

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses produksi tahu yang dilakukan ini akan menghasilkan air limbah, air limbah tahu tersebut tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air. Air buangan limbah industri tahu yang langsung dialirkan ke sungai tanpa dilakukan pengolahan akan menyebabkan pencemaran lingkungan perairan (Kaswarni,2007).

Industri pabrik tahu yang berada di Kabupaten Simalungun Kecamatan Bandar Kelurahan Perdagangan III. Dengan jumlah produksi mampu \pm 400 kg/hari tahu dengan pemakaian air bersih \pm 8000 liter/har. Industri pabrik tahu ini telah menyatu dengan pemukiman penduduk. Menurut (Marhadi 2016). Sumber limbah cair terbanyak pada proses pembuatan tahu dibagi menjadi 2 bagian proses pembuatan tahu di pabrik ini menghasilkan jenis limbah yaitu limbah cair dan limbah padat (ampas tahu), namun hanya limbah cair yang tidak dapat digunakan secara efektif. Industri tahu di pabrik tidak memiliki sistem pengolahan limbah cair sehingga pihak industri tahu langsung membuang limbah cair ke badan sungai, maka perlu adanya instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Menurut (Nurhasmawaty, 2008). Akan tetapi limbah cair lah yang merupakan bagian terbesar dan berpotensi untuk mencemari lingkungan.

Industri tahu kecil perlu instalasi pengolahan limbah sederhana, murah, dan ramah lingkungan. Pengelolaan limbah harus rutin dan efektif. Kajian dilakukan untuk teknologi pengolahan limbah tahu yang efisien dengan dampak positif terhadap masyarakat dan lingkungan. Indonesia menggunakan sumber energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan (Sri Subekti 2011). Jadi fitoremediasi (*hytoremediation*) merupakan suatu sistem tanaman tertentu berkerja sama dengan micro-organisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar atau polutan) menjadi kurang atau berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi (Eka, 2010).

Limbah cair industri tahu dapat diolah dengan menggunakan metode pengolahan fitoremediasi eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*). Fitoremediasi eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) memiliki keunggulan yaitu dapat menyerap bahan-bahan organik dan zat-zat kimia berbahaya dari air. Memanfaatkan teknologi pengolahan limbah tahu dengan sistem fitoremediasi eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) diharapkan dapat menghasilkan effluent yang ramah lingkungan sesuai dengan PERMEN LH Nomor 15 Tahun 2008 ‘Tentang baku mutu air limbah usaha kedelai’. Berdasarkan latar belakang diatas, perlu adanya suatu perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) industri tahu dengan fitoremediasi eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) di Pabrik.

Berdasarkan urain diatas maka penulis mengangkat judul “Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pada Industri Tahu Menggunakan Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) di Kabupaten Simalungun Kecamatan Bandar Kelurahan Perdagangan III ”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan urain yang telah dijabarkan maka didapat dirumuskan permasalahan untuk

Diselesaikan pada penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana desain instalasi pengolahan air limbah pada industri tahu menggunakan fitoremediasi eceng gondok?
2. Bagaimana kualitas air dari penggunaan fitoremediasi eceng gondok dalam pengolahan air limbah industri tahu?
3. Berapa Rencana Anggaran Biaya (RAB) dengan desain instalasi pengolahan air limbah menggunakan fitoremediasi eceng gondok pada industri tahu?

1.3 Batasan masalah

Adapun permasalahan yang harus dibatasi untuk menghindari permasalahan yang meluas maka batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Nomor 01 tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

2. Pengujian yang diuji yaitu *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Total Suspended Solid (TSS)* dan pH.
3. Harga satuan bahan material berdasarkan dari toko bangunan Kota Perdagangan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Mengetahui unit proses Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sesuai dengan karakteristik limbah Industri Tahu.
2. Mengetahui Rencana Anggaran Biaya (RAB) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan pada penelitian ini antara lain :

1. Manfaat dari perancangan yang dilakukan adalah desain pengolahan air limbah dapat dijadikan rekomendasi pembangunan instalasi Pengolahan air limbah (IPAL) pada industri tahu di pabrik.
2. Upaya perencanaan ini agar *effluent* air limbah dari industri pembuatan tahu dapat memenuhi baku mutu.
3. Dapat merencanakan desain pengolahan air limbah industri tahu agar tidak mencemari lingkungan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas tahapan yang dilakukan dalam tugas akhir ini, penulisan tugas akhir ini dikelompokkan menjadi 5 (lima) bab dengan sistematika penulisan.

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijabarkan uraian teoritis tentang fitoremediasi aceng gondok terhadap limbah industri tahu. Meliputi penjelasan langkah-langkah dalam mengatasi limbah industri tahu .

BAB III METODOLOGI PERENCANAAN

Pada bab ini dijelaskan metodologi mencakup konsep berpikir, pengambilan data, analisa data, dan berbagai pendekatan yang dipakai dalam pelaksanaan pekerjaan.

BAB IV HASIL DAN PERHITUNGAN

Berisikan tentang pengolahan data perhitungan terhadap data-data yang dikumpulkan, dan kemudian dilakukan analisi secara komprehensif terhadap hasil-hasil yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Merupakan penutup yang berisikan tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh dari pembahasan bab-bab sebelumnya, dan saran-saran yang berkaitan dengan studi ini dan rekomendasi untuk diterapkan di lokasi studi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Produksi Tahu

Pada umumnya tahu dibuat oleh para pengrajin atau industri rumah tangga dengan peralatan dan teknologi yang sederhana. Urutan proses atau cara pembuatan tahu pada semua industri kecil tahu pada umumnya hampir sama dan walaupun ada perbedaan hanya pada urutan kerja atau jenis zat penggumpal protein yang digunakan.

Pemilihan (penyortiran) bahan baku kedelai merupakan pekerjaan paling awal dalam pembuatan tahu. Kedelai yang baik adalah kedelai yang baru atau belum tersimpan lama digudang. Kedelai yang baru dapat menghasilkan tahu yang baik (aromadan bentuk). Untuk mendapatkan tahu yang mempunyai kualitas yang baik, diperlukan bahan baku biji kedelai yang sudah tua, kulit biji tidak keriput, biji kedelai tidak retak dan bebas dari sisa-sisa tanaman, batu kerikil, tanah, atau biji-bijian lain. Kedelai yang digunakan biasanya berwarna kuning, putih, atau hijau dan jarang menggunakan jenis kedelai yang berwarna hitam. Tujuan dari penyortiran ini adalah agar kualitas tahu tetap terjaga dengan baik.

Proses yang kedua adalah perendaman. Pada proses ini kedelai direndam dalam bak atau ember yang berisi air selama \pm 3-12 jam. Tujuan dari perendaman ini adalah untuk membuat kedelai menjadi lunak dan kulitnya mudah dikelupas. Setelah direndam, kemudian dilakukan pengupasan kulit kedelai dengan jalan meremas-remas dalam air, kemudian dikuliti.

Setelah kedelai direndam dan dicuci bersih, selanjutnya dilakukan penggilingan. Proses penggilingan dilakukan dengan mesin, karena penggunaan mesin akan memperhalus hasil gilingan kedelai. Pada saat penggilingan diberi air mengalir agar bubur kedelai terdorong keluar. Hasil dari proses penggilingan berupa bubur kedelai. Bubur kedelai sudah terdorong keluar kemudian ditampung dalam ember. Pada proses pencucian dan perendaman kedelai ini menggunakan banyak sekali air sehingga limbah cair yang dihasilkan akan banyak pula. Tetapi sifat limbah ini belum mempunyai kadar pencemaran yang tinggi.

