

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Proses Produksi Tempe

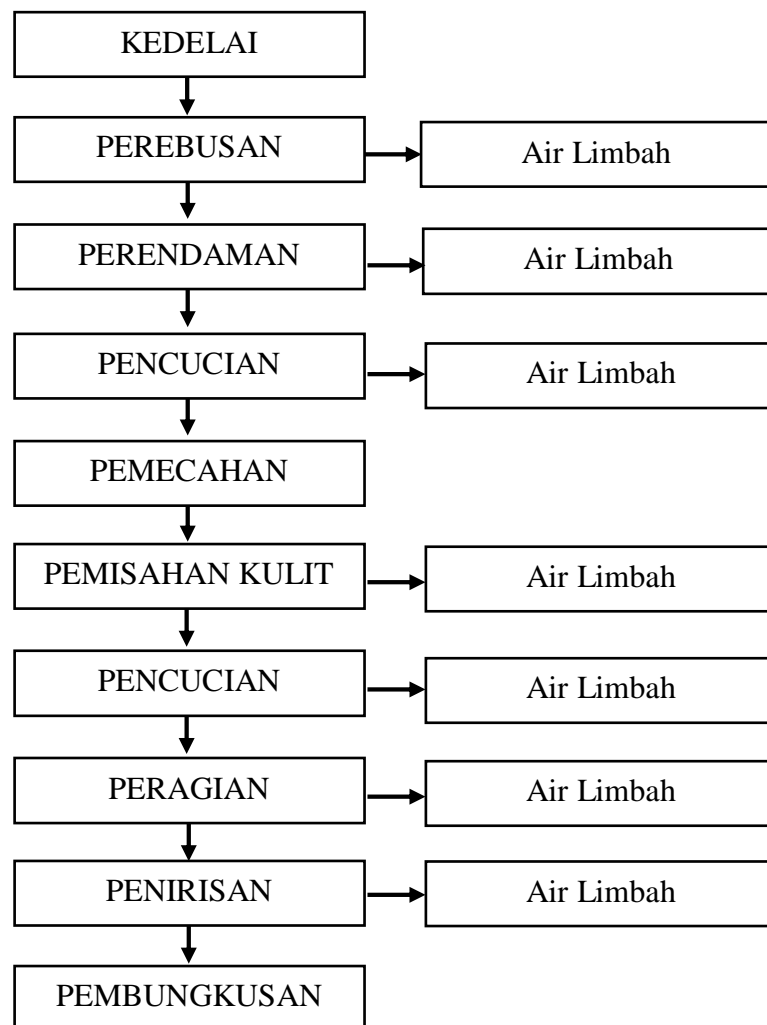
Tempe terbuat dari kacang kedelai menggunakan air panas untuk perendaman dan air dingin untuk pencucian, tepung tapioka dan ragi tempe (*Rhizopus oligosporus*) ditambahkan untuk proses fermentasi, pembungkus dapat menggunakan daun pisang atau plastik. Pencucian dan perebusan kacang kedelai menggunakan panci dan langsung. Sedangkan tampah digunakan untuk tempat pendinginan dibantu dengan kipas angin (Alvina and Hamdani 2019).

Alur pembuatan tempe sebagai berikut :

1. Bersihkan kedelai dari benda asing seperti batu dan lainnya kemudian cuci dengan air
2. Simpan dalam panci , tuangkan air mendidih sehingga semua biji kedelai terendam dalam air selama 12 jam
3. Cuci kembali dengan air dingin dan aduk-aduk dengan tangan sampai semua kulit kedelai terkelupas dan bijinya terbelah
4. Buang kulit yang terkelupas
5. Kedelai yang sudah bersih dikukus selama 30 menit sampai terlihat empuk, kemudian tebarkan dalam tampah yang bersih dan kering
6. Tambahkan tepung tapioca 1 sendok makan untuk 1 kg kedelai dan aduk sampai rata
7. Kipas sampai suhu kamar sekitar 30°C
8. Taburkan ragi tape (*Rhizopus oligosporus*) sesuai kebutuhan,

9. Kemas dengan pembungkus, biasa menggunakan plastik atau daun pisang
10. Jika dengan plastik, tusuk-tusuk plastik dengan jarum hingga merata.

