

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan bakteri kotoran ternak yang ditambahkan EM4 untuk dijadikan serbuk yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Penelitian Putra *et al.*, (2016) melakukan penelitian pemanfaatan kotoran sapi untuk dijadikan penjernihan air limbah tahu secara semi-*batch* dengan reaktor volume kerja 20 dan 5 liter. Hasil yang didapatkan hasil uji parameter COD total turun paling banyak pada rasio R1 (782,68 mg/L/hari) dan rasio R3 (277,06 mg/L/hari) dengan pembentukan biogas tertinggi 50,4 ml dan terendah 277,06 mg/L tanpa pembentukan volume biogas.

Penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan bakteri kotoran ternak yang ditambahkan EM4 untuk dijadikan serbuk yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Penelitian Febriningrum dan Astawa, (2022) mengolah limbah tanpa oksigen dengan proses sedimentasi menggunakan lumpur aktif dengan penambahan bakteri *Lactobacillus casei* dan *feses sapi*. *Anaerobic Buffled Reactor* (ABR) mengubah material organik menjadi gas metana, ammonia, dan hidrogen sulfida. Hasil yang didapatkan hasil uji selama 6 hari rasio *feses sapi* dan lumpur aktif 1:4, proses *batch* terbaik menghasilkan penyisihan COD sebesar 81,63%.

Penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan bakteri kotoran ternak yang ditambahkan EM4 untuk dijadikan serbuk yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Penelitian Perkins *et al.*, (2016) melakukan pemanfaatan *feses sapi* dan kotoran manusia yang merupakan sumber pencemaran untuk diketahui tingkat pembusukan FIB (*E. Coli*, *enterococci*, dan *coliforms*). Hasil yang didapatkan tingkat kelangsungan hidup FIB di lingkungan akuatik spesifik sistem, bergantung pada spesies dan sumbernya, serta dipengaruhi oleh konsentrasi SPM.

Penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan bakteri kotoran ternak yang ditambahkan EM4 untuk dijadikan serbuk yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Penelitian Quraishi *et al.*, (2018) melakukan pemanfaatan kotoran sapi sebagai *inoculum* mikroba dalam bioremediasi air limbah dari

industri. Hasil yang didapatkan penggunaan kotoran sapi untuk limbah industri tidak rasional dan tidak berkelanjutan.

Penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan bakteri kotoran ternak yang ditambahkan EM4 untuk dijadikan serbuk yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Penelitian Karimi *et al.*, (2016) melakukan pemanfaatan sisa makanan, sayuran dan buah-buahan, kotoran sapi dan lumpur untuk mengetahui kualitas mikroba kascing yang dihasilkan dan membandingkannya dengan standar yang ada. Hasil yang didapatkan terdapat penurunan yang signifikan, jumlah koliform tinja dalam kotoran lumpur dan limbah rumah tangga. Karena selama 8 minggu setelah permulaan, konsentrasi koliform tinja menurun menjadi 1.500 (MPN/g) dalam sampel mentah.

Penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan bakteri kotoran ternak yang ditambahkan EM4 untuk dijadikan serbuk yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Penelitian Silalahi *et al.*, (2018) melakukan pengolahan anaerob satu tahap dan dua tahap terhadap kinerja bioreaktor dalam pengolahan limbah cair tahu. Hasil yang didapatkan untuk anaerob satu tahap, efisiensi penyisihan COD adalah 76,6%, dan untuk anaerob dua tahap, efisiensi adalah 83,05%.

Penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan bakteri kotoran ternak yang ditambahkan EM4 untuk dijadikan serbuk yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Penelitian Sahendra *et al.*, (2021) telah melakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana rasio massa dan waktu kontak adsorben campuran dari kotoran sapi dan ampas tebu mempengaruhi parameter pengolahan limbah cair pabrik gula. Hasil penelitian terbaik mencapai 12 mg/L COD, 26,67 mg/L TSS, pH 6, dan 28,72 mg/L BOD.

Penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan bakteri kotoran ternak yang ditambahkan EM4 untuk dijadikan serbuk yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Penelitian Radha & Rao, (2014) melakukan analisis komposisi mikroba dari tiga sediaan biodinamik (PG, BD500, dan CPP) dari kotoran sapi yang digunakan dalam pertanian organik. Hasil penelitian identifikasi dan karakterisasi bakteri yang dapat dikultur dari kotoran sapi menunjukkan bahwa

Bacillus spp mendominasi. Dan juga menunjukkan keberaraan *L. xylanilyticus* dan *B. licheniformis* dalam sediaan biodinamik.

Penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan bakteri kotoran ternak yang ditambahkan EM4 untuk dijadikan serbuk yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Penelitian (Bhatt & Maheshwari, 2019) melakukan identifikasi sejumlah bakteri dari kotoran sapi untuk menentukan kemampuan mobilitas Zn (Zno dan Znc) dan menetapkan kondisi terbaik untuk pelarutan seng. Hasil penelitian bakteri CDK25 (*Bacillus megaterium*) dapat dimanfaatkan untuk mengelola hara zink, zat pemacu pertumbuhan, dan penambahan zink ke tanah.

Penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan bakteri kotoran ternak yang ditambahkan EM4 untuk dijadikan serbuk yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Penelitian (Iwuozor *et al.*, 2022) melakukan penelitian untuk mengetahui seberapa efektif adsorben berbasis kotoran sapi yang digunakan untuk menyerap berbagai jenis polutan dari media berair. Hasil penelitian adsorben berbasis kotoran sapi telah menunjukkan potensi yang baik sebagai adsorben dalam mengurangi polutan air.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1.	(Iwuozor <i>et al.</i> , 2022)	Untuk mengetahui seberapa efektif adsorben berbasis kotoran sapi yang dibuat karbon aktif sebagai media penjerapan berbagai jenis polutan didalam air limbah.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben berbasis kotoran sapi telah menunjukkan potensi yang baik sebagai adsorben karbon aktif dalam mengurangi polutan air.	Bahan baku, variasi penelitian tujuan penelitian

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
2.	Febriningrum & Astawa, (2022)	Untuk mengetahui bagaimana penambahan bakteri <i>Lactobacillus casei</i> dan <i>feses sapi</i> berdampak pada penurunan kadar COD, TSS, VSS, dan pH	Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama 6 hari rasio <i>feses sapi</i> dan lumpur aktif 1:4, proses <i>batch</i> terbaik menghasilkan penyisihan COD sebesar 81,63%, penyisihan TSS sebesar 1.300 mg/L, penyisihan VSS sebesar 1.200 mg/L dan nilai pH akhir sebesar 8,0.	Bahan tambahan EM4, variasi penelitian, dan tujuan penelitian.
3.	Sahendra <i>et al.</i> , (2021)	Untuk mengetahui bagaimana rasio massa dan waktu kontak adsorben campuran dari kotoran sapi dan ampas tebu berdampak pada parameter pengolahan limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik gula.	Hasil penelitian terbaik mencapai 12 mg/L COD, 26,67 mg/L TSS, pH 6, dan 28,72 mg/L BOD.	Bahan baku air limbah, variasi penelitian, tujuan penelitian, dan metode penelitian
4.	(Bhatt & Maheshwari, 2019)	Untuk mengetahui identifikasi sejumlah bakteri	Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri CDK25 (<i>Bacillus</i>	Bahan baku, variasi

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		dari kotoran sapi, menentukan kemampuan mobilitas Zn (Zno) dan menetapkan kondisi terbaik untuk pelarutan seng.	megaterium) dapat dimanfaatkan untuk mengelola hara zink, zat pemacu pertumbuhan, dan penambahan zink ke tanah	penelitian tujuan penelitian
5.	Quraishi <i>et al.</i> , (2018)	Untuk mengetahui seberapa efektif kotoran sapi sebagai <i>inoculum</i> mikroba dalam bioremediasi air limbah dari industri limbah.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis mikrobiologis yang dilakukan pada kotoran sapi, bakteri gram negatif memiliki populasi dan stabilitas yang lebih besar daripada bakteri gram positif. Hampir 85% adalah fermentor laktosa, menunjukkan beban patogen dalam kotoran sapi. Studi simulasi pengolahan limbah dengan kotoran sapi menunjukkan penurunan COD 70%, tetapi CleanMaxx dapat mengurangi COD hingga 90%.	Bahan baku air limbah, variasi penelitian, tujuan penelitian, dan metode penelitian