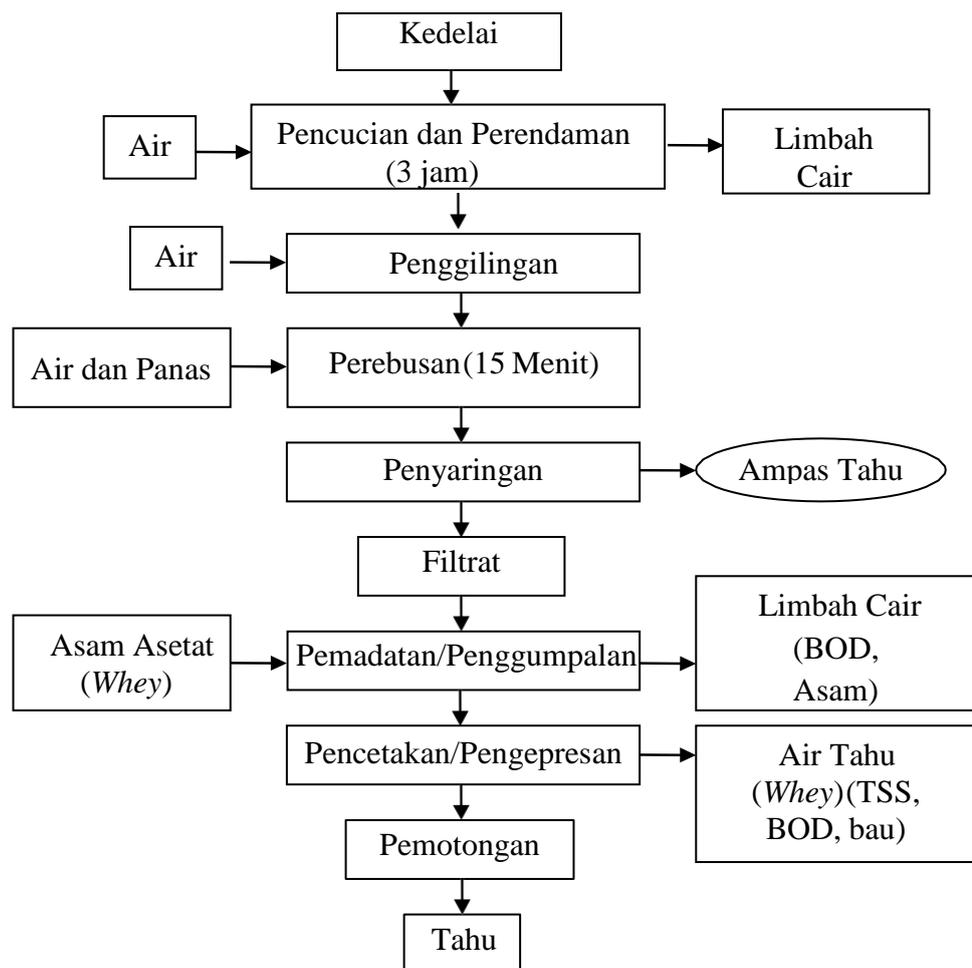
Proses selanjutnya adalah perebusan bubur kedelai dengan tujuan untuk menginaktifkan zat antinutrisi kedelai yaitu tripsin inhibitor dan sekaligus meningkatkan nilai cerna, mempermudah ekstraksi atau penggilingan dan penggumpalan protein serta menambah keawatan produk. Bubur kedelai yang telah terbentuk kemudian diberi air, selanjutnya dididihkan dalam tungku pemasakan. Setelah mendidih sampai ± 5 (lima) menit kemudian dilakukan penyaringan.

Dalam keadaan panas cairan bahan baku tahu (bubur kedelai yang sudah direbus) kemudian disaring dengan kain blaco atau kain mori kasar sambil dibilas dengan air hangat, sehingga susu kedelai dapat terekstrak keluar semua. Proses ini menghasilkan limbah padat yang disebut dengan ampas tahu. Ampas padat ini mempunyai sifat yang cepat basi dan busuk bila tidak cepat diolah sehingga perlu ditempatkan secara terpisah atau agak jauh dari proses pembuatan tahu agar tahu tidak terkontaminasi dengan barang yang kotor. Filtrat cair hasil penyaringan yang diperoleh kemudian ditampung dalam bak. Kemudian filtrat yang masih dalam keadaan hangat secara pelan-pelan diaduk sambil diberi asam (catu). Pemberian asam ini dihentikan apabila sudah terlihat penggumpalan. Selanjutnya dilakukan penyaringan kembali. Proses penggumpalan juga menghasilkan limbah cair yang banyak dan sifat limbahnya sudah mempunyai kadar pencemaran yang tinggi karena sudah mengandung asam.

Tahap selanjutnya yaitu pencetakan dan pengepresan. Proses ini dilakukan dengan cara cairan bening diatas gumpalan tahu dibuang sebagian dan sisanya untuk air asam. Gumpalan tahu kemudian diambil dan dituangkan ke dalam cetakan yang sudah tersedia dan dialasi dengan kain dan diisi sampai penuh. Cetakan yang digunakan biasanya berupa cetakan dari kayu berbentuk segi empat yang dilubangi kecil-kecil supaya air dapat keluar. Selanjutnya kain ditutupkan ke seluruh gumpalan tahu dan dipres. Semakin berat benda yang digunakan untuk mengepres semakin keras tahu yang dihasilkan. Alat pemberat/pres biasanya mempunyai berat $\pm 3,5$ kg dan lama pengepresan biasanya ± 1 menit, sampai airnya keluar.

Pemisahan gumpalan tahu yang telah dibiarkan selama satu malam, kunyit yang digunakan untuk memberikan warna kuning pada tahu, garam yang digunakan untuk memberikan rasa sedikit asin ke dalam tahu.

Proses produksi tahu secara rinci dapat dilihat pada diagram alir proses produksi tahu dibawah ini pada gambar 2.1:



Gambar 2.1 Digram Alir Proses Pembuatan Tahu
(Sumber : Simanjuntak, 2020)

2.2 Sumber Limbah Industri Tahu

Limbah industri tahu pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) bentuk limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat pabrik pengolahan tahu berupa kotoran hasil pembersihan kedelai (batu, tanah, kulit kedelai, dan benda padat lain yang menempel pada kedelai) dan sisa saringan bubur kedelai yang

disebut dengan ampas tahu. Limbah padat yang berupa kotoran berasal dari proses awal (pencucian) bahan baku kedelai dan umumnya limbah padat yang terjadi tidak begitu banyak (0,3% dari bahan baku kedelai). Sedangkan limbah padat yang berupa ampas tahu terjadi pada proses penyaringan bubur kedelai. Ampas tahu yang terbentuk besarnya berkisar antara 25-35% dari produk tahu yang dihasilkan.

Limbah cair pada proses produksi tahu berasal dari proses perendaman, pencucian kedelai, pencucian peralatan proses produksi tahu, penyaringan dan pengepresan/pencetakan tahu. Sebagian besar 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. Limbah ini sering dibuang secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menghasilkan bau busuk dan mencemari lingkungan.