Secara umum proses produksi tempe hampir sama, mulai dari sortasi/pemilihan, perebusan, perendaman, pencucian, pemecahan, pemisahan kulit, pencucian peragian, penirisan dan pembungkusan. Proses produksi tempe dapat dilihat pada gambar.



Gambar 1. Bagan Alir Produksi Tempe

B. Limbah Cair

Limbah adalah bahan sisa atau buangan dari suatu kegiatan dan proses produksi yang sudah tidak terpakai lagi dan tidak memiliki nilai ekonomi melainkan bisa sangat membahayakan jika sudah mencemari lingkungan sekitar. Bentuk limbah yang dihasilkan oleh industri dapat berupa limbah cair dan limbah padat (Adi Putra 2020). Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan biologi sehingga akan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya kuman penyakit atau kuman lainnya yang merugikan baik pada produk tempe sendiri ataupun tubuh manusia. Bila dibiarkan air limbah akan membuat air sungai menjadi keruh dan berbau busuk, bau busuk ini yang mencemari udara mengganggu pernapasan. Apabila air limbah ini merembes ke dalam tanah yang dekat dengan sumur maka air sumur juga ikut tercemar. Menurut (Suharno dan Asmadi 2012) karakteristik air limbah dibagi menjadi tiga yaitu :

1. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik limbah cair terkait dengan estetika karena sifat fisiknya yang mudah terlihat dan dapat diidentifikasi secara langsung. Karakteristik limbah cair meliputi: padatan total (total solid), bau, temperatur, kepadatan (*density*), warna dan kekeruhan.

2. Karakteristik Kimia

Kandungan bahan kimia dalam air limbah dapat merugikan lingkungan, bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam air sungai serta

akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada pengolahan air bersih, bahan yang beracun dapat menyebabkan kerusakan rantai makanan dan mempengaruhi kesehatan masyarakat. Nutrien dapat menyebabkan eutrofikasi pada danau. (Suharno dan Asmadi 2012) menyatakan bahwa secara umum karakteristik kimia limbah cair terbagi menjadi 2 yaitu:

- a. Zat Organik Air limbah mengandung kurang lebih 75% *suspended solid* (SS) dan padatan yang dapat disaring dalam bentuk zat organik. Senyawa organik biasanya terdiri dari lemak, protein, dan karbon. Zat organik ini mudah sekali mengalami pembusukan oleh bakteri dengan menggunakan oksigen terlaru.
 - b. Zat Anorganik dalam parameter limbah cair yang tergolong dalam zat anorganik antara lain : pH, Alkalinitas, Logam dan gas. Senyawa anorganik dari bentuk padatan ada garam, kalsium karbonat dan hidroksida, sedangkan pada bentuk cair ada air dan asam sulfat.
3. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi Air limbah biasanya mengandung mikroorganisme yang memiliki peranan penting dalam pengolahan air limbah secara biologi, tetapi ada juga mikroorganisme yang membahayakan bagi kehidupan, mikroorganisme tersebut antara lain: bakteri, alga dan jamur.

C. Limbah Cair Industri Tempe.

Limbah cair dari hasil produksi tempe tentu saja mengandung beberapa zat bahan – bahan organik yang terkandung dalam limbah tempe sangat tinggi seperti karbohidrat, protein, lemak, dan minyak. Diantara keseluruhan senyawa

organik tersebut, kandungan yang paling dominan adalah protein yang sulit diuraikan oleh mikroorganisme di alam (Promudyanto 1987).

Menurut Perda DIY No. 7 Tahun 2016, bahwa setiap industri tempe wajib melakukan pemantauan kualitas air limbah yang dihasilkan dengan parameter penting adalah :

1. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk memecahkan bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendesain sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi (Santika 1987).

