

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Tahu

Tahu merupakan bahan pangan yang berasal dari kedelai yang harganya relatif murah dan mengandung nilai gizi yang tinggi khususnya protein sehingga sangat diminati oleh masyarakat. Semakin banyak permintaan konsumen akan tahu maka industri pembuatan tahupun semakin banyak bermunculan.

Tabel 1. Perkembangan konsumsi bahan makanan yang mengandung kedelai di rumah tangga tahun 2008 – 2012.

| Tahun | Konsumsi (kg/kapita/tahun) | | | | | | Jumlah (kg/kapita/tahun) |
|-----------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------------|
| | Kedelai segar | Tahu | Tempe | Tauco | Oncom | Kecap | |
| 2008 | 0,0521 | 7,1436 | 7,2479 | 0,0261 | 0,1043 | 0,6497 | 15,2237 |
| 2009 | 0,0521 | 7,0393 | 7,0393 | 0,0209 | 0,0626 | 0,6205 | 14,8347 |
| 2010 | 0,0521 | 6,9871 | 6,9350 | 0,0209 | 0,0469 | 0,6643 | 14,7063 |
| 2011 | 0,0521 | 7,4043 | 7,3000 | 0,0313 | 0,0730 | 0,6716 | 15,5323 |
| 2012 | 0,0521 | 6,9871 | 7,0914 | 0,0261 | 0,0626 | 0,5694 | 14,7887 |
| Rata-rata | 0,0521 | 7,1123 | 7,1227 | 0,0251 | 0,0699 | 0,6351 | 15,0171 |

Sumber : Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (2013).

Konsumsi kedelai di Indonesia dari tahun 2008-2012 disajikan pada Tabel 1.

Sedangkan produksi kedelai di Provinsi Lampung menurut data Badan Pusat Statistik tahun 2013 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas Panen, produktivitas dan produksi kedelai di provinsi lampung tahun 2008-2013.

| Tahun | Luas Panen (Ha) | Produktivitas (Ku/Ha) | Produksi (To) |
|--------------|------------------------|------------------------------|----------------------|
| 2008 | 5.658 | 11,80 | 6.678 |
| 2009 | 13.518 | 11,95 | 16.153 |
| 2010 | 6.195 | 11,82 | 7.325 |
| 2011 | 9.232 | 11,90 | 10.984 |
| 2012 | 6.708 | 11,92 | 7.993 |
| 2013 | 5.088 | 12,33 | 6.274 |

Sumber : Badan Pusat Statistik (2013).

Hasil sampingan dari proses pembuatan tahu berupa ampas tahu dan limbah cair berupa “whey”. Ampas tahu dapat digunakan sebagai pakan ternak dan oncom, sedangkan “whey” sebagian besar belum dapat dimanfaatkan (kadang-kadang digunakan sebagai biang) sisanya dibuang kelingkungan berupa limbah yang kemudian akan diuraikan oleh bakteri.

2.2 Potensi Pencemaran Lingkungan Oleh Industri Tahu

Selain kedelai komponen utama dalam pembuatan tahu lainnya adalah air.

Pemakaian air bersih dalam proses produksi tahu, mencapai minimal sepuluh kali lipat volume bahan baku yang digunakan. Sehingga menghasilkan air limbah yang berpotensi mencemari lingkungan yang kandungan polutan organiknya tinggi.

Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih (*whey*). Cairan ini mengandung kadar protein yang tinggi dan dapat segera terurai. Limbah ini sering dibuang secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu ke perairan, terutama sungai dan sebagian lagi meresap ke dalam air tanah dangkal sehingga dapat merumur dangkal atau sumur galian, menghasilkan bau busuk dan mencemari lingkungan (Jenie dan Rahayu, 1993).

Untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh air limbah tahu salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah dengan mengurangi potensi limbah pada sumbernya, dengan demikian jumlah limbah yang dihasilkan dapat berkurang. Selain itu diperlukan adanya pengolahan pada limbah yang dihasilkan sebelum dibuang ke perairan atau lingkungan sehingga tidak mencemari lingkungan sekitar.

2.3 Karakteristik Limbah Tahu

Limbah bagi industri hasil pertanian merupakan hasil sampingan dari proses pengolahan untuk memperoleh hasil utama. Limbah cair tahu adalah hasil sampingan dari proses pembuatan tahu berupa limbah cair tahu yaitu “*whey*”.