Limbah cair industri tahu merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Beban pencemaran yang ditimbulkan menyebabkan gangguan serius terutama untuk perairan di sekitar industri tahu. Mengingat asal air buangan berasal dari proses yang berbeda-beda, maka karakteristiknya berbeda-beda pula. Untuk air buangan yang berasal dari pencucian dan perendaman nilai cemarnya tidak begitu tinggi sehingga masih dapat dibuang ke perairan. Sedangkan untuk air buangan yang berasal dari proses pemasakan nilai cemarnya cukup tinggi, dengan demikian harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan.

Pada umumnya limbah cair pabrik tahu ini langsung dibuang ke sungai melalui saluran-saluran. Bila air sungai cukup deras dan lancar serta pengenceran cukup (daya dukung lingkungan masih baik) maka air buangan tersebut tidak menimbulkan masalah. Tetapi bila daya dukung lingkungan sudah terlampaui, maka air buangan yang banyak mengandung bahan-bahan organik akan mengalami proses peruraian oleh jasad renik dapat mencemari lingkungan. Parameter air limbah tahu yang biasanya diukur antara lain temperatur, pH, padatan-padatan tersuspensi (TSS) dan kebutuhan oksigen (BOD dan COD).

Temperatur biasanya diukur dengan menggunakan termometer air raksa dengan skala Celsius. Nilai pH air digunakan untuk mengekspresikan kondisi keasaman (konsentrasi ion hidrogen) air limbah. Skala pH berkisar antara 1-14; kisaran nilai pH 1-7 termasuk kondisi asam, pH 7-14 termasuk kondisi basa, dan pH 7 adalah kondisi netral (Siregar, 2005).

Padatan-padatan Tersuspensi/TSS (*Total Suspended Solid*) digunakan untuk menentukan kepekatan air limbah, efisiensi proses dan beban unit proses. Pengukuran yang bervariasi terhadap konsentrasi residu diperlukan untuk menjamin kemantapan proses kontrol (Siregar, 2005).

Kebutuhan oksigen dalam air limbah ditunjukkan melalui BOD dan COD. BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa-senyawa kimia. Nilai BOD bermanfaat untuk mengetahui apakah air limbah tersebut mengalami biodegradasi atau tidak, yakni dengan membuat perbandingan antara nilai BOD dan COD. Oksidasi berjalan sangat lambat dan secara teoritis memerlukan waktu tak terbatas. Dalam waktu 5 hari (BOD_5), oksidasi organik karbon akan mencapai 60%-70% dan dalam waktu 20 hari akan mencapai 95%. COD adalah kebutuhan oksigen dalam proses oksidasi secara kimia. Nilai COD akan selalu lebih besar dari pada BOD karena kebanyakan senyawa lebih mudah teroksidasi secara kimia dari pada secara biologi. Pengukuran COD membutuhkan waktu yang jauh lebih cepat, yakni dapat dilakukan selama 3 jam, sedangkan pengukuran BOD paling tidak memerlukan waktu 5 hari. Jika korelasi antara BOD dan COD sudah diketahui, kondisi air limbah dapat diketahui (Siregar, 2005).

Parameter air limbah tahu yang sesuai dengan Perda Propinsi Jawa Tengah No. 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Baku Mutu Air limbah

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum*
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30

Lanjutan Tabel 2.1

COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/100 mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

(Sumber: Per Men LHK No. 68 Tahun 2016)

Keterangan:

*= Rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga pemasyarakatan.

2.3 Karakteristik Limbah Industri Tahu

Karakteristik buangan industri tahu meliputi dua hal, yaitu karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik Fisika meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna, dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Suhu air limbah tahu berkisar 37-45°C, kekeruhan 535-585 FTU, warna 2.225-2.250 Pt.Co, amonia 23,3-23,5 mg/l, BOD₅ 6.000-8.000 mg/l dan COD 7.500-14.000 mg/l (Herlambang, 2002).

Suhu buangan industri tahu berasal dari proses pemasakan kedelai. Suhu limbah cair tahu pada umumnya lebih tinggi dari air bakunya, yaitu 40°C-46°C. Suhu yang meningkat di lingkungan perairan akan mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen dan gas lain, kerapatan air, viskositas, dan tegangan permukaan. Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tahu 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 adalah yang jumlahnya paling besar. Protein mencapai 40-60%, karbohidrat 25-50% dan lemak 10%. Air buangan industri tahu kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. Apabila air prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada air buangannya biasanya rendah. 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 (Herlambang, 2002).

Gas-gas yang biasa ditemukan dalam limbah tahu 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 berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air buangan (Herlambang, 2002).

Limbah padat industri tahu berupa kulit kedelai dan ampas tahu. Ampas tahu masih mengandung kadar protein cukup tinggi sehingga masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak dan ikan. Akan tetapi kandungan air ampas tahu yang masih tinggi merupakan penghambat digunakannya ampas tahu sebagai makanan ternak. Salah satu sifat dari ampas tahu ini adalah mempunyai sifat yang cepat tengik (basi dan tidak tahan lama) dan menimbulkan bau busuk kalau tidak cepat dikelola. Pengeringan merupakan salah satu jalan untuk mengatasinya. Pengeringan juga mengakibatkan berkurangnya asam lemak bebas dan ketengikan ampas tahu serta dapat memperpanjang umur simpan.

2.4 Dampak Limbah Industri Tahu

Limbah cair Industri Tahu berasal dari sisa pengolahan kedelai yang terbuang karena tidak terbentuk dengan baik menjadi tahu (Nohong, 2010). Limbah padat dan limbah cair (Kaswinarni, 2007). Limbah padat atau ampas tahu dapat diolah menjadi oncom atau dimanfaatkan sebagai makanan ternak, limbah cair merupakan bagian terbesar dan berpotensi untuk mencemari lingkungan (Nurhasmawaty Pohan, 2008).

Dampak pencemaran dari limbah tahu seperti gangguan terhadap kehidupan *biotik*, dan turunnya kualitas air perairan akibat meningkatnya kandungan bahan *organik* (Herlambang, 2002). Industri tahu yang tidak menerapkan sistem pengolahan terhadap air buangan selama kegiatan produksi tahu yang dilakukan berpotensi mencemari perairan sungai, sanitasi lingkungan yang buruk dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti: gatal, diare, kolera, dan radang usus (Kaswinarni, 2007).

2.5 Pengolahan Limbah Padat Tahu

Limbah padat industri tahu meliputi ampas tahu yang diperoleh dari hasil pemisahan bubur kedelai. Ampas tahu masih mengandung protein yang cukup tinggi (Tabel 2.1) sehingga masih dapat dimanfaatkan kembali. (KLH, 2006).

Ampas tahu masih mengandung protein 27 gr, karbohidrat 41,3 gr, maka dimungkinkan untuk dimanfaatkan kembali menjadi kecap, taoco, tepung yang dapat digunakan dalam pembuatan berbagai makanan (kue kering, cake, lauk pauk, kerupuk, dll). Pada pembuatan kue dan aneka makanan, pemakaian tepung tahu tersebut dapat disubstitusikan ke dalam gandum. Pemakaian tepung ampas tahu sebagai bahan substitusi gandum mempunyai manfaat antara lain dihasilkannya suatu produk yang masih mempunyai nilai gizi dan nilai ekonomi serta lingkungan menjadi bersih (KLH, 2006).

