

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.)

Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) adalah tumbuhan merambat anggota suku *Fabaceae* (*Leguminosae*). Pucuk dan polong mudanya dimanfaatkan sebagai sayuran. Di Sumatera dikenal sebagai kacang botol atau kacang belingbing (pantai barat Sumatera), dan kacang embing (Palembang). Nama-nama lainnya adalah jaat, cipir, cicipir, kelongkang, kacang botor, kacang kumbotor, serta biraro (Manado Ternate). Dalam bahasa Inggris disebut sebagai *Winged bean*, *Winged pea*, *Four-angled bean* (mengacu pada bentuk buahnya), namun juga dinamai *Goa bean* dan *Asparagus pea*.

Kecipir atau yang di Jawa Barat dikenal dengan nama “jaat” merupakan tanaman setahun yang berbentuk perdu dan bersifat membelit ke kiri. Buahnya panjang (± 20 cm), persegi empat dan bergerigi, warna buahnya hijau dan rasanya enak serta lunak. Bijinya bulat, berwarna kuning pada saat muda, dan berwarna coklat pada saat tua dengan rasanya yang getir. Biji kecipir bisa disebut “botor”. Di luar negeri kecipir ini disebut *Wing Bean*, mengingat bahwa tanaman ini tidak membutuhkan tempat yang subur dan buahnya (terutama bijinya) merupakan sumber protein dan banyak mengandung vitamin A, vitamin B dan vitamin C, maka dari itu tanaman ini dianjurkan untuk ditanam dipekarangan rumah atau disepanjang pagar-pagar (Sunaryono, 1994).

Kecipir juga merupakan tanaman tahunan yang tumbuh cepat dengan batang rambat mencapai panjang 2–4 m. Tanaman ini biasanya ditanam sebagai tanaman setahun. Daun *trifoliate* berbentuk oval lebar dan akar dangkalnya memiliki cabang lateral panjang. Sebagai tanaman tropika yang beradaptasi baik pada wilayah subtropika, kecipir cocok untuk kondisi lingkungan lembab suhu siang 30°C dan suhu malam 22°C paling sesuai untuk pembesaran umbi. Tanaman ini memiliki banyak sekali buntil akar, dan cukup produktif jika ditanam di tanah yang kurang subur, tetapi hasilnya meningkat jika dipasok pupuk tambahan. Produksi utama tanaman kecipir adalah polongnya, polong segar muda mengandung sekitar 1–3% protein, kandungan protein biji kering sekitar 33%.

Menurut hasil penelitian para pakar, tanaman kacang memiliki keunggulan dalam kandungan nutrisi gizi, sehingga amat baik untuk program perbaikan gizi masyarakat. (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998).



(Sumber : Tri Handayani, Kelompok Peneliti Pemuliaan dan Plasma Nutfah Balai Penelitian Tanaman Sayuran, 2013)

Gambar. 1. Tanaman kacang

Pada Gambar 1. dapat terlihat bahwa tanaman kacang tumbuh merambat sehingga memerlukan bantuan penopang dalam penanamannya. Akarnya berupa akar tunggang dengan akar lateral yang panjang dan menebal serta mampu membentuk umbi. Karakter perakaran tersebut menyebabkan tanaman kacang dapat beradaptasi dengan baik pada berbagai kondisi lingkungan dan tanah, serta dapat bertahan dan tumbuh dengan baik di lingkungan kering. Daun berupa daun *trifoliate* (beranak tiga) dengan *leaflet* atau anak daun umumnya berbentuk deltoid dengan ujung lancip.



(Sumber : Tri Handayani, Kelompok Peneliti Pemuliaan dan Plasma Nutfah Balai Penelitian Tanaman Sayuran, 2013)

Gambar 2. Variasi warna bunga kacang

Bentuk daunnya dapat dilihat pada Gambar 2. sebagaimana tanaman kacang-kacangan lainnya, bunga kecipir berupa bunga kupu-kupu, dengan warna sayap bervariasi biru muda, biru, ungu muda atau ungu.



(a)



(b)

(Sumber : Tri Handayani, Kelompok Peneliti Pemuliaan dan Plasma Nutfah Balai Penelitian Tanaman Sayuran, 2013)

Gambar 3. (a) Polong muda dan (b) Polong tua dan Kering Kecipir



(Sumber : Tri Handayani, Kelompok Peneliti Pemuliaan dan Plasma Nutfah Balai Penelitian Tanaman Sayuran, 2013)

Gambar 4. Biji Kecipir

Pada Gambar 3. buah berbentuk polong bersayap 4 memanjang, umumnya berwarna hijau dan kadang-kadang mempunyai bercak ungu serta polong tua dan kering yang berwarna coklat. Sedangkan bentuk biji kecipirnya dapat dilihat pada Gambar 4. dimana biji kecipir berbentuk bulat dan berkulit sangat keras, biji tua berwarna krem, coklat atau hitam.

