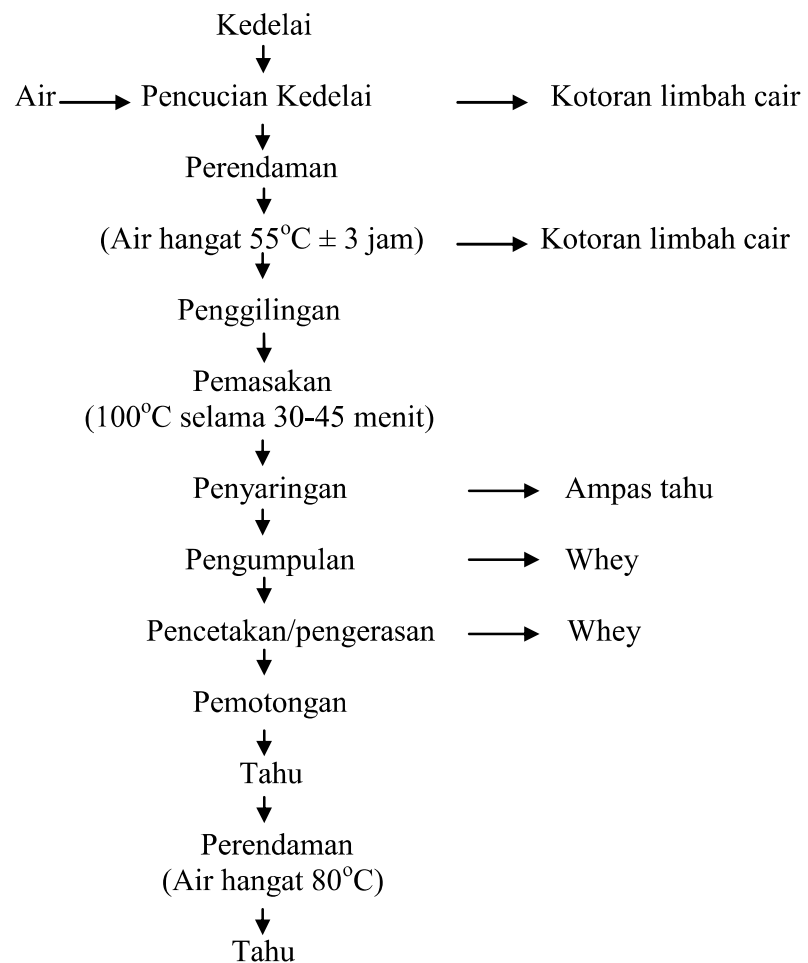


II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Limbah Industri Tahu

Tahu merupakan salah satu sumber makanan yang berasal dari kedelai yang mengandung protein tinggi, di dalam 100 gr tahu mengandung 68 gr kalori, protein 7,8 gr, lemak 4,6 gr, hidrat Arang 1,6 gr, kalsium 124 gr, fosfor 63 mg, besi 0,8 mg, vitamin B 0.06 mg, air 84,8 gr. Tahu diperoleh melalui proses penggumpalan (pengendapan) protein susu kedelai. Bahan yang digunakan dalam pembuatan adalah batu tahu (CaSO_4), Asam cuka (CH_3COOH), dan MgSO_4 . Secara umum proses pembuatan tahu meliputi: perendaman, penggilingan, pemasakan, penyaringan, penggumpalan, pencetakan/pengerasan, dan pemotongan, seperti pada gambar 1. (Partoatmojo, 1991).

Pabrik tahu di Indonesia masih mengalami kesulitan dalam mengelola limbahnya, tak jarang pengusaha industri tersebut membuang limbah cair mereka tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu (Handajani, 2005).



