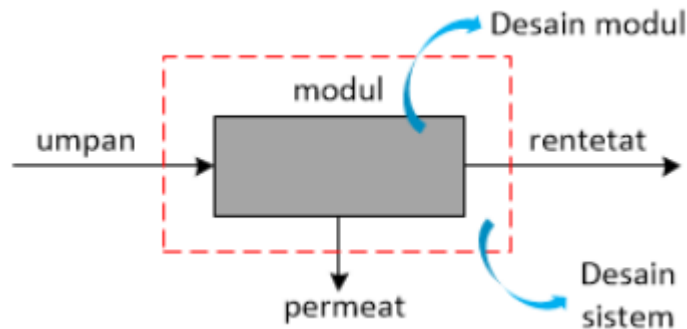


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Membran

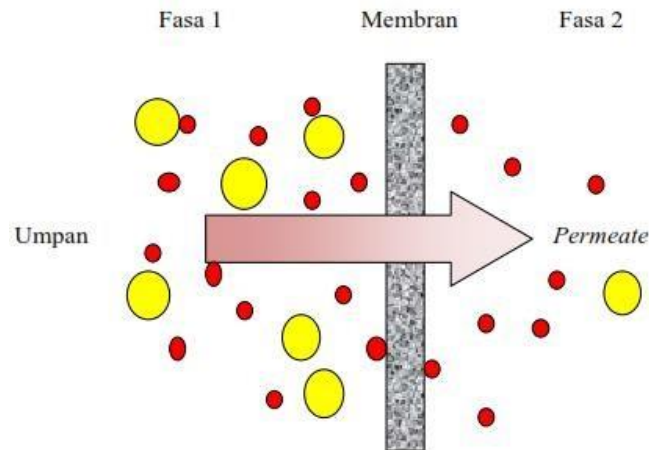
Membran merupakan lapisan tipis berbahan organik atau anorganik sintetis yang dapat melakukan pemisahan yang selektif antara suatu fluida dengan komponen-komponennya. Proses pemisahan dapat terjadi berdasarkan konsep filtrasi sederhana yaitu karena selisih ukuran partikel komponen yang akan dipisahkan dengan ukuran pori membran (Arahman, 2017). Membran merupakan suatu lapisan tipis antara dua fasa fluida yaitu fasa umpan atau fasa campuran (*feed*) dan fasa permeat atau hasil pemisahan yang bersifat sebagai penghalang (*barrier*) terhadap suatu spesi tertentu, yang dapat memisahkan zat dengan ukuran yang berbeda serta membatasi transpor dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan kimianya. Membran bersifat semipermeabel, berarti membran dapat memisahkan partikel dengan ukuran molekuler (*spesi*) atau menahan spesi-spesi tertentu yang lebih besar dari ukuran pori membran dan melewatkan spesi-spesi lain dengan ukuran lebih kecil. Sifat selektif dari membran ini dapat digunakan dalam proses pemisahan (Elma, 2016).



**Gambar 2.1** Ilustrasi Skematik Ruang Lingkup Desain Proses Membran  
(Sumber : Wenten dkk., 2014)

Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. Filtrasi dengan menggunakan membran berfungsi sebagai saran

pemisahan dan juga sebagai pemekatan dan pemurnian dari suatu larutan yang dilewatkan pada membran tersebut. Teknologi membran mempunyai beberapa keunggulan yaitu proses pemisahannya berlangsung pada suhu kamar, dapat dilakukan secara kontiniu, sifat yang bervariasi, dapat diatur sesuai dengan kebutuhan (Elma, 2016).



**Gambar 2.2** Skema pemisahan dengan membran  
(Sumber : Mulder, 1996)

## 2.2 Teknologi Membran

Saat ini proses pemisahan konvensional seperti distilasi, kristalisasi, dan ekstraksi dilakukan menggunakan bantuan membran. Membran dipilih karena memiliki beberapa keuntungan, yaitu proses pemisahan dapat dilakukan secara kontinyu, konsumsi energi yang rendah, dapat dengan mudah digabungkan dengan proses pemisahan lain, kondisi operasi pemisahan (tekanan dan temperatur) lunak, mudah digunakan pada skala industri, karakteristik membran dapat ditentukan, serta tidak memerlukan tambahan zat lain (Elma, 2016).