Semua bagian tanaman kecipir, kecuali batang, dapat dikonsumsi, yaitu daun, bunga, polong muda, biji baik biji segar maupun kering dan umbi. Oleh karena itu, kalangan ilmuwan menyebut tanaman ini sebagai *supermarket on the stalk*. Pemanfaatan polong muda sebagai sayuran banyak dijumpai di Asia Tenggara, sedangkan masyarakat di dataran tinggi Papua New Guinea mengkonsumsi umbi, daun muda dan bunga kecipir (Prosea, 1997). Masyarakat juga memanfaatkan bagian-bagian tanaman kecipir sebagai bahan obat tradisional, misalnya untuk penambah nafsu makan, obat radang telinga, obat bisul, dan lain-lain. Beberapa manfaat lain dari kecipir ialah menyuburkan tanah karena kemampuannya mengikat nitrogen bebas dari udara, sebagai pakan ternak, tanaman penutup tanah dan dapat ditumpangsarikan dengan tanaman kehutanan.

Tingginya kandungan protein pada semua bagian tanaman kecipir mungkin berhubungan dengan kemampuan akar tanaman ini untuk mengikat nitrogen dari udara bebas. Komposisi nutrisi pada berbagai bagian tanaman kecipir tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi berbagai bagian tanaman kecipir (g/100 g bobot segar)

	Bunga	Daun	Polong Muda	Biji Muda	Biji Tua	Umbi
Air	84,2 – 87,5	64,2 – 85,0	76,0 – 93,0	35,8 – 88,1	8,7 – 24,6	54,9 – 65,2
Energi (mJ)	0,17	0,20	0,19	0,10 – 1,71	1,61 – 1,89	0,63
Protein	2,8 – 5,6	5,0 – 7,6	1,9 – 4,3	4,6 – 10,7	29,8 – 39,0	3,0 – 15,0
Lemak	0,5 – 0,9	0,5 – 2,5	0,1 – 3,4	0,7 – 10,4	15,0 – 20,4	0,4 – 1,1
Karbohidrat	3,0 – 8,4	3,0 – 8,5	1,1 – 7,9	5,6 – 42,1	23,9 – 42,0	27,2 – 30,5
Serat	-	3,0 – 4,2	0,9 – 3,1	1,0 – 2,5	3,7 – 16,1	1,6 – 17,0
Abu	0,8	1,0 – 2,9	0,4 – 1,9	1,0	3,3 – 4,9	0,9 – 1,7

mJ = megajoules, 4,184 mJ = 1.000 (dietary) kilokalori

(Sumber : Anonim, 1981)

Pada Tabel 1. diketahui bahwa kandungan protein biji tua kecipir sebesar 29,8–39,0 gram/100 gram. Kandungan protein yang cukup tinggi dari biji kecipir inilah yang dapat berperan sebagai polielektrolit. Menurut Dobrynin dan Michael (2005), polielektrolit adalah polimer yang membawa muatan positif atau negatif dari gugus yang terionisasi. Pada pelarut yang polar seperti air, gugus ini dapat terdisosiasi, meninggalkan muatan pada rantai polimernya dan melepaskan ion yang berlawanan dalam larutan.

Selain itu, kecipir juga mengandung mineral–mineral penting, seperti kalsium, zink, sodium, potasium, magnesium, fosfor, dan besi (Amoo dkk, 2006 dan Anonim, 1981) yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan mineral pada berbagai bagian tanaman kecipir (dalam mg/100 g bobot segar)

	Daun	Polong muda	Biji tua	Umhi
Potasium	80 – 436	205 – 381	1110 – 1800	550
Phospor	52 – 98	26 – 69	200 – 610	30 – 64
Sulfur	-	-	380	21
Kalsium	113 – 260	53 – 330	80 – 370	25 – 40
Magnesium	54	58	110 – 255	23
Sodium	2,5 – 18	3 – 3,4	14 – 64	33
Besi	2 – 6,2	0,2 – 2,3	2 – 28	0,5 – 3
Mangan	1,5	2,2	4 – 25	10
Zink	1,4	0,2	3,1 – 5	1,3
Copper	0,5	0,6	1,3	1,3

(Sumber : Anonim, 1981)

Pada Tabel 2. dapat dilihat bahwa zat besi pada biji tua kecipir sebesar 2–28 mg/100 gram. Besarnya kandungan zat besi ini penting untuk pembentukan hemoglobin darah. Adapun kandungan fosfor yang tinggi pada kecipir kurang dapat digunakan sebagai sumber mineral karena sebagian besar terdapat dalam bentuk terikat bersama asam fitat.