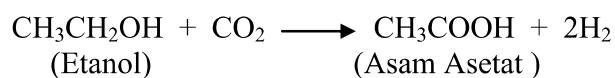
Gambar 1. Skema Proses Pembuatan Tahu

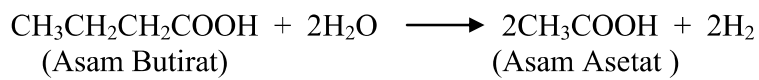
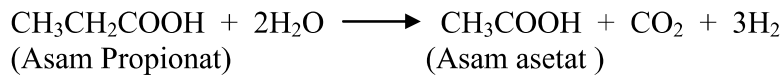
Produksi tahu masih dilakukan dengan teknologi yang sederhana dalam skala industri rumah tangga atau industri kecil. Tingkat efisiensi penggunaan air dan bahan baku kedelai masih rendah dan tingkat produksi limbahnya sangat tinggi. Industri kecil ini umumnya mempunyai modal kecil atau lemah, sehingga masih banyak keterbatasan yang harus mereka tanggulangi, di antaranya penanganan limbah. Air limbah tahu sebagian besar terdiri dari limbah organik dengan nilai COD (Chemical Oxygen Demand) cukup tinggi, yaitu 5771 mg/l (Anonim, 2004).

Limbah yang dihasilkan dari pembuatan tahu apabila dapat dikonversikan akan berguna dan merupakan bahan baku baru untuk pengolahan lainnya. Ampas tahu dapat dikonversikan sebagai bahan makanan ternak dan ikan serta oncom, sedangkan “whey” sebageian besar belum dapat dimanfaatkan. Sumber limbah cair lainnya juga diperoleh dari pencucian kedelai, larutan bekas perendaman kedelai, pemasakan, dan pencucian peralatan. Sebagian besar sumber limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu 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 (Elly, 2006).

Dampak dari pembuangan tersebut yaitu terjadinya pencemaran lingkungan, karena adanya penguraian bahan-bahan organik yang terkandung dalam air sisa pembuatan tahu yang dilakukan oleh mikroorganisme. Setiap kuintal kedelai menghasilkan 1,5 – 2 m³ whey tahu. Jumlah air limbah tahu yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu kira-kira 15-20 l/ kg bahan baku kedelai, sedangkan beban pencemarannya kira-kira sebesar 30 kg (Djarwanti, 2000).

Air limbah industri tahu dan tempe mempunyai pH yang rendah. Bahan organik yang terkandung di dalamnya sangat mudah terdegradasi dan menghasilkan produk-produk yang bersifat asam. Produk-produk perombakan air limbah antara lain etanol, asam propionat, dan asam butirrat, kemudian diubah menjadi asam asetat oleh bakteri asetogenik dengan reaksi seperti berikut:





Larutan asam cuka (asam asetat) dalam proses pembuatan tahu digunakan untuk menggumpalkan protein kedelai yang akhirnya menjadi tahu (Hartati, 1998).

B. Limbah Cangkang Telur Ayam Ras

Telur merupakan salah satu bahan pangan penting sebagai sumber protein hewan yang mengandung nutrisi yang baik bagi kehidupan manusia. Permintaan terhadap produksi telur terus meningkat, seiring dengan peningkatan konsumsi masyarakat, karena mudah diperoleh dengan harga yang relatif murah, dan terjangkau bagi anggota masyarakat dengan daya beli rendah.

Cangkang telur merupakan lapisan luar dari telur yang berfungsi melindungi semua bagian telur dari luka atau kerusakan (Anonim, 2003). Cangkang telur kaya mineral, paling banyak adalah kalsium karbonat (98,43 persen), magnesium karbonat (0,84 persen) dan kalsium fosfat sebanyak 0,75 persen (Arifah, 2011). Kandungan kalsium untuk ayam petelur, selama masih produktif harus lebih tinggi, karena kalsium sangat diperlukan untuk pembentukan kulit luarnya (Darmono, 1995).

Bila dilihat dengan mikroskop maka cangkang telur terdiri dari 3 lapisan (terluar hingga terdalam), yaitu:

1. Lapisan kutikula

Lapisan kutikula merupakan protein transparan yang melapisi permukaan kulit telur. Lapisan ini melapisi pori-pori pada kulit telur, tetapi sifatnya masih dapat dilalui gas sehingga keluarnya uap air dan gas CO₂ masih dapat terjadi.

