

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Filtrasi

2.1.1 Pengertian Filtrasi

Filtrasi adalah proses penyaringan untuk menghilangkan zat padat tersuspensi dari air melalui media berpori. Filtrasi dapat juga diartikan sebagai proses pemisahan liquid-liquid dengan cara melewatkan liquid melalui media berpori atau bahan-bahan berpori untuk menyisihkan atau menghilangkan sebanyak-banyaknya butiran-butiran halus zat padat tersuspensi dari liquid.

Filtrasi adalah suatu operasi pemisahan campuran antara padatan dan cairan dengan melewatkan umpan (padatan + cairan) melalui medium penyaring. Proses filtrasi banyak dilakukan di industri, misalnya pada pemurnian air minum, pemisahan kristal-kristal garam dari cairan induknya, pabrik kertas dan lain-lain. Untuk semua proses filtrasi, umpan mengalir disebabkan adanya tenaga dorong berupa beda tekanan, sebagai contoh adalah akibat gravitasi atau tenaga putar. Secara umum filtrasi dilakukan bila jumlah padatan dalam suspensi relatif lebih kecil dibandingkan zat cairnya (Oxtoby, 2016).

2.1.2 Prinsip Kerja Filtrasi

Filtrasi dengan aliran vertikal dilakukan dengan membagi limbah ke beberapa *filter-bed* (2 atau 3 unit) secara bergantian. Pembagian limbah secara bergantian tersebut dilakukan dengan pengaturan klep (dosing) dan untuk itu perlu dilakukan oleh operator. Karena perlu dilakukan pembagian secara bergantian tersebut, pengoperasian sistem ini rumit hingga tidak praktis.

Filtrasi dengan aliran horizontal dilakukan dengan mengalirkan limbah melewati media filter secara horizontal. Cara ini sederhana dan praktis tidak membutuhkan perawatan, khususnya bila di desain dan dibangun dengan baik. Filtrasi dengan aliran vertikal dan horizontal mempunyai prinsip kerja yang berbeda. Filtrasi horizontal secara permanen terendam oleh air limbah dan proses yang terjadi adalah sebagian aerobik dan sebagian anaerobik. Sedangkan pada filtrasi vertikal, proses yang terjadi cenderung anaerobik (Oxtoby, 2016).

2.1.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Proses Filtrasi

1) Debit Filtrasi

Debit yang terlalu besar akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien. Sehingga proses filtrasi tidak dapat terjadi dengan sempurna, akibat adanya aliran air yang terlalu cepat dalam melewati rongga diantara butiran media pasir. Hal ini menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan butiran media penyaring dengan air yang akan disaring. Kecepatan aliran yang terlalu tinggi saat melewati rongga antar butiran menyebabkan partikel-partikel yang terlalu halus yang tersaring akan lolos.

2) Konsentrasi Kekeruhan

Konsentrasi kekeruhan sangat mempengaruhi efisiensi dari filtrasi. Konsentrasi kekeruhan air baku yang sangat tinggi akan menyebabkan tersumbatnya lubang pori dari media atau akan terjadi clogging. Sehingga dalam melakukan filtrasi sering dibatasi seberapa besar konsentrasi kekeruhan dari air baku (konsentrasi air influen) yang boleh masuk. Jika konsentrasi kekeruhan yang terlalu tinggi, harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu, seperti misalnya dilakukan proses koagulasi – flokulasi dan sedimentasi.

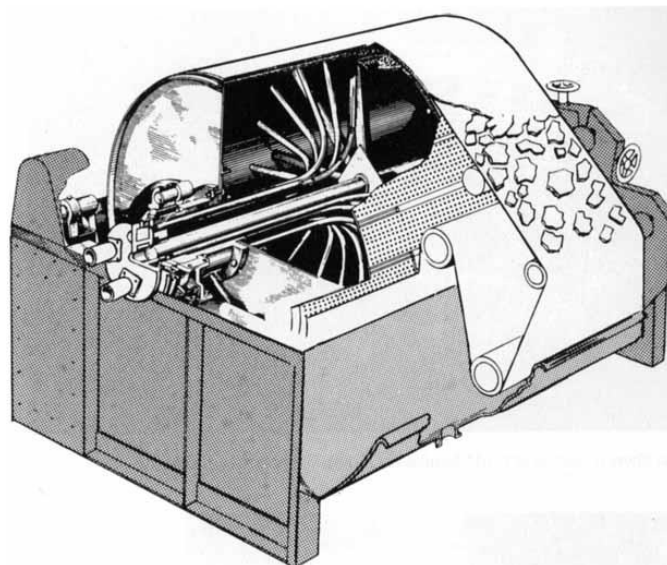
3) Kedalaman media, ukuran, dan material

