

BAB VIII

PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI BENGKEL KENDARAAN BERMOTOR

8.1. Pendahuluan

Untuk meningkatkan layanan transportasi selain diperlukan sistem yang baik juga perlu dukungan alat transportasi yang memadai dan dalam kondisi yang baik pula. Pada kondisi tertentu alat transportasi memerlukan perawatan atau perbaikan secara rutin dan berkala agar dapat bekerja secara optimum dan umur pakai kendaraan lebih panjang atau paling tidak sama dengan umur pakai yang telah diprediksi dan dirancang oleh pabrik pembuatnya. Meskipun demikian, perawatan dan perbaikan kendaraan bukan merupakan pekerjaan yang mudah, karena memerlukan pengetahuan khusus.

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

Pada tahun 2003 dimana AFTA telah berlaku di Indonesia berpengaruh kepada meningkatnya jumlah bengkel asing dengan modal yang kuat dan teknologi yang jauh lebih maju dari pada bengkel-bengkel tradisional yang ada sekarang ini. Disamping itu adanya tuntutan masyarakat untuk mendapatkan layanan jasa yang lebih baik dan meningkatnya kesadaran masyarakat untuk menjaga kelestarian lingkungannya harus diantisipasi oleh para pemilik bengkel agar dapat memberikan yang terbaik bagi pengguna jasanya. Tanpa layanan jasa dan lingkungan kerja yang baik, maka suatu bengkel nantinya akan dapat ditinggalkan

oleh para pelanggannya untuk memilih bengkel lain yang memenuhi kriteria dan tuntutananya.

Berangkat dari latar belakang tersebut diatas, maka sangat disarankan perlunya sebuah wadah komunikasi berupa Asosiasi Bengkel Kendaraan Indonesia (ASBEKINDO) untuk semua bengkel-bengkel yang dapat mengatur para anggota sesuai dengan kesepakatan bersama. Wadah tersebut juga dapat dijadikan sebagai pusat informasi yang berhubungan dengan bengkel, baik tentang iklim perbengkelan otomotif, maupun perkembangan teknologi perbengkelan disamping perkembangan yang bersifat memberikan manfaat dan nilai tambah bagi pengusaha sendiri sebagai katalisator baik antar pengusaha bengkel ataupun dengan instansi pemerintah dan swasta. Melalui asosiasi ini juga diharapkan terciptanya suatu lingkungan yang bersih mengingat salah satu programnya nanti adalah menciptakan bengkel-bengkel yang akrab lingkungan.

8.2. Jenis-Jenis Bengkel

Kalau kita mendengar kata bengkel selalu akan membawa ingatan kita ke suatu tempat untuk merawat atau memperbaiki sesuatu yang rusak. Pada umumnya bengkel mempunyai spesifikasi tertentu menurut jenis pekerjaan jasa yang dapat dilayaninya, misalnya bengkel bubut, bengkel las, bengkel listrik, bengkel mobil dan lain-lain.

- **Bengkel bubut** adalah bengkel yang mempunyai kemampuan untuk menghasilkan benda-benda tertentu, seperti sekrup, mur/baut, as, membuat bentuk suatu alat dengan spesifikasi/ukuran tertentu yang kadang-kadang ukurannya tidak standar atau sulit ditemukan di pasaran.
- **Bengkel listrik** adalah bengkel yang mempunyai kemampuan untuk memperbaiki peralatan-peralatan yang berhubungan dengan penggunaan tenaga listrik, seperti dinamo, coil, rangkaian dalam peralatan listrik dan lain-lain.
- **Bengkel las** adalah bengkel yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penyambungan berbagai jenis logam yang terpisah.

- **Bengkel Umum Kendaraan Bermotor** adalah bengkel umum kendaraan bermotor yang berfungsi untuk memperbaiki, dan merawat kendaraan bermotor agar tetap memenuhi persyaratan teknis dan laik jalan, yang selanjutnya dalam buku panduan ini disebut dengan bengkel. Sedangkan 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 kini pelayanan jasa di bengkel juga dikembangkan. Berbagai bengkel sekarang juga melayani jasa cuci kendaraan dan yang lebih moderen lagi membuka jasa salon kendaraan.

8.3. Klasifikasi Bengkel

Berdasarkan atas tingkat pemenuhan terhadap persyaratan sistem mutu, mekanik, fasilitas dan peralatan, serta manajemen informasi bengkel dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelas dan tipe, terdiri atas :

- a. Bengkel kelas I tipe A; B; dan C
- b. Bengkel kelas II tipe A; B; dan C
- c. Bengkel kelas III tipe A; B; dan C

Klasifikasi bengkel kelas I, kelas II dan kelas III seperti yang dimaksud di atas sebagaimana tercantum dalam Lampiran I Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Nomor 551/MPP/Kep/10/1999. Sedang tipe bengkel sebagaimana dimaksud di atas didasarkan atas jenis pekerjaan yang mampu dilakukan, yaitu :

- a. Bengkel tipe A merupakan bengkel yang mampu melakukan jenis pekerjaan perawatan berkala, perbaikan kecil, perbaikan besar, perbaikan chassis dan body.
- b. Bengkel tipe B merupakan bengkel yang mampu melakukan jenis pekerjaan perawatan berkala, perbaikan kecil dan perbaikan besar, atau jenis pekerjaan perawatan berkala, perbaikan kecil serta perbaikan chassis dan body.

- c. Bengkel tipe C merupakan bengkel yang mampu melakukan jenis pekerjaan perawatan berkala, perbaikan kecil.

Pelaksanaan klasifikasi kelas-kelas bengkel sebagaimana dimaksud di atas telah dilaksanakan secara bertahap yang penetapannya terdapat pada Keputusan Dirjen Industri Logam Mesin Elektronika dan Aneka.

Menyusul upaya penertiban usaha perbengkelan dalam rangka perlindungan terhadap konsumen Menteri Perindustrian dan Perdagangan, (Luhut B Panjaitan) telah menunjuk Sucofindo untuk melakukan sertifikasi bengkel umum kendaraan bermotor. Dalam Surat Keputusannya Nomor 197/MPP/Kep/6/2001, tertanggal 15 Juni 2001 menyebutkan, selain melakukan sertifikasi, Sucofindo juga ditugaskan untuk mensosialisasikan klasifikasi bengkel dan mengembangkan sistem informasi yang dapat diakses oleh bengkel dan masyarakat umum.

Disamping itu perusahaan surveyor yang ditunjuk Menperindag tersebut harus memantau secara berkala bengkel yang telah mendapat sertifikasi dan memberikan sanksi pencabutan sertifikasi terhadap bengkel yang tidak memenuhi kriteria kelas yang telah dimilikinya. Selain itu Sucofindo diwajibkan mempublikasikan hasil klasifikasi bengkel dan pemantauannya, serta memberikan laporan setiap bulan kepada Menperindag cq Dirjen Industri Logam Mesin Elektronika dan Aneka (ILMEA) Depperindag.