Proses membran adalah proses pemisahan pada tingkat molekuler atau partikel yang sangat kecil. Proses pemisahan dengan membran dimungkinkan karena membran mempunyai kemampuan memindahkan salah satu komponen lebih cepat daripada komponen lain berdasarkan perbedaan sifat fisik dan kimia dari membran serta komponen yang dipisahkan. Perpindahan dapat terjadi oleh adanya gaya dorong (*driving force*) dalam umpan yang berupa beda tekanan ( $\Delta P$ ),

beda konsentrasi ( $\Delta C$ ), beda potensial listrik ( $\Delta E$ ), dan beda temperatur ( $\Delta T$ ) serta selektifitas membran yang dinyatakan dengan rejeksi ( $R$ ). Hasil pemisahan berupa permeat (bagian dari campuran yang melewati membran). (Mulder, 1996).

Teknologi membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses lain, antara lain:

1. Pemisahan dapat dilakukan secara kontinu;
2. Konsumsi energi umumnya relatif lebih rendah;
3. Proses membran dapat mudah digabungkan dengan proses pemisahan lainnya (*hybrid processing*);
4. Pemisahan dapat dilakukan dalam kondisi yang mudah diciptakan;
5. Mudah dalam *scale up*; tidak perlu adanya bahan tambahan; dan
6. Material membran bervariasi sehingga pemakaiannya mudah diadaptasikan;
7. Kekurangan teknologi membran antara lain fluks permeasi dan selektivitas membran pada umumnya terjadi fenomena bahwa fluks permeasi berbanding terbalik dengan selektivitas membran. Semakin tinggi fluks permeasi seringkali berakibat menurunnya selektivitas membran dan sebaliknya. Sedangkan hal yang diinginkan dalam proses berbasis membran adalah mempertinggi fluks permeasi dan selektivitas membran.

### 2.3 Klasifikasi Membran

Menurut (Elma, 2016) membran dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok, yaitu

#### 2.3.1 Berdasarkan Bahan yang Digunakan

Berdasarkan bahan yang digunakan, membran dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu :

##### 1) Membran Polimer

Pada dasarnya semua polimer dapat digunakan sebagai penghalang (*barrier*) atau material membran namun sifat fisika dan sifat kimianya sangat berbeda dikarenakan hanya polimer tertentu yang dapat digunakan dalam percobaan. Membran polimer diklasifikasikan menjadi membran berpori dan membran tidak berpori. Membran berpori diaplikasikan pada mikrofiltrasi dan

ultrafiltrasi, sedangkan membran nonpori diaplikasikan pada pemisahan gas dan pervation.

## 2) Membran Anorganik

Pada membran anorganik stabilitas kimia dan termalnya berhubungan dengan material polimer. Pembagian tipe membran anorganik dibedakan menjadi tiga, yaitu:

- a) Membran keramik
  - b) Membran gelas
  - c) Membran metalik
- ## 3) Membran Biologi

Struktur dan fungsi dari membran biologi sangat berbeda dengan membran sintetik. Membran biologi atau membran sel mempunyai struktur yang sangat kompleks.

### 2.3.2 Berdasarkan Struktur

Berdasarkan strukturnya, membran dibagi menjadi dua jenis yaitu :

#### 1) Membran Simetris

Membran simetris tersusun atas satu macam lapisan (homogen) dengan ketebalan 10-200  $\mu\text{m}$ . Membran jenis ini dapat menahan hampir semua partikel umpan dalam pori-porinya sehingga dapat tersumbat dan menurunkan permeabilitas dengan cepat.

#### 2) Membran Asimetris

Membran asimetris terdiri dari lapisan tipis yang aktif dan beberapa lapisan pendukung yang berpori di bawahnya (heterogen). Ukuran dan kerapatan porinya tidak sama dari bagian atas ke bagian bawah. Ketebalan lapisan tipisnya adalah 0,1-0,5  $\mu\text{m}$  dan lapisan pendukungnya 50-150  $\mu\text{m}$ .