Klasifikasi tanaman kecipir

Divisio : *Spermatophyta*
 Sub division : *Angiospermae*
 Classis : *Dicotyledoneae*
 Ordo : *Leguminales*
 Famili : *Papilionaceae*
 Genus : *Psophocarpus*
 Spesies : *Psophocarpus tetragonolobus L.*

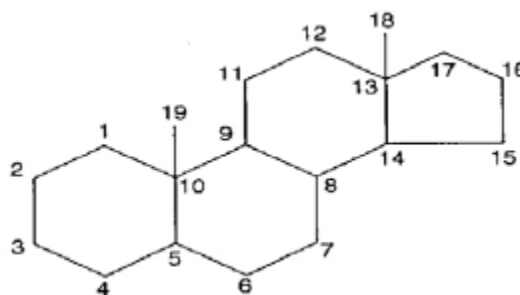
Kecipir termasuk dalam ordo *Leguminales* yang mempunyai ciri khas, yaitu terdapat buah yang disebut buah polong, yaitu buah yang berasal dari 1 daun dengan atau tanpa sekat semu. Bila dimasak, kering akan pecah, sehingga biji terlontar keluar atau buah terputus-putus menjadi beberapa bagian menurut sekat-sekat semunya. Diantara anggota-anggotanya yang lain termasuk kecipir ini banyak mengandung nilai gizi yang tinggi karena kandungannya akan protein, lemak vitamin dalam bijinya (Gembong, 1988).

2.1.1 Kandungan Senyawa Kimia Kecipir

Daun dan biji kecipir mengandung saponin, flavonoida dan tanin (Jhonny, 1993).

a. Steroida/Triterpenoida

Steroid adalah triterpenoid yang kerangka dasarnya sistem cincin siklopentana perhidrofenantren. Uji yang biasa digunakan adalah reaksi *Lieberman Burchard* (asam asetat anhidrida- H_2SO_4 pekat) yang dengan kebanyakan triterpen dan steroid memberikan warna hijau biru (Harborne, 1987).



Sumber : <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/33577/4/Chapter%20II.pdf>

Gambar 5. Sruktur Steroida

Triterpenoid adalah senyawa yang kerangka karbonnya berasal dari enam satuan isoprene dan secara biosintesis diturunkan dari hidrokarbon C_{30} asiklik, yaitu skualena. Senyawa ini berstruktur siklik yang rumit, kebanyakan berupa alkohol, aldehid atau asam karboksilat. Berupa senyawa warna berbentuk kristal. Sering kali bertitik leleh tinggi dan aktif optik (Harborne, 1987).

Triterpenoid mempunyai fungsi bagi tumbuhan antara lain sebagai pengatur tumbuh, misalnya seskuiterpen absisin dan diterpen giberelin. Karotenoid

mempunyai fungsi sebagai senyawa warna tumbuhan dan hampir semua terpenoid C_{40} juga berperan sebagai pigmen fotosintesis (Sirait, M., 2007).

b. Glikosida

Glikosida adalah suatu senyawa yang jika dihidrolisis akan menghasilkan bagian gula yang disebut glikon dan bagian bukan gula disebut aglikon. Gula yang dihasilkan biasanya adalah glukosa, ramnosa dan lain sebagainya. Jika bagian gulanya adalah glukosa maka disebut glukosida sedangkan jika bagian gulanya selain glukosa disebut glikosida.

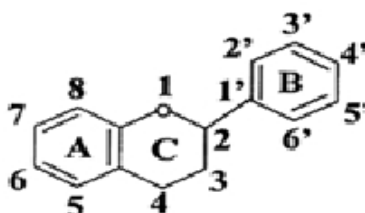
Pembagian glikosida berdasarkan atom yang menghubungkan bagian gula dan bagian bukan gula adalah sebagai berikut:

1. O–glikosida: Jika bagian gula dan bukan gula dihubungkan oleh atom O
2. S–glikosida: Jika bagian gula dan bukan gula dihubungkan oleh atom S
3. N–glikosida: Jika bagian gula dan bukan gula dihubungkan oleh atom N
4. C–glikosida: Jika bagian gula dan bukan gula dihubungkan oleh atom C

Glikosida mempunyai beberapa fungsi diantaranya sebagai penghasil hormon steroid, racun ikan, perlindungan terhadap serangga, pencahar dan lain-lain (Sirait, M., 2007)

c. Flavonoida

Flavonoida merupakan golongan fenol yang mengandung 15 atom karbon yang tersusun dalam konfigurasi C₆–C₃–C₆, yaitu dua cincin aromatik yang dihubungkan oleh tiga satuan karbon (Markham, 1988).



