

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pembuatan Tahu dan Tempe

Menurut Suryanto (1992) *dalam* Hartaty (1994) menyatakan bahwa yang dimaksud dengan tahu adalah makanan padat yang dicetak dari sari kedelai (*Glycine spp*) dengan proses pengendapan protein pada titik isoelektriknya, tanpa atau dengan penambahan zat lain yang diizinkan.

Pembuatan tahu dilakukan dengan cara mengekstraksi protein, kemudian mengumpulkannya sehingga terbentuk padatan protein. Cara penggumpalan susu kedelai yang umum dilakukan adalah dengan penambahan bahan penggumpal berupa asam sehingga keasaman susu kedelai mencapai titik isoelektriknya sekitar 4 – 5. bahan penggumpal yang biasa digunakan adalah asam cuka (CH_3COOH), batu tahu ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{nH}_2\text{O}$) dan larutan bibit tahu (Hermana, 1985 *dalam* Hartaty, 1994). Adapun tahapan proses pembuatan tahu secara umum menurut Nurhasan dan Pramudyanto (1987) adalah (1) kedelai yang telah dipilih dibersihkan dan disortasi dengan ditampi atau menggunakan alat pembersih; (2) perendaman dalam air bersih agar kedelai dapat mengembang dan cukup lunak untuk digiling dengan lama perendaman berkisar 4 – 10 jam; (3) pencucian dengan air bersih dimana jumlahnya tergantung pada besarnya atau jumlah kedelai yang digunakan; (4) penggilingan kedelai menjadi bubur dengan mesin giling dan untuk memperlancar penggilingan perlu ditambahkan air dengan jumlah yang sebanding dengan jumlah kedelai; (5) pemasakan kedelai dilakukan diatas tunggu dan dididihkan selama 5 menit agar tidak berbuih selama pemasakan ini ditambahkan dengan air dan

diaduk; (6) penyaringan bubur kedelai dengan kain penyaring, dimana pada tahap ini diperoleh ampas basah lebih kurang 70% - 90% dari bobot kering kedelai dan dibilas dengan air hangat; (7) setelah itu dilakukan penggumpalan dengan menggunakan air asam, pada suhu 50°C, kemudian didiamkan sampai terbentuk gumpalan besar dan selanjutnya air diatas endapan dibuang dan sebagian digunakan untuk proses penggumpalan kembali; dan (8) langkah terakhir adalah pengepresan dan pencetakan yang dilapisi dengan kain penyaring sampai padat dan setelah ari tinggal sedikit, maka cetakan dibuka dan diangin-anginkan.

Tempe merupakan hasil fermentasi kedelai, dimana proses pembuatan tempe menurut Herlambang (2002) adalah (1) kedelai dimasak, setelah direnam 1 malam hingga lunak dan terasa berlendir, kemudian kedelai dicuci hingga bersih; (2) kedelai dipecah dengan mesin pemecah, hingga kedelai terbelah dua dan kulit kedelai terpisah; (3) kedelai kupas dicuci kembali hingga bersih, kemudian dilanjutkan dengan proses peragian dengan cara mencampurkan ragi yang telah dilarutkan dan selanjutnya didiamkan selama kurang lebih 10 menit dan (4) kedelai yang telah mengandung ragi ditiriskan hingga hampir kering, kemudian dibungkus dengan daun pisang, dan setelah fermentasi selama 2 hari diperoleh tempe.

2.2 Karakteristik Limbah Industri Tahu dan Tempe

Menurut Nurhasan dan Pramudyanto (1987), terdapat dua hal karakteristik buangan industri tahu yang perlu diperhatikan, yaitu karakteristik fisika (padatan total, suhu, warna dan bau) dan kimia (bahan organik, bahan anorganik dan gas). Suhu air limbah tahu berkisar 37 – 45 °C, kekeruhan 535 – 585 FTU, warna

2.225 – 2250 Pt Co, amonia 23.3 – 23.5 mg/l, BOD₅ 6.000 – 8.000 mg/l dan COD 7.500 – 14.000 mg/l.