Menperindag juga menegaskan, kalau Sucofindo tidak mampu menjalankan tugasnya atau melanggar ketentuan yang berlaku, maka akan dicabut penunjukannya sebagai lembaga surveyor klasifikasi bengkel. Untuk itu sesuai dengan SK Menperindag sebelumnya Nomor 191/MPP/Kep/6/2001 tentang Perubahan atas SK Menperindag Nomor 551/MPP/Kep/1999 mengenai Bengkel Umum Kendaraan Bermotor, maka setiap bengkel kendaraan bermotor yang telah memiliki ijin usaha dapat mengajukan permohonan klasifikasi secara sukarela kepada Sucofindo.

Klasifikasi bengkel terdiri atas bengkel kelas I sampai bengkel kelas III yang masing-masing terbagi pula atas tiga tipe, yakni tipe A, B, dan tipe C. Klasifikasi tersebut berdasarkan tingkat pemenuhan persyaratan sistem mutu, mekanik, fasilitas dan peralatan serta manajemen informasi. Sedangkan tipe bengkel (A, B,C) dinilai pula berdasarkan jenis kemampuan yang bisa dikerjakan. Pelaksanaan klasifikasi bengkel bersangkutan akan dilakukan secara bertahap dengan penetapannya oleh Keputusan Dirjen Industri Logam Mesin Elektronika dan Aneka (ILMEA) Depperindag.

Berdasarkan fasilitas pelayanan, bengkel mobil dapat dibedakan menjadi empat, yaitu bengkel dealer, pelayanan umum, pelayanan khusus dan bengkel unit keliling.

- **Bengkel dealer**, adalah merupakan 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 deler tersebut. Pelayanan yang ditawarkan oleh bengkel dealer 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 dsb). Oleh karena itu, teknisi yang bekerja pada bengkel ini juga memiliki spesialisasi tertentu dan dilengkapi peralatan yang mendukung pekerjaannya.

- **Bengkel pelayanan umum**, merupakan bengkel independen yang mampu melakukan perawatan dan perbaikan beberapa komponen pada sebuah mobil. Bengkel semacam ini dapat dipandang sebagai beberapa buah bengkel khusus yang menggabungkan diri menjadi sebuah bengkel yang lebih besar. Berbeda dengan bengkel dealer, bengkel ini bukan merupakan bagian dari sebuah deler otomotif, oleh karena itu pelayanan yang diberikan bengkel ini tidak ditunjukkan untuk pelayanan purna jual sebuah produk otomotif. Selain itu, bengkel pelayanan umum biasanya memberikan pelayanan perawatan dan perbaikan untuk berbagai merek kendaraan.

- ❑ **Bengkel pelayanan khusus**, adalah bengkel otomotif yang memiliki spesialisasi dalam hal perawatan dan perbaikan salah satu elemen pada sebuah mobil. Sebagai contoh, bengkel reparasi bodi, radiator, AC, sporing dan balancing dan sebagainya. Spesialisasi yang diberikan pada bengkel-bengkel tersebut menuntut peralatan khusus sesuai dengan jenis operasi yang akan dilakukan. Paling penting dari bengkel pelayanan khusus spesialisasi keahlian tenaga kerja sesuai dengan kualifikasi pekerjaan yang akan dilakukan.
- ❑ **Bengkel unit keliling**, merupakan bengkel yang memberikan pelayanan berupa perbaikan yang dilakukan di lokasi mobil milik konsumen. Bengkel jenis ini terdiri dari beberapa buah mobil van dan derek yang secara periodik berpatroli di daerah tertentu, atau kadang menerima panggilan untuk memberikan pelayanan kepada konsumen. Biasanya bengkel tersebut dioperasikan oleh dealer atau produsen merek mobil tertentu, hal ini dilakukan sebagai salah satu bentuk pelayanan purna jual bagi konsumen.

8.4. Bengkel Idaman

Membayangkan bengkel mobil selalu ada kesan kotor, hiruk-pikuk, berlumuran minyak dan kumuh. Hampir setiap hari bengkel mobil membuang limbah oli bekas yang kotor dan berlumpur. Oli yang masih baru memang ditangani sangat hati-hati jangan sampai ada yang tercecer, tetapi oli bekas? Biasanya ditangani ceroboh, sering terguling dari wadahnya dan dibiarkan, lalu tercecer di mana-mana. Begitu juga bahan buangan seperti air aki bekas, pelarut cat, cairan pembersih yang semuanya mengganggu kesehatan, tetapi semuanya dibuang sembarangan.

Ada tiga penyebab yang membuat bengkel otomotif tampil kotor, yaitu:

- ❑ **Pertama**, sumber daya manusianya kurang memahami kegiatan kerja perbengkelan. Akibatnya, sering terjadi kesalahan prosedur reparasi dan servis. Akibat lebih jauh, mereka cenderung mengabaikan kedisiplinan, keselamatan dan kesehatan kerja.

- **Kedua**, penataan ruangan yang kurang baik. Ukuran ruangan tidak dirancang sesuai standar, tetapi apa adanya. Ini mengganggu pekerjaan yang seharusnya bisa cermat, tidak ceroboh, dan tidak asal-asalan.
- **Ketiga**, kesadaran lingkungan yang amat rendah, kurangnya pemahaman akan arti kesehatan lingkungan, sehingga mereka tidak mempedulikan bahaya limbah terhadap lingkungan dan pada akhirnya akan berimbas ke manusia juga. Dampak dari ketiga kekurangan tersebut, akibatnya bengkel mudah sekali menimbulkan pencemaran terhadap udara, air, dan tanah di sekitarnya.



Disamping ketiga problem tersebut, bengkel otomotif yang ada umumnya juga masih dikelola sebagai usaha kecil dan menengah. Usaha ini rata-rata belum memperhatikan upaya pengendalian dan pengolahan lingkungan dengan baik, sehingga kesan kumuh sering terlihat. Adanya bengkel yang bersih dan akrab dengan lingkungan merupakan dambaan dari masyarakat yang telah memiliki kesadaran untuk hidup dalam lingkungan yang sehat. Untuk menciptakan bengkel seperti yang diharapkan tersebut, perlu diadakan suatu program bengkel bersih.

Salah satu Lembaga Swadaya Masyarakat *Swisscontact* dari pemerintah Swiss, bekerja sama dengan asosiasi bengkel, yaitu Ikatan Bengkel Mobil (IBM) telah mengadakan Program Bengkel Bersih di kota Malang. Hal ini juga sejalan dengan semakin majunya teknologi yang menyertai mobil, semakin maju juga teknologi perawatannya. Sebab itu, bengkel mobil pun dituntut untuk memiliki peralatan yang semakin maju dan sumber daya manusia (SDM) yang semakin terampil dan lingkungan kerja yang bersih dan sehat.

