaannya.

2. Bengkel pelayanan umum

Bengkel ini merupakan bengkel independen yang mampu melakukan perawatan dan perbaikan beberapa komponen pada sebuah mobil. Berbeda dengan bengkel *dealer*, bengkel ini memberikan pelayanan perawatan dan perbaikan untuk berbagai merek kendaraan.

3. Bengkel pelayanan khusus

Bengkel pelayanan khusus adalah bengkel otomotif yang memiliki spesialisasi dalam hal perawatan dan perbaikan salah satu elemen pada sebuah kendaraan. Sebagai contoh bengkel reparasi *body*, radiator, AC, *spooring* dan *balancing*, dan sebagainya. Spesialisasi yang diberikan pada bengkel-bengkel tersebut menuntut peralatan khusus sesuai dengan jenis operasi yang akan dilakukan.

4. Bengkel unit keliling

Bengkel ini merupakan bengkel yang memberikan pelayanan berupa perbaikan yang dilakukan di lokasi kendaraan milik konsumen.

Biasanya bengkel tersebut dioperasikan oleh *dealer* atau produsen merek kendaraan tertentu, hal ini dilakukan sebagai salah satu bentuk pelayanan purna jual bagi konsumen.

B. Limbah Bengkel kendaraan bermotor

Jenis-jenis limbah kendaraan bermotor ialah sebagai berikut :

1. Limbah gas

Hasil pembakaran bahan bakar pada kendaraan bermotor merupakan faktor penyebab pencemaran udara. Komponen utama bahan bakar fosil ini adalah hydrogen (H) dan karbon (C). Pembakarannya akan menghasilkan senyawa hidro karbon (HC), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), serta nitrogen oksida (NO_x) pada kendaraan berbahan bakar bensin. Sedangkan pada kendaraan berbahan bakar solar, gas buangnya mengandung sedikit HC dan CO tetapi lebih banyak SO₂. Dari senyawa-senyawa itu, HC dan CO paling berbahaya bagi kesehatan manusia (Anonim, 2013).

2. Limbah padat

Bengkel pada umumnya juga menghasilkan limbah padat. Limbah padat dari perbengkelan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu limbah logam dan non-logam. Limbah padat non-logam dapat berupa ban bekas/karet, busa, kulit sintetis, kain lap bekas yang telah terkontaminasi oleh oli/pelarut, cat kering dan lain-lain. Limbah logam banyak terdiri dari

berbagai potongan logam, mur/skrup, bekas cecekan pengelasan dan lain-lain (Anonim, 2013).

3. Limbah cair

Limbah cair dari usaha perbengkelan dapat berupa oli bekas, bahan cecekan, pelarut atau pembersih, minyak diesel. Air limbah dari usaha perbengkelan banyak terkontaminasi oleh oli (minyak pelumas), gemuk dan bahan bakar. Air yang sudah terkontaminasi akan mengalir mengikuti saluran yang ada, sehingga air ini mudah sekali untuk menyebarkan bahan-bahan kontaminan yang terbawa olehnya (Kankantapong dkk., 2009 dalam Cindiyanti, 2011)..

Oli bekas mengandung komponen logam berat (Cd, Pb, Fe), *polychlorinated biphenyls* (PCBs), dan *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs), komponen-komponen ini mengandung bahan beracun saat terlepas ke lingkungan, terutama pada perairan dikarenakan dapat menyebabkan terhalangnya sinar matahari dan oksigen dari atmosfer ke air (Kankantapong dkk., 2009 dalam Cindiyanti, 2011).

Selain oli bekas limbah bengkel lain yang dapat menyebabkan pencemaran adalah tidak adanya pengelolaan limbah aki bekas, sehingga dapat mencemari lingkungan karena mengandung kadar timbal dan asam kuat. Limbah timbal yang mencemari perairan jika air digunakan oleh masyarakat sekitar akan menyebabkan adanya timbal di dalam darah yang akan membahayakan kesehatan (Kankantapong dkk., 2009 dalam Cindiyanti, 2011).

Limbah dari kegiatan bengkel kendaraan bermotor hingga saat ini belum ada peraturan khusus yang mengatur, terutama dalam tingkat daerah khususnya kota. Peraturan Menteri LH No. 30 tahun 2009 sudah menjelaskan bahwa Tata Laksana Perizinan dan Pengawasan Pengelolaan Limbah B3 serta Pengawasan Pemulihan Akibat Pencemaran Limbah B3 oleh Pemerintah Daerah. Bengkel yang beraktifitas dalam wilayah kota seharusnya merupakan tanggung jawab Pemerintah Kota dalam hal pengelolaan limbah B3 bengkel.

Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta telah melakukan upaya-upaya yang sejalan dengan peraturan perundang-undangan dalam berbagai bentuk kebijakan. Hal ini diwujudkan dalam Peraturan Daerah Nomor 5 Tahun 2007 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, Peraturan Daerah Nomor 2 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (Perda Yogyakarta, 2010). Namun kebijakan-kebijakan ini belum membawa hasil positif bagi upaya memelihara dan melestarikan kehidupan alam dan masyarakat yang lebih baik. Hal ini dikarenakan belum ada regulasi yang secara spesifik mengatur tentang pengelolaan berbagai limbah B3 di Yogyakarta. Tidak adanya pembatasan wilayah yang diijinkan dan yang tidak diijinkan untuk mendirikan perbengkelan menjadi faktor penyebab utama.

C. Dampak Limbah Cair Bengkel Kendaraan Bermotor

Limbah yang dihasilkan pada tempat pemeliharaan dan perbaikan alat-alat transportasi (*workshop*) dapat berupa minyak pelumas, minyak diesel dan gasoline. Hidrokarbon minyak bumi ini mengandung hidrokarbon alifatik,

hidrokarbon alisiklik, dan hidrokarbon aromatik (Speight, 1980). Keberadaan senyawa ini dalam limbah akan menyebabkan degradasi kualitas lingkungan. Pencemaran hidrokarbon berpengaruh terhadap manusia, hewan, dan tumbuhan (Udiharto, 2000).

Dampak terhadap manusia dapat menyerang sistem syaraf pusat, mempengaruhi kerusakan sel sumsum tulang dan menyebabkan penyakit kanker. Hal ini dikarenakan tingkat toksisitas hidrokarbon minyak bumi dapat bersifat akut atau kronik. Toksisitas akut terjadi dalam jangka waktu yang relatif pendek dengan bahan yang berkontak di lingkungan cukup tinggi sedangkan toksisitas kronik terjadi dalam jangka waktu lama dengan bahan yang berkontak relatif lebih rendah (Udiharto, 2000).

Limbah cair bengkel yang terdapat di permukaan tanah memberikan pengaruh negatif terhadap tumbuhan, yaitu toksisitas akibat kontak langsung atau tidak langsung karena adanya interaksi minyak dengan komponen abiotik dan mikroorganisme tanah. Toksisitas kontak terjadi karena hidrokarbon melarutkan struktur membran lipid sel. Walaupun komponen minyak bumi bertitik didih rendah cepat hilang melalui evaporasi dan pencucian (pada tanah dengan kondisi lembab dan beraerasi baik), tetapi menyebabkan toksisitas kontak yang tinggi terhadap ikan dan daun (Bossert dan Bartha, 1984). Hidrokarbon minyak bumi dapat menghambat laju fotosintesis karena mempengaruhi permeabilitas membran sel dan mengurangi penyerapan cahaya matahari oleh kloroplas (Mason, 1996).

Pengaruh tidak langsung terjadi karena adanya kompetisi penggunaan nutrisi mineral dan oksigen antara akar tumbuhan dan mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon dan mendorong terbentuknya kondisi anaerobik sehingga dihasilkan senyawa fitotoksik seperti H₂S (Atlas & Bartha, 1997). Selain itu minyak dengan sifatnya yang hidrofobik dapat menyebabkan struktur tanah menjadi buruk sehingga membatasi kemampuannya dalam menyerap air dan udara (Bossert dan Bartha, 1984).

Dampak limbah cair bengkel dapat menyerang hewan diantaranya invertebrata, amfibi, dan burung. Invertebrata tanah mempunyai kandungan lipid yang tinggi dan laju metabolisme yang cepat sehingga sangat sensitif terhadap toksisitas kontak dari minyak bertitik didih rendah. Hidrokarbon dengan titik didih yang lebih tinggi dan kurang fitotoksistasnya dapat menyumbat stomata mikroartropoda sehingga menghambat proses respirasi (Bossert dan Bartha, 1984).