Suhu buangan industri tahu berasal dari pemasakan kedelai. Suhu limbah cair tahu, umumnya lebih tinggi dari air limbahnya, yaitu 40–46°C. Suhu yang meningkat di lingkungan perairan akan mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen dan gas lain, kerapatan air, viskositas dan tegangan permukaan (Sugiharto, 1987).

Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tahu dan tempe pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik di dalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Diantara senyawa-senyawa tersebut, protein dan lemak yang jumlahnya paling besar (Nurhasan dan Pramudyanto, 1987), yang mencapai 40 – 60% protein, 25 – 50% karbohidrat dan 10% lemak (Sugiharto, 1987). Semakin lama jumlah dan jenis bahan organik ini semakin banyak, dalam hal ini akan menyulitkan pengelolaan limbah, karena beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme di dalam air limbah tahu tersebut. Untuk menentukan besarnya kandungan bahan organik digunakan beberapa teknik pengujian seperti BOD₅, COD dan TOM. Uji BOD merupakan parameter yang sering digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran organik, baik dari industri ataupun dari rumah tangga (Greyson, 1990; Welch, 1992).

Menurut Nuraida (1985) dalam Dhahiyat (1990) menyatakan bahwa untuk mengolah satu kilogram kedelai dibutuhkan air sekitar 45 liter. Keseimbangan bahan dalam proses pembuatan tahu adalah air (2.700 kg) + kedelai (60 kg) menghasilkan tahu (80 kg) + ampas tahu (70 kg) + *whey* (2.610 kg). Nurhasan dan

Pramudyanto (1987) menambahkan bahwa air buangan industri tahu kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. Jika air prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada air buangannya biasanya rendah. Umumnya konsentrasi ion hidrogen buangan industri tahu cenderung bersifat asam. Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein (N-total) sebesar 226,06 – 434,78 mg/l, sehingga masuknya limbah cair tahu ke lingkungan perairan akan meningkatkan total nitrogen di perairan tersebut.

Gas-gas yang biasanya ditemukan dalam limbah adalah gas nitrogen (N_2), oksigen (O_2), hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), karbondioksida (CO_2) dan metana (CH_4). Gas-gas tersebut terasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air buangan. Permasalahan yang sering muncul adalah kecepatan reaksi biokimia memerlukan oksigen yang lebih besar sejalan dengan meningkatnya suhu (Nurhasan dan Pramudyanto, 1987).

Akibat pencemaran bahan organik dari limbah industri tahu dan tempe adalah :

- a. turunnya kualitas air perairan akibat meningkatnya kandungan bahan organik.

Abel (1989) menyatakan bahwa aktivitas mikroorganisme dapat memecah molekul organik yang kompleks menjadi molekul organik yang sederhana. Bahan anorganik seperti ion fosfat dan nitrat dapat dipakai sebagai makanan oleh tumbuhan yang melakukan fotosintesis. Selama proses metabolisme, oksigen banyak dikonsumsi, sehingga jika bahan organik hasil proses fotosintesis dan oleh reaerasi dari udara. Sebaliknya jika konsentrasi beban organik terlalu tinggi, maka akan tercipta kondisi anaerobik yang menghasilkan produk dekomposisi berupa amonia, CO_2 , asam asetat, hidrogen sulfida dan

metana. Senyawa tersebut sangat toksik bagi sebagian besar hewan air dan secara estetika tidak nyaman dan menimbulkan bau.

- b. biaya untuk proses pengolahan air minum meningkat dan timbulnya senyawa kloroorganik yang bersifat karsinogenik akibat proses klorinasi yang berlebihan (Wisjuprpto dan Mohajit, 1992; Culp, 1984).
- c. Gangguan kesehatan, khususnya yang berkaitan dengan air yang kotor dan sanitasi lingkungan yang tidak baik.