Berkurangnya oksigen selama oksidasi ini sebenarnya selain digunakan untuk oksidasi bahan organik, juga digunakan dalam proses sintesa sel serta oksidasi sel dari mikroorganisme. Oleh karena itu uji BOD ini tidak dapat digunakan untuk mengukur jumlah bahan-bahan organik yang sebenarnya terdapat di dalam air, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah konsumsi oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut. Semakin banyak oksigen yang dikonsumsi, maka semakin banyak pula kandungan bahan-bahan organik di dalamnya (Kristanto 2002).

Oksigen yang dikonsumsi dalam uji BOD ini dapat diketahui dengan menginkubasikan contoh air pada suhu 20°C selama lima hari. Untuk memecahkan bahan-bahan organik tersebut secara sempurna pada suhu 20°C sebenarnya dibutuhkan waktu lebih dari 20 hari, tetapi untuk praktisnya diambil waktu lima hari sebagai standar. Inkubasi selama 5 hari tersebut hanya dapat mengukur kira-kira 68% dari total BOD (Sasongko Setia B. 1990).

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi. Tingginya COD 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 (Nurhasanah, 2009).. Berkurangnya oksigen terlarut dalam air akan menyebabkan kematian pada biota air dan merusak ekosistem didalamnya. Pengukuran nilai COD biasanya dilakukan pada air limbah industri atau perairan yang terkontaminasi. COD diukur dengan cara inkubasi sampel air limbah dengan senyawa oksidan kuat, selama penentuan COD hampir seluruh senyawa organik teroksidasi menjadi karbon dioksida, tingginya nilai COD akan menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air.

3. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal atau lebih besar

dari ukuran partikel koloid. Bagian yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. TSS umumnya dihilangkan dengan cara flokulasi dan penyaringan. TSS memberikan kontribusi untuk kekeruhan (*turbidity*) dengan membatasi penetrasi cahaya untuk fotosintesis dan visibilitas di perairan sehingga nilai kekeruhan tidak dapat dikonversi ke nilai TSS (Sutrisno 1991).

4. TDS (*Total Suspended Solid*)

TDS (*Total Suspended Solid*) adalah jumlah zat padat terlarut yang merupakan salah satu indikator dari jumlah partikel atau zat berupa senyawa anorganik umum, yaitu kalsium, magnesium, kalium, natrium maupun sebagian kecil bahan organik. Kadar TDS tinggi dapat disebabkan oleh padatan terlarut yang menyebabkan peralatan dapur, peralatan rumah tangga maupun pipa menjadi berkerak. Selain itu dapat menyebabkan sabun maupun deterjen tidak berbusa. Keberadaan TDS dalam konsentrasi tinggi di badan air dapat menyebabkan terjadinya pencemaran dan kematian terhadap organisme air karena akan mengurangi kemampuan badan air dalam menjaga ekosistem air (Ilyas NI, Nugraha WD, and Sumiyati S 2013).

5. pH

pH adalah derajat asam dan basa yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasahan yang dimiliki oleh suatu larutan. pH normal untuk air limbah sebelum dibuang ke lingkungan adalah 6-9 menurut (Permen LHK. RI No. 5 2016).

6. Suhu

Suhu atau temperatur adalah ukuran panas atau dinginnya air limbah. Suhu merupakan parameter yang sangat penting dikarenakan efeknya terhadap reaksi kimia, laju reaksi, kehidupan organisme air dan penggunaan air untuk berbagai aktivitas sehari-hari. Kenaikan temperatur sebesar 10°C dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen sebesar 10% dan akan mempercepat metabolisme 2 kali lipat (Indrayani 2018).