Tabel 2.2 Komposisi Ampas Tahu

Unsur		Nilai
Kalori	Kal	414
Protein	G	26,6
Lemak	G	18,3
Karbohidrat	G	41,3
Kalsium	Mg	19
Fosfor	Mg	29
Besi	Mg	4,0
Vit. B	Mg	0,20
Air	G	9,0

(Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup, 2006)

Karena sifat penggunaan tepung limbah tahu ini sifatnya sebagai bahan pengganti, maka pada proses pembuatan makanan maupun pakan ternak, selalu diawali dengan pembuatan tepung limbah padat tahu terlebih dahulu.

Proses pembuatan tepung serat ampas tahu yaitu sejumlah limbah padat tahu (ampas tahu), diperas airnya selanjutnya dikukus \pm 15 menit. Ampas yang

sudah dikukus, diletakkan diatas nyiru atau papan, selanjutnya dijemur diterik matahari ataupun dikeringkan dengan oven. Apabila dilakukan pengeringan dengan oven, dipakai temperatur 100°C selama 24 jam. Setelah kering dihaluskan dengan cara digiling atau diblender dan diayak. Simpan tepung tahu ditempat yang kering. Bentuk tepung seperti ini tahan lama, dan siap menjadi bahan baku pengganti tepung terigu atau tepung beras untuk berbagai makanan. Penambahan bahan lain disesuaikan dengan kebutuhan yang sesuai dengan produk apa yang akan dibuat.

Ampas tahu kebanyakan oleh masyarakat digunakan sebagai bahan pembuat tempe gembus. Hal ini dilakukan karena proses pembuatan tempe gembus yang mudah (tidak perlu keterampilan khusus) dan biayanya cukup murah. Selain tempe gembus, ampas tahu juga diolah untuk dijadikan pakan ternak. Proses pembuatannya yaitu campuran ampas tahu dan kulit kedelai yang sudah tidak digunakan dicampur dengan air, bekatul, tepung ikan dan hijauan, lalu diaduk hingga tercampur rata, kemudian siap diberikan ke hewan ternak.

Beberapa produk makanan dan aneka kue yang dibuat dengan penambahan tepung serat ampas tahu adalah lidah kucing, chocolate cookie, cake (roti bolu), dan kerupuk ampas tahu (KLH, 2006).

2.6 Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu

Menurut Kusumadewi (2016) pengolahan air limbah secara umum terdiri dari pengolahan fisika, kimia dan biologi yang dapat diaplikasikan secara bersamaan maupun terpisah, diantaranya yaitu:

2.6.1 Pengolahan Fisika

Pengolahan secara fisika merupakan proses menghilangkan benda-benda terapung kasar dan partikel-partikel mineral yang berat (seperti pasir dan kerikil). Umumnya proses ini dilakukan dengan menggunakan penyaringan kasar (*screening*) dan bak pengumpul/bak ekualisasi (kusumadewi, 2016). Pengolahan limbah secara fisika juga dapat dilakukan dengan proses filtrasi dan flotasi.

a. Filtrasi (Penyaringan)

Pengolahan air limbah dalam proses filtrasi digunakan untuk pemisahan partikel dalam air limbah secara kimia dan biologi. Proses filtrasi dilakukan dengan menggunakan media filter. Media filter yang dapat digunakan adalah material padat seperti pasir, batu bara, kerikil dan lain lain yang disusun sedemikian rupa sehingga padatan yang terpisah tertahan antara permukaan dan media filter (Said, 2017).

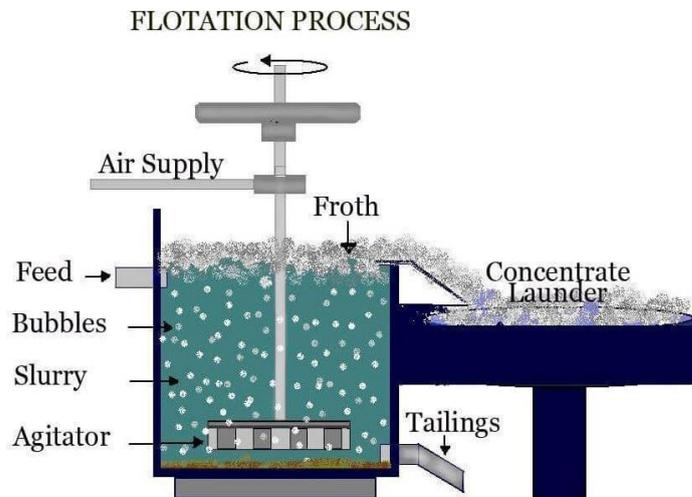


Gambar 2.2 Pengolahan Fisika dengan Proses Filtrasi

(Sumber: <https://www.diaryguru.com/2019/03/cara-membuat-alat-penjernih-air.html>)

b. Flotasi (Pengapungan)

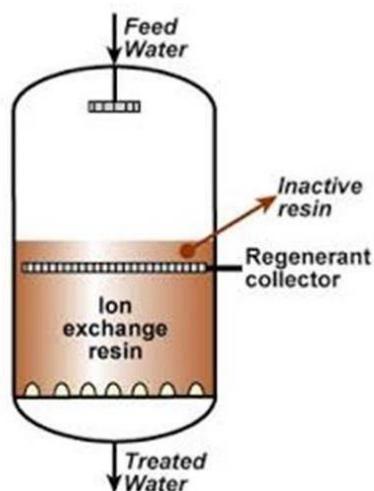
Flotasi adalah proses pemisahan padatan-cairan atau cairan-cairan yang dalam hal ini partikel atau cairan yang dipisahkan mempunyai berat jenis yang lebih kecil daripada cairan. Apabila perbedaan berat jenis secara alamiah cukup untuk dilakukan pemisahan, maka proses flotasi tersebut dinamakan “flotasi alamiah”. Apabila ditambahkan sesuatu dari luar untuk mempercepat pemisahan partikel dinamakan “flotasi dibantu” (Said, 2017).



Gambar 2.3 Pengolahan Fisika dengan Proses Flotasi
 (Sumber: <https://www.radarhijau.com/2017/09/pengendalian-limbah-cair-dengan-proses.html>)

2.6.2 Pengolahan Kimia

Pengolahan secara kimia dilakukan dengan menambahkan bahan kimia atau reaksi kimia lainnya yang bertujuan menghilangkan atau mengkonversikan senyawa-senyawa polutan dalam limbah cair (Metcalf dan Eddy, 2003) dalam (Pohan, 2008). Pengolahan air limbah secara kimia dapat dilakukan dengan koagulasi flokulasi, pertukaran ion, dan klorinasi (Kusumadewi, 20016).