### 2.3.3 Berdasarkan Prinsip Pemisahan

Berdasarkan prinsip pemisahannya, membran digolongkan kepada tiga kelompok, yaitu:

#### 1) Membran Berpori

Membran ini digunakan untuk pemisahan partikel besar hingga makromolekul (mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi). Ukuran pori akan menentukan

sifat pemisahannya, dimana selektivitas yang tinggi dapat diperoleh jika ukuran pori lebih kecil daripada ukuran partikel yang akan dipisahkan.

## 2) Membran Tidak Berpori

Membran ini digunakan dalam pemisahan gas dan penguapan yang mampu memisahkan campuran senyawa yang memiliki berat molekul relatif sama, misalnya dalam proses pemisahan gas yang dapat memisahkan campuran  $H_2/N_2$ ,  $O_2/N_2$ ,  $CO_2/N_2$ . Selektivitas pada membran ini terjadi akibat perbedaan kelarutan (solubility) atau difusivitas.

## 3) Membran Cair

Pada membran ini proses transpor tidak dipengaruhi oleh membran atau material membran, melainkan oleh molekul pembawa (carrier) yang sangat spesifik. Pembawa yang mengandung membran berada di dalam pori membran. Selektivitas membran bergantung kepada kekhususan molekul pembawa yang digunakan.

### 2.3.4 Berdasarkan Gradien Tekanan sebagai Daya Dorong dan Permeabilitasnya

Berdasarkan gradien tekanan sebagai daya dorong dan permeabilitasnya, membran dibagi menjadi:

#### 1) Mikrofiltrasi (MF)

Mikrofiltrasi merupakan pemisahan partikel berukuran micron atau submicron. Bentuk lazimnya berupa cartridge yang berfungsi untuk menghilangkan partikel dari air yang berukuran 0,04 sampai 100 micron, asalkan kandungan padatan terlarut total dalam air tidak melebihi 100 ppm (Ramadhani, 2016). Membran ini beroperasi dengan tekanan sekitar 0,1 – 2 bar dan permeabilitasnya lebih besar dari 50  $L/m^2 \cdot jam \cdot bar$  (Elma, 2016).

#### 2) Ultrafiltrasi (UF)

Ultrafiltrasi merupakan teknologi pemisahan menggunakan membran untuk memisahkan berbagai zat terlarut dengan berat molekul tinggi, bermacam koloid, mikroba sampai padatan tersuspensi dalam suatu larutan. Metode ini menggunakan membran semi permeable untuk memisahkan makromolekul dari larutannya. Ukuran dan bentuk molekul merupakan faktor penting dalam proses ultrafiltrasi. Cara kerja proses ultrafiltrasi mirip dengan proses reverse-osmosis,

yaitu pemisahan partikel berdasarkan ukurannya dengan menggunakan tekanan pada membran berpori. Ukuran pori membran ultrafiltrasi lebih besar yaitu berdiameter sekitar 0.1 sampai 1  $\mu\text{m}$ . Yang membedakan dengan reverse-osmosis adalah jenis membran dan lebih kecilnya tekanan yang digunakan dalam pengoperasian. Membran ultrafiltrasi dibuat dengan mencetak polimer selulosa asetat sebagai lembaran tipis. Fluks maksimum dapat dicapai bila membrannya anisotropic, dimana terdapat kulit tipis rapat dan pengemban berpori. Membran selulosa asetat mempunyai sifat pemisahan yang bagus, namun sayangnya dapat rusak oleh bakteri dan zat kimia serta rentan terhadap pH. Selain selulosa asetat ada juga membran yang terbuat dari polimer polisulfon, akrilik, polikarbonat, PVC, poliamida, poliviniliden fluoride, kopolimer AN-VC, poliasetal, poliakrilat, kompleks polielektrolit, PVA ikat silang, keramik, aluminium oksida, zirkonium oksida, dan sebagainya (Ramadhani, 2016). Membran ini beroperasi dengan tekanan berkisar 1-5 bar dan permeabilitasnya 10 – 50  $\text{L/m}^2\cdot\text{jam}\cdot\text{bar}$  (Elma, 2016).