Pada tahap awal programnya *Swisscontact* melakukan identifikasi masalah-masalah yang ada di bengkel, akhirnya *Swisscontact* menemukan jalan untuk membawa bengkel-bengkel itu ke model bengkel yang bersih dan ramah lingkungan. Caranya dengan melakukan penyuluhan dan pelatihan kepada para pemilik bengkel yang tergabung dalam IBM, para karyawan berikut pengawasnya, serta menyelenggarakan konsultasi teknis. Di samping itu, juga meningkatkan mutu infrastruktur bengkel, seperti meningkatkan kemampuan sumber air bersih pencuci kotoran, dan perbaikan saluran pembuangan air limbah. Yang terakhir tapi tidak kalah pentingnya, bekerja sama dengan para pengumpul oli bekas, ban bekas dan perusahaan-perusahaan daur ulang bahan pelarut kimia bekas.

Hasilnya, dalam waktu relatif singkat, penampilan bengkel di Malang jauh dari kesan kotor. Karyawannya bekerja lebih efisien dan efektif. Tanggung jawab dan sikap peduli mereka terhadap lingkungan berikut keselamatannya meningkat. Akibatnya, limbah pelumas dan bahan pelarut kimia yang terbuang menjadi lebih sedikit. Kalaupun masih ada, limbah itu ditampung di tempat tertentu yang bersih, untuk dijual ke perusahaan pendaur ulang yang sudah siap sedia. Dari semua itu, ternyata yang paling menggembirakan ialah bengkel yang tampil bersih itu mampu menambah kepercayaan para pelanggan.



Gambar 8.1. Bengkel Modern dengan Peralatan Canggih

Bukan itu saja, kini, bengkel-pun tidak lagi identik dengan tempat yang kotor, yang lantainya dipenuhi bekas ceceran oli. Bengkel semakin bersih. Bahkan di bengkel-bengkel agen tunggal pemegang merek (ATPM), di mana-mana tampak peralatan yang dilengkapi dengan komputer. Seperti di kota Jakarta, kini telah berdiri berbagai bengkel dari agen tunggal pemegang merek (ATPM) yang berstandar internasional yang dilengkapi dengan sistem komputerisasi yang canggih dengan dukungan SDM yang berpengalaman



Gambar 8.2. Bengkel Modern Dengan SDM/Montir Berpengalaman

Sistem Komputerisasi juga dilengkapi dengan CD Rom. Melalui komputer yang tersedia, semua mekanik dimungkinkan untuk mengakses semua informasi yang terdapat dalam CD Rom-CD Rom tersebut. Termasuk mengakses materi pelatihan yang dilengkapi dengan tes dan nilainya yang akan selalu meningkatkan kemampuan para mekanik yang ada. Selain hal itu baik bagi mereka, itu juga baik bagi bengkel.



Gambar 8.3. Bengkel Yang Bersih, Kelihatan Nyaman Dan Sehat

8.5. Pencemaran Akibat Usaha Perbengkelan

Limbah akibat kegiatan perbengkelan dapat menimbulkan pencemaran terhadap tanah, air maupun udara di sekitarnya kalau tidak dikelola dengan benar. Hal ini disebabkan karena jenis limbah yang dihasilkan oleh bengkel ini berupa limbah cair, padat dan gas.

8.5.1. Limbah Gas

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

Hasil kajian JICA (Japan International Cooperation Agency) tahun 1996 menyebutkan bahwa penyumbang zat-zat pencemar terbesar di Jakarta adalah kendaraan pribadi. Zat-zat pencemar tersebut diantaranya (CO) sebesar 58 persen, (NO_x) 54 persen, HC 88,8 persen, dan timbel (Pb) 90 persen. Zat pencemar lain adalah sulfur oksida (SO_x) yang banyak disumbangkan oleh kendaraan bus, truk, dan kendaraan berbahan bakar solar lainnya, sekitar 35 persen.

Penyebab tingginya HC antara lain pengapian tidak tepat, kompresi lemah, maupun kabel busi yang sudah aus. HC terbentuk selama proses pembakaran tidak sempurna sehingga bensin tidak terbakar habis. Sedangkan kadar CO akan bertambah tinggi jika dalam proses pengapian, komposisi bahan bakar lebih banyak ketimbang udara (O₂) yang diperlukan untuk mengubah CO menjadi CO₂. Akibatnya, CO yang terbuang meningkat. Selain itu karburator atau *injector*, saringan udara atau bensin yang kotor, serta kualitas bensin yang rendah juga bisa jadi penyebab meningkatnya CO.

Jika sering terhirup, gas beracun HC bisa menyebabkan timbulnya penyakit kanker, asma, dan sakit kepala. Sedangkan CO dapat menyebabkan radang tenggorokan. Yang lebih berbahaya lagi, bila kadarnya tinggi, gas CO mampu melumpuhkan sistem pembuluh darah serta meredam kemampuan sel darah merah mengedarkan oksigen ke seluruh tubuh. Dalam sel darah merah, gas CO mudah sekali menyatu dengan Hb sekalipun dalam kadar yang rendah.

Ini terjadi lantaran zat besi (Fe) dalam Hb memicu daya tarik CO menjadi 200 kali lebih besar dibandingkan daya tarik O₂. Gas CO mudah membentuk karboksi-hemoglobin (CO-Hb) yang terbukti sangat mempengaruhi distribusi oksigen dalam darah ke jantung. Meningkatnya CO-Hb sampai 9% saja di dalam darah dalam waktu satu dua menit, bisa menimbulkan kekurangan oksigen pada sinus koronaria di jantung serta terhalangnya penambahan oksigen pada pembuluh darah koroner.

Bahaya polutan tadi diperparah dengan adanya paparan timah hitam atau timbel (Pb) karena bensin yang sekarang ini masih mengandung zat itu. Timbel merupakan bahan aditif dalam bensin sebagai *anti-knocking* yang digunakan sejak 1920-an.

Dalam bentuk *tetraetil lead* (TEL), timbel meningkatkan nilai oktan bensin serta berfungsi sebagai pelumas dudukan katup mobil. Namun, sejak 1990-an desain mobil sudah disesuaikan dengan bensin tanpa timbel (*unleaded gasoline*). Pada solar tidak ditambah timbel sehingga tidak menjadi masalah. Adanya unsur timbel juga mengakibatkan tidak bisa dipasangnya peralatan pengurang emisi gas buang, seperti *catalytic converter*. Padahal alat tersebut mampu menurunkan kadar polutan sampai 0 %.