2. Lapisan busa

Lapisan ini merupakan bagian terbesar dari lapisan kulit telur. Lapisan ini terdiri dari protein dan lapisan kapur yang terdiri dari kalsium karbonat, kalsium fosfat, magnesium karbonat, dan magnesium fosfat.

3. Lapisan mamillary

Lapisan ini merupakan lapisan ketiga dari kulit telur yang terdiri dari lapisan yang berbentuk kerucut dengan penampang bulat atau lonjong. Lapisan ini sangat tipis dan terdiri dari anyaman protein dan mineral (Nasution, 1997).

Hasil analisis kandungan cangkang telur di Laboratorium menunjukkan kandungan kalium 0,12%, kalsium 8,98%, fosfor 0,39%, dan magnesium 10,54%. Fosfor pada tanaman berperan untuk merangsang pertumbuhan akar benih atau tanaman muda, mempercepat dan memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa, membantu asimilasi, pernafasan, mempercepat pembungaan, dan pemasakan buah (Lingga dan Marsono, 2007).

Dengan pemanfaatan limbah peternakan unggas berupa cangkang telur dan penambahan batuan fosfat maka nilai dan kualitas pupuk kandang akan meningkat sehingga dapat memenuhi kebutuhan unsur hara yang diperlukan tanaman (Sutanto, 2002).

C. Proses Pembuatan Pupuk Fosfat

Dalam ilmu pertanian, pupuk dibedakan menjadi dua golongan besar yaitu :

1. Pupuk organik

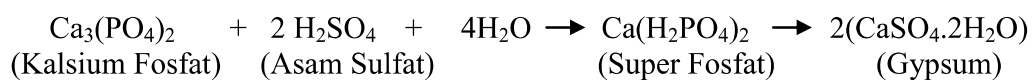
Pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan, atau manusia antara lain pupuk kandang, pupuk hijau dan kompos (humus) berbentuk padat atau cair yang telah mengalami dekomposisi.

2. Pupuk anorganik

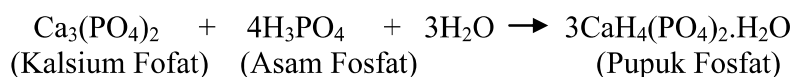
Pupuk anorganik disebut juga dengan pupuk buatan. Kandungan hara dalam pupuk anorganik terdiri atas unsur hara makro utama yaitu nitrogen, fosfor, kalium. Hara makro sekunder yaitu sulfur, kalsium, magnesium dan hara mikro yaitu tembaga, seng, mangan, molibden, boron, dan kobal. Pupuk anorganik dikelompokkan sebagai pupuk hara makro dan pupuk hara mikro baik dalam bentuk padat maupun cair. Berdasarkan jumlah kandungan haranya, pupuk anorganik dapat dibedakan sebagai pupuk tunggal dan pupuk majemuk, (SK Mentan No. 9 tahun 2003).

Fosfat alam merupakan salah satu pupuk fosfat alami karena berasal dari bahan tambang. Pupuk fosfat alam yang dilarutkan dalam asam kuat (*partially acidulated rock phosphohate* =PARP) kadar P_2O_5 larut dalam asam sitrat harus $>10\%$. Fosfat alam mengandung fosfat yang sangat bervariasi. Fosfat alam yang bagus mengandung fosfat alam (P_2O_5) lebih dari 30%.

Bahan baku utama untuk pembuatan pupuk fosfat adalah deposit batuan yang mengandung fosfat yaitu kalsium fosfat ($Ca_3(PO_4)_2$). Batuan fosfat terlebih dahulu diolah dengan menambahkan asam sulfat untuk mengubah ion PO_4^{3-} menjadi ion $H_2PO_4^-$.