2.3 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Air limbah yang telah dikumpulkan dari pemukiman atau wilayah industri atau pertanian harus dihilangkan terlebih dahulu bahan pencemarnya sebelum dibuang ke lingkungan. Masalahnya adalah pencemar yang mana dalam air limbah yang harus dihilangkan untuk melindungi lingkungan, dan sampai batas kadar pencemar itu harus diturunkan. Tujuan utama dalam pengolahan limbah adalah untuk mengurnagi bahan pencemar yang umumnya dilihat dari turunnya nilai BOD5, padatan terlarut, padatan tersuspensi serta terbunuhnya organisme patogen. Secara garis besar kegiatan pengolahan air limbah dikelompokkan menjadi enam bagian antara lain pengolahan pendahuluan (pretreatment), pengolahan pertama (primary treatment), pengolahan kedua (secondary treatment) dan pengolahan ketiga (tertiary treatment), proses desinfeksi dan pembuangan lanjutan (ultimate disposal) (Metcalf dan Eddy, 1991).

2.4 Pengolahan Limbah Secara Biologis

Pengolahan air limbah secara biologis dapat dibagi menjadi tiga yaitu proses biologis dengan biakan tersuspensi, biakan melekat dan proses pengolahan

dengan sistem lagun atau kolam. Penggunaan metode biofilm untuk pengolahan air menunjukkan bahwa bakteri yang melekat mempunyai aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan yang tersuspensi dalam air olahan (Brault, 1991). Chiao *et al* (2001) menyatakan bahwa biofilter tercelup efektif dalam menghilangkan bahan organik dan nitrogen total.

Ebie dan Asidate (1992) *dalam* Herlambang (2002) menjelaskan bahwa mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm aerobik secara sederhana terdiri dari media biofilter, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan air limbah dan lapisan udara yang terletak diluar. Senyawa pencemar yang ada di dalam air limbah misalnya senyawa organik (BOD, COD), amonia, fosfor dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah, senyawa pencemar tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa. Pasokan oksigen pada lapisan biofilm tercelup dilakukan dengan menggunakan pompa udara (blower atau pompa sirkulasi).

Menurut Hanaki (1995) *dalam* Herlambang (2002), jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi aerobik, sedangkan pada bagian dalam biofilm yang melekat pada medium akan berada dalam kondisi anaerobik. Pada kondisi anaerobik akan terbentuk gas H_2S . Jika konsentrasi oksigen terlarut cukup besar, maka gas H_2S yang terbentuk tersebut akan diubah menjadi sulfat (SO_4^{2-}) oleh bakteri sulfat yang ada di dalam biofilm. Selain itu, pada lapisan aerobik nitrogen amonium akan diubah menjadi nitrit dan nitrat dan selanjutnya pada lapisan anaerobik nitrat yang

terbentuk mengalami proses denitrifikasi menjadi gas nitrogen. Oleh karena itu, di dalam sistem biofilm terjadi kondisi anaerobik dan aerobik pada saat yang bersamaan, dengan sistem tersebut proses penghilangan senyawa nitrogen menjadi lebih mudah. Menurut Herlambang (2002), keunggulan pengolahan air limbah dengan proses biofilter antara lain adalah (1) pengoperasiannya mudah, (2) lumpur yang dihasilkan sedikit dan (3) dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun tinggi serta (4) pengaruh penurunan suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil.