Air limbah tahu yang dihasilkan masih banyak mengandung zat organik, seperti protein, karbohidrat, lemak dan zat terlarut yang mengandung padatan tersuspensi atau padatan. Di antara senyawa-senyawa tersebut yang memiliki jumlah paling besar adalah protein dan lemak dengan presentase sebesar 40-60% protein, 25-50% karbohidrat dan 10% lemak. Adanya bahan organik yang cukup tinggi menyebabkan mikroba menjadi aktif dan menguraikan bahan organik tersebut

secara biologis menjadi senyawa asam-asam organik. Senyawa-senyawa organik di dalam air buangan tersebut antara lain protein, karbohidrat, lemak dan minyak.

Berdasarkan jurnal penelitian Ratnani (2012) diperoleh hasil analisis kandungan limbah cair dari proses pembuatan tahu yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik limbah cair tahu

| Parameter | Hasil Analisis |
|------------------|-----------------------|
| pH | 4,26 |
| DO (ppm) | 4,5 |
| COD (ppm) | 11638 |
| Air (%) | 99,162 |
| Abu (%) | 0,139 |
| Karbohidrat (%) | 0,294 |
| Protein (%) | 0,155 |
| Lemak (%) | 0,058 |
| Serat Kasar (%) | 0,191 |
| Temperatur (°C) | 45 |
| Warna | Kuning Keruh |
| Bau | Berbau Menyengat |

2.4 Biofilter

Menurut Patil (2007) biofilter merupakan teknologi terbaru pengontrol polusi. Biofilter berfungsi sebagai penghilang dan oksidasi bahan pencemar dengan memanfaatkan mikroorganisme yang hidup dan melekat pada media biofilter tersebut. Teknologi biofilter memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa penyebab bau pada kondisi aerobik, menjadi biomassa dan mineral.

Biofilter di desain berdasarkan aliran volume, spesifikasi zat pencemar dan konsentrasi, karakteristik media, pengendalian kelembaban dan perawatan.

Kontaminan dialirkan melalui lapisan tipis mikroorganisme (*biofilm*) dipermukaan media biofilter. Pada kondisi optimum, kontaminan dengan cepat akan mengalami proses biodegradasi dan dikonversi menjadi CO₂ dan air tanpa akumulasi dari produk-produk intermediet (*dead-end metabolites*). Aktivitas mikroorganisme ini akan menghasilkan produk samping berupa air, CO₂, garam mineral, biomassa serta beberapa senyawa organik volatil (Nicolai and Janni, 2001).

Aktivitas mikroorganisme dalam biofilter dipengaruhi oleh kelembaban, pH, keterbatasan nutrien, suhu dan karakteristik mikroorganisme dari medium. Kandungan air di dalam medium merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kinerja dari biofilter.

Menurut Devinny *et. al.* (1999) penggunaan biofilter memiliki keuntungan dan kerugian. Keuntungan dari penggunaan biofilter adalah sebagai berikut :

- 1) Biaya operasional dan modal sedikit.
- 2) Penghilangan efektif untuk senyawa.
- 3) Pressure drop rendah.
- 4) Tidak ada produk limbah lebih lanjut.

Kerugian penggunaan biofilter adalah sebagai berikut :

- 1) Keadaan medium yang mungkin memburuk.
- 2) Kurang cocok untuk senyawa atau limbah yang memiliki konsentrasi tinggi.
- 3) pH dan kelembaban sulit untuk di kontrol.

- 4) Partikel mungkin bisa menyumbat medium.

2.5 Media Biofilter

Pemilihan media biofilter harus memenuhi beberapa persyaratan diantaranya kandungan nutrien anorganik, kandungan organik, kimia dan aditif, kadar air, pH, porositas, karakteristik penyerapan, tambahan bakteri, peralatan mekanik, bau dari bahan pengepak, biaya pengepakan dan umur pakai, pembuangan pengepak (Devinny *et. al.*, 1999). Menurut Hirai *et. al.* (2001) syarat yang harus dipenuhi dalam pemilihan media biofilter antara lain mempunyai kapasitas penyangga air yang tinggi, mempunyai tingkat porositas yang tinggi, mempunyai daya memadat yang rendah, tidak mengalami penurunan kinerja walaupun kadar air menurun, tidak berubah dalam jangka panjang, ringan, murah, mampu menyerap gas penyebab bau dan mempunyai kapasitas penyangga tinggi terhadap produk akhir yang bersifat asam.