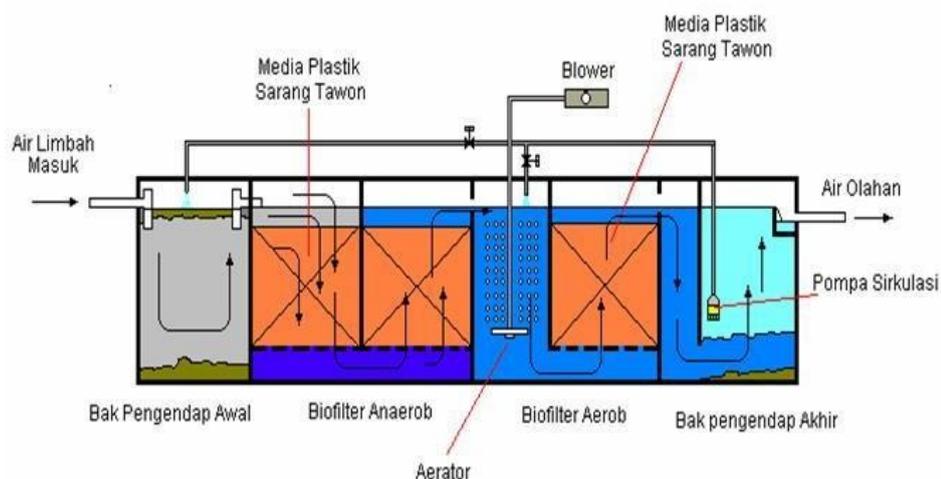
Gambar 2.4 Pengolahan Kimia dengan Proses Pertukaran Ion
 (Sumber : <https://www.youtube.com/watch?v=PTunN3rWkrI>)

2.6.3 Pengolahan Biologi

Pengolahan secara biologi merupakan pengolahan yang memanfaatkan kemampuan mikroorganisme untuk memisahkan polutan yang ada di dalam air limbah. Pengolahan secara biologi bertujuan untuk menghilangkan zat padat organik terlarut yang *biodegradable* (Kusumadewi, 2016). Proses pengolahan secara biologi biasanya dilakukan dengan menggunakan aerobik, anaerobik, lumpur aktif, bioreaktor (Tchobanoglous dkk, 2014) dalam (Simanjuntak, 2020). Pengolahan limbah secara biologi juga dapat dilakukan dengan proses fitoremediasi.

a. Anaerobik dan Aerobik

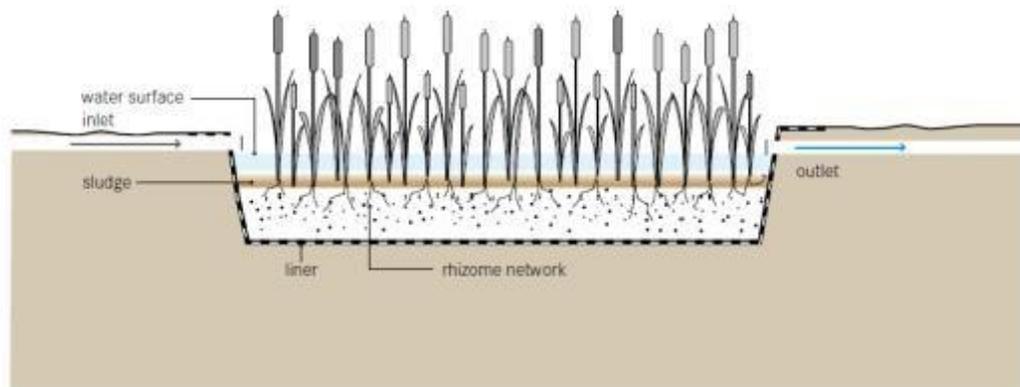
Pengolahan secara anaerobik dapat mengolah air limbah yang memiliki kandungan organik tinggi. Pengolahan secara anaerobik cocok mengolah air limbah yang memiliki konsentrasi BOD sebesar 3.000 – 8.000 mg/L. Pengolahan secara anaerobik yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah tahu antara lain *anaerobic digester*, biofilter anaerobik dengan media tawon, dan *anaerobic baffled reactor*. Pengolahan Aerobik efektif untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi organik yang tidak terlalu tinggi yaitu BOD < 3.000 mg/L. Selain itu, pengolahan aerobik dapat membantu mengurangi bau yang ditimbulkan dari pengolahan secara aerobik (Simanjuntak, 2020).



Gambar 2.5 Pengolahan Biologi dengan Proses Anaerobik dan Aerobik
(Sumber: <https://bangazul.com/proses-biofilter-anaerob-aerob>).

b. Fitoremediasi

Fitoremediasi (*Phytoremediation*) merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral, dan air). Proses fitoremediasi dapat mengubah zat kontaminan atau pencemar menjadi tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi (Disyamto, Elystia, dan Andesgur, 2014). Menurut Hidayah dan Wahyu (2010) dalam Pamungkas (2017) ada beberapa tanaman yang bisa digunakan, namun menurut wahyu tanaman Cattail (*Typha latifolia*) memiliki efisiensi removal yang lebih baik. Cattail adalah jenis tumbuhan herba serta bersifat kolorfial. Tumbuhan ini mempunyai rizom serta berbentuk Panjang dan ramping. Cattail mempunyai jangka hayat selama beberapa musim dan akan terus membiak apabila mencapai tahap kematangan tumbuh secara rumpun. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Hidayah dan Wahyu (2010) dalam Pamungkas (2017) menunjukkan efisiensi pengolahan dari fitoremediasi menggunakan tanaman Cattail. Efisiensi removal untuk parameter COD, BOD, TSS dengan jarak tanaman 15 cm dan waktu tinggal 1 hari adalah COD 77,6%, BOD 58% dan TSS 50%.



Gambar 2.6 Pengolahan Biologi dengan Proses Fitoremediasi
(Sumber: Pamungkas, 2017)

Menurut Suharto (2011) dalam Dhianti (2018) pengolahan air limbah dibagidalam beberapa tahapan, yaitu:

1. Pengolahan Pendahuluan (*Pretreatment*)

Pengolahan pendahuluan merupakan pembersihan air limbah dari padatan kasar. Padatan kasar yang dibersihkan dari limbah cair adalah benda-

benda terapung dan pasir yang mengendap dengan cara melewatkan air limbah melalui saringan. Pengolahan pendahuluan dimaksudkan untuk mempercepat dan mempermudah proses pengolahan limbah cair selanjutnya (Suharto, 2011) dalam (Dhianti, 2018).

2. Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

Limbah cair ditampung pada bak dan dilakukan proses pemisahan bahan organik dengan bahan anorganik. Jika limbah cair pada tahap ini sudah bersih dan memenuhi standar baku mutu yang berlaku, limbah cair dapat langsung dibuang ke tempat pembuangan. Apabila limbah cair tidak memenuhi baku mutu yang berlaku maka diperlukan tahapan proses pengolahan limbah cair selanjutnya (Suharto, 2011) dalam (Dhianti, 2018).

3. Pengolahan Kedua (*Secondary Treatment*)

Dalam pengolahan ini dilakukan pemisahan cairan dari *Total Suspended Solid* (TSS) yang terkandung dalam limbah cair. Zat kimia seperti tawas ditambahkan untuk memungkinkan partikel koloid mengendap dengan baik. Oksigen perlu ditambahkan kedalam proses ini agar dapat memenuhi kebutuhan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah (Suharto, 2011) dalam (Dhianti, 2018).