Tebal tipisnya media akan menentukan lamanya pengaliran dan daya saring. Media yang terlalu tebal biasanya mempunyai daya saring yang sangat tinggi, tetapi membutuhkan waktu pengaliran yang lama. Sebaliknya media yang terlalu tipis selain memiliki waktu pengaliran yang pendek, kemungkinan juga memiliki daya saring yang rendah. Demikian pula dengan ukuran besar kecilnya diameter butiran media filtrasi berpengaruh pada porositas, laju filtrasi, dan juga kemampuan daya saring, baik itu komposisinya, proporsinya, maupun bentuk susunan dari diameter butiran media. Keadaan media yang terlalu kasar atau terlalu halus akan menimbulkan variasi dalam ukuran rongga antar butir. Ukuran pori sendiri menentukan besarnya tingkat porositas dan kemampuan menyaring partikel halus yang terdapat dalam air baku. Lubang pori yang terlalu besar akan meningkatkan rate dari filtrasi dan juga akan menyebabkan lolosnya partikel halus yang akan disaring. Sebaliknya lubang pori yang terlalu halus akan meningkatkan kemampuan menyaring partikel dan juga dapat menyebabkan clogging (penyumbatan lubang pori oleh partikel halus yang tertahan) terlalu cepat.

2.1.4 Macam-macam Filtrasi

1) Rotary Vacuum Drum Filter

Filter drum vakum putar terdiri dari drum kompartemen tertutup kain yang ditanggihkan pada poros aksial di atas bak umpan yang mengandung suspensi, dengan sekitar 50 hingga 80% dari area layar terbenam dalam suspensi. Drum biasanya dibagi menjadi tiga bagian yang dikenal sebagai pembuatan cake, zona penghapusan dan penyiraman cake. Dua zona pertama berada di bawah vakum, di mana air dalam material yang ditangani disedot melalui kain saringan, dan padatan partikel menumpuk seperti kue di atas kain. Di zona ketiga vakum dilepaskan dan jet udara terkompresi dapat digunakan untuk menghilangkan cake. Udara terkompresi juga bisa digunakan untuk membersihkan kain penyaring (Sutherland, 2008)