Sumber : [http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/33577/4/Chapter% 20II.pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/33577/4/Chapter%20II.pdf)

Gambar 6. Struktur Flavonoida

Umumnya senyawa flavonoida dalam tumbuhan terikat dengan gula disebut

sebagai glikosida dan aglikon flavonoida yang berbeda-beda mungkin saja terdapat pada satu tumbuhan dalam beberapa bentuk kombinasi glikosida. Oleh karena itu dalam menganalisis flavonoida biasanya lebih baik memeriksa aglikon yang telah dihidrolisis dibandingkan dalam bentuk glukosida dengan kerumitan strukturnya. Flavonoida berkhasiat sebagai antioksidan, antibakteri dan inflamasi (Harborne, 1987).

d. Tanin

Tanin merupakan senyawa kompleks yang tersusun dari polifenol yang sukar dipisahkan dan tidak membentuk kristal. Tanin tersebar hampir pada semua tumbuhan dan biasanya terdapat pada bagian daun, buah, akar dan batang. Tanin dan senyawa turunannya bekerja dengan jalan menciutkan selaput lendir pada saluran pencernaan dan di bagian kulit yang luka. Pada perawatan untuk luka bakar, tanin dapat mempercepat pembentukan jaringan yang baru sekaligus dapat melindunginya dari infeksi atau sebagai antiseptik (Tyler, 1976).

Tanin terdapat luas dalam tumbuhan berpembuluh dalam *angiospermae* terdapat khusus dalam jaringan kayu. Menurut batasannya tanin dapat bereaksi dengan protein membentuk kopolimer mantap yang tidak larut dalam air. Dalam industri, tanin mampu mengubah kulit hewan yang mentah menjadi kulit siap pakai karena kemampuannya menyambung silang protein. Secara kimia terdapat dua jenis utama tannin, yaitu tanin terhidrolisis dan tanin terkondensasi. Tanin terhidrolisis penyebarannya terbatas pada tumbuhan berkeping dua, sedangkan tanin terkondensasi terdapat dalam tumbuhan paku-pakuan dan *gymnospermae* serta tersebar luas dalam *angiospermae*. Tanin dapat diidentifikasi dengan cara penambahan pereaksi ferri klorida menghasilkan warna hijau kehitaman atau biru kehitaman (Harborne, 1987).

e. Saponin

Saponin adalah glikosida triterpen dan sterol. Saponin merupakan senyawa aktif permukaan, bersifat seperti sabun dan dapat dideteksi berdasarkan kemampuannya membentuk busa dan menghemolisis sel darah. Pembentukan busa yang mantap sewaktu mengekstraksi tumbuhan atau pada waktu memekatkan ekstrak tumbuhan merupakan bukti terpercaya akan adanya saponin (Harborne, 1987).

Senyawa golongan ini banyak terdapat pada tumbuhan tinggi. Keberadaan saponin sangat mudah ditandai dengan pembentukan larutan koloidal dengan air yang apabila dikocok menimbulkan buih yang stabil. Saponin merupakan senyawa berasa pahit menusuk, menyebabkan bersin dan sering mengakibatkan iritasi terhadap selaput lendir (Gunawan dan Mulyani, 1995).

Saponin juga menarik dari segi ekonomi karena mempunyai toksisitas yang umum terhadap hewan ternak, misalnya alfalfa atau rasanya yang manis misalnya glisirizin dari radiks liquorice (Sirait, M., 2007).