4. Pengolahan Lanjutan (*Advanced Treatment*)

Pada pengolahan ini, limbah cair diharapkan sudah bersih agar dapat dibuang kembali ke lingkungan. Sering kali ditemukan bahwa pada proses ini, limbah cair masih mengandung bahan kimia berbahaya. Karenanya karbon aktif digunakan untuk mengadsorpsi bahan kimia berbahaya tersebut, sehingga menjadikan limbah cair lebih netral (Suharto, 2011) dalam (Dhianti, 2018).

2.7 Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu

Instalasi Pengolahan Air Limbah merupakan seperangkat alat teknis/bangunan yang berfungsi menampung air limbah, yang dialirkan dari sistem perpipaan untuk diolah agar menghasilkan air buangan (*effluent*) yang aman bagi lingkungan (Syukma, 2019). Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri

Tahu yang direncanakan terdiri dari bak ekualisasi, bak koagulasi-flokulasi, bak sedimentasi dan bak fitoremediasi. Bak Ekualisasi (Bak penampungan awal).

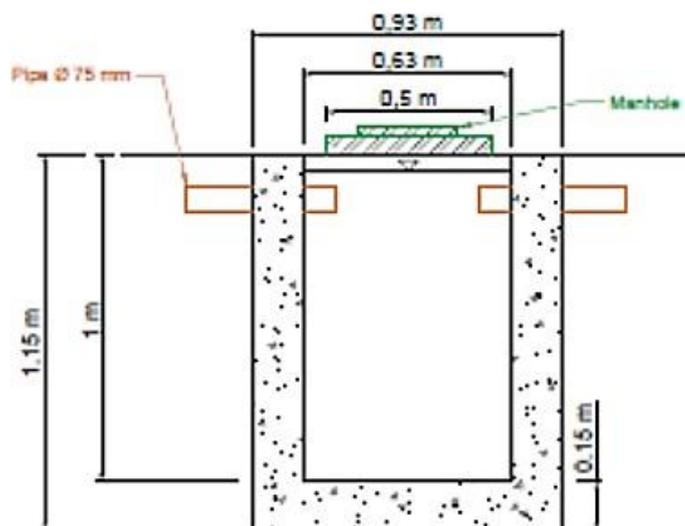
2.7.1 Bak Ekualisasi (Bak penampungan awal)

Seluruh air limbah tahu yang berasal dari proses pencucian, perendaman, pemasakan dan lain-lain dialirkan melalui saluran menuju bak ekualisasi. Bak ekualisasi berfungsi sebagai penampung limbah dan kontrol debit air limbah (Hidayati, 2017). Bak ekualisasi didesain berdasarkan debit air limbah tahu yang dihasilkan setiap harinya, serta diasumsikan berapa lama waktu tinggal air limbah di dalam bak. Biasanya waktu tinggal di bak ekualisasi berkisar antara 4-8 jam (Hutagalung, 2018). Kriteria desain pada ekualisasi sebagai berikut:

Tabel 2.3 Kriteria Desain Bak Ekualisasi

Parameter	Satuan	Nilai
Waktu Tinggal (Td)	Jam	4-8
Kedalaman Minimum	M	1,5 – 2
Ambang Bebas	M	1
Laju Pemompaan Udara	m ³ /menit	0,01 – 0,015

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003)



Gambar 2.7 Bak Ekualisasi

(Sumber: Rahardyan, 2016)

2.7.2 Bak Koagulasi-Flokulasi

Setelah dari bak ekualisasi limbah cair industri tahu akan dialirkan menuju bak koagulasi-flokulasi. Said (2017) koagulasi merupakan proses destabilisasi koloid dengan penambahan senyawa kimia yang disebut koagulan. Melalui proses koagulasi terjadi destabilisasi, sehingga partikel koloid bersatu dan menjadi besar. Dengan demikian partikel-partikel koloid yang awalnya sukar dipisahkan dari air, dan setelah proses koagulasi akan menjadi kumpulan partikel yang lebih besar sehingga dapat dipisahkan. Zat koagulan digunakan untuk menggumpalkan partikel-partikel pada tersuspensi, zat warna, koloid dan lain-lain agar membentuk gumpalan partikel yang lebih besar (flok).

Dalam bak koagulasi-flokulasi air limbah akan diolah dengan menggunakan bahan koagulan berupa serbuk biji kelor. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh faryandi (2020) proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan serbuk bijik kelor dilakukan dengan pengadukan cepat 180 rpm selama 5 menit dan pengadukan lambat 80 rpm selama 20 menit. Koagulan yang digunakan sebanyak 500 mg/1000 ml air limbah tahu. Kriteria desain bak koagulasi dan flokulasi dapat dilihat pada tabel 2.4 dan 2.5.

Tabel 2.4 Kriteria Desain Bak Koagulasi

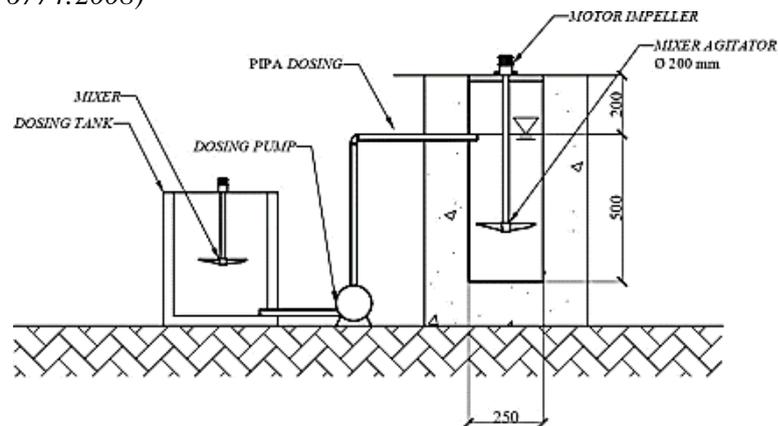
Unit	Kriteria
Pengaduk Cepat - Tipe	Hidrolis: - terjunan - saluran bersekat - dalam pinstalasi pengolahan airbersekat Mekanis: - Bilah (Blade), pedal (padle) - Flotasi
- Waktu pengadukan (detik)	1 - 5
- Nilai G/detik	> 750

(Sumber: SNI 6774:2008)

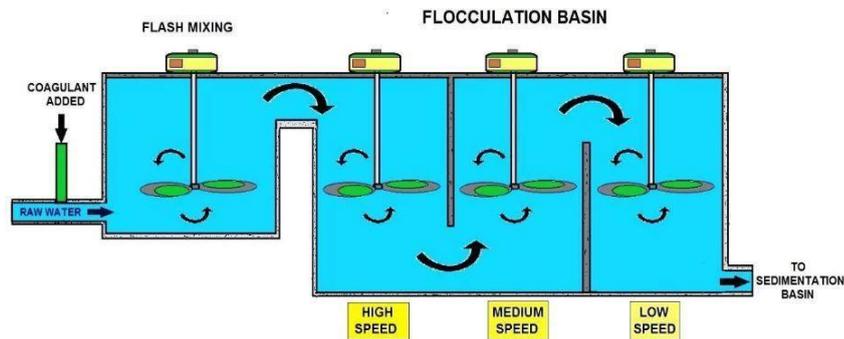
Tabel 2.5 Kriteria Desain Bak Flokulasi

Kriteria Umum	Flokulator hidrolis	Flokulator mekanis		Flokulator Clarifier
		Sumbu horizontal dengan pedal	Sumbu vertical dengan bilah	
G (gradien kecepatan) 1/detik	60 (menurun) -	60 (menurun) -	70 (menurun) -	100 - 10
Waktu tinggal (menit)	30 – 45	30 – 40	20 - 40	20 - 100
Tahap flokulasi (buah)	6 – 10	3 – 6	2 - 4	1
Pengendalian energi	Bukaan Pintu/ sekat	Kecepatan putaran	Kecepatan putaran	Kecepatan aliran air
Kecepatan aliran max. (m/det)	0,9	0,9	1,8 – 2,7	1,5 – 0,5
Luas bilah/pedal dibandingkan luas bak (%)	-	5 – 20	0,1 – 0,2	-
Kecepatan perputaran sumbu (rpm)	-	1 – 5	8 - 25	-
Tinggi (m)				2 – 4 *

