

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Terproduksi dan Aktivitas Mikroorganisme

Di lingkungan hidrokarbon, air dapat dibedakan dua macam. Pertama, air formasi yang berada di situs hidrokarbon dan mengandung beberapa kation misalnya: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} dan Fe^{2+} dengan anion Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} dan HCO_3^- serta hidroksida. Kedua, air yang turut berperan dalam pengolahan hidrokarbon atau minyak bumi dan berfungsi sebagai media pendingin (Kadarwati dkk, 1994). Air terproduksi merupakan air yang berasal dari dalam perut bumi dan merupakan hasil dari proses eksplorasi atau pengeboran minyak bumi itu sendiri.

Mikroorganisme merupakan jasad hidup dengan ukuran yang sangat kecil, sehingga sukar dilihat dengan mata secara langsung. Pada umumnya setiap sel mampu melakukan aktivitas hidupnya untuk pertumbuhan maupun perkembangbiakan. Mikroorganisme memerlukan air untuk hidup dan unsur-unsur utama seperti karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, fosfor serta unsur-unsur pendukung besi, mangan, dan seng (Alexander, 1999).

Mikroorganisme didalam situs hidrokarbon terus melakukan aktivitas, yakni suatu proses metabolisme yang produknya dapat berpotensi positif atau negatif di lingkungan tempat tumbuhnya. Potensi yang bersifat positif dapat dikembangkan pemanfaatannya, sedangkan yang bersifat negatif perlu diupayakan cara penanggulangannya (Kadarwati dkk, 1994).

Reaksi degradasi atau perombakan secara biologis dilakukan tidak hanya oleh satu jenis mikroorganisme, melainkan terdapat hubungan simbiosis antara kelompok-kelompok mikroorganisme. Didalam penanganan limbah secara anaerobik, beberapa kelompok mikroorganisme yang penting adalah *Lactobacillus* yang bersifat anaerobik fakultatif, *clostridia* dan *methanogenik bacteri* yang bersifat obligat anaerobik.

Oksidasi biologik secara aerobik mempunyai peranan penting karena bahan organik akan disintesis menjadi senyawa baru dan sebagian lagi akan dikonversikan menjadi produk akhir (karbon dioksida, air dan amoniak) yang stabil. Reaksi kimia dalam suasana aerobik akan berlangsung lebih cepat dibandingkan dalam suasana anaerobik (Alaerts dan Santika, 1987).

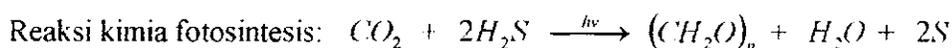
2.2. Mikroorganisme Efektif (EM)

Mikroorganisme efektif atau yang lebih dikenal dengan EM merupakan suatu kultur campuran 80 spesies dari 10 genus dan 5 famili mikroorganisme yang bermanfaat sebagai inokulan untuk meningkatkan keragaman mikroba tanah. Teknologi yang didasarkan atas konsep mikroorganisme efektif serta aplikasinya dikembangkan oleh Profesor Teruo Higa dari Universitas Ryukyu Okinawa, Jepang. Profesor Higa memilih dan memisahkan, berbagai jenis mikroorganisme untuk mengembangkan pengaruh-pengaruh yang bermanfaat bagi alam. Bila kultur ini dimasukkan ke dalam lingkungan alami, maka pengaruh baik masing-masing akan lebih dilipatgandakan secara sinergis (APNAN, 1995).

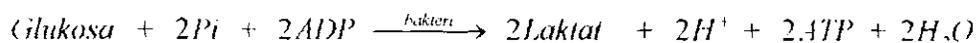
Mikroorganisme EM adalah suatu inokulan mikroba yang berfungsi sebagai alat pengendali biologis dalam menekan dan mengendalikan patogen dengan cara memasukkan mikroorganisme bermanfaat ke dalam lingkungan hidup (fermentasi). Penggunaan EM meliputi berbagai bidang antara lain pertanian, air minum untuk hewan, pengolahan limbah cair dan membersihkan air kolam renang (Higa, 2000).