Berbagai zat pencemar yang beterbangan di udara tersebut akan sangat merugikan dan berdampak negatif bagi kesehatan manusia dan lingkungannya. Akibat ini secara nyata sudah dirasakan oleh masyarakat, sebagai contoh, efek toksik pada timbel dapat mengganggu fungsi ginjal, saluran pencernaan, dan sistem saraf. Kandungan timbel juga menurunkan tingkat kecerdasan atau IQ terutama pada anak-anak, menurunkan fertilitas dan kualitas spermatozoa. Gangguan kesehatan akibat zat-zat pencemar seperti gangguan pada syaraf dan ketidaknyamanan kini menghantui masyarakat kita, apalagi WHO memperkirakan 800.000 kematian pertahun di dunia diakibatkan polusi udara.

Anak-anak merupakan kelompok sensitif terhadap timbel karena mereka lebih peka dan lima kali lebih mudah menyerap timbel daripada orang dewasa. Menurut Dirjen Pemberantasan Penyakit Menular dan Penyehatan Lingkungan Departemen Kesehatan, Prof. Dr. Umar Fahmi Achmadi, dalam sebuah seminar tentang "Mewaspadaai Efek Kesehatan BBM dari Bensin Bertimbel" sekitar 42 sampai 48 persen anak di Jakarta menghirup timbel yang bersumber dari asap pencemaran udara.

Timbel padahal bersifat persistent dalam tubuh manusia, dan memiliki sifat neurotoksik dan karsinogenik sehingga bisa mengganggu sistem saraf pusat, sistem fungsi ginjal, dan pertumbuhan tulang. Penggunaan timbel secara luas pada kendaraan bermotor mengandung risiko dan dampak bagi kesehatan, khususnya bagi kelompok penduduk yang terdiri dari anak-anak, ibu hamil dan menyusui, serta kaum pekerja yang terekspos timbel.

Timbel sebagai bahan yang tidak dapat terurai di alam tidak akan hilang, dan akan terakumulasi di tempat-tempat deposit. Secara biologis, zat itu tidak memberi keuntungan bagi tubuh manusia, terutama kelompok penduduk di atas. Lebih jauh, kelompok yang menghirup pencemar udara yang mengandung bahan logam atau timbel akan menimbulkan penyakit perut, muntah, atau diare akut. Gejala keracunan akut kronis bisa menyebabkan hilangnya nafsu makan, konstipasi, lelah, sakit kepala, anemia, kelumpuhan anggota badan, kejang, dan gangguan penglihatan.

Penelitian dalam dunia kedokteran membuktikan, timbel dapat menyebabkan gangguan kesehatan, khususnya pada wanita dan balita. Ion-ion timbel mengembara mengikuti gerakan kalsium dalam sistem saraf sehingga akan mempengaruhi biokimia dan perkembangan sel-sel otak balita. Selain itu, kandungan timbel yang cukup tinggi dalam darah dapat menonaktifkan vitamin D.

8.5.2. 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 sintesis, kain lap bekas yang telah terkontaminasi oleh oli/pelarut, cat kering dll. Limbah logam banyak terdiri dari berbagai potongan logam, mur/skrup, bekas cecekan pengelasan dan lain-lain.

8.5.3. Limbah Cair

Limbah cair dari usaha perbengkelan dapat berupa oli bekas, bahan cecekan, pelarut/pembersih, dan air. Bahan pelarut / pembersih pada umumnya mudah sekali menguap, sehingga keberadaannya dapat menimbulkan pencemaran terhadap udara. Terhirupnya bahan pelarut juga dapat menimbulkan gangguan terhadap pernapasan para pekerja. Bahan bakar merupakan cairan yang mudah terbakar oleh nyala api, dan juga merupakan bahan yang mudah sekali terbawa oleh aliran air. Bahan bakar bensin mudah sekali menguap dan terhirup oleh para pekerja.

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. Oli bekas jika tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan kesan kotor dan sulit dalam pembersihannya, disamping itu oli bekas dapat membuat kondisi lantai licin yang dapat berakibat mudahnya terjadi kecelakaan kerja.

8.5.4. Ke Mana Oli Bekas Harus Dibuang ?

Jangan tunda jadwal ganti oli mesin, kalau tahu isi kandungan oli bekas kita bisa merinding. Oli yang aslinya bening setelah menunaikan kewajibannya, kandungan dan rupa fisiknya berubah, paling kasat mata, warnanya legam / keruh. Perubahan tadi akibat bekerjanya *dispersant* dan detergen. Sejenis aditif ini untuk membersihkan bagian dalam mesin. Begitu juga kandungan *sulfonate*, yang berfungsi untuk melarutkan atau mencuci kotoran hasil oksidasi seperti karbon.



Gambar 8.4. Oli Bekas Kelihatan Keruh

Pada motor 4-tak fungsi oli sangat vital, oli berputar ke kepala silinder dan seluruh bagian mesin. Dalam perputarannya, oli melarutkan kotoran atau kerak sisa pembakaran, juga serbuk besi (gram) hasil gesekan, selanjutnya dikumpulkan di dasar bak oli (karter). Kotoran ini tidak mengendap tapi mengambang di oli sehingga oli akan kelihatan kotor dan perlu segera diganti. Perhatikan saat mengganti oli, warna oli yang keruh kehitaman, terlihat butiran-butiran mengkilap tersebut adalah gram (sisa pergesekan mesin). Jika oli lama tak diganti, kotoran mengumpul dan berubah jadi lumpur (*sludge*). Bila dibiarkan, pelumasan terganggu dan lumpur sulit dibersihkan. Menambahkan oli baru di dalam mesin yang kotor tidak akan membantu pelumasan. Ongkos membersihkannya lebih mahal dari sekaleng oli baru.

8.6. Pengelolaan Limbah Perbengkelan

Pada umumnya usaha perbengkelan di Indonesia dilakukan dalam skala usaha kecil dan menengah, sehingga limbah yang dihasilkan relatif dalam jumlah yang sedikit. Untuk mengelola limbah dalam jumlah yang sedikit tersebut, jika dilakukan oleh penghasil secara individu maka kurang efisien baik dalam investasi peralatan pengolah limbah maupun dalam membiayai operasional dari unit pengolahan limbah tersebut.

Untuk mengatasi hal itu, maka diperlukan kerjasama antar bengkel maupun dengan para pengumpul, pengguna barang bekas, pemanfaat barang bekas maupun dengan para pengolah limbah. Setiap jenis limbah juga memerlukan penanganan atau pengelolaan yang berlainan, disesuaikan dengan jenis dan sifat dari limbah tersebut.

8.6.1. Solusi Pencemaran Udara

Limbah gas dari usaha perbengkelan berupa asap hasil pembakaran bahan bakar yang mengandung senyawa hidro carbon (HC), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), serta nitrogen oksida (Nox) pada kendaraan berbahan bakar bensin. Sedangkan pada kendaraan berbahan bakar solar, gas buangnya mengandung sedikit HC dan CO tetapi lebih banyak SO-nya.