### 3) Nanofiltrasi (NF)

Proses nanofiltrasi merejeksi kesadahan, menghilangkan bakteri dan virus, menghilangkan zat warna karena adanya bahan organik tanpa menghasilkan zat kimia berbahaya seperti hidrokarbon terklorinasi. Nanofiltrasi cocok untuk pengiolahan air dengan padatan terlarut total yang rendah, dimana bahan organiknya dilunakkan dan dihilangkan. Formulasi dasarnya mirip RO, namun mekanisme operasionalnya mirip ultrafiltrasi. Jadi nanofiltrasi merupakan gabungan dari metode RO dan ultrafiltrasi (Ramadhani, 2016). Membran ini beroperasi dengan tekanan berkisar 5 – 20 bar dan permeabilitasnya mencapai 1,4 – 12  $\text{L/m}^2\cdot\text{jam}\cdot\text{bar}$  (Elma, 2016).

### 4) Reverse Osmosis (RO)

Prinsip kerja proses ini merupakan kebalikan dari proses osmosis biasa. Pada proses osmosis biasa terjadi perpindahan dengan sendirinya dari cairan yang murni atau cairan yang encer ke cairan yang pekat melalui membran semi-permeable. Adanya perpindahan cairan murni atau encer ke cairan yang pekat pada membran semi-permeable menandakan adanya perbedaan tekanan yang disebut tekanan osmosis. Fenomena tersebut membuat para ahli berpikir terbalik,

bagaimana caranya agar dapat memisahkan cairan murni dari komponen lainnya yang membuat cairan tersebut bersifat pekat. Dengan penambahan tekanan pada larutan yang pekat, ternyata cairan murni dapat melalui membran semipermeable yang merupakan kebalikan dari proses osmosis. Atas dasar tersebut teknologi ini disebut reverse osmosis (osmosis balik) (Ramadhani, 2016). Membran ini beroperasi dengan tekanan berkisar 10 – 100 bar dan permeabilitasnya mencapai  $0,005 - 1,4 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$  (Elma, 2016).

## **2.4 Karakteristik Membran**

Menurut (Novriani, 2017), untuk memahami proses pemisahan dengan membran, akan ditentukan karakteristik membran yang dalam hubungannya dengan sifat dan struktur membran seperti kandungan air, ukuran pori, jumlah pori, luas membran, dan ketebalan membran.

### **2.4.1 Kandungan Air**

Kandungan air merupakan tingkat kemampuan polimer untuk menyerap air. Sifat ini ditunjukkan oleh adanya gugus yang bersifat hidrofilik dalam rantai polimer. Polimer yang banyak mengandung gugus hidroksil akan bersifat hidrofilik. Kandungan air ini akan mempengaruhi difusivitas penetrasi melalui membran karena semakin banyak yang terikat dengan membran, akan menyebabkan rantai polimer lebih mudah bergerak, sehingga molekul semakin mudah menembus membran polimer melewati ruang kosong antara rantai polimer dengan rantai lainnya.

### **2.4.2 Ukuran dan Jumlah Pori**

Pada proses pemisahan menggunakan membran ukuran dan jumlah pori merupakan faktor yang harus dipertimbangkan agar memenuhi standar ultrafiltrasi. Ukuran pori akan menentukan sifat selektivitas membran, yaitu kemampuan dari membran untuk menahan molekul-molekul zat terlarut, sehingga tidak ada yang lolos menembus pori membran. Sedangkan jumlah pori menentukan sifat permeabilitas membran yaitu kemudahan membran untuk melewatkan molekul-molekul air, dimana jika permeabilitas membran yang dihasilkan tinggi, maka membran layak digunakan.

### 2.4.3 Ketebalan Membran

Ketebalan membran merupakan salah satu karakterisasi membran yang diukur untuk mengetahui laju permeasi membran. Ketebalan membran *polysulfon* diukur dengan menggunakan mikrometer. Ukuran ketebalan membran menurut standar ultrafiltrasi adalah 50-150  $\mu\text{m}$

### 2.4.4 Luas Membran

Luas membran yang telah dibuat disesuaikan dengan luas modul membran dari rancangan alat, dimana pengukuran panjang dan lebar membran ini dilakukan secara manual dengan menggunakan mistar.

## 2.5 Kinerja Membran

Kinerja atau efisiensi membran ditentukan oleh dua parameter yaitu fluks dan rejeksi.