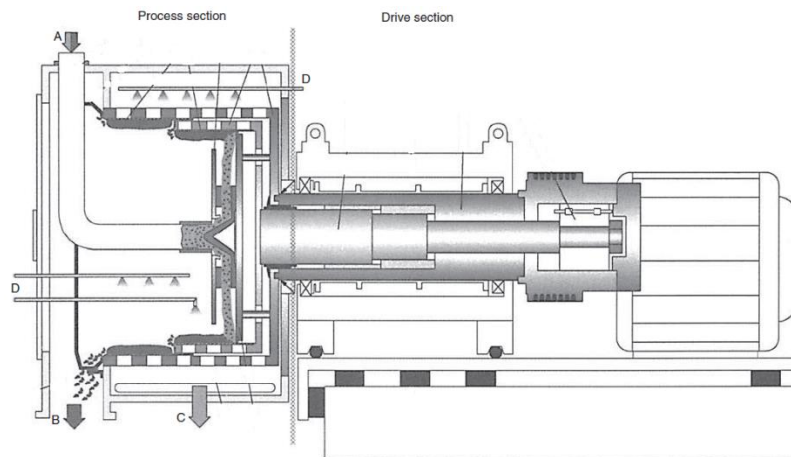
Gambar 1. Rotary Vacuum Drum Filter

2) Vacuum belt filters

Filter sabuk vakum menggunakan sabuk filter horisontal yang terus bergerak sedang, umumnya dari anyaman kawat, bergerak di antara dua rol. Dalam arah maju, suspensi, konsentrasi padatan sedang hingga tinggi, diumpankan ke permukaan atas sabuk yang dekat dengan satu rol. Cake terbentuk dalam pakan Zona dilakukan melalui zona pengeringan, pencucian dan pengeringan, sebelum dibuang saat ikat pinggang memutar rol lainnya. Sabuk kembali ke roller pertama melalui perangkat pembersih dari beberapa jenis. Vakum diterapkan di bawah filter media untuk menyedot serat melalui kue dan media, serat meninggalkan serat melalui koneksi vakum, untuk ditangkap di penerima filtrate. Perbedaan utama di antara jenis-jenis filter sabuk vakum terletak pada cara di mana vakum itu diterapkan (Sutherland, 2008).

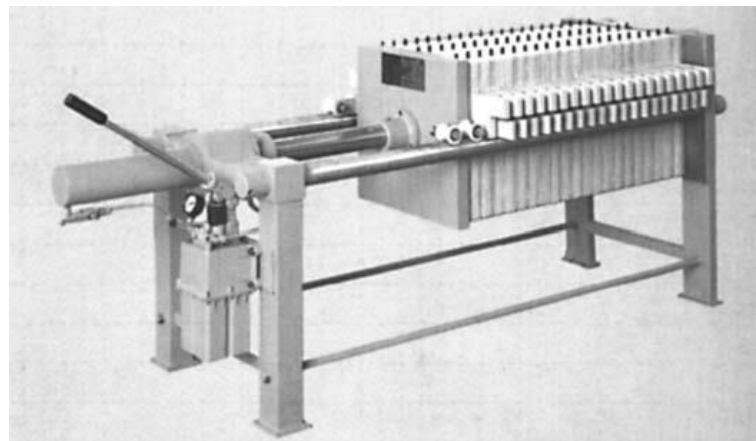
3) Centrifugal Filters

Pemisahan sentrifugal terdiri dari dua jenis, yaitu menggunakan filtrasi dan pemisahan beroperasi dengan sedimentasi. Semua sentrifugal penyaring terdiri dari keranjang berputar, silinder atau kerucut dibentuk, dari ujung terbuka di mana padatan yang dipisahkan habis. Keranjang didukung di ujung lain pada poros drive, berasal dari variabel atau variabel motor kecepatan. Dinding keranjang terbuat dari media filter berpori, biasanya anyaman kawat, pelat berlubang atau layar kawat-baji yang dilas, dengan lintasan serat melalui keranjang dari dalam keluar ke casing sekitarnya, meninggalkan padatan di belakang sebagai kue pada media filter (Sutherland, 2008).



Gambar 2. Centrifugal Filters. A: Slurry, B: solids, C: filtrate, D: wash liquid

2.2 Plate And Frame Filter Press



Gambar 3. *Plate and frame filter press*

Plate dan frame filter press terdiri dari plate dan frame yang tergabung menjadi satu dengan kain saring pada tiap sisi plate. Plate memiliki saluran sehingga filtrat jernih dapat melewati tiap plate. Slurry dipompa menuju plate dan frame dan mengalir melalui saluran pada frame sehingga slurry memenuhi frame. Filtrat mengalir melalui kain saring dan padatan menumpuk dalam bentuk