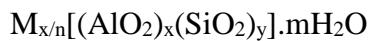
Media biofilter yang dapat digunakan antara lain kompos, potongan kayu, kulit kayu, gambut, tanah dan campuran pasir, karbon aktif, batu lahar dan organik sintetik. Pengoperasian biofilter yang efektif harus memiliki lingkungan media yang baik untuk pertumbuhan mikroba dan menjaga agar porositas tetap tinggi untuk memudahkan penyediaan aliran udara.

2.6 Zeolit

Zeolit adalah mineral kristal alumina silika tetrahidrat berpori yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi. Struktur kerangka zeolit tersusun dari unit tetrahedral $[SiO_4]^{4-}$ dan $[AlO_4]^{5-}$ yang saling terhubungkan dengan atom-atom

oksigen sehingga membentuk kerangka tiga dimensi yang memiliki rongga-rongga. Rongga-rongga tersebut didalamnya berisi ion-ion logam, biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Sugianto, 2012).

Rumus umum zeolit adalah :



Dimana M adalah kation bervalensi n, $(AlO_2)_x(SiO_2)_y$ adalah kerangka zeolit yang bermuatan negatif, H_2O adalah molekul air yang tetrahidrat dalam kerangka zeolit.

Zeolit menurut proses pembentukannya dibagi menjadi 2 yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis. Pada saat ini telah dikenal sekitar 40 jenis zeolit alam dan 120 zeolit sintetis yang sudah diketahui strukturnya (Sugianto, 2012). Zeolit alam biasanya mengandung kation K^+ , Na^+ , Ca^{2+} atau Mg^{2+} . Sedangkan zeolit sintetis biasanya hanya mengandung kation K^+ atau Na^+ . Adanya molekul air dalam pori dan oksidasi bebas dipermukaan seperti Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O pada zeolit alam dapat menutupi pori-pori dari zeolit alam tersebut sehingga dapat menurunkan kapasitas adsorbsi maupun sifat katalis dari zeolit tersebut. Oleh karena itu, zeolit alam perlu diaktivasi sebelum digunakan. Aktivasi zeolit alam dapat diklasifikasikan menjadi dua cara yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia.

Aktivasi fisika pada umumnya dilakukan dengan cara pemanasan pada suhu 300–400°C selama 3-4 jam. Pemanasan ini bertujuan untuk mengeluarkan air dan menguapkan senyawa-senyawa organik yang mengotori pori-pori zeolit, sehingga pori-pori zeolit menjadi lebih bersih dan luas permukaan spesifik menjadi lebih

besar, akibatnya kapasitas pertukaran ion maupun daya serapnya juga bertambah besar.

Aktivasi kimia biasanya dilakukan dengan cara mengontakkan zeolit dengan asam (asam sulfat atau asam klorida) atau basa (soda kostik). Proses aktivasi dengan asam bertujuan untuk menghilangkan zat/mineral pengotor yang terkandung dalam pori-pori zeolit sehingga porositas dan luas permukaannya menjadi bertambah.

Zeolit alam yang telah ditambang secara intensif di Indonesia diantaranya terdapat di daerah :

1. Lampung, antara lain : Campang Tiga, Sidomulyo, Talang Padang dan Cukuh Balak.
2. Jawa Barat, antara lain : Bayah (Banten), Cikalong dan Tasik Malaya.
3. Jawa Tengah, antara lain : Arjosari (Pacitan), Trenggalek, Blitar, Kepanjen (Malang).

Dari penambangan zeolit tersebut sebagian besar dikenal sebagai jenis zeolit klinoptolite dan mordenit (Sugianto, 2012).

Zeolit digunakan sebagai adsorben, katalis, penukar ion, pupuk, pemantap tanah di bidang pertanian, penjernih air, penjernih limbah serta sebagai katalis (Auerbach *et. al.*, 2003). Selain itu mineral zeolit dapat menyerap NH_4^+ , yaitu senyawa yang terbentuk dari penggabungan amonia dan air yang sedang mengalami disosiasi (Kusnaedi, 2010).