Memburuknya kualitas udara akibat pencemaran di langit Nusantara, khususnya Jakarta serta kota-kota besar telah mendorong Kementerian Negara Lingkungan Hidup mencanangkan Program Langit Biru (PLB) pada 6 Agustus 1996 di Semarang sebagai langkah strategis Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal). Fokus pengendalian pencemaran udara adalah industri dan kendaraan bermotor. Kontribusi kedua sumber itu terhadap pencemaran udara memang sangat besar.

Sumber pencemaran udara dari industri dan kendaraan bermotor ditimbulkan dari hasil pembakaran bahan bakar hidrokarbon, terutama bahan bakar yang mengandung timbel (Pb). Mengingat bahayanya yang begitu besar, pemerintah bertekad untuk memasyarakatkan bensin tanpa timbel pada 1999, lebih cepat dari semula tahun 2003. Sudah seharusnya sebab dalam pemakaian bensin tanpa timbel, Indonesia masih kalah dengan negara ASEAN lainnya.

Seiring dengan menipisnya persediaan bahan bakar fosil serta hasil pembakarannya yang tak ramah lingkungan, bahan bakar seperti *liquid petroleum gas* (LPG) dan *compressed natural gas* (CNG), biodiesel (bahan bakar dari minyak kelapa sawit) menjadi alternatif yang patut dimasyarakatkan pemakaiannya. Apalagi LPG memiliki nilai oktan lebih tinggi, 102 - 104 RON (Requirement Octan Number), harga relatif lebih murah dibandingkan dengan bensin, serta tidak menimbulkan polusi dan akrab lingkungan.

Untuk keperluan pengujian emisi, sudah seharusnya jaringan bengkel resmi ATPM dilengkapi dengan alat penguji emisi. Alat penguji itu berupa *gas analyzer* untuk mengukur emisi gas buang kendaraan berbahan bakar bensin, dan *smoke tester* untuk mengukur kepekatan asap dari kendaraan berbahan bakar diesel. Melalui alat tersebut, pemilik kendaraan bisa mengetahui kadar polutan dari knalpot kendaraannya. Jika ternyata melampaui ambang batas yang ditetapkan, akan dilakukan penyetelan mesin (*tune up*). Pemilik kendaraan akan memperoleh kartu yang berisi hasil pemeriksaan yang meliputi kadar CO (%), HC (ppm), CO₂ (%), maupun O₂ (%).

Karena salah satu penyebab timbulnya polusi udara dari kendaraan tersebut akibat kondisi penyetelan kendaraan yang kurang tepat, maka diperlukan bengkel-bengkel yang memiliki tenaga mekanik yang terampil dan dapat menguasai teknologi mesin dengan baik. Jika para tenaga mekanik dapat melakukan penyetelan kendaraan dengan baik, maka kendaraan dapat disetel dengan tepat sehingga komposisi bahan bakar dan udara dapat tepat dan pembakaran di mesin akan sempurna. Dengan kondisi kendaraan seperti ini timbulnya pencemaran udara dapat lebih ditekan lagi.

8.6.2. Pengelolaan Limbah Padat

Limbah padat usaha perbengkelan pada umumnya berupa limbah non organik yang dapat dimanfaatkan kembali atau untuk daur ulang. Agar usaha daur ulang atau pemanfaatan kembali ini dapat dilakukan dengan baik, maka diperlukan pengelolaan dan kerja sama dengan pihak lain pemanfaat barang bekas. Jika upaya ini dapat dilakukan berarti dapat mereduksi jumlah timbulan sampah dan juga yang tidak kalah pentingnya adalah dapat menghemat sumber daya yang ada.



Gambar 8.5. Limbah logam

Limbah logam sebaiknya dikumpulkan dalam suatu wadah tertentu dan dihindarkan terjadi kontak dengan air, terutama air hujan yang bersifat asam (kondisi asam air hujan akan mempercepat terjadinya korosi pada logam). Hal ini untuk menjaga agar tidak terjadi korosi yang lebih besar, sebab korosi terhadap logam akan merusak sifat-sifat dari logam yang ada sehingga akan menurunkan kualitas logam dan meningkatkan biaya daur ulang. Logam bekas yang masih dalam kondisi baik dapat didaur ulang dan dikirim ke perusahaan pengecoran logam lewat para pengumpul barang bekas atau langsung ke perusahaan pengecoran logam.



Gambar 8.6. Drum Bekas

Limbah padat berupa drum bekas dapat dikumpulkan untuk dijual ke para pengumpul drum. Bekas drum oli ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai fungsi, untuk bak penampungan air, untuk tong sampah, dimanfaatkan sebagai bahan plat/lembaran besi dan lain-lain. Limbah padat berupa drum bekas dapat dikumpulkan untuk dijual ke para pengumpul drum. Bekas drum oli ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai fungsi, untuk bak penampungan air, untuk tong sampah, dimanfaatkan sebagai bahan plat/lembaran besi dan lain-lain.

Aki bekas yang banyak terdapat di bengkel banyak mengandung larutan asam dan logam timbel (Pb). Larutan asam tersebut juga banyak mengandung Pb dalam bentuk terlarut, padahal Pb merupakan salah satu logam berat yang bersifat sangat beracun. Untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan, maka semua aki bekas harus dikumpulkan. Jangan sampai terjadi kebocoran dari larutan (air aki). Kemudian aki-aki bekas tersebut dapat dikirim ke perusahaan pendaur ulang atau lewat para pengumpul barang bekas.

Limbah padat non logam berupa kain lap bekas yang telah terkontaminasi oleh oli/pelarut, karet, spon/bus, kulit atau kulit imitasi bekas jok dan plastik. Barang-barang tersebut (kecuali kain lap) sebagian besar dapat didaur ulang, sehingga sudah seharusnya dikumpulkan dalam satu wadah yang dapat terhindar dari hujan maupun kotoran lainnya. Dalam jangka waktu tertentu barang bekas tersebut dapat diambil oleh pemulung.

Limbah kain lap yang sudah tidak dapat didaur ulang lagi dikumpulkan dan dihindarkan terjadi kontak dengan air maupun air hujan. Kontak kain lap dengan air akan melarutkan kontaminan yang menempel pada lap, sehingga pencemaran akan meluas ke perairan. Perpindahan bahan kontaminan dari kain ke air akan memperluas daerah pencemaran dan penanganannya akan lebih sulit serta memerlukan biaya yang jauh lebih mahal lagi.