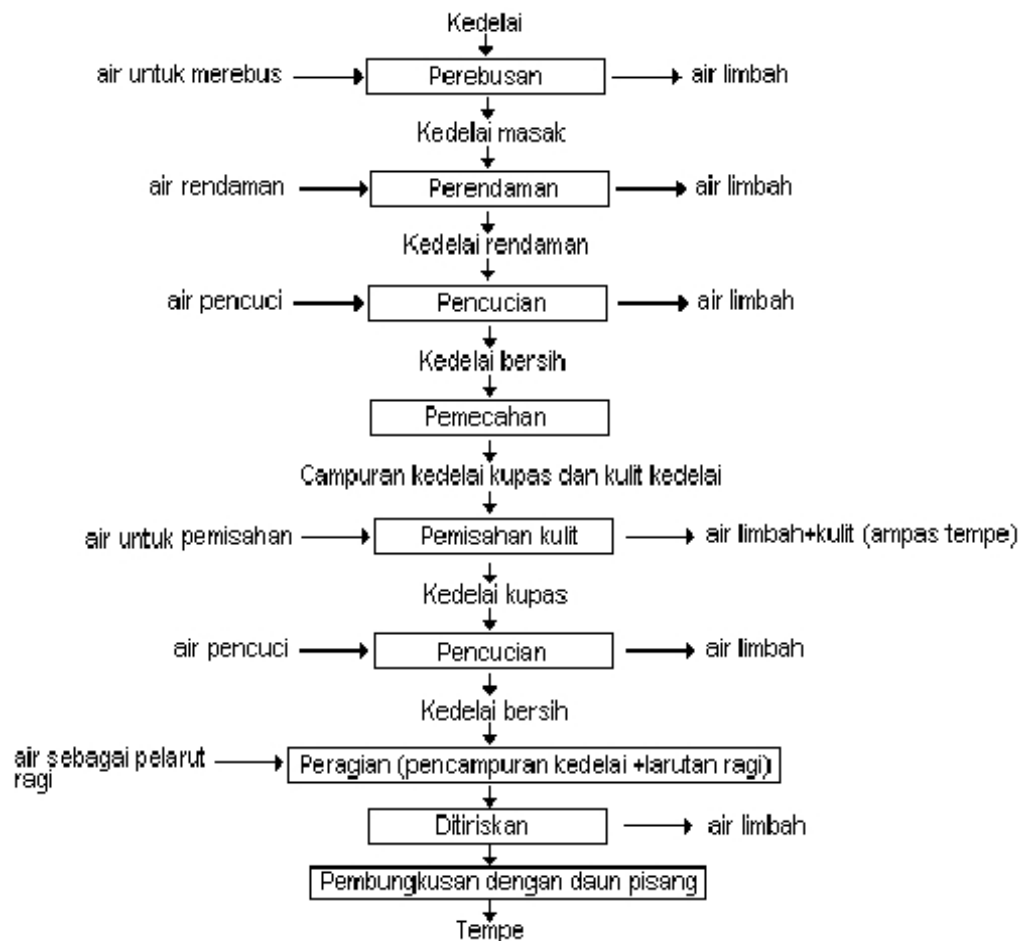
2.2 Limbah Industri Tempe

Tempe merupakan hasil fermentasi kedelai. Proses produksi tempe, memerlukan banyak air yang digunakan untuk perendaman, perebusan, pencucian serta pengupasan kulit kedelai. Limbah yang diperoleh dari proses tersebut dapat berupa limbah cair maupun limbah padat. Sebagian besar limbah padat yang berasal dari kulit kedelai, kedelai yang rusak dan mengambang pada proses pencucian serta lembaga yang lepas pada waktu pelepasan kulit, sudah banyak yang dimanfaatkan untuk makanan ternak. Limbah cair berupa air bekas rendaman kedelai dan air bekas rebusan kedelai masih dibuang langsung diperairan disekitarnya (Anonim, 1989).

Jika limbah tersebut langsung dibuang keperairan maka dalam waktu yang relatif singkat akan menimbulkan bau busuk dari gas H_2S , amoniak ataupun fosfin sebagai akibat dari terjadinya fermentasi limbah organik tersebut (Wardojo, 1975). Adanya proses pembusukan, akan menimbulkan bau yang tidak sedap, terutama pada musim kemarau dengan debit air yang berkurang. Ketidakseimbangan lingkungan baik fisik, kimia maupun biologis dari perairan

yang setiap hari menerima beban limbah dari proses produksi tempe ini, akan dapat mempengaruhi kualitas air dan kehidupan organisme di perairan tersebut.

Secara garis besar proses pembuatan tempe adalah sebagai berikut:



(Sumber : Erry Wiryani, Lab. Ekologi Dan Biosistemik Jur. Biologi F MIPA. UNDIP Semarang).

Gambar 7. Bagan Proses Pembuatan Tempe

Dari Gambar 7. tersebut dapat dijelaskan proses pembuatan tempe, yaitu:

- Kedelai dimasak, setelah masak kedelai direndam 1 malam hingga lunak dan terasa berlendir, kemudian kedelai dicuci hingga bersih.
- Kedelai dipecah dengan mesin pemecah, hingga kedelai terbelah dua dan kulit kedelai terpisah.
- Kulit kedelai dipisahkan dengan cara hasil pemecahan kedelai dimasukkan ke

dalam air, sehingga kulit kedelai mengambang dan dapat dipisahkan.

- Kedelai kupas dicuci kembali hingga bersih, kemudian peragian dengan cara kedelai dicampurkan ragi yang telah dilarutkan dan didiamkan selama lebih kurang 10 menit.
- Kedelai yang telah mengandung ragi ditiriskan hingga hampir kering, kemudian dibungkus dengan daun pisang. Setelah fermentasi selama 2 hari diperoleh tempe. (Said dan Wahjono,1999).

Berdasarkan Gambar 7. tersebut juga nampak bahwa hampir disetiap tahap pembuatan tempe menghasilkan limbah. Apabila limbah ini dibuang keperairan maka akan tercemar oleh bahan organik dalam jumlah yang besar, sehingga kebutuhan oksigen untuk proses penguraiannya lebih banyak dari pada pemasukan oksigen keperairan, dan kandungan oksigen terlarut sangat rendah. Hal ini sangat membahayakan kehidupan organisme perairan tersebut. Sisa bahan organik yang tidak terurai secara aerob akan diuraikan oleh bakteri anaerob, sehingga akan tercium bau busuk.