Amfibi lebih mudah terkena dampak negatif dari minyak karena kulitnya yang permeabel. Percobaan dengan menggunakan beberapa konsentrasi minyak, telur dapat menetas menjadi berudu tanpa dipengaruhi oleh konsentrasi minyak, tetapi perkembangan berudu terhambat pada konsentrasi minyak yang tinggi bahkan pada konsentrasi > 100 mg/l tidak ada berudu yang mengalami metamorfosa menjadi katak dewasa (Mason, 1996).

Tumpahan hidrokarbon minyak dapat menyebabkan terganggunya perkembangbiakan burung karena lingkungan menjadi tidak sesuai untuk penetasan telur dan terdapatnya unsur beracun. Beberapa percobaan

menunjukkan bahwa minyak yang diberikan pada kulit telur *mallard* (*Anas platyrhynchos*) menyebabkan telur tidak menetas karena terdapat komponen aromatik yang toksik bagi telur. Pada dosis 10 μ l, embrio menjadi abnormal yang ditandai dengan berubahnya bentuk paruh, susunan tulang dan bulu burung yang tidak lengkap (Mason, 1996).

D. Lumpur Aktif

Teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Berbagai teknik pengolahan air limbah untuk menyisahkan bahan polutan telah dicoba dan dikembangkan, teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan secara umum dapat dibagi menjadi tiga metode pengolahan, yaitu pengolahan secara fisika, pengolahan secara kimia, dan pengolahan secara biologi (Suharto, 2010).

Menurut Ginting (1995), proses pengolahan air limbah dengan cara biologi ialah memanfaatkan mikroorganisme (ganggang, bakteri dan protozoa) untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa yang sederhana. Pengolahan limbah dengan cara biologis dilakukan melalui tiga cara, yaitu pengolahan secara aerob, pengolahan secara anaerob, dan pengolahan secara fakultatif. Pemilihan pengolahan tergantung pada karakteristik limbah, kondisi dan maksud serta tujuan pengolahan.

Lumpur aktif merupakan salah satu teknik pengolahan limbah secara biologis dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah cair menjadi CO_2 , H_2O , NH_4

dan sel biomassa baru (Bitton, 1994). Menurut Benefield dkk. (1980), pengolahan lumpur secara anaerobik merupakan metode yang efektif untuk mengolah atau menstabilkan limbah organik. Mikroorganisme anaerob mempunyai peran utama dalam keadaan tanpa oksigen yang mengubah bahan organik menjadi produk akhir berupa CO_2 dan CH_4 .

Menurut Sugiharto (1987), lumpur aktif merupakan endapan lumpur yang berasal dari air limbah yang telah mengalami pemberian udara (aerasi) secara teratur, sedangkan Benefield dkk. (1980), mengatakan bahwa lumpur aktif adalah kultur campuran mikroorganisme yang terdiri dari bakteri, protozoa, rotifer dan fungi.

Herlambang dan Wahjono (1999), menyatakan proses lumpur aktif dalam pengolahan air limbah tergantung pada pembentukan flok lumpur aktif yang terbentuk oleh mikroorganisme (terutama bakteri), partikel inorganik, dan polimer exoselular. Selama pengendapan flok, material yang terdispersi, seperti sel bakteri dan flok kecil, menempel pada permukaan flok. Pembentukan flok lumpur aktif dan penjernihan dengan pengendapan flok akibat agregasi bakteri dan mekanisme adesi. Flokulasi dan sedimentasi flok tergantung pada hidrofobitas internal dan eksternal dari flok dan material exopolimer dalam flok, dan tegangan permukaan larutan mempengaruhi hidrofobitas lumpur granular dari reaktor lumpur anaerobik.

Kasmidjo (1991), mempertegas pentingnya pembentukan flok dalam proses lumpur aktif dalam campuran cairan dan tipe mikroflora yang ada pada lumpur. Mikroflora pada penanganan limbah secara biologis berasal dari

tangki aerasi itu sendiri yang sebelumnya telah mengalami proses aklimatisasi atau penyesuaian diri. Pengujian menunjukkan bahwa mikroflora yang terdapat di lumpur aktif sangat bervariasi dari sistem yang satu dengan sistem yang lainnya. Pada umumnya terdapat spesies bakteri dari genus *Bacillus*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Zooglea*, dan *Nitrobacter* yang ada pada lumpur aktif.

Pertumbuhan mikroorganisme akan membentuk gumpalan massa yang dapat dipertahankan dalam suspensi bila unit lumpur aktif diaduk, tetapi bila pengadukan dihentikan maka gumpalan akan mengendap. Aerasi yang digunakan dalam sistem aerobik harus bekerja secara berkelanjutan sehingga mampu mempertahankan sisa konsentrasi oksigen terlarut dalam larutan. Aerasi sendiri adalah penambahan oksigen secara terus menerus dalam proses pengolahan limbah (Jeni dan Rahayu, 1993).