Untuk mengatasi keberadaan limbah kain lap dapat dilakukan dengan pembakaran menggunakan insenerator. Mengingat harga insenerator yang relatif mahal, serta jumlah limbah yang sedikit, maka pembakaran dapat dilakukan dengan mengirimkan ke perusahaan lain atau ke rumah sakit yang telah memiliki fasilitas insenerator. Limbah kain lap dari perbengkelan pada umumnya mengandung kontaminan yang mudah terbakar, sehingga jika limbah ini dibakar bersama dengan limbah padat dari rumah sakit atau perusahaan lainnya tidak akan mengganggu jalannya pembakaran. Bahkan dengan ditambahkan limbah dari bengkel ini akan lebih mempercepat proses pembakaran sehingga akan lebih menghemat bahan bakar insenerator.

Incinerasi adalah proses pembakaran sampah yang terkendali menjadi gas dan abu. Gas yang dihasilkan adalah karbondioksida dan gas-gas lain yang kemudian dilepaskan di udara. Sedangkan abunya dikelola sesuai dengan sifatnya, (jika masih bersifat sebagai limbah B3 maka dilandfill di lokasi landfill limbah B3, jika tidak bersifat B3 dapat dilandfill di TPA). Dengan melakukan pembakaran minimal pada temperatur destruksi dari sampah yang dibakar, maka semua limbah yang dibakar akan terurai menjadi bahan yang aman (CO_2 , H_2O , dan abu).

Untuk mencapai temperatur destruksi tersebut maka harus menggunakan insenerator sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan dan temperatur pembakaran dikendalikan. Karakteristik sampah yang sesuai diolah dengan pembakaran adalah:

- Nilai kalor sampah campuran antara 950 – 2100 kkal/kg.
- Kadar air antara 35 – 55%
- Kadar abu antara 10 – 30%

Ban bekas kendaraan dapat dimanfaatkan kembali oleh para penrajin. Berbagai barang dan peralatan mulai dari bak sampah, pot bunga, meja kursi, dan pegas baja dapat dibuat dengan memanfaatkan ban bekas, oleh karena itu ban bekas yang ada seharusnya dikumpulkan dan dijual ke para pengumpul ban. Merekalah yang akan meneruskan ke para pengrajin.



8.7. Ban Bekas Dikumpulkan Oleh Pemulung

Para pemulung ban bekas dan pengerajin memanfaatkan limbah ban bekas. Merekalah yang turut membantu upaya pelestarian lingkungan dan penghematan sumber daya alam.



8.8. Daur Ulang Ban Bekas



Gambar 8.9. Ban Bekas Dijadikan Barang Seni Lain

8.6.3. Pengolahan Limbah Cair

Limbah cair dari usaha perbengkelan dapat berupa bahan pelarut/pembersih, bahan bakar kotor, oli bekas dan air bekas cucian. Limbah cair ini sering kali menimbulkan kesan kotor dan jorok, karena warnanya yang kelam dan sulit untuk dibersihkan.

8.6.3.1. Pengelolaan Oli Bekas

Selama bertahun-tahun, minyak oli didaur ulang untuk digunakan kembali juga untuk melindungi serta menjaga lingkungan dari limbah minyak tersebut. Diperkirakan satu galon oli bekas potensial sekali untuk mengkontaminasi 1 juta galon air minum. Ditambah lagi oli bekas yang dibuang di muara sungai, danau dan anak sungai dapat mengancam kehidupan aquatic di tempat tersebut. Jika oli bekas tersebut di tangani dengan serius, dapat menghemat penggunaan oli tiap harinya.

Daur ulang oli bekas dapat dilakukan di industri pengolahan pelumas bekas, yaitu industri yang kegiatannya memproses pelumas bekas dengan menggunakan teknologi tertentu untuk menghasilkan pelumas dasar. Minyak pelumas dasar merupakan salah satu bahan utama yang digunakan untuk bahan baku proses/pabrikasi pelumas (blending) dalam pembuatan pelumas. Pelumas dasar ini dicampur dengan baham tambahan (aditif) sesuai formula tertentu untuk menghasilkan minyak pelumas baru.

Oli bekas harus ditampung dengan menggunakan alat penampungan khusus dan terhindar dari kotoran lainnya, sebab oli ini akan didaur ulang. Tercampurnya oli bekas dengan sampah lain akan menurunkan kualitasnya dan meningkatkan biaya untuk proses pemurniannya. Alat penampungan oli harus dibuat dari bahan yang tahan terhadap karat dan tertutup rapat, bersih dan diberi label 'OLI BEKAS'. Jauhkan dari jangkauan anak-anak dan binatang peliharaan serta nyala api. Dalam jangka waktu tertentu oli bekas ini dapat dijual ke para pengumpul oli bekas yang selanjutnya akan dikirim ke perusahaan pengolah oli.

Di perumahan-perumahan sebaiknya disamping disediakan tempat penampungan sampah, juga disediakan tempat penampungan oil bekas. Jangan pernah menggunakan tempat penampungan oli bekas tersebut untuk menampung bahan-bahan kimia perumahan seperti pemutih atau bahan lain selain oli. Tempat penampungan tersebut khusus dirancang untuk menampung oli bekas, yang akan didaur ulang di perusahaan pengolah oli bekas. Pastikan tempat penampungan tersebut kuat dan tahan karat supaya tidak bocor.