Kultur campuran EM sebagian besar terdiri dari bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp*), ragi, *Actinomycetes* dan jamur peragian yang meningkatkan dekomposisi limbah dan sampah organik, menekan aktivitas mikroorganisme patogen, membersihkan air limbah dan meningkatkan kualitas air (Wididana dkk, 1996). Mikroorganisme EM terdiri dari lima kelompok mikroba, yaitu:

1. Bakteri fotosintesis merupakan bakteri pembentuk zat-zat yang bermanfaat dari sekresi akar-akar tumbuhan, bahan organik atau gas-gas berbahaya misalnya hidrogen sulfida dengan menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi. Bakteri ini menghasilkan zat-zat yang bermanfaat seperti asam amino, asam nukleat, zat bioaktif dan gula.



2. Bakteri asam laktat dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme yang merugikan dan meningkatkan percepatan perombakan bahan-bahan organik seperti karbohidrat. Contohnya bakteri *Lactobacteriaceae* dengan reaksi yang menghasilkan asam laktat:



3. Ragi membentuk zat-zat antibakteri dan bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman dari asam amino dan gula yang dikeluarkan oleh bakteri fotosintesis dari bahan organik dan akar-akar tanaman. Contohnya *Saccharomyces* dengan reaksi bakteri peragian sebagai berikut (Schlegel, 1994):





4. *Actinomyces* dapat hidup berdampingan dengan bakteri fotosintetik, sehingga dapat meningkatkan mutu lingkungan tanah dengan meningkatkan aktifitas anti mikroba tanah.
5. Jamur fermentasi dapat menguraikan bahan organik secara cepat untuk menghasilkan alkohol, ester dan zat-zat anti mikroba yang mencegah terjadinya bau. Contohnya *Rhizopus*, *Aspergillus* dan *Penicillium* (APNAN, 1995).

2.3. Aplikasi Teknologi EM pada Limbah Cair dan Penyimpanan EM.

Larutan EM berbentuk suspensi, mempunyai efektifitas yang bermacam-macam dan menguntungkan, dapat hidup pada waktu yang sama dengan adanya oksigen ataupun tanpa oksigen, dan bersifat tidak menimbulkan penyakit (Higa, 1998). Mikroorganisme EM dihasilkan dari proses fermentasi yang alami dan bukan sintesa kimia atau perlakuan genetik. Teknologi EM telah digunakan dalam pengolahan limbah cair. Pengolahan limbah cair lebih ditekankan pada penggunaan proses aerasi, sehingga mengurangi produksi gas seperti amoniak, gas-gas berbahaya dan bau busuk, membasmi jamur dan bakteri yang tidak menguntungkan.

Sistem teknologi EM memberikan solusi dengan cara menghilangkan bau busuk. Setelah limbah diolah dengan EM, maka kadar H₂S, metil merkaptan dan metil sulfida dalam limbah menurun secara drastis. Disamping itu, kualitas air juga meningkat yang ditandai dengan menurunnya kadar BOD, COD maupun jumlah bakteri *E. Coli* dan air yang dihasilkan juga lebih jernih (Higa, 1998).

Mikroorganisme EM diproduksi oleh *Indonesian Kyusei Natural Farming Societies* di Jakarta dengan label EM₄. Ada beberapa syarat yang perlu diperhatikan pada waktu penyimpanan dan penggunaan EM seperti:

- EM lebih baik disimpan ditempat yang kering dan dingin dengan suhu yang tetap.
- Tidak dianjurkan menyimpan pada rumah atau ruang kaca yang bertemperatur tinggi, sehingga dapat menyebabkan waktu simpannya pendek. Jika bau dari EM tak enak atau busuk jangan digunakan.
- Aktifitas EM menurun pada temperatur dibawah 5⁰C. Sebaiknya EM tidak disimpan pada suhu terlalu dingin atau menyimpannya dalam pendingin terlalu lama.
- Masa hidup EM biasanya enam bulan. Lihatlah masa kadaluarsanya dari label pada botol atau kemasan pabriknya.

- Mikroorganisme EM aktif dapat disimpan dalam wadah yang memiliki sedikit udara dan dapat digunakan dalam 3 hari. Untuk mendapat hasil yang baik, maka dibuatlah EM aktif pada hari sebelum digunakan. (Higa, 1998).