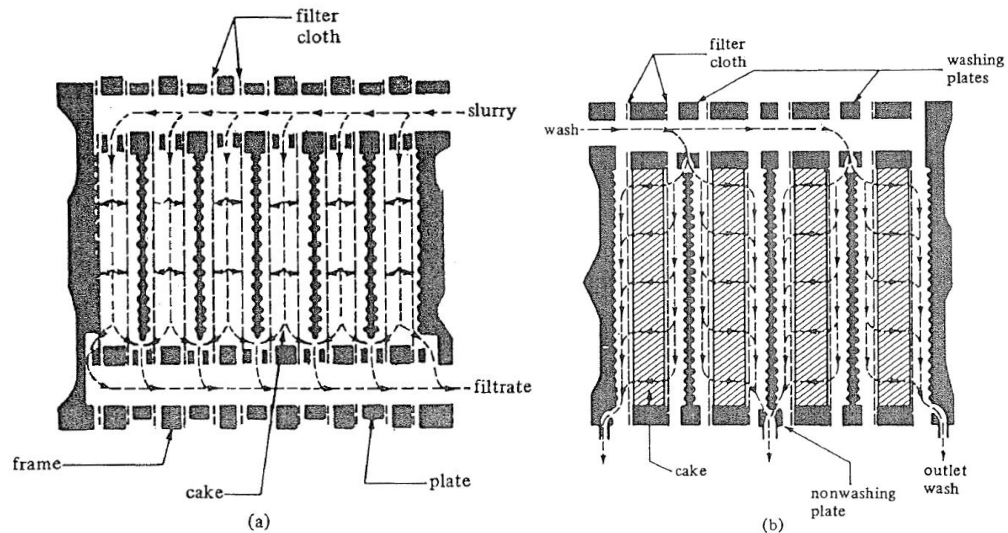
cake pada kain. Filtrat mengalir antara kain saring dan plate melalui saluran keluar. Filtrasi terus dilakukan hingga frame dipenuhi padatan. Kebanyakan filter memiliki saluran pengeluaran yang terpisah untuk tiap frame sehingga dapat dilihat apakah filtrat jernih atau tidak. Bila filtrat tidak jernih, mungkin disebabkan kain saring rusak atau sebab lainnya. Ketika frame sudah benar-benar terpisah plate dan frame dipisahkan dan cake dihilangkan, lalu filter dipasang lagi dan digunakan.

Plate and frame filter press banyak digunakan di industri makanan, misalnya industri minyak. Ada beberapa macam tipe filter press, seperti washing, non washing, open delivery, dan closed delivery. Pada filter ini, filter cloth menutupi tiap sisi dari tiap plate, kemudian ditahan bersama-sama menjadi satu dengan tenaga mekanis dengan memakai suatu screw atau hidrolis. Cake kadang dicuci untuk membersihkannya dari solven dan impurities yang menempel pada cake. Sistem yang demikian disebut open-delivery. Plate memiliki saluran yang melewati filter cloth sehingga cairan filtrat yang bersih menuruni plate. Slurry dipompa masuk dan mengalir melalui saluran ke frame yang terbuka sehingga slurry mengisi frame. Filtrat akan melalui filter cloth dan padatan membentuk cake di sisi frame pada filter cloth. Filtrat mengalir di antara filter cloth dan permukaan plate ke arah saluran keluar. Proses filtrasi berlangsung sampai frame dipenuhi dengan padatan. Ketika frame sudah penuh dengan padatan, plate dan frame dipisahkan, dan cake dipindahkan. Kemudian filter dirangkai lagi dan proses dilakukan lagi. Apabila cake tidak dicuci, sistemnya dikenal sebagai closed-delivery.

Ada juga filter yang dilengkapi dengan plate pencuci, tujuannya untuk melakukan pencucian pada cake, sehingga bisa diperoleh kembali sisa filtrat yang berharga yang tertahan di dalam cake (seperti di pabrik minyak) atau bertujuan untuk memperoleh cake yang lebih bersih. Pada waktu pencucian, air cucian masuk dari plate pencuci, melalui kain saringan lalu melalui cake, terakhir melalui kain saringan lagi dan keluar melalui lubang yang ada di bawah plate. Pada hasil pencucian kadang-kadang terdapat sesuatu yang berharga dan ingin diambil, seperti pabrik minyak. Untuk kasus seperti ini, air cucian tersebut tidak dibuang tetapi dilakukan pengolahan lebih lanjut.