Proses pengolahan dengan sistem biofilter anaerob dan aerob memiliki keuntungan (Herlambang, 2002), yaitu:

1. adanya air buangan yang melalui media biofilter mengakibatkan timbulnya lapisan lendir atau biological film. Limbah yang masih mengandung zat organik yang belum teruraikan pada bak pengendap bila melalui lapisan lendir ini akan mengalami proses penguraian secara biologis. Efisiensi biofilter tergantung dari luas kontak antara air limbah dengan mikroorganisme yang menempel pada permukaan media biofilter. Makin luas bidang kontakannya, maka efisiensi penurunan zat organiknya (BOD_5) makin besar. Selain menghilangkan atau mengurangi nilai BOD_5 dan COD, cara ini juga dapat mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi, deterjen (MBAS), amonium dan fosfor.
2. biofilter juga sebagai media penyaring limbah yang melalui media ini. Sebagai akibatnya, limbah yang mengandung muatan padatan tersuspensi dan bakteri *E. Coli* setelah melalui filter ini akan berkurang konsentrasinya. Efisiensi penyaringan akan sangat besar karena adanya biofilter *up flow* yaitu

penyaringan dengan sistem aliran dari bawah ke atas akan mengurangi kecepatan partikel yang terdapat pada air buangan dan partikel yang tidak terbawa aliran ke atas akan terendapkan di dasar bak. Sistem biofilter anaerob-aerob ini sangat sederhana, operasinya mudah dan tanpa mekai bahan kimia serta tanpa membutuhkan energi.

2.5 Cara bekerja biofilter

Cara pengolahan air limbah dengan proses biofilm atau biofilter dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang di dalamnya diisi dengan media penyangga untuk pengembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Posisi media biofilter terendam dibawah permukaan air. Media biofilter yang digunakan umum dapat berupa bahan-bahan organik. (Herlambang, 2002).

Kebanyakan mikroorganisme dapat tumbuh pada permukaan padat, jika terdapat senyawa organik, garam mineral dan oksigen. Mikroorganisme melekat dengan menggunakan bahan eksopolimer gelatin yang dihasilkan oleh bakteri. Koloni mikroorganisme dimulai pada daerah tertentu, kemudian terbentuk biofilm secara kontinyu sampai sel;uruh permukaan tertutup oleh lapisan monoseluler. Sejak itu pertumbuhan dilakukan dengan memproduksi sel baru yang menutupi lapisan monoseluler pertama. Oksigen dan nutrien yang dibawa oleh air yang diolah akan terdifusi menembus lapisan biofilm sampai kepada lapisan sel yang paling dalam yang tidak dapat ditembus oleh oksigen dan nutrien. Setelah beberapa lama, terjadi stratifikasi menjadi lapisan aerobik tempat oksigen masih dapat

terdifusi dan lapisan anaerobik yang tidak mengandung oksigen. Ketebalan kedua lapisan ini bervariasi tergantung jenis reaktor dan bahan pendukungnya.

Valentis dan Lesavre (1990) menyatakan bahwa dalam memilih media biofilter ada beberapa kriteria yang harus diketahui, antara lain adalah prinsip-prinsip yang mengendalikan pengolahan limbah dan sifat-sifat yang harus dipenuhi oleh paket media biofilter dalam reaktor biologi pada lingkungan spesifik dan sesuai dengan teknik aplikasinya. Block dan Colin (1982) menambahkan bahwa mekanisme adhesi dari sel masih sedikit diketahui dan ada kontroversi karena pengaruh perbedaan sifat dari media pendukungnya.

Untuk media biofilter dari bahan organik, misalnya dalam bentuk tali, bentuk jaring, bentuk butiran tak beratur (*random packing*), bentuk papan (*plate*), bentuk sarang tawon dan lain-lain. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya: batu pecah (*split*), kerikil, batu marmer, batu tembikar, batu bara (kokas) dan lainnya (Herlambang, 2002). Telah dikaji pula pemakaian delapan jenis media, yaitu kristobalit, zeolit, vermikulit, karbon aktif, lempung bergranular, batu keramik, debu vulkanik dan peluru gotri. Media yang mempunyai *performance* baik berhubungan dengan permukaan yang kasar dari pada luas permukaan yang luas, karena meskipun kristobalit memiliki luas permukaan yang lebih kecil (50 m²/g) dibandingkan karbon aktif granular (1.125 m²/g) (Kenji *et al.*, 1990).