### 2.5.1 Fluks

Fluks didefinisikan sebagai banyaknya spesi yang dapat menembus membran tiap satuan luas membran persatuan waktu. Fluks ditentukan oleh jumlah pori membran. Fluks demikian dinyatakan sebagai fluks volume ( $J_v$ ) yang dinyatakan sebagai berikut:

$$J_v = \frac{V}{A \times t} \dots\dots\dots (1)$$

(Kusumawati & Tania, 2012)

Dimana:

$J_v$  = fluks volume ( $\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ )

$V$  = volume permeat (L)

$A$  = luas membran ( $\text{m}^2$ )

$t$  = waktu tempuhan (jam)

### 2.5.2 Rejeksi

Rejeksi didefinisikan sebagai fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran. Rejeksi ditentukan oleh ukuran pori membran. Rejeksi yang diamati adalah rejeksi yang tidak melibatkan molekul yang menempel pada membran atau tanpa terjadi akumulasi.

Rejeksi dinyatakan sebagai berikut :



$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

(Kusumawati & Tania, 2012)

Dimana :

R = koefisien rejeksi (%)

C<sub>p</sub> = konsentrasi zat terlarut dalam permeat

C<sub>f</sub> = konsentrasi zat terlarut dalam umpan

Harga rejeksi bergantung pada berat molekul zat terlarut yang digunakan, bila R = 100% , berarti membran tersebut menolak sempurna zat terlarut atau menahan sempurna zat terlarut, sehingga hampir tidak ada zat terlarut yang berhasil menembus pori membran.

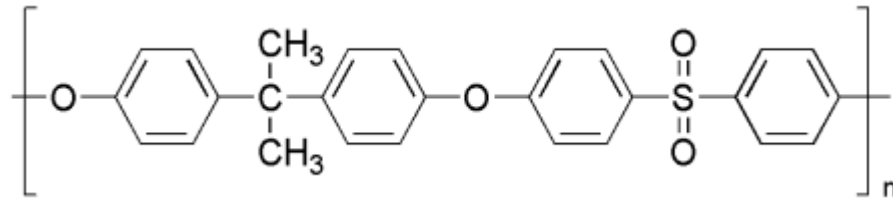
## 2.6 Bahan Pembuatan Membran

Proses pembuatan membran sintetik dapat dilakukan dengan menggunakan bahan material organik maupun anorganik. Material organik berupa polimer selulosa asetat, polikarbonat dan polisulfon sedangkan material anorganik berupa keramik, kaca dan logam (Lestari, 2020). Pelarut yang digunakan pada sintesis membran tergantung polimer yang digunakan, membran polisulfon yang di sintesis pada penelitian ini menggunakan pelarut N,N-dimetilacetamida (DMAc) dengan penambahan zat aditif polietilen glikol (PEG) serta berbagai keasaman pada non pelarut (HCl, akuades dan NaOH).

### 2.6.1 Polysulfon

Polimer yang mengandung *sulfone* termasuk polysulfon dan polietersulfon. Mereka berstruktur amorf dan relatif polar, oleh karena itu, hanya dapat menyerap sedikit air dan oleh karena itu menunjukkan hampir tidak ada pembengkakan dalam larutan berair. Selain itu, rantai polysulfon menghasilkan modulus yang sangat fleksibel dan matriks membran yang kuat. Polimer membran tahan terhadap hidrolisis pada seluruh rentang pH, bahkan dalam uap panas atau air. Pelarut organik, seperti dimetilformamida dan dimetil sulfoksida, yang polaritasnya mirip dengan polimer, dapat menunjukkan efek pelarutan. Ketahanan terhadap iradiasi pengion dan stabilitas termal hingga >200°C luar biasa. Membran yang terbuat dari polysulfon dapat menjadi simetris, asimetris, atau

kombinasi keduanya dan dengan demikian menawarkan struktur membran terluas dengan porositas tinggi. Mereka cocok untuk mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, atau sebagai pendukung dasar untuk membran komposit (Lestari, 2020).