2.2.1 Karakteristik Limbah

Untuk karakteristik limbah industri tempe ada dua hal yang perlu diperhatikan yakni karakteristik fisika dan kimiawi. Karakteristik fisika meliputi padatan total, suhu, warna dan bau. Karakteristik kimiawi meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Bahan–bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tempe pada umumnya sangat tinggi. Senyawa–senyawa organik di dalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Di antara senyawa–senyawa tersebut, protein dan lemaklah yang jumlahnya paling besar yang mencapai 40%–60% protein, 25–50% karbohidrat, dan 10% lemak. Semakin lama jumlah dan jenis bahan organik ini semakin banyak. Dalam hal ini akan menyulitkan pengelolaan limbah, karena beberapa zat sulit diuraikan oleh mikroorganisme di dalam air limbah tempe tersebut. Untuk menentukan besarnya kandungan bahan organik digunakan beberapa teknik pengujian seperti BOD, COD dan TOM. Uji BOD merupakan parameter yang sering digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran bahan organik, baik dari

industri ataupun dari rumah tangga (Said dan Wahjono, 1999).

Limbah cair yang dihasilkan berasal dari lokasi pemasakan kedelai, pencucian kedelai, peralatan proses dan lantai. Karakter limbah cair yang dihasilkan berupa bahan organik padatan tersuspensi (kulit, selaput lendir dan bahan organik lain). Warna putih keruh pada air limbah berasal dari pembuangan air rendaman dan pengelupasan kulit kedelai yang masih banyak mengandung pati, juga berasal dari air bekas pencucian peralatan proses produksi, peralatan dapur dan peralatan lainnya. Bau yang timbul karena adanya aktivitas mikroorganisme yang menguraikan zat organik atau dari reaksi kimia yang terjadi dan menghasilkan gas tertentu. (Wignyanto dkk, 2009).

Air buangan industri tempe kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. Apabila air prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada air buangannya biasanya rendah. Pada umumnya konsentrasi ion hidrogen buangan industri tempe cenderung bersifat asam. Sehingga air limbah dan bahan buangan yang dibuang ke perairan akan mengubah pH air, dan dapat mengganggu kehidupan organisme air, pH air normal yang memenuhi syarat untuk kehidupan mempunyai pH berkisar antara 6,5–7,5 (Wardhana, 2004). Gas-gas yang biasa ditemukan dalam limbah tempe adalah gas nitrogen (N_2), oksigen (O_2), hidrogen sulfida (H_2S), amoniak (NH_3), karbondioksida (CO_2), dan metana (CH_4). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air buangan tempe.

Limbah dari proses pembuatan tempe ini termasuk dalam limbah yang *biodegradable*, yaitu merupakan limbah atau bahan buangan yang dapat dihancurkan oleh mikroorganisme. Senyawa organik yang terkandung didalamnya akan dihancurkan oleh bakteri meskipun prosesnya lambat dan sering disertai dengan keluarnya bau busuk. Konsentrasi amoniak sebesar 0,037 mg/L sudah dapat menimbulkan bau amoniak yang menyengat. Dalam limbah domestik, sebagian besar nitrogen organik akan diubah menjadi amoniak pada pembusukan anaerobik dan menjadi nitrat atau nitrit pada pembusukan aerob, (Said dan Wahjono, 1999).

Selain itu, menurut penelitian yang dilakukan Wiryani (Undip, 2012),

karakteristik kandungan limbah tempe juga dapat dijelaskan dengan tabel di bawah ini, dimana yang telah dilakukan analisis untuk mengetahui kandungan limbah tempe.

Tabel 3. Hasil Analisa Kandungan Limbah Cair Pabrik Tempe

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah (Gol. IV)	Limbah Cair dari Rebusan Kedelai (Rata-rata)	Limbah Cair dari Rendaman Kedelai (Rata-rata)
1.	Suhu	°C	45	75	32
2.	TDS (<i>Total Dissolve Solid</i>)	mg / l	5.000	25.060	25.254
3.	TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	mg / l	500	4.012	4.551
4.	pH	-	5 – 9	6	4,16
5.	NH ₃ N (Amoniak Bebas)	mg / l	20	16,5	26,7
6.	NO ₃ N (Nitrat)	mg / l	50	12,52	14,08
7.	DO (<i>Dissolve Oxygen</i>)	mg / l	-	ttd	ttd
8.	BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	mg / l	300	1.302,03	31.380,87
9.	COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	mg / l	600	4.188,27	35.398,87

Keterangan : Tercetak tebal berarti melampaui standart Baku Mutu Limbah Cair.
Ttd berarti tidak terdeteksi.

(Sumber : Erry Wiryani, Lab. Ekologi Dan Biosistemik Jur. Biologi F MIPA. UNDIP Semarang).