D. Dampak Limbah Cair Industri Tempe.

Proses produksi tempe memerlukan banyak air yang kemudian menjadi limbah, Jika limbah tersebut langsung dibuang ke perairan maka dalam waktu yang relatif singkat akan menimbulkan bau busuk dari gas H₂S, amoniak ataupun fosfin sebagai akibat dari terjadinya fermentasi limbah organik tersebut (Wardoyo 1975). Ketidak seimbangan 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. Menurut (Wiryani, 2007) Bahan yang terbuang dalam proses pembuatan tempe yang berasal dari 1000 gram tempe kedelai adalah sebesar 21,9 % yang terdiri dari 8 % kulit, 12,2 % larut dalam proses perebusan dan 1,7 % hilang pada proses inkubasi.

Kebutuhan oksigen untuk proses penguraiannya lebih banyak dari pada pemasukan oksigen keperairan, sehingga 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 (Wiryani, 2007). Dampak lain adalah air sungai menjadi kotor dan keruh, banyak biota sungai yang yang terganggu, serta warga yang mempergunakan air sungai akan mengalami penyakit gatal maupun diare.

Limbah industri tempe dapat menimbulkan masalah bagi kesehatan dan lingkungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam jangka waktu panjang maupun pendek. Oleh karena itu dibutuhkan nilai baku mutu bagi industri tempe dengan tujuan dapat mengatur kandungan limbah cair yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan

E. Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe.

1. Biofilter Aerobik.

Proses pengolahan limbah secara *aerobik* adalah proses pengolahan limbah yang memanfaatkan mikroorganisme *aerobik* dengan menggunakan oksigen sebagai energi untuk metabolisme dari bakteri tersebut. Proses pengolahan limbah cair secara *aerobik* dimana pada proses fermentasi ini membutuhkan bantuan suplai udara yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan bakteri pengurainya. Udara dipompa ke reaktor *aerobik* dengan laju 4 L/menit melewati sparger yang dipasang pada bagian bawah reaktor. (Hadiwidodo et al. 2012).

2. Biofilter Anaerobik.

Biofilter anaerob merupakan salah satu pengolahan air limbah dengan bantuan mikroorganisme tanpa udara dalam pengolahannya. Proses ini merupakan proses pengolahan air limbah secara biologi. Pengolahan air

limbah dengan *biofilter anaerob* efektif dalam mengelola kadar COD dan sangat efektif dalam mengolah total coliform. Efektivitas ini terjadi karena ada mikro organisme (bakteri *Flavobacterium*, *Pseudomonas* dan *Bosea*) di dalam IPAL yang membantu mendegradasi bahan organik dalam air limbah (Nurfitri Hariyani dan S Sarto 2018). *Biofilter Anaerob* menggunakan media *filter* yang ditujukan untuk tempat melekatnya mikroorganisme agar dapat melakukan proses perkembangbiakan. (Hadiwidodo et al. 2012) menyatakan bahwa dalam memilih media biofilter ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi antara lain : permukaan media sebagai pelekatan (adhesi) bakteri, Parameter dalam air limbah dan sifat media sesuai dengan teknik aplikasinya. Media *biofilter* yang sering digunakan seperti :

a. Batu kerikil.

Penggunaan media kerikil dalam reaktor biofilter anaerob mempunyai beberapa keuntungan seperti luas permukaan yang besar, dan mikroorganisme dapat hidup dan melekat pada permukaannya. Penyumbatan yang terjadi pada kerikil sangat kecil dan volume rongganya besar dibandingkan dengan media lain serta mudah didapat dan relatif lebih murah (Hadiwidodo et al. 2012). Kerikil atau batu kali pecah memiliki luas permukaan sekitar 1-2 cm² dapat menurunkan kadar BOD sampai 95% digunakan untuk mengolah air limbah domestik (Sugito 2012).

b. Genteng.