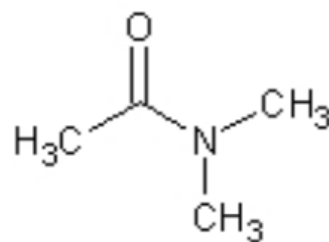


**Gambar 2.3** Struktur Molekul Polisulfon

(Sumber : Riani, 2014)

#### 2.6.2 Dimethylacetamide (DMAc)

DMAc adalah pelarut yang sering digunakan untuk melarutkan polimer pada pembuatan membran karena sifat pelarutnya yang tinggi. DMAc tidak mudah menguap dan cenderung stabil karena memiliki rentang ketahanan suhu yang relatif luas, yaitu titik didihnya di atas 164.5-166°C sehingga dapat melarutkan polisulfon dengan baik dan titik leleh -20°C (Soebardi 1997). Massa jenis DMAc adalah 0.937 kg/L. DMAc bersifat racun dan berbahaya bagi janin. Bentuk kontaminasi dapat melalui pernafasan dan kontak dengan kulit yang dapat merusak beberapa organ tubuh seperti hati, ginjal dan syaraf. DMAc juga mudah terbakar dan mudah diserap kulit (Siskandar, 2011).

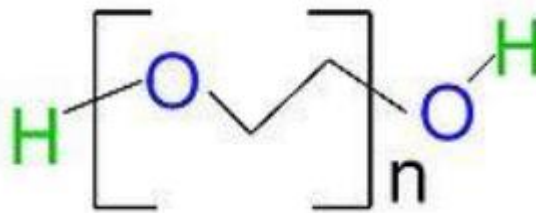


**Gambar 2.4** Struktur Molekul DMAc

(Sumber : Riani, 2014)

### 2.6.3 Polietilen Glikol (PEG)

Polyethylene glycol 400, polyoxyethylene glycol 400 atau yang biasa disebut macrogol atau PEG 400 memiliki berat molekul sebesar 380-420 g/mol. PEG 400 sering digunakan sebagai basis emulsifier, ointment, plastisizer, pelarut, basis suppositoria, lubrikan kapsul dan tablet selain itu dalam bentuk cairnya digunakan sebagai suspending agent dan emulsion stabilizer. PEG 400 larut dalam aseton, alkohol, benzena, gliserin, dan glikol, sedikit larut dalam eter (Rowe dkk., 2009). PEG 400 merupakan polimer yang stabil banyak digunakan dalam berbagai formulasi farmasi dan dianggap sebagai bahan tidak beracun dan tidak mengiritasi. WHO (World Health Organization) menetapkan perkiraan asupan harian (acceptable daily intake) polietilen glikol yang dapat diterima adalah sebesar 10 mg/kg berat badan (Mahardika, 2019).



**Gambar 2.5** Struktur Molekul PEG

(Sumber : Wardani, 2013)

## 2.7 Limbah Cair Tahu

Tahu merupakan makanan tradisional sebagian besar masyarakat di Indonesia, yang digemari hampir seluruh lapisan masyarakat. Selain mengandung gizi yang baik, pembuatan tahu juga relatif murah dan sederhana. Saat ini, kegiatan industri tahu di Indonesia didominasi oleh usaha-usaha skala kecil dengan modal yang terbatas, sehingga sebagian besar industri tahu tidak memiliki unit pengolahan limbah, dimana limbah cair langsung dibuang ke selokan, sungai atau badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal tersebut akan mengakibatkan kadar oksigen dalam air menurun tajam. Limbah industri cair tahu mengandung zat tersuspensi, sehingga mengakibatkan air menjadi kotor atau keruh (Subekti, 2011).

Limbah cair dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu. Limbah cair tahu mengandung polutan organik yang cukup tinggi dan apabila terbuang ke badan air dapat mengakibatkan menurunnya kualitas air dan daya dukung lingkungan perairan di sekitar industri tahu. Limbah cair tahu pada umumnya memiliki karakteristik berupa pH, TSS (*Total Suspended Solid*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), amonia, nitrit, dan nitrat yang masih melebihi baku mutu air limbah. Dengan banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air limbah, maka kadar oksigen akan menurun. Dengan demikian akan menyebabkan kehidupan yang ada di dalam perairan yang membutuhkan oksigen akan terganggu, dan mengurangi perkembangannya serta air berperan sebagai pembawa penyakit (Setiyono dan Yudo, 2008).