Kadar P_2O_5 dalam batuan fosfat alam yang rendah ditingkatkan dengan proses acidulasi menggunakan larutan asam fosfat (H_3PO_4). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut (Husein dkk., 1998) :



Pembuatan pupuk fosfat dari cangkang telur dengan menggunakan air limbah tahu yaitu terlebih dahulu cangkang telur direndam dengan air limbah tahu yang bersifat asam. Proses pembentukan asam dalam air limbah tahu melibatkan dua golongan besar bakteri, yaitu bakteri asidogenik dan bakteri asetogenik. Bakteri asidogenik pada mulanya menfermentasikan hasil hidrolisa menjadi asam-asam lemak volatil berantai pendek, seperti asam asetat, asam propionat, asam butirrat, H_2 , CO_2 , asam

laktat, asam valerat, etanol, amonia, dan sulfida. Konsentrasi H_2 memegang peranan penting dalam mengontrol proporsi berbagai produk bakteri asidogenik. Asam propionat dan asam-asam lemak lainnya yang dihasilkan oleh bakteri asidogenik dikonversi oleh bakteri asetogenik menjadi asam asetat, H_2 , dan CO_2 (Setiadi, 2001).

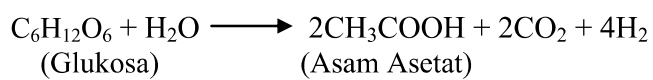
Proses fermentasi anaerob dalam proses pembuatan tahu mengubah senyawa organik menjadi metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) tanpa kehadiran oksigen (O_2).

Dekomposisi senyawa organik melalui proses anaerob ini terjadi dalam tiga tahapan proses, yaitu tahap reaksi hidrolisis, tahap reaksi pembentukan asam, dan tahap reaksi pembentukan metana. Reaksi hidrolisis merupakan proses pelarutan senyawa organik yang mulanya tidak larut dan proses penguraian senyawa tersebut menjadi senyawa dengan berat molekul yang cukup kecil untuk dapat melewati membran sel. Reaksi ini dikatalisis oleh enzim yang dikeluarkan oleh bakteri anaerob. Zat-zat organik seperti polisakarida, lemak, dan protein, dihidrolisa menjadi gula dan asam-asam amino (Hartati, 1998).

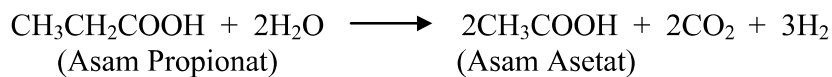
Gas metana yang dihasilkan pada proses pembentukan metana berasal dari asam asetat, akan tetapi ada juga gas metana yang terbentuk dari hidrogen dan karbon dioksida. Ada dua kelompok bakteri yang berperan, yaitu bakteri metana asetoklasik dan bakteri metana pengonsumsi hidrogen. Bakteri metana asetoklasik mengubah asam asetat menjadi karbon dioksida dan metana. Bakteri ini mampu mengontrol nilai pH proses fermentasi dengan jalan mengonsumsi asam asetat dan membentuk CO_2 . Bakteri pengonsumsi hidrogen mengubah hidrogen bersama-sama dengan karbon dioksida menjadi metana dan air. Sisa hidrogen yang tertinggal mengatur laju

produksi asam total dan campuran asam yang diproduksi oleh bakteri pembentuk asam. Hidrogen juga mengendalikan laju konversi asam propionat dan asam butirat menjadi asam asetat (Setiadi, 2001).

Reaksi yang utama adalah konversi glukosa menjadi asam asetat seperti pada persamaan reaksi berikut ini :



Reaksi ini membuat bakteri pembentuk asam memperoleh energi yang paling besar dan menyediakan substrat yang utama untuk produksi metana bagi bakteri asetoklasik. Bakteri asetoklasik mengkonversi asam-asam volatil seperti asam propionat, asam butirat, alkohol, dan beberapa senyawa aromatik menjadi asam asetat dengan persamaan reaksi berikut ini :



Jika pemanfaatan cangkang telur yang berbasis lokal dengan teknik penambahan asam yang berbasis air limbah dapat digabungkan maka upaya ini akan meningkatkan daya guna tepung cangkang telur, bahkan dapat menghasilkan pupuk fosfat yang murah dan pada akhirnya sangat membantu petani (Hartati, 1998).