Keterangan: *termasuk ruang *sludge blanket*
(Sumber: SNI 6774:2008)



Gambar 2.8 Bak Koagulasi
(Sumber: Hutagalung, 2020)



FLASH FLOCCULATION

Gambar 2.9 Bak Flokulasi

(Sumber: <https://www.caesarvery.com/2017/07/koagulasikoagulan-flokulasiflokulan.html>)

2.7.3 Bak Sedimentasi

Setelah air limbah tahu mengalami proses koagulasi-flokulasi, dilanjutkan dengan proses sedimentasi. Bak sedimentasi berfungsi untuk mengendapkan flok dari proses koagulasi-flokulasi, pengendapan terjadi secara gravitasi (Rosidi dan Razif, 2017). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Faryandi (2020) air limbah tahu yang telah mengalami proses koagulasi-flokulasi, diendapkan selama 30 menit. Kriteria desain bak sendimensi.

Tabel 2.6 Kriteria Desain Bak Sedimentasi

Kriteria umum	Bak persegi (aliran horizontal)	Bak persegi aliran vertical (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar - (aliran vertikal-radial)	Bak bundar - (kontak padatan)	Clarifier
Beban permukaan ($m^3/m^2/jam$)	0,8 – 2,5	3,8 – 7,5*)	1,3 – 1,9	2 - 3	0,5 – 1,5
Kedalaman (m)	3 - 6	3 - 6	3 - 5	3 - 6	0,5 – 1,0
Waktu tinggal (jam)	1,5 - 3	0,07**)	1 - 3	1 - 2	2 - 2,5
Lebar/ panjang	> 1/5	-	-	-	-
Beban pelimpah ($m^3/m/jam$)	< 11	< 11	3,8 - 15	7 - 15	7.2 - 10

Lanjutan Tabel 2.6

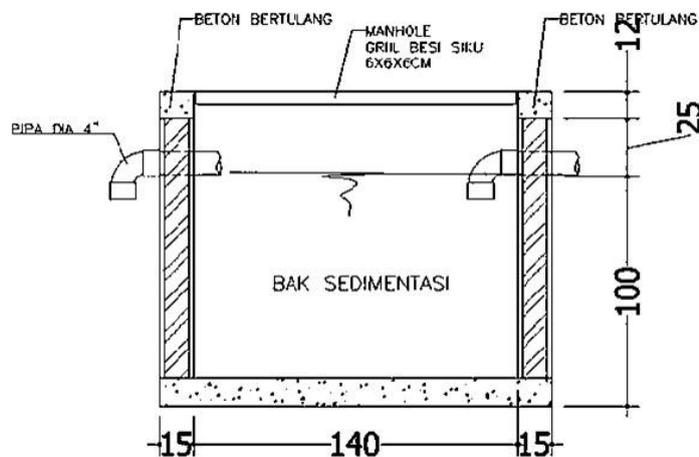
Kecepatan pada pelat/tabung pengendap (m/menit)	-	max 0,15	-	-	-
Bilangan Reynold	< 2000	< 2000	-	-	< 2000
Bilangan Fraude	> 10 ⁻⁵	> 10 ⁻⁵	-	-	> 10 ⁻⁵
Kecepatan vertical (cm/menit)	-	-	-	< 1	< 1
Sirkulasi lumpur	-	-	-	3 – 5% dari input	-
Kemiringan dasar bak (tanpa scraper)	45° - 60°	45° - 60°	45° - 60°	> 60°	45° - 60°

Sumber: (SNI 6774:2008)

Catatan : *) luas bak yang tertutupi oleh plat/tabung pengendap

**) waktu retensi padat pelat/tabung pengendap

***) pembuangan lumpu sebagaian



Gambar 2.10 Bak Sedimentasi

(Sumber: Kholif, 2014)

2.7.4 Bak Fitoremediasi

Air limbah yang telah diolah di bak koagulasi-flokulasi dan sedimentasi akan dialirkan menuju bak fitoremediasi yang diisi dengan tanaman eceng

gondok. Sari (2019) fitoremediasi adalah penggunaan tanaman untuk mengekstrak, mengakumulasi dan detoksifikasi polutan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Faryandi (2020) reaktor penampungan tanaman eceng gondok untuk pengolahan limbah industri tahu dibuat dengan ukuran panjang 40 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 30 cm. Reaktor dengan ukuran volume tersebut dapat menampung air limbah sebanyak 36 Liter dan mampu menampung tanaman eceng gondok sebanyak 8 kg. Tanaman eceng gondok yang digunakan memiliki spesifikasi dengan kriteria: tinggi tanaman 70-100 cm, jumlah batang 9-12 batang, jumlah daun 9-12 daun, lebar daun 12-16 cm, panjang akar 10-20 cm, dan berat tanaman yaitu 1 kg. Biasanya waktu tinggal di bak fitoremediasi berkisar antara 1-15 hari dan media yang digunakan yaitu kerikil, pasir, bambu, dan lain-lain (Pamungkas, 2017). Kriteria desain bak fitoremediasi dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Kriteria Desain Bak Fitoremediasi

Parameter Desain	Unit	Tipe Sistem	
		<i>Free Water Surface</i>	<i>Sub-Surface Flow System</i>
<i>Water Depth</i>	ft	0.3 – 2.0	1.0 – 2.5
<i>BOD₅ Loading Rate</i>	lb/acre	< 60	< 60
<i>Hidraulic Loading Rate</i>		0.015 – 0.050	0.015 – 0.050
<i>Specific Area</i>		67 - 20	67 - 20

(Sumber: Pamungkas, 2017)



Floating Aquatic Plant (FAP) system

Gambar 2.11 Bak Fioremediasi

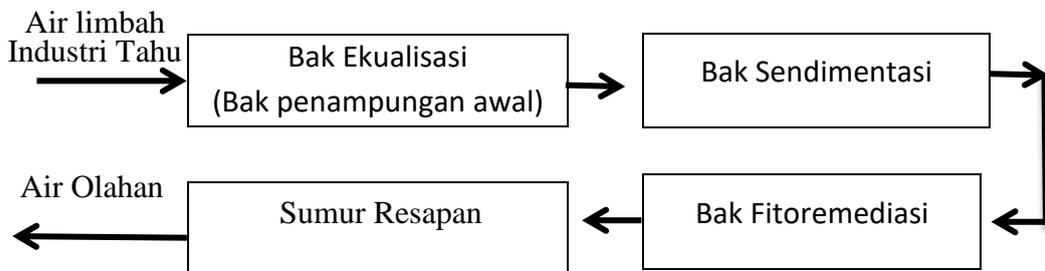
(Sumber : Purnama,2017)

2.7.5 Sumur Resapan

Sumur resapan adalah struktur atau sistem yang digunakan untuk menyerap air ke dalam tanah dengan tujuan mengurangi genangan air permukaan dan mencegah erosi. Dalam konteks limbah industri tahu, sumur resapan dapat digunakan untuk menangani limbah cair yang dihasilkan selama proses produksi tahu. Limbah cair dari industri tahu biasanya mengandung zat organik dan nutrisi yang dapat mencemari air tanah jika tidak dikelola dengan baik.