Menurut Herlambang dan Haryono (1990), proses lumpur aktif dapat dibedakan menjadi dua yaitu proses lumpur aktif konvensional dan modifikasi proses lumpur aktif konvensional. Proses lumpur aktif konvensional membutuhkan tangki aerasi dan tangki sedimentasi, tangki oksidasi digunakan untuk mengoksidasi aerobik material organik dan tangki sedimentasi digunakan untuk sedimentasi flok mikrobia (lumpur) yang dihasilkan selama fase oksidasi dalam tangki aerasi. Sebagian lumpur dalam tangki penjernih didaur ulang kembali dalam bentuk Lumpur Aktif Balik (LAB) ke dalam tangki aerasi dan sisanya dibuang untuk menjaga nisbah yang tepat antara makanan dan mikroorganisme (Asmadi dan Suharno, 2012).

Analisis lumpur aktif yang perlu dilakukan dalam pengolahan limbah industri meliputi hal-hal sebagai berikut :

a. Volume Lumpur

Analisis volume lumpur dilakukan untuk menguji kecepatan pengendapan lumpur. Sampel limbah dimasukkan ke dalam gelas ukur volume satu liter dan dibiarkan selama 30 menit. Hasil diperoleh dalam satuan ml/liter (Siregar, 2005).

b. *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS)

Isi di dalam bak aerasi pada proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif disebut sebagai *mixed liquor* yang merupakan campuran antara air limbah dengan biomassa mikroorganisme serta padatan tersuspensi lainnya. MLSS adalah jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral, termasuk di dalamnya adalah mikroorganisme (Asmadi dan Suharno, 2012).

Kandungan lumpur ditentukan dengan metode gravimetri. Sejumlah tertentu cairan lumpur aktif disaring, kemudian residu yang diperoleh dipanaskan selama satu jam pada suhu 105° C dan ditimbang. Hasil diperoleh dalam satuan g/liter (Siregar, 2005). Analisis MLSS bertujuan untuk mengetahui kuantitas padatan tersuspensi yang terkandung pada larutan dalam tangki aerasi, dengan kata lain analisis MLSS digunakan sebagai indikator yang

menunjukkan kuantitas mikroorganisme pada sistem lumpur aktif (Sari dkk., 2013).

c. Oksigen

Biodegradasi hidrokarbon minyak bumi membutuhkan oksigen sebagai akseptor elektron karena dasar proses biodegradasi adalah oksidasi (Cooney, 1984). Kekurangan oksigen menyebabkan biodegradasi menurun, idealnya 1 g oksigen digunakan untuk mendegradasi 3,5 gr minyak bumi. Oksigen dapat disuplai melalui pengadukan tanah secara berkala atau dialirkan melalui pipa-pipa (Bewley, 1996).

Oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan. Oksigen dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik (Salmin, 2000).

E. Mikrobia Pendegradasi Hidrokarbon

Banyak cara yang dilakukan untuk mengatasi pencemaran lingkungan akibat limbah minyak bumi, salah satunya adalah dengan melibatkan agen biologis berupa mikroorganisme yang memiliki kemampuan mendegradasi senyawa hidrokarbon yang terdapat di dalam minyak bumi menjadi mineral-mineral yang lebih sederhana (Goenadi dan Isroi, 2003).

Teknik pemulihan lahan tercemar oleh minyak bumi yang dilakukan dengan menggunakan kemampuan mikroorganisme dalam mendegradasi struktur hidrokarbon ini dikenal dengan istilah bioremediasi. Bioremediasi dapat juga didefinisikan sebagai proses pemulihan secara biologi terhadap komponen lingkungan yang tercemar (Baker dan Herson, 1994). Salah satu teknik bioremediasi adalah biodegradasi yaitu proses penguraian oleh aktivitas mikrobial yang mengakibatkan transformasi struktur suatu senyawa sehingga terjadi perubahan integritas molekuler dan toksisitas senyawa tersebut berkurang atau menjadi tidak toksik sama sekali (Nugroho, 2006).