Pada umumnya limbah cair tahu yang dihasilkan diolah melalui proses anaerobic. Dengan proses tersebut efisiensi pengolahan sekitar 60% - 70% , sehingga limbah yang diolah masih mengandung kadar pencemar organik cukup tinggi serta menimbulkan bau yang kurang sedap. Untuk itu diperlukan teknologi yang lebih efektif dan efisien salah satu alternatifnya adalah dengan memanfaatkan teknologi pemurnian dengan membran ultrafiltrasi.

Kualitas minyak goreng dapat diketahui dengan pengujian pada beberapa kriteria meliputi, warna, Ph, TSS, COD, dan BOD. Syarat mutu limbah cair tahu yang layak untuk dibuang ke lingkungan dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah.

**Tabel 2.1** Baku Mutu Limbah Cair Tahu

Parameter	Standar Mutu Limbah Cair Tahu	
	Nilai Maksimum (mg/L)	Beban Pencemar Maksimum (kg/ton)
pH	6 - 9	-
TDS	2000	-
COD	300	6
Amonia	10	0,015

(Sumber : Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014)

### 2.7.1 Karakteristik Limbah Cair 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 buangan industri tahu berasal dari proses pemasakan kedelai. 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 (Ntotal) sebesar 226,06 434,78 mg/l, sehingga masuknya limbah cair tahu ke lingkungan perairan akan meningkatkan total nitrogen di perairan tersebut.

**Tabel 2.2** Karakteristik Limbah Cair Tahu

<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>
TSS	2000 – 3000 mg/L
COD	7500 - 14000 mg/L
BOD	6000 - 8000 mg/L
Suhu Buangan	40 – 46°C

\*sumber : Nurhasan dan Pramudyanto (2007)

### 2.7.2 Dampak Limbah Cair Tahu

Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan hayati yang akan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya kuman penyakit atau kuman lainnya yang merugikan baik pada produk tahu sendiri ataupun tubuh manusia. Bila dibiarkan, air limbah akan berubah warnanya menjadi cokelat kehitaman dan berbau busuk. Bau busuk ini mengakibatkan sakit pernapasan. Apabila air limbah ini merembes ke dalam tanah yang dekat dengan sumur maka air sumur itu tidak dapat dimanfaatkan lagi. Apabila limbah ini dialirkan ke sungai maka akan mencemari sungai dan bila masih digunakan akan menimbulkan gangguan kesehatan yang

berupa penyakit gatal, diare, kolera, radang usus dan penyakit lainnya, khususnya yang berkaitan dengan air yang kotor dan sanitasi lingkungan yang tidak baik. Kandungan nitrogen serta unsur hara lain pada konsentrasi tinggi di dalam air akan mempercepat pertumbuhan tumbuhan air. Kondisi demikian lambat laun akan menyebabkan kematian biota dalam air (Bahri, 2006).

Limbah cair industri tahu juga dapat mengakibatkan berbagai penyakit pada manusia. Dalam tubuh manusia, senyawa nitrogen menimbulkan efek toksik apabila senyawa tersebut berada dalam bentuk nitrit. Efek toksik yang ditimbulkan oleh nitrit adalah methemoglobin, yaitu merupakan penghambatan terhadap pengangkutan oksigen di dalam aliran darah. Jika jumlah methemoglobin lebih dari 15% dari total hemoglobin maka akan terjadi suatu keadaan yang disebut sianosis. Sianosis merupakan suatu keadaan dimana seluruh jaringan manusia kekurangan oksigen.

## **2.8 Koagulasi – Flokulasi**

Koagulasi adalah proses pengolahan air/ limbah cair dengan menstabilisasi partikel-partikel koloid untuk memfasilitasi pertumbuhan partikel selama flokulasi. Sedangkan flokulasi adalah proses pengolahan air dengan cara mengadakan kontak diantara partikel-partikel koloid yang telah mengalami destabilisasi sehingga ukuran partikel-partikel tersebut bertambah menjadi partikel-partikel yang lebih besar. Koagulasi/flokulasi diperlukan untuk menghilangkan material limbah berbentuk suspensi atau koloid. Koloid merupakan partikel-partikel berdiameter sekitar 1nm(10<sup>-7</sup>cm) hingga 0,1 nm (10<sup>-8</sup>cm). Partikel-partikel ini tidak dapat mengendap dalam periode waktu tertentu dan tidak dapat dihilangkan dengan proses perlakuan fisika biasa (Fathul, Eva, 2008).