Keuntungan dari plate and frame filter press yaitu pekerjaannya mudah hanya memerlukan tenaga terlatih biasa karena cara operasi alatnya sederhana, dapat langsung melihat hasil penyaringan yaitu keruh atau jernih, dapat digunakan pada tekanan yang tinggi, penambahan kapasitas mudah cukup dengan menambah jumlah plate dan frame tanpa menambah unit filter press, dapat digunakan untuk penyaringan larutan yang mempunyai viskositas yang tinggi, dan dapat dipakai untuk penyaringan larutan yang mengandung kadar koloid (kotoran) relatif rendah.

Kerugian dari plate and frame filter press ini adalah kemungkinan bocor banyak dan operasinya tidak kontinyu. Kerugian lain dari plate and frame filter press adalah tenaga kerja yang dibutuhkan banyak karena dibutuhkan untuk membongkar dan memasang filter, selain itu membutuhkan waktu yang lama (Geankoplis, 1993).



Gambar 4. *Plate and frame filter press*: (a) Close Delivery, (b) Open Delivery

2.3 Pengoperasian *Plate and Frame Filter Press*

Pada filtrasi dengan pres filter horizontal, suspensi masuk pada bagian kepala melalui saluran yang terbentuk oleh lubang - lubang di bagian atas plat. Pada press filter bingkai, suspensi mengalir melalui bingkai - bingkai, sedangkan pada press filter kamar, suspensi mengalir di antara plat - plat yang masuk ke dalam ruang filtrasi yang sesungguhnya. Filtrat menerobos kedua sisi kain filter, kemudian mengalir ke belakang kain filter sepanjang alur - alur plat turun ke dalam saluran. Saluran ini terbentuk dari lubang - lubang pada plat. Pada sistem tertutup filtrat keluar di bagian kepala, sedangkan pada sistem terbuka filtrat mengalir dari masing - masing plat melalui sebuah kran atau selang ke dalam saluran terbuka yang terletak di luar alat press.

Seringkali cara kerja sistem tertutup maupun sistem terbuka dapat diterapkan pada alat yang sama dengan memasang saluran pembuangan khusus dan kran bercabang tiga. Keuntungan filtrasi dengan saluran keluar yang terbuka adalah bila suatu kain filter mengalami kerusakan, maka gangguan ini segera dapat diatasi, sedangkan filtrasi dengan pembuangan tertutup sesuai untuk bahan - bahan yang mengandung racun dan berbau menyengat (Racekjakob, 2018).

2.4 Dasar Teori Proses Filtrasi Batch pada Tekanan Konstan

$$\frac{dt}{dV} = \frac{(\mu \alpha Cs)}{A^2(-\Delta P)} V + \frac{(\mu Rm)}{A(-\Delta P)} = Kp + B \quad (\text{SI}) \quad (2-1)$$

Dimana : Kp dalam (s/m^6) (SI) dan B dalam (s/m^3) (SI)

$$Kp = \frac{\mu \alpha Cs}{A^2 (-\Delta P)} \quad (\text{SI}) \quad (2-2)$$

$$B = \frac{\mu Rm}{A (-\Delta P)} \quad (\text{SI}) \quad (2-3)$$

Keterangan :

t = waktu filtrasi (s)

V = volume filtrat yang dihasilkan saat t (m^3)

α = koefisien tahanan *cake* (m/kg)

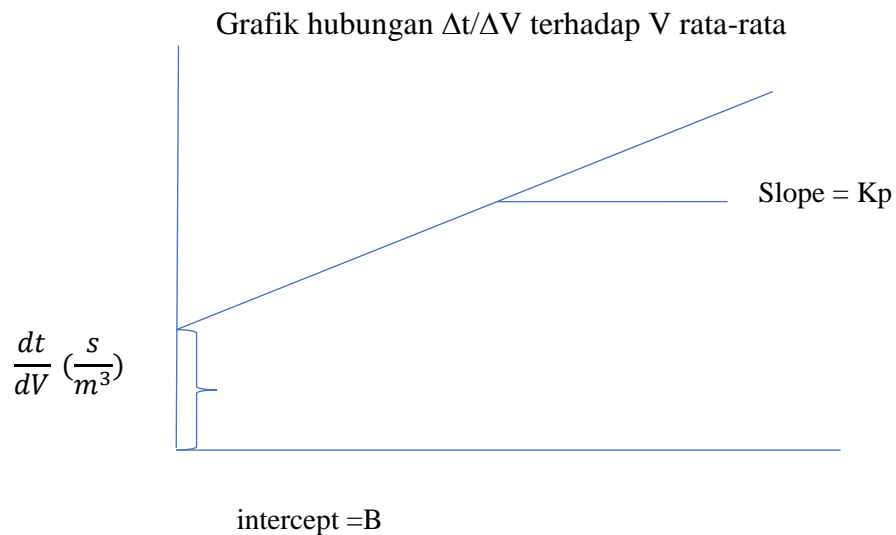
R_m = koefisien medium filter (m^{-1})