Genteng merupakan komponen atap rumah dengan berbagai jenis. Genteng jenis tanah liat dan beton mempunyai permukaan dengan pori-pori kecil yang hampir tidak terlihat sehingga merupakan tempat tinggal yang baik untuk bakteri. Media filter dengan pecahan genteng berfungsi menahan padatan biologis dalam reaktor baik sebagai *fixed film* yang terendam dalam rongga pori genteng (Zaman 2008).

c. Keramik.

keramik ialah semua barang/bahan yang dibuat dari bahan tanah/bahan silikat yang proses pembuatannya melalui pembakaran pada suhu tinggi, umumnya keramik digunakan untuk pelapis lantai pada konstruksi bangunan. Pemilihan media untuk biofilter sangat tergantung pada permukaan media sebagai tempat melekatnya mikroorganisme secara biologis, Penggunaan biring/cincin keramik sebagai media filter karena permukaan yang berpori bertujuan sebagai media melekatnya mikroorganisme untuk mendegradasi bahan dan zat dalam air limbah (Al Kholif et al. 2022).

d. Bioball.

Bioball adalah potongan plastik berbentuk bulat, dirancang sebagai media bakteri dengan banyak sudut dan celah yang berbeda untuk dijadikan rumah bakteri. Bioball juga media filtrasi karena bentuk dan ukuran yang sama sehingga dapat menyaring kotoran besar dalam sistem filtrasi (Mandiri 2020).

3. Tahap *Seeding* dan *Aklimatisasi*.

Sebelum melakukan proses pengolahan limbah cair, media biofilter dilakukan proses *seeding* dengan tujuan untuk memperoleh sejumlah mikroorganisme aktif yang berperan dalam penguraian senyawa organik. *Seeding* dilakukan menggunakan air limbah yang dialirkan secara kontinyu selama kurang lebih 7 hari untuk mendapatkan *biomasa* yang aktif mampu mendegradasi bahan organik, diperlukan waktu adaptasi dinamakan *aklimatisasi* bagi mikroorganisme agar dapat menyesuaikan diri dengan limbah yang akan diolah. Proses *aklimatisasi* bakteri dilakukan untuk mendapatkan kultur mikroorganisme yang stabil dan dapat beradaptasi dengan air limbah pada eksperimen. Proses *aklimatisasi* dilakukan dengan aliran air limbah selama 8 hari sampai diperoleh kondisi *steady state*, hal ini dimaksudkan agar mikroorganisme dapat hidup secara stabil di dalam reaktor (Mulyani 2012).

Proses *aklimatisasi* dilakukan pada bak biofilter secara kontinyu dengan mengalirkan takaran air limbah bertahap dengan perbandingan yang akan selesai jika air limbah tergantikan 100%. Selama proses ini akan dilakukan uji pengamatan visual pada filter/media apakah biofilm telah terbentuk seperti berwarna sedikit keruh. Untuk proses *seeding* dan *aklimatisasi* dilakukan selama kurang lebih 2 minggu (Pamungkas 2015).

F. Baku Mutu.

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada atau unsur pencemar yang diperbolehkan