Gambar 2.12 Sumur Resapan
(Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan)



Gambar 2.13 Model IPAL Indutri Tahu Gimam di Perdagangan

2.8 Perhitungan Debit Air Limbah Tahu

Data kuantitas air limbah tahu berupa debit air limbah yang dihasilkan dari produksi tahu per harinya. Debit merupakan volume air yang mengalir dalam satuan waktu tertentu. Perhitungan debit air limbah dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Mines, 2014) dalam (Simanjuntak, 2020):

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

Q = debit air (m³/s)

V = volume air (m³)

t = waktu (s)

2.8.1 Perhitungan detail dimensi unit IPAL Industri tahu

Perhitungan detail dimensi unit IPAL industri tahu ini dilakukan untuk menentukan dimensi setiap unit pengolahan agar berfungsi secara optimum. Penentuan dimensi disesuaikan dengan kriteria desain, perhitungan detail dimensi masing-masing unit dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

2.8.2 Bak Ekualisasi (Bak penampungan awal)

Untuk menentukan volume bak ekualisasi maka diperlukan asumsi waktu tinggal yang direncanakan yaitu 4 jam.

- Perhitungan dimensi bak ekualisasi dapat ditentukan dengan persamaan (Batubara, 2017):

$$V = Q \times t_d \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

V =Volume bak ekulisasi(m³)

Q =Debit air limbah (m³/jam)

td =Waktu tinggal (jam)

Sehingga:

$$\text{Dimensi} = p \times l \times t$$

Pengecekan waktu tinggal (td) dapat ditentukan dengan persamaan

(Marhadi 2016):

$$t_d = \frac{\text{Volume bak (m}^3\text{)}}{\text{Debit (m}^3\text{/hari)}} \times 24 \text{ jam /hari} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.8.3 Bak Sedimentasi

Air limbah tahu yang telah mengalami proses pengendapan di bak ekualisasi (penampungan awal) kemudian dialirkan ke bak sedimentasi.

- Perhitungan dimensi unit sedimentasi dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Marhadi, 2016):

$$V = Q \times t \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

V = Volume bak sedimentasi (m³)

Q = Debit air limbah (m³/jam)

td = Waktu tinggal (jam)

2.8.4 Kolam Fitoremediasi

Kolam fitoremediasi yang direncanakan berupa sistem tanaman air mengambang (*Floating Aquatic Plant System*), menggunakan tanaman eceng gondok dengan waktu tinggal 1 hari. Dimensi kolam fitoremediasi dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Metcalf dan Eddy, 1991) dalam (Pamungkas, 2017):

$$V = Q \times td \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

V = Volume bak fitoremediasi (m³)

Q = Debit air limbah (m³/hari)

td = Waktu tinggal (hari)

- Pengecekan *Hydraulic-loading rate* (HLR):

$$HLR = \frac{Q}{As} \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana:

HLR= Laju pembebanan hidrolis air limbah (m³/m².hari)

Q = Debit air limbah (m³/hari)

As = Luas permukaan (m²)

2.8.5 Sumur Resapan

Sumur resapan suatu struktur atau sistem yang dirancang untuk menyerap air permukaan ke dalam tanah secara perlahan. Tujuannya memungkinkan air meresap kedalam lapisan tanah di bawah permukaan.

- Luas permukaan resapan diperlukan untuk menghitung berapa banyak air yang dapat diserap oleh tanah di area tersebut.

Rumus: $A = Q / (K * h)$

A: Luas permukaan resapan (m²)

Q: Debit air limbah (m³/hari)

K: Laju infiltrasi tanah (m/jam)

h: Ketinggian efektif air tanah di atas dasar sumur resapan (m)

- Volume sumur resapan harus mencukupi untuk menampung air limbah selama periode tertentu.

Rumus: $V = A * T$

V: Volume sumur resapan (m³)

A: Luas permukaan resapan (m²)

T: Waktu retensi air dalam sumur resapan (jam)

- Diameter sumur resapan dapat dihitung berdasarkan volume dan kedalaman yang diinginkan.

Rumus: $Di = \sqrt{(4 * V / \pi * D)}$

Di: Diameter sumur resapan (m)

V: Volume sumur resapan (m³)

D: Kedalaman sumur resapan (m)

2.9 Penelitian Terdahulu

Berikut beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu, dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Penelitian Terdahulu Terkait Perencanaan IPAL Industri Tahu

No.	Nama dan Tahun Peneliti	Judul	Hasil
1.	Marhadi (2016)	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu di Kecamatan Dendang Kabupaten Tanjung Jabung Timur.	Mampu menurunkan kadar BOD dari 581 mg/l menjadi 26 mg/l.
2.	Anggi Prana Dhianti (2018)	Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri (Studi Kasus: Industri Tahu UD Sumber Agung di Kabupaten Mojokerto)	Mampu menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS.
3.	Andi Haslinah (2020)	Ukuran Partikel dan Konsentrasi Koagulan serbuk Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i>) Terhadap Penurunan Persentase COD dalam Limbah Cair Industri Tahu.	Mampu menurunkan kadar COD berturut-turut sebesar 70,2%, 86,4% dan 61,2%, 78,6%.
4.	Shafiya Sausan Hidayati (2017)	Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Tahu FIT Malang dengan Digester Anaerobik dan Biofilter Anaerobik-Aerobik	Mampu menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS.
5.	Nurhasmawaty Pohan (2008)	Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Aerobik.	Mampu mereduksi COD sebesar 72,93%.
6.	Ridwan Haerun, Anwar Mallongi, dan Muh. Fajaruddin Natsir (2018)	Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Biofilter Sistem <i>Upflow</i> dengan Penambahan Efektif Mikroorganisme 4.	Mampu menurunkan kadar BOD sebesar 62% dan COD 29%.
7.	Agus Fayandi (2020)	Proses Koagulasi-Flokulasi dan Fitoremediasi dalam Mendegradasi Polutan pada Limbah Cair Industri Tahu	Mampu menurunkan kadar COD, kekeruhan, dan meningkatkan nilai pH.
8.	Naomi Aurora Margareth Br. Simanjuntak (2020)	Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada Industri Pembuatan Tahu	Mampu menurunkan kadar BOD, COD, TSS serta meningkatkan nilai pH.
9.	Agung Wahyu Pamungkas (2017)	Perancangan Tipikal Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Rumah Tangga (IKRT) Tahu Dikota Surabaya	Mampu menurunkan kadar COD, BOD dan TSS
10.	Rahani Yunanda Kusumadewi (2016)	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Kegiatan Peternakan Sapi Perah dan Industri Tahu.	Mampu menurunkan kadar BOD dan COD.