μ = viskositas filtrat ($Pa \cdot s$ atau $kg/m \cdot s$)

A = luas total medium filter (m^2)

ΔP = perbedaan tekanan (N/m^2 atau $kg/m \cdot s^2$)

C_s = konsentrasi slurry (kg/m^3)



Volume filtrat rata-rata

$$\bar{V} = \frac{V_1 + V_2}{2} \quad (m^3)$$

Untuk tekanan konstan, α konstan dan cake yang tidak dapat dimampatkan (incompressible), maka variabelnya hanya V dan t , sehingga integrasi :

$$\int_0^t dt = \int_0^V (Kp.V + B)dV \quad (2-4)$$

$$t = \frac{Kp}{2}V^2 + B.V \quad (2-5)$$

$$\frac{t}{V} = \frac{Kp}{2}V + B \quad (2-6)$$

Laju Filtrasi ($\frac{dV}{dt}$)

Variabel-variabel yang mempengaruhi laju filtrasi :

- ✓ Perbedaan Tekanan aliran umpan masuk dan tekanan filtrat keluar ($-\Delta P$)
- ✓ Viskositas cairan (μ)
- ✓ Luas media filter / frame (A)
- ✓ Tahanan cake (R_c) dan tahanan medium filter (R_m)

Laju Filtrasi :

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A(-\Delta P)}{(R_c + R_m)\mu} \quad (2-7)$$

(Geankoplis, 1993)

2.5 Tahu

2.5.1 Pengertian Kedelai

Kedelai merupakan salah satu hasil pertanian yang sangat penting artinya sebagai bahan makanan, karena jumlah dan mutu protein yang dikandungnya sangat tinggi yaitu sekitar 40 % dan susunan asam amino esensialnya lengkap sehingga protein kedelai mempunyai mutu yang mendekati mutu protein hewani (Hardjo, 1964). Sebagai bahan baku makanan, kedelai termasuk bahan makanan yang mempunyai susunan zat yang lengkap dan mengandung hampir semua zat-zat gizi yang dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah yang cukup (Winarno dan Rahman, 1974). Protein kedelai yang sebagian besar adalah globulin, mempunyai titik isoelektris 4,1-4,6. Globulin akan mengendap pada pH 4,1-6 sedangkan protein lainnya seperti proteosa, prolamin dan albumin bersifat larut dalam air sehingga diperkirakan penurunan kadar protein dalam perebusan disebabkan terlepasnya ikatan struktur protein karena panas yang menyebabkan terlarutnya komponen protein dalam air (Anglemier and Montgomery, 1976).

Klasifikasi kedelai sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermathopyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Fabales

Familia : Fabaceae

Sub family: Faboideae

Genus : Glycine (L.) Merrl.