Beberapa bakteri bisa mengoksidasi hidrokarbon alifatik dengan bantuan enzim monooksigenase dan menghasilkan produk akhir berupa asetil Ko-A yang akan dikatabolisis melalui siklus asam sitrat. Sedangkan hidrokarbon aromatik, akan dikatalisis menggunakan beberapa enzim diantaranya monooksigenase, dioksigenase, sekuensial dioksigenase membentuk beberapa senyawa yang lebih sederhana diantaranya *catechol* atau *cis-cis muconate*. Pada tahap selanjutnya dua senyawa ini akan didegradasi menjadi suksinat, piruvat, atau asetil Ko-A sehingga bisa dikatabolisis melalui siklus asam sitrat (Madigan dkk., 2003).

Salah satu mikroorganisme yang sering digunakan dalam proses bioremediasi dengan menggunakan mikroba yang paling dominan yang ditemukan pada hidrokarbon yaitu bakteri yang memiliki kemampuan mendegradasi senyawa hidrokarbon untuk keperluan metabolisme dan

perkembangannya disebut bakteri hidrokarbonoklastik atau bakteri petrifikasi (Atlas dan Bartha, 1997).

Bakteri hidrokarbonoklastik dapat diperoleh dengan cara mengisolasi bakteri dari tempat yang mengandung hidrokarbon. Pemanfaatan bakteri hidrokarbonoklastik yang diisolasi langsung dari habitatnya (bakteri *indigenous*) sebagai agen pendegradasi hidrokarbon dapat mempersingkat waktu bioremediasi. Populasi bakteri pemecah hidrokarbon yang terdapat di suatu ekosistem penerima limbah hidrokarbon penyebarannya sangat luas terutama pada lingkungan yang tercemar minyak (Atlas dan Bartha, 1997). Rezvani (2006), menegaskan penggunaan bakteri pendegradasi hidrokarbon pada lingkungan yang tercemar minyak akan lebih efektif apabila bakteri tersebut berasal dari areal tercemar tersebut.

Kemampuan mikrobia mendegradasi hidrokarbon telah lama diteliti terutama pada era 70-an dan 80-an, pada saat itu lahan pertanian dijadikan tempat pembuangan minyak. Banyak senyawa yang terbentuk hidrokarbon akhirnya diketahui dapat diuraikan oleh mikrobia. Terdapat sekitar 21 genus bakteri, 10 genus fungi, dan 5 genus *yeast* yang dapat mendegradasi hidrokarbon (Mason, 1996). Mikrobia seperti bakteri dapat menggunakan hidrokarbon dari minyak mentah dan fraksi-fraksinya baik secara utuh maupun sebagian, dan minyak tersebut dapat diuraikan secara sempurna (Alexander, 1997).

Mikrobia yang pada umumnya berkembang di lingkungan terkontaminasi hidrokarbon sebagian besar adalah bakteri dan kapang. Bakteri

merupakan golongan yang lebih domina dan memiliki peran yang sangat menonjol dalam menguraikan atau mendegradasi limbah, hal ini karena bakteri mempunyai kisaran pH yang bervariasi dan dapat pula tumbuh pada unsur nitrogen rendah sehingga berbeda dengan mikrobia lain yang hidup dengan faktor pembatas tertentu. Protozoa membutuhkan makanan lebih kompleks dibandingkan dengan bakteri sedangkan ganggang memerlukan sinar matahari sebagai sumber energinya. Faktor pembatas inilah yang membuat bakteri mampu hidup tanpa melakukan persaingan dengan mikrobia lain (Ginting dan Perdana, 2007).

Bakteri yang sudah diketahui dapat memecah hidrokarbon alifatik seperti etana, propana, antara lain *Mycobacterium*, *Pseudomonas* dan *Flavobacterium*. Adapun kelompok bakteri yang dapat mendegradasi hidrokarbon aromatik seperti naftalena adalah *Pseudomonas*, *Bacillus* dan *Nocardia* (Alexander, 1997). Berdasarkan penelitian Bossert dan Bartha (1984), terdapat 22 genera bakteri yang hidup dilingkungan minyak bumi, isolat yang mendominasi terdiri dari beberapa genera yakni, *Alcaligenes*, *Artrobacter*, *Acinobacter*, *Nocardia*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, dan *Pseudomonas*.

F. Hipotesis

1. Lumpur aktif dengan penambahan bakteri mampu meremediasi limbah cair bengkel kendaraan bermotor.
2. Bakteri campuran *indigenous* merupakan bakteri yang paling mampu dalam meremediasi limbah cair bengkel kendaraan bermotor.