8.6.3.2. Pengelolaan Air Limbah

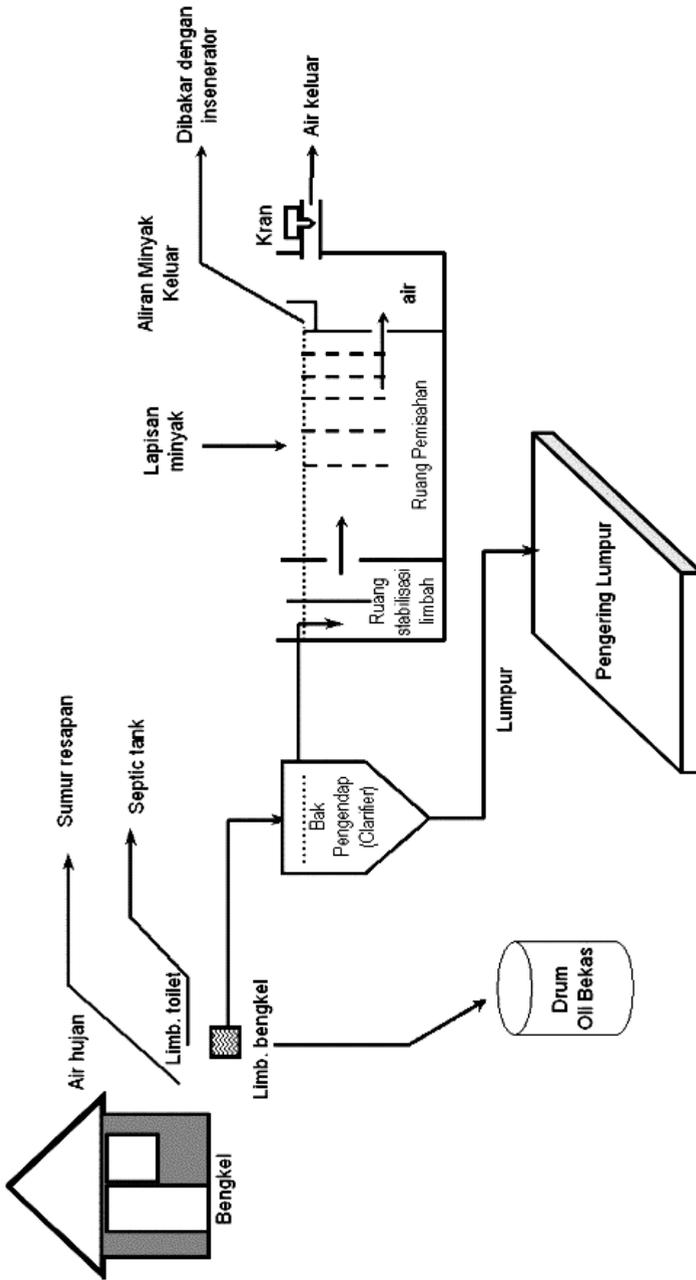
Air limbah dari usaha perbengkelan mudah sekali terkontaminasi dengan berbagai kotoran seperti minyak, oli, gemuk, bahan bakar dan lain-lain. Untuk mengelola air limbah ini, upaya pertama yang harus dilakukan adalah dengan melakukan minimalisasi limbah dan pencegahan terkadinya kontaminasi air dengan bahan lain seperti oli, bahan bakar, gemuk dan lain-lain.

Upaya ini dapat dilakukan dengan menghindari terjadinya kebocoran di selang air dan efisiensi pemakaian air dengan penggunaan kran yang mudah ditutup seperti kran model tembak atau penempatan kran yang mudah dijangkau. Langkah lainnya yang dapat ditempuh adalah dengan menghindari masuknya air hujan ke dalam lingkungan kerja yang mengandung ceceran oli/minyak atau bahan bakar lainnya. Jika air hujan ini masuk ke dalam lingkungan kerja yang kotor, maka kotoran yang ada di lantai akan terlarut dan terbawa aliran air. Dengan demikian pencemaran akan menyebar mengikuti arah aliran yang ada.

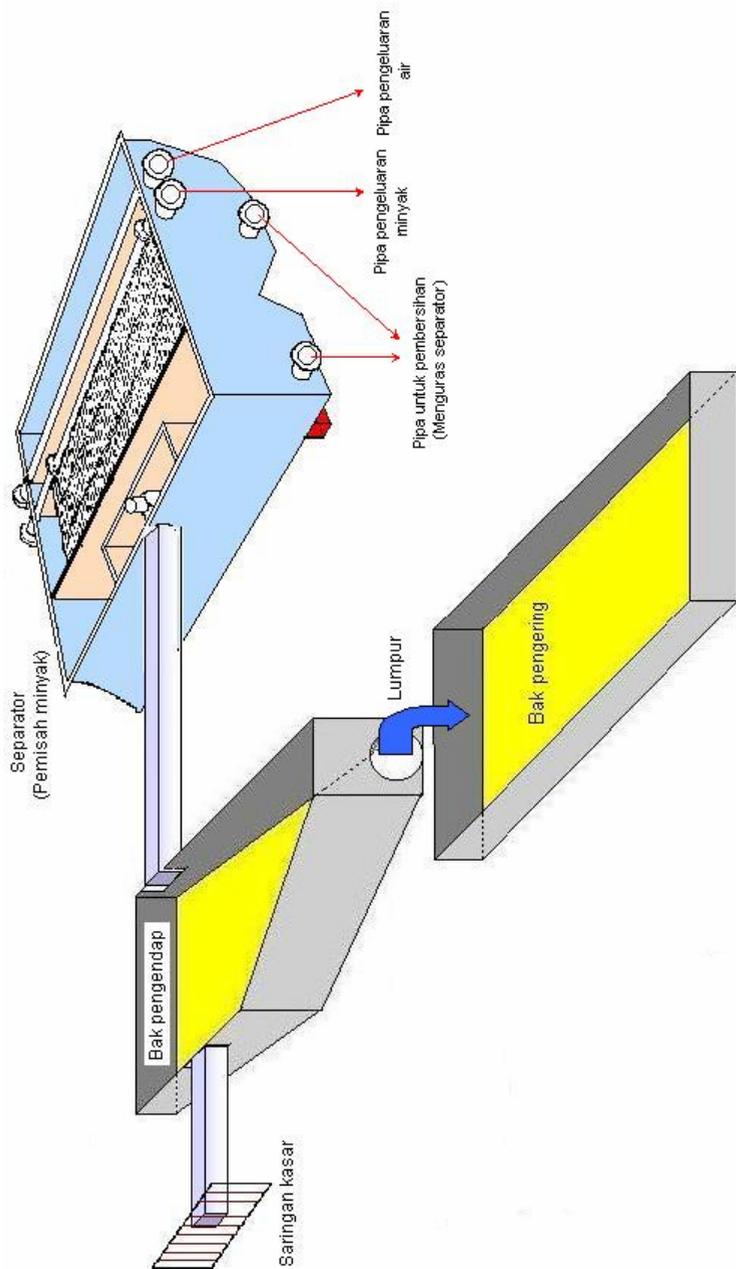
Tata letak setiap unit kerja di bengkel sangat mempengaruhi kualitas air limbah buangnya. Tata letak yang baik tidak hanya akan memberikan kesan bengkel terlihat bersih dan rapi saja, tetapi juga akan menekan jumlah limbah yang dihasilkannya. Untuk bengkel yang juga melayani cucian mobil, seharusnya menempatkan tempat/ruang cucian dekat dengan saluran pembuangan air dan terhindar dari kegiatan bongkar mesin ataupun penggantian oli. Dengan pemisahan ruangan tersebut, maka air bekas cucian tidak akan terkontaminasi oleh berbagai minyak/ oli maupun kotoran lainnya.

Jika berbagai upaya pengelolaan lingkungan seperti tersebut di atas telah dilakukan oleh bengkel, maka air limbah yang dihasilkan tidak banyak mengandung kontaminan. Kontaminan yang biasanya masih ada berupa padatan (kotoran) dan sedikit minyak, dengan demikian maka unit pengolahan air limbah yang diperlukan juga sederhana (tidak terlalu rumit dan mahal). Unit pengolahan yang diperlukan terutama adalah unit pengendapan untuk pemisahan kotoran dan unit pemisahan minyak berupa fat-pit (separator).