Spesies : Glycine max

(Koswara, 1992)

2.5.2 Pengertian Tahu

Tahu merupakan makanan yang digemari semua kalangan masyarakat di Indonesia. Tahu adalah ekstrak protein kedelai yang telah digumpalkan dengan asam, ion kalsium, atau penggumpal lainnya. Tahu telah menjadi konsumsi masyarakat luas, baik sebagai lauk maupun sebagai makanan ringan (Cahyadi, 2007). Menurut Purwaningsih (2005), tahu merupakan suatu produk yang terbuat dari hasil penggumpalan protein kedelai. Tahu yang baik memiliki kualitas sensoris dan mikrobiologis sesuai standar mutu yang telah ditetapkan. Syarat mutu tahu menurut SNI 01-3142-1998 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat Mutu Tahu Menurut SNI 01-3142-1998

Jenis uji	satuan	Persyaratan
Keadaan :		
Bau		Normal
Rasa		Normal
Warna		Putih normal atau kuning normal
Penampakan		Normal tidak berlendir, tidak berjamur
Abu	% (b/b)	Maksimal 1,0
Protein	% (b/b)	Minimal 9,0
Lemak	% (b/b)	Minimal 0,5
Serat kasar	% (b/b)	Maksimal 0,1
Timbal (Pb)	mg/kg	Maksimal 2,0
Tembaga (Cu)	mg/kg	Maksimal 30,0
Seng (Zn)	mg/kg	Maksimal 40,0
Raksa (Hg)	mg/kg	Maksimal 40,0 atau 250,0 (dalam kaleng
Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maksimal 0,03
Cemaran Mikroorganisme :		
E-Coli	AMPI/g/25g	Maksimal 1,0
Salmonella		Maksimal 10 negatif

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (1998)

2.5.3 Kandungan Senyawa Kimia Tahu

Komposisi kimia tahu pada umumnya adalah sebagai berikut: kadar air 84-90%, Protein 5-8%, lemak 3-4%, dan karbohidrat 2-4%. Dalam tabel komposisi pangan tahu mengandung energi 80 kkal, protein 10,9 gram, lemak 4,7 gram dan karbohidrat 0,8 gram per 100 gram bahan. Selain itu mengandung kalsium dalam jumlah yang cukup tinggi sebesar 223 gram per 100 gr bahan. Komposisi kimia tahu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia dalam 100 g Tahu

Komponen	Jumlah
Kalori (kkal)	80
Air (gram)	82,2
Protein (gram)	10,9
Lemak (gram)	4,7
Karbohidrat (gram)	0,8
Kalsium (mg)	223
Fosfor (mg)	183
Zat besi (mg)	3,4

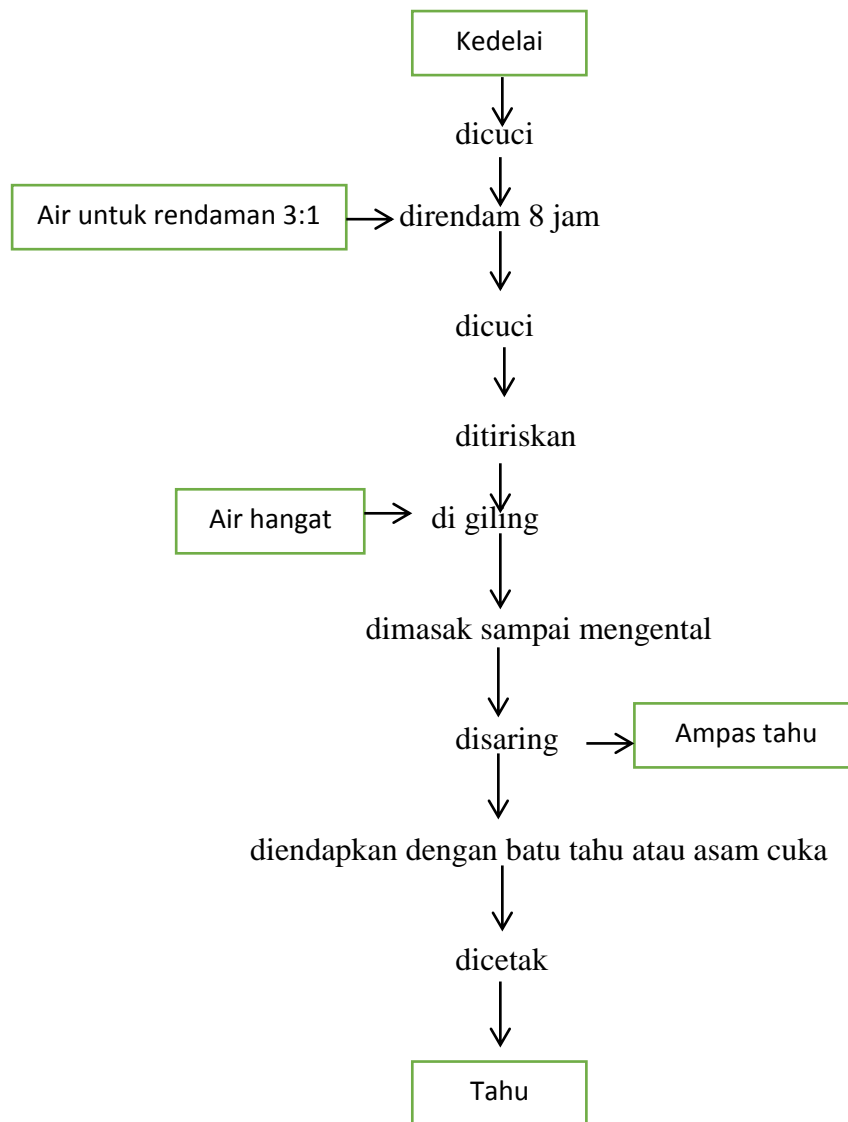
Sumber: S. Ulfa (2018)