Berdasarkan Tabel 3. tersebut di atas dapat dinyatakan bahwa baik limbah cair yang berasal dari air rebusan maupun air rendaman kedelai berpotensi untuk mencemari lingkungan perairan disekitarnya. Suhu limbah cair yang berasal dari rebusan kedelai mencapai 75°C. Apabila setiap hari perairan memperoleh pasokan limbah cair dengan suhu yang tinggi maka akan membahayakan kehidupan organisme air. Suhu yang optimum untuk kehidupan dalam air adalah 25–30°C. Air sungai yang suhunya naik akan mengganggu kehidupan hewan maupun tanaman air karena kadar oksigen terlarut akan turun bersamaan dengan kenaikan suhu (Wardhana, 2004). Tumbuhan air akan berhenti pertumbuhannya pada suhu air dibawah 10°C atau diatas 40°C. Terdapat hubungan timbal balik antara

oksigen terlarut dengan laju pernapasan makhluk hidup. Meningkatnya suhu akan menyebabkan peningkatan laju pernapasan makhluk hidup dan penurunan oksigen terlarut dalam air. Laju penurunan oksigen terlarut (DO) yang disebabkan oleh limbah organik akan lebih cepat karena laju peningkatan pernapasan makhluk hidup yang lebih tinggi (Connel dan Miller, 1995). Limbah cair dari proses perebusan dan perendaman kedelai, mempunyai nilai TDS dan TSS yang jauh melewati standar baku mutu limbah cair.

Pengaruh padatan tersuspensi (TSS) maupun padatan terlarut (TDS) sangat beragam, tergantung dari sifat kimia alamiah bahan tersuspensi tersebut. Pengaruh yang berbahaya pada ikan, zooplankton maupun makhluk hidup yang lain pada prinsipnya adalah terjadinya penyumbatan insang oleh partikel partikel yang menyebabkan afiksiasi. Di samping itu juga adanya pengaruh pada perilaku ikan dan yang paling sering terjadi adalah penolakan terhadap air yang keruh, adanya hambatan makan serta peningkatan pencarian tempat berlindung . Pola yang ditemukan pada sungai yang menerima sebagian besar padatan tersuspensi, secara umum adalah berkurangnya jumlah spesies dan jumlah individu makhluk hidup (Connel dan Miller, 1995).

Derajat keasaman limbah cair dari air rebusan kedelai telah melampaui standart baku mutu. Air limbah dan bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke perairan akan mengubah pH air, dan dapat mengganggu kehidupan organisme air. Air normal yang memenuhi syarat untuk kehidupan mempunyai pH berkisar antara 6,5–7,5 (Wardhana, 2004).

Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa limbah tempe ini termasuk dalam limbah yang *biodegradable*. Bahan buangan *biodegradable* merupakan nutrien bagi tumbuhan air (Prawiro, 1988). Kandungan bahan buangan *biodegradable* yang tinggi pada perairan dapat menimbulkan eutrofikasi sehingga menyebabkan terjadinya *blooming population* beberapa tumbuhan air seperti Alga, Phytoplankton maupun Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes Solm*) (Wardhana, 2004). Terjadinya peningkatan eutrofikasi mengakibatkan daerah benthik yang kekurangan oksigen terlarut akan semakin meluas. Hal ini dapat menurunkan jumlah habitat yang sesuai untuk ikan dan dapat menyebabkan

penurunan jumlah ikan secara keseluruhan (Connel dan Miller, 1995).

Jika kita lihat pada Tabel 3. di atas nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD atau kebutuhan oksigen biologis) dari limbah cair ini sangat tinggi sehingga jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme didalam perairan untuk mendegradasi limbah tersebut, sangat besar. Bahan organik akan diuraikan oleh mikroorganisme menjadi gas CO_2 , H_2O dan gas NH_3 . Gas NH_3 inilah yang menimbulkan bau busuk. Demikian juga dengan angka *Chemical Oxygen Demand* (COD atau kebutuhan oksigen kimiawi) sangat tinggi sehingga akan membutuhkan oksigen yang sangat besar agar limbah cair tersebut dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Dalam hal ini limbah organik akan dioksidasi oleh Kalium bikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) menjadi gas CO_2 dan H_2O serta ion Chrom (Wardhana, 2004).

2.3 Koagulasi dan Flokulasi

2.3.1 Koagulasi

Koagulasi merupakan suatu proses untuk membuat partikel-partikel kecil (koloid) bergabung dengan yang lain sehingga membentuk flok yang lebih besar. Proses koagulasi dapat didefinisikan sebagai proses penggumpalan melalui reaksi kimia dengan mencampurkan suatu zat pereaksi (koagulan) sesuai dengan zat terlarut, membentuk flok-flok kecil.

Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses koagulasi yaitu:

a. Dosis koagulan

Bila dosis koagulan kurang, maka tumbukan antara partikel dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga terjadi pembentukan flok yang kurang baik. Bila dosis koagulan brlebih, akan menyebabkan partikel kembali bermuatan, sehingga akan menaikkan harga *turbidity* dan warna.

b. Kecepatan Pengadukan

Pengadukan dilakukan dengan cepat agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi cukup besar dan sempurna serta penyebaran koagulan dapat merata.

c. Waktu Pengadukan

Lamanya waktu pengadukan dapat mempengaruhi terbentuknya flok. Bila pengadukan yang dilakukan terlalu lama, dapat mengakibatkan flok yang telah terbentuk pecah kembali.

2.3.2 Flokulasi

Flokulasi adalah proses pengadukan lambat agar campuran koagulan dan air baku yang telah merata membentuk gumpalan atau flok dan dapat mengendap dengan cepat. Tujuan utama flokulasi adalah membawa partikel ke dalam hubungan sehingga partikel-partikel tersebut saling bertabrakan, kemudian melekat, dan tumbuh mejadi ukuran yang siap turun mengendap. Pengadukan lambat sangat diperlukan untuk membawa flok dan menyimpannya pada bak flokulasi.

2.4 TSS (*Total Suspended Solid*)

Total Suspended Solid (TSS) adalah salah satu parameter yang digunakan untuk pengukuran kualitas air. Pengukuran TSS berdasarkan pada berat kering partikel yang terperangkap oleh filter, biasanya dengan ukuran pori tertentu. Umumnya, filter yang digunakan memiliki ukuran pori 0,45 μm . Nilai TSS dari contoh air biasanya ditentukan dengan cara menuangkan air dengan volume tertentu, biasanya dalam ukuran liter melalui sebuah filter dengan ukuran pori-pori tertentu. Sebelumnya, filter ini ditimbang dan kemudian beratnya akan dibandingkan dengan berat filter setelah dialirkan air setelah mengalami pengeringan. Berat filter tersebut akan bertambah disebabkan oleh terdapatnya partikel-partikel tersuspensi yang terperangkap dalam filter tersebut. Padatan yang tersuspensi ini dapat berupa bahan-bahan organik dan anorganik. Satuan TSS adalah miligram per liter (mg/l).

2.5 pH

Nilai pH menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air (Pescod, 1973). Kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah perairan tersebut bersifat asam atau basa (Barus, 2002), sedangkan pH limbah cair tempe cenderung asam.

2.6 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Kebutuhan oksigen kimiawi atau COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Dalam hal ini, bahan buangan organik akan dioksidasi oleh kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion krom. Kalium bikromat digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*). Oksidasi terhadap bahan buangan organik akan mengikuti reaksi berikut:



Reaksi tersebut perlu pemanasan dan juga penambahan katalis perak sulfat (Ag_2SO_4) untuk mempercepat reaksi. Setelah reaksi oksidasi selesai, maka akan berubah menjadi hijau. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan organik sama dengan jumlah kalium bikromat yang dipakai pada reaksi oksidasi, berarti semakin banyak oksigen yang diperlukan semakin banyak juga kalium bikromat yang terpakai.

2.7 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB) atau BOD adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air.

Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendisain sistem-sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Penguraian zat organik adalah peristiwa alamiah, jika suatu badan air dicemari oleh zat organik, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi

tersebut yang bisa mengakibatkan kematian ikan–ikan dalam air dan keadaan menjadi anaerobik dan dapat menimbulkan bau busuk pada air.

2.8 Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan adalah sifat optis dari suatu larutan, yaitu hamburan dan adsorpsi cahaya yang melaluinya. Uji kekeruhan adalah mengukur suatu sifat optik dari suatu sampel air yaitu hasil penyebaran dan penyerapan cahaya oleh bahan–bahan partikel yang terdapat dalam sampel. Jumlah dari kekeruhan yang terukur tergantung pada berbagai macam variable seperti ukuran, bentuk dan indeks refraksi dari partikel. Kekeruhan tidak mempunyai hubungan langsung terhadap berat berbagai bahan yang terdapat pada suspensi karena bentuk dan indeks refraksi dari berbagai partikel mempunyai efek terhadap penyebaran sinar dari suspensi (Alerts dan Sri, 1978).

Ada tiga metode pengukuran kekeruhan, yaitu:

1. Metode Neflometrik (unit kekeruhan NTU dan FTU)
2. Metode Helliege Turbidimeter (unit kekeruhan Silika)
3. Metode Visuil (unit kekeruhan Jakson)

Kekeruhan dapat dihilangkan melalui penambahan sejenis bahan kimia dengan sifat–sifat tertentu seperti tawas, garam–garam Fe (III) atau suatu polielektrolit organik. Selain penambahan flokulan diperlukan pengadukan sampai flok–flok terbentuk. Flok–flok ini mengumpulkan partikel–partikel kecil dan akhirnya mengendap.