2.4. Teori Analisis

2.4.1. Analisis pH

Nilai pH menunjukkan kadar asam atau basa suatu larutan melalui aktivitas ion hidrogen (H^+). Ion hidrogen merupakan faktor utama untuk mengerti reaksi kimiawi dalam ilmu teknik penyehatan karena: i) ion H^+ selalu ada dalam keseimbangan dinamis dengan air yang membentuk suasana untuk semua reaksi kimiawi yang berkaitan dengan masalah pencemaran air yang sumber ion hidrogen tidak pernah habis dan ii) ion H^+ tidak hanya merupakan unsur molekul H_2O saja, tetapi juga merupakan unsur banyak senyawa lain hingga jumlah reaksi tanpa H^+ dapat dikatakan sedikit saja.

Lewat aspek kimiawi, suasana air juga mempengaruhi beberapa hal lain, misalnya kehidupan biologi dan mikrobiologi. Peranan ion hidrogen tidak penting kalau zat pelarut bukan air melainkan molekul organik seperti alkohol dan bensin (Alaert dan Santika, 1987).

2.4.2. Analisis BOD

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah suatu analisis empiris yang mencoba mendeteksi secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi didalam air. Angka BOD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air.

Analisis BOD merupakan pengukuran banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri aerobik untuk mengoksidasi bahan-bahan organik dalam air. Sebagai hasil oksidasi akan terbentuk karbon dioksida, air dan amoniak:



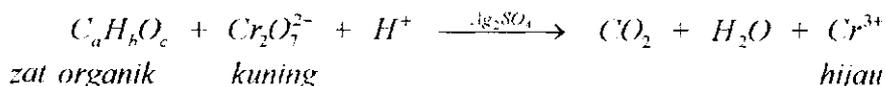
Reaksi ini berlangsung pada badan air sungai, air danau dan di instalasi pengolahan air buangan yang menerima air buangan yang mengandung zat organik. Dengan kata lain, uji BOD berlaku sebagai simulasi (seolah-olah terjadi) sesuatu proses biologis secara alamiah (Alaerts dan Santika, 1987).

Reaksi biologis pada uji BOD dilakukan pada temperatur 20°C selama lima hari, hingga mempunyai istilah yang lengkap BOD₅²⁰ (angka 20 berarti temperatur inkubasi dan angka 5 menunjukkan lama waktu inkubasi). Jumlah zat organik yang ada dalam air diukur melalui jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk mengoksidasi zat organik. Karena reaksi BOD dilakukan dalam botol yang tertutup, maka jumlah oksigen yang telah dipakai adalah perbedaan antara kadar oksigen dalam larutan pada saat t = 0 hari (biasanya baru ditambahkan oksigen dengan aerasi hingga = 9 mg O₂ per liter, yaitu konsentrasi kejenuhan) dan kadarnya pada t = 5 hari.

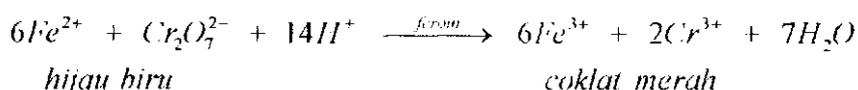
Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendisain sistem pengolahan biologis pada air yang tercemar. Penguraian zat organik adalah peristiwa alamiah. Kalau sesuatu badan air dicemari oleh zat organik, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi yang bisa mengakibatkan kematian ikan-ikan dalam air dan menimbulkan bau busuk pada air tersebut.

2.4.3. Analisis COD

Analisis COD merupakan pengukuran banyaknya jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasikan semua bahan kimia yang ada dalam satu liter air sampel. Pengoksidasi K₂Cr₂O₇ digunakan sebagai sumber oksigen. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses oksidasi kimia, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Sebagian besar zat organik melalui uji COD ini dioksidasi oleh K₂Cr₂O₇ dalam keadaan asam yang mendidih.



Kebanyakan zat-zat organik rusak pada pemanasan dengan campuran bikromat dan asam sulfat. Sampel didestruksi dengan kalium bikromat yang telah diketahui kadarnya dan asam sulfat dengan katalis Ag₂SO₄ dan HgSO₄. Kelebihan kalium bikromat dititrasi dengan ferro amonium sulfat dengan indikator ferroin. Jumlah senyawa organik yang dapat dioksidasi setara dengan jumlah oksigen dari bikromat yang terpakai.