2.5.4 Proses Pengolahan Tahu

Ada beberapa tahap pembuatan Tahu. Tahap pertama adalah perendaman. Saat tahap ini, kedelai harus dipastikan terendam semua. Tujuan dari merendam adalah untuk mempermudah proses penggilingan sehingga nanti hasil bubur dari penggilingan tersebut dapat kental. Selanjutnya kedelai yang telah direndam akan dilakukan proses pencucian dalam air yang mengalir. Setelah dicuci kedelai kemudian digiling dengan menggunakan mesin sehingga menjadi bentuk bubur kedelai.

Kedelai yang telah digiling kemudian direbus untuk mendenaturasi protein dari kedelai sehingga protein mudah terkoagulasi saat penambahan asam. Selanjutnya kedelai yang telah direbus. Disaring terus menerus sehingga didapatkan ampas yang disebut ampas kering.

Setelah disaring, cairan yang berwarna putih susu tadi ditambah dengan asam cuka untuk mengendapkan dan menggumpalkan protein sehingga dapat memisahkan whey dengan gumpalan. endapan yang ada tadi merupakan bahan utama untuk mencetak Tahu yang akan diakhir dengan proses pencetakan dan pengepresan.



Gambar 5. Proses Pengolahan Tahu

2.5.5 Ampas Tahu

Ampas tahu merupakan hasil sampingan dari pengolahan kedelai menjadi tahu. Pengolahan kedelai biasanya menimbulkan bau langu yang khas. Bau langu adalah bau yang khas pada kedelai yang disebabkan oleh oksidasi asam lemak tak jenuh pada kedelai. Reaksi oksidasi ini dapat berlangsung dengan oksigen dan dikatalisis oleh enzim lipoksigenase pada asam lemak tak jenuh terutama asam linoleat yang mengandung gugus cis, cis 1,4 pentadiena. Komponen penyusun flavour yang dominan dalam reaksi tersebut adalah senyawa etilfenilketon (Santoso, 1994 ; Winarno, 1995)

Tujuan utama pengolahan limbah ialah untuk mengurai kandungan bahan pencemar di dalam limbah terutama senyawa organik, padatan tersuspensi, mikroba patogen, dan senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme yang terdapat di alam. Berdasarkan cara

pengolahannya maka sistem pengolahan limbah dibagi menjadi pengolahan limbah secara fisika, kimia dan biologi. (Yuliasuti,2017)

Filtrasi menggunakan filter press plate and frame merupakan salah satu jenis pengolahan limbah secara fisika dan merupakan sistem pengolahan limbah yang merupakan suatu proses pemisahan zat padat dari fluida yang membawanya menggunakan medium berpori. Tujuan filtrasi adalah untuk menghilangkan partikel yang tersuspensi dan koloidal dengan cara menyaringnya dengan media filter. (Said, 2005).