Mengingat usaha perbengkelan pada umumnya yang berupa usaha kecil dan menengah dan tingkat pencemaran air limbah bengkel yang telah mengikuti program pengelolaan lingkungan tidak terlalu berat maka disini akan diberikan contoh unit pengolahan limbah yang sederhana, sehingga sangat memungkinkan sekali untuk dibangun dan dioperasikan oleh semua bengkel yang ada.



Gambar 8.10. Diagram Alir Sitem Pengolahan Limbah Cair Usaha Perbengkelan



Gambar 8.11. Instalasi Pengolahan Limbah Usaha Perbengkelan.

Proses pengolahan limbah tersebut adalah sebagai berikut:

- ❑ Pengelolaan limbah cair perbengkelan dimulai dari sumbernya, yang mana limbah yang mempunyai karakteristik berlainan dipisahkan. Disini dikelompokkan menjadi tiga, yaitu kelompok air hujan, limbah septic tank, dan limbah kegiatan bengkel.
- ❑ Air hujan tidak memerlukan pengolahan, tetapi perlu dimasukan ke sumur resapan. Fungsi dari sumur resapan ini adalah dapat untuk memperbaiki kualitas dan kuantitas air tanah. Jika setiap bangunan yang ada selalu menyediakan fasilitas sumur resapan, maka terjadinya krisis air (terutama di musim kemarau) dapat dihindarkan.
- ❑ Limbah dari toilet perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran umum. Kandungan utama limbah toilet adalah bahan organik yang mudah didegradasi, oleh karena itu limbah toilet dapat diolah dengan sistem biologi. Secara sederhana limbah toilet dapat diolah dengan menggunakan sistem septic tank, seperti yang telah banyak diterapkan pada rumah tangga. Yang perlu diperhatikan hanya pada konstruksi septic tank tersebut, yang mana septic tank tidak boleh bocor. Kebocoran septic tank akan membuat berbagai bakteri patogen masuk ke dalam tanah an mencemari air tanah di sekitarnya.
- ❑ Air limbah dari kegiatan perbengkelan perlu dipisahkan dari berbagai cairan lainnya, seperti oli, bahan bakar, gemuk dll. Air limbah ini yang mengandung padatan dan oli diendapkan terlebih dahulu dalam bak pengendapan (klarifier). Di bak pengendap ini kotoran akan mengendap sehingga akan terpisahkan dari air. Endapan yang terbentuk dapat diambil/diangkan secara periodik. Padatan tersebut kemudian dikeringkan dalam bak pengering, yang selanjutnya dapat dibakar dengan insenerator. Aliran bagian atas berupa air yang masih mengandung sedikit minyak.

- ❑ Air yang mengandung minyak tersebut dialirkan melalui suatu fat-pit (separator) untuk memisahkan minyaknya. Dengan mengalirkan limbah di separataor secara perlahan (flow rate rendah), maka minyak akan mengapung pada bagian atas, kemudian minyak ini dapat dipisahkan dari air dengan cara di scrap atau dialirkan dan ditampung. Minyak yang telah terpisahkan ini dapat dikumpulkan dengan menggunakan wadah untuk selanjutnya dapat dibakar dengan menggunakan insenerator. Pembakaran minyak dengan insenerator dapat dilakukan bersama limbah padat yang ada dengan cara dikirim ke perusahaan atau rumah sakit yang telah memiliki insenerator.
- ❑ Di separator air akan berada di bagian bawah, kemudian air tersebut dialirkan ke bagian akhir separator melalui lubang pada bagian tengah. Air yang sudah tidak mengandung minyak ini dapat dialirkan ke saluran pembuangan umum yang berada di bagian akhir proses.
- ❑ Pada bagian bawah separator dilengkapi dengan pipa-pipa pembuangan air, yang berfungsi untuk pembersihan. Jika suatu saat diperlukan perbaikan dari alat (unit separator) maka air yang berada di dalam separator tersebut dapat dibuang melalui saluran ini.
- ❑ Unit pengolahan limbah yang disajikan ini merupakan unit pengolahan yang sederhana, dengan tujuan agar biaya pembangunan dan operasionalnya murah sehingga semua bengkel dapat mengolah limbahnya tanpa merasa dibebani biaya yang berarti. Untuk bengkel yang besar dan berstandar internasional diharapkan dapat menambah unit pengolahan dengan sistem lumpur aktif di akhir proses. Untuk pengelolaan lainnya prosesnya sama dengan unit yang disajikan ini, namun dapat menggunakan disaint yang lebih modern lagi.

8.6. Penutup

Buku ini disusun untuk memberikan gambaran kepada para pemilik industri perbengkelan agar dapat melakukan pengelolaan lingkungan kerjanya sehingga dapat mewujudkan suatu bengkel yang bersih dan dapat membantu upaya pelestarian lingkungan dengan melakukan kegiatan yang berwawasan lingkungan. Contoh-contoh upaya pengelolaan lingkungan yang dimuat dalam buku ini sengaja dibuat sesederhana mungkin sehingga diharapkan semua bengkel yang beroperasi dapat membangun dan mengoperasikannya tanpa merasa terbebani oleh biaya investasi maupun operasionalnya, tetapi sebaliknya diharapkan dengan tambahan modal yang sedikit tersebut dapat menciptakan lingkungan kerja yang bersih dan sehat sehingga dapat lebih menarik para pelanggan.

Meskipun disini hanya disajikan contoh-contoh pengelolaan lingkungan yang sederhana, tetapi kami berharap dari waktu ke waktu para pengusaha dapat meningkatkan upaya pengelolaan limbahnya dengan teknologi yang lebih baik untuk menghadapi era globalisasi nanti. Untuk bengkel yang bertaraf internasional, tentunya akan menggunakan teknologi perlindungan lingkungan yang lebih canggih dari pada apa yang termuat dalam buku panduan ini. Dengan telah tersedianya teknologi perlindungan lingkungan yang canggih pada bengkel tersebut, kami mengharapkan agar para pemiliknya mau membuka diri terhadap para pemilik usaha lainnya untuk belajar kepadanya demi terwujudnya lingkungan yang bersih dan sehat.

8.7. Daftar Pustaka

1. *Industrial Water Pollution Control*, Eckenfelder WW, Jr. Mc Graw-Hill Book Company, 1989.
2. *Mengelola Bengkel Mobil*, Tim KSS, Puspa Swara, Januari 1998.
3. *Mendirikan Bengkel Mini*, De rozal A.B, Puspa Swara, 1996.
4. *Polusi Udara dan Implikasinya Terhadap Kesehatan*, Sarono, Sinar Harapan, 2001.
5. *Program Bengkel Bersih*, Amri C, Intisari, 2001
6. *Sistem Pengelolaan Limbah B3 di Indonesia*, Setiyono, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (P3TL), Deputi Bidang TIEMML, BPP Teknologi, 2002.