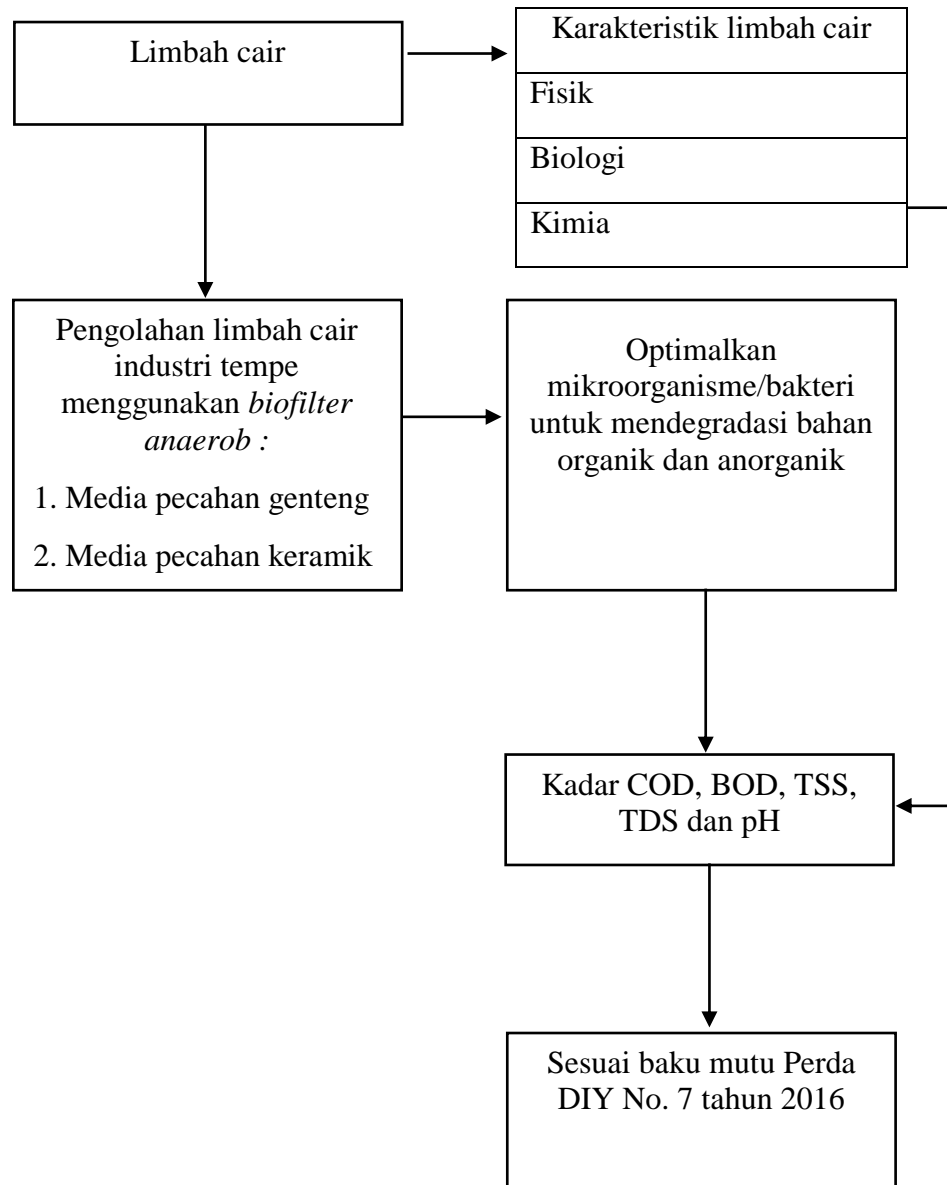
keberadaannya di dalam air. Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta telah menetapkan Baku Mutu Air Limbah melalui Perda. DIY no.7 tahun 2016 tentang baku mutu untuk kegiatan industri tempe dapat dilihat pada (Lampiran 5. Halaman 65) :

Tabel 2. Baku Mutu Air Limbah Untuk Kegiatan Industri Tempe

Parameter	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (kg/ton)
BOD ₅	150	1,5
COD	300	3
TSS	100	1
TDS	2.000	20
Suhu	± 3°C terhadap suhu udara	
pH	6,0 – 9,0	
Debit limbah paling banyak (m ³ /ton)	10	