Indikator feroin digunakan untuk menentukan titik akhir dimana saat warna hijau biru larutan berubah menjadi coklat merah (APHA-AWWA-WPCF, 1992).

Analisis COD mempunyai keuntungan dari pada analisis BOD karena sumber pengoksidasi dapat mengoksidasi beberapa komponen yang stabil terhadap reaksi biologi atau komponen yang tidak dapat dioksidasi dengan pertolongan mikroorganisme. Misalnya, selulosa yang tidak dapat diukur melalui analisis BOD tetapi dapat diukur melalui analisis COD (Alaerts dan Santika, 1987).

2.4.4. Analisis amoniak

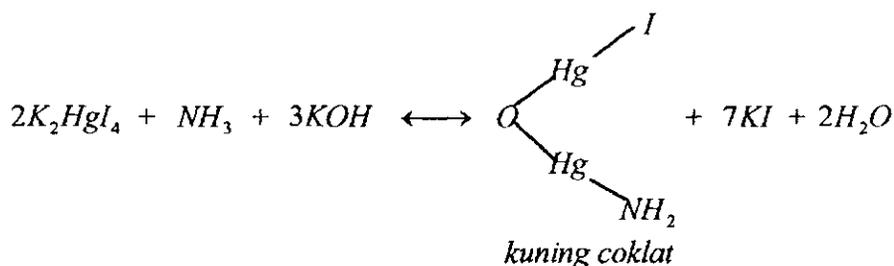
Amoniak merupakan senyawa nitrogen yang berubah menjadi NH_4^+ pada pH rendah. Amoniak dalam air permukaan berasal dari oksidasi zat organik ($\text{H}_a\text{O}_b\text{C}_c\text{N}_d$) secara mikrobiologis yang berasal dari air alam atau air buangan industri dan penduduk.

Dapat dikatakan bahwa amoniak berada dimana-mana, dari kadar beberapa miligram per-liter pada air permukaan dan air tanah sampai kira-kira 30 mg/L lebih pada air buangan. Air tanah hanya mengandung sedikit amoniak, karena amoniak dapat menempel pada butir-butir tanah liat selama infiltrasi air ke dalam tanah dan sulit terlepas dari butir-butir tanah liat tersebut. Kadar amoniak pada air sungai harus dibawah 0,5 mg/L (syarat baku mutu air sungai di Indonesia).

Metoda yang dipakai pada analisis amoniak secara kolorimetri adalah metoda Nessler. Prinsip metoda Nessler: nitrogen-amoniak dapat ditentukan dengan atau tanpa didahului oleh suatu pengolahan pendahuluan (destilasi). Bila destilasi tidak dilakukan, maka amoniak ditentukan langsung dengan analisis Nessler atau titrasi. Destilasi tidak dilakukan bila sampel cukup jernih. Keadaan ini terdapat pada air PAM, air sungai, air sumur jernih dan efluen sistem pengolahan air buangan yang jernih. Namun analisis Nessler ini tidak terlepas dari gangguan warna dan kekeruhan yang hanya dapat dihilangkan dengan pengolahan pendahuluan yaitu destilasi. Destilasi dilakukan pada sampel air buangan penduduk, air buangan industri, air sungai yang keruh dan air yang mengandung warna.

Pada proses destilasi, hasil destilasi yang mengandung amoniak ditampung oleh larutan absorben asam borat (H_3BO_3) yang dapat mengikat molekul amoniak tersebut. Kadar amoniak dalam absorben ditentukan dengan metode Nessler memakai alat spektrofotometer.

Reagen Nessler, K_2HgI_4 , bereaksi dengan NH_3 dalam larutan yang bersifat basa sesuai dengan reaksi berikut :



Reaksi menghasilkan larutan berwarna kuning-coklat yang mengikuti hukum Lambert-Beer. Intensitas warna yang terjadi berbanding lurus dengan konsentrasi amoniak yang ada dalam sampel yang ditentukan dengan spektrofotometri.

2.4.5. Analisis minyak dan lemak

Minyak dan lemak meliputi hidrokarbon, asam lemak, sabun, dan material lain yang dapat terekstrak oleh pelarut freon, petroleum benzen atau CCl_4 dari contoh yang diasamkan, tidak menguap selama uji berlangsung dan akhirnya ditimbang.