Zeolit dalam bidang pertanian dapat digunakan untuk :

1. Bahan ameliorasi

2. Memperbaiki media tumbuh tanaman
3. Campuran pupuk
4. Peningkat kualitas kompos

Penggunaan zeolit sebagai bahan ameliorasi didasarkan pada kemampuan Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah, sehingga efisisensi pemupukan pada tanah dapat ditingkatkan dengan nilai KTK rendah. Penambahan zeolit pada media tanam dapat meningkatkan ketersediaan air terutama pada tanah berpasir. Pemberian zeolit 2,5 t/ha dapat meningkatkan produksi jagung 11%, kedelai 19%, kacang tanah 18% dibandingkan tanpa zeolit pada tanah latosol coklat (Simanjuntak, 2002).

Penambahan zeolit tanpa diikuti penambahan pupuk dan bahan-bahan lain yang diperlukan tanaman, justru akan merugikan tanaman karena sebagian dari haranya akan dijerap sementara oleh zeolit. Zeolit memiliki kemampuan untuk mempertahankan nilai Daya Hantar Listrik (DHL) media yang rendah, sehingga ketersediaan unsur hara dan air yang dibutuhkan oleh tanaman dapat dipertahankan oleh media. Nilai DHL media yang rendah akan menyebabkan tekanan osmotik juga rendah, dimana pada kondisi tersebut tanaman akan mudah menyerap unsur hara.

Penggunaan zeolit sebagai bahan campuran pupuk dapat dijadikan sebagai kontrol untuk lebih mengefisienkan pemakaian pupuk, karena sebagian pupuk tidak langsung diserap oleh tanaman. Pupuk yang tidak diserap oleh tanaman tersebut dapat diserap oleh zeolit kemudian setelah konsentrasi pupuk dalam tanah menurun, zeolit akan melepaskan kembali pupuk yang dijerap.

Zeolit bisa dimanfaatkan sebagai peningkat kualitas kompos. Penambahan zeolit ke dalam kotoran hewan dapat mengurangi bau busuk, terutama gas amoniak yang keluar selama proses pengomposan (Simanjuntak, 2002).

Zeolit memiliki muatan negatif karena keberadaan atom aluminium secara keseluruhan yang menyebabkan zeolit mampu mengikat kation. Zeolit dapat digunakan untuk mengikat kation-kation yang terdapat di air, misalnya besi (Fe), aluminium (Al) atau magnesium (Mg) yang umum terdapat pada air tanah. Selain mampu mengikat kation, zeolit juga mudah melepas kation, misalnya zeolit melepas natrium dan digantikan dengan mengikat kalsium. Dengan demikian zeolit berfungsi sebagai penukar ion dan adsorban dalam pengolahan air.

Zeolit dapat menyaring dengan ukuran tertentu karena zeolit memiliki pori-pori berukuran molekuler. Zeolit dapat melepas air akibat pemanasan dan mudah mengikat kembali air dalam udara lembab, karena kemampuannya tersebut zeolit banyak digunakan sebagai bahan pengering (Kusnaedi, 2010)



Gambar 1. Zeolit

Mineral zeolit yang beredar dipasaran pada umumnya ada 2 yaitu :

1. Bentuk tepung mineral zeolit, merupakan mineral zeolit yang potensial untuk air yang akan digunakan untuk pengisian kolam atau digunakan untuk air kolam bagian atas.
2. Bentuk butiran mineral zeolit, merupakan mineral yang potensial untuk air di dasar kolam atau air bagian bawah (Murtidjo, 1992).

Sifat- sifat zeolit yaitu :

1. Dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan.
2. Dapat berfungsi sebagai penukar ion, bergantung pada banyaknya pertukaran kation pada zeolit.
3. Berfungsi sebagai katalis yang mengakibatkan terjadinya dilusi molekul ke dalam ruang bebas antar kristal serta terjadi reaksi kimia pada permukaan saluran kosong zeolit.
4. Memiliki struktur berongga dan biasanya rongga ini berisi air dan kation-kation yang dapat dipertukarkan dan memiliki ukuran pori tertentu.

Penggunaan zeolit alam merupakan upaya untuk memanfaatkan bahan lokal sebagai bahan adsorben dengan harga murah dan aman. Zeolit alam yang telah diaktivasi mempunyai kemampuan sebagai adsorben.