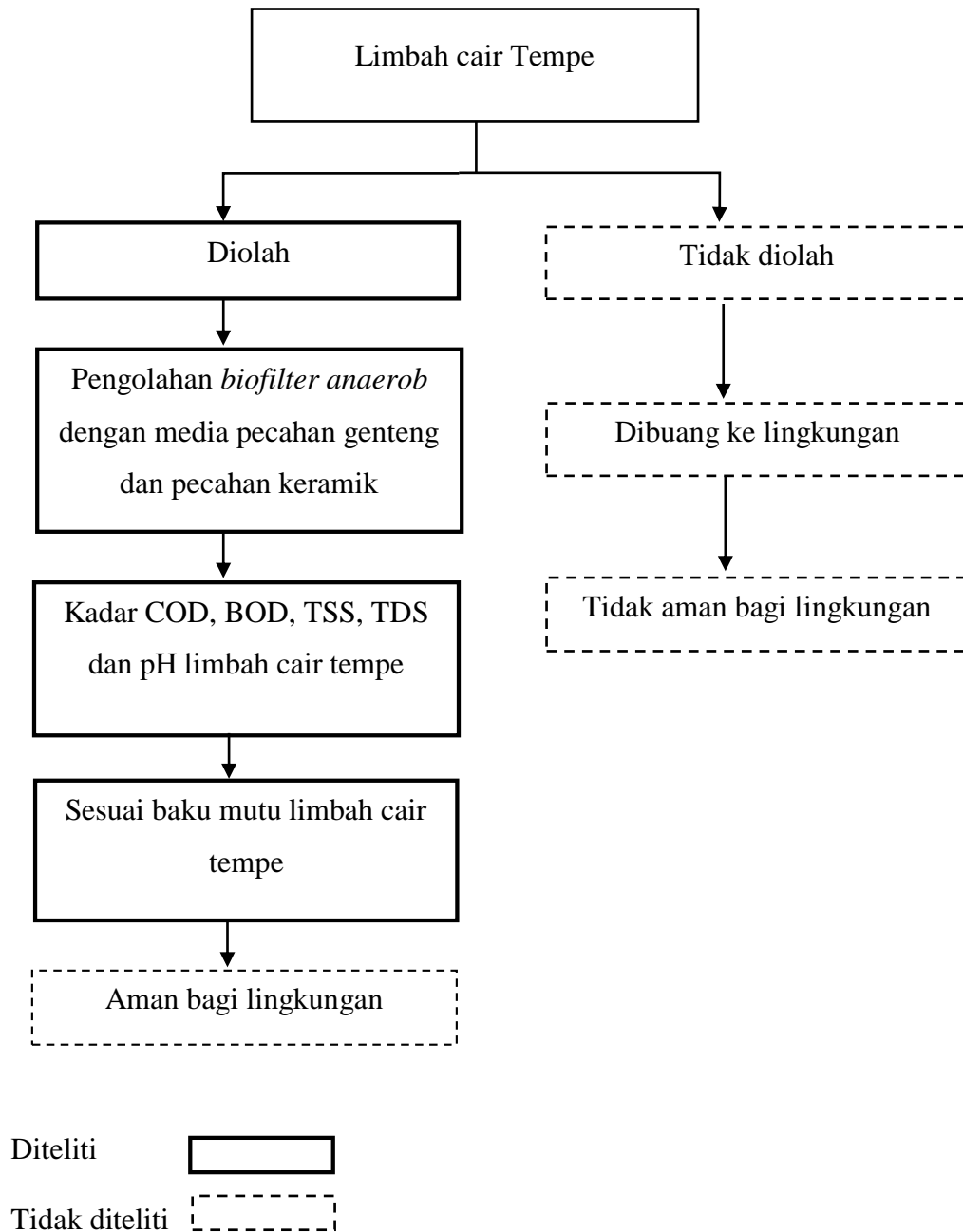
Sumber : Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

G. Kerangka Teori.



Gambar 2. Kerangka Teori

H. Kerangka Konsep



Gambar 3. Kerangka Konsep

I. Hipotesis Penelitian.

1. Hipotesis Mayor.

Pengolahan *biofilter anaerob* media pecahan genteng dan pecahan keramik efektif memperbaiki kadar COD, BOD, TSS, TDS dan pH limbah cair industri tempe MM sesuai dengan baku mutu.

2. Hipotesis Minor.

- a. Pengolahan *biofilter anaerob* media pecahan genteng dan pecahan keramik efektif memperbaiki kualitas kimia yaitu COD, BOD dan pH limbah cair industri tempe MM sesuai dengan baku mutu.
- b. Pengolahan *biofilter anaerob* media pecahan genteng dan pecahan keramik efektif memperbaiki kualitas fisik yaitu TSS dan TDS limbah cair industri tempe MM sesuai dengan baku mutu.