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
6.	Silalahi <i>et al.</i> , (2018)	Untuk mengetahui bagaimana pengolahan anaerob satu tahap dan dua tahap mempengaruhi kinerja bioreaktor dalam pengolahan limbah cair tahu. Penelitian ini dimulai dengan aklimatisasi yang merupakan proses dimana mikroorganisme yang berasal dari kotoran sapi beradaptasi dengan limbah cair tahu.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD adalah 76,6% untuk anaerob satu tahap dan 83,05% untuk anaerob dua tahap. Disisi lain, konsentrasi VFA pada tahap pertama anaerob dua tahap meningkat sebesar 33% dibandingkan dengan tahap pertama anaerob satu tahap.	Bahan baku air limbah, variasi penelitian, tujuan penelitian, dan metode penelitian
7.	Putra <i>et al.</i> , (2016)	Untuk mengetahui bagaimana komposisi campuran air limbah tahu dan kotoran sapi mempengaruhi seberapa efektif penurunan COD	Hasil penelitian menunjukkan bahwa COD total turun paling banyak pada rasio R1 (782,68 mg/L/hari) dan rasio R3 (277,06 mg/L/hari).	Bahan baku air limbah, variasi penelitian, dan tujuan penelitian.

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		total pada proses anaerob.		
8.	Perkins <i>et al.</i> , (2016)	Untuk mengetahui tingkat pembusukan <i>faecal indicator bacteria</i> (<i>E. Coli</i> , <i>enterococci</i> , dan <i>coliforms</i>) yang berasal dari dua sumber yang berbeda, yaitu <i>feses sapi</i> (yang merupakan sumber pencemaran yang menyebar) dan kotoran manusia (yang merupakan sumber pencemaran titik) dalam kaitannya dengan tiga konsentrasi <i>suspended particulate matter</i> (rendah, tinggi dan ekstrim) dalam mikrokosmos yang	Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kelangsungan hidup <i>faecal indicator bacteria</i> di lingkungan akuatik spesifik system, bergantung pada spesies dan sumbernya, serta dipengaruhi oleh konsentrasi <i>suspended particulate matter</i> . Studi ini memiliki implikasi penting untuk penilaian risiko yang didasarkan pada daerah tangkapan air dan proporsi sumber pencemaran <i>faecal indicator bacteria</i> di lingkungan perairan.	Bahan baku, variasi penelitian, dan tujuan penelitian.

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		terdiri dari air tawar dan air payau dari muara Conwy, Inggris.		
9.	Karimi et al., (2016)	Untuk mengetahui efektivitas vermicomposting dalam peningkatan kualitas mikroba kompos yang dihasilkan kualitas mikroba kascing yang dibuat dan dibandingkan dengan standar yang ada.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah koliform tinja dalam kotoran lumpur dan limbah rumah tangga turun signifikan. Jumlahnya turun dari 5.000.000 (MPN/g) dalam sampel mentah menjadi 1500 (MPN/g) pada 8 minggu setelah permulaan. Selain itu, hasil menunjukkan bahwa dalam sampel mentah, campuran pupuk kandang, lumpur dan limbah rumah tangga mengandung beberapa parasit telur dalam jumlah 20 per gram.	Bahan baku, variasi penrlitian, tujuan penelitian
10	(Radha & Rao, 2014)	Untuk mengetahui analisis komposisi mikroba dari tiga sediaan biodinamik	Hasil penelitian menunjukkan bahwa identifikasi dan karakterisasi bakteri yang	Bahan baku, variasi penelitian

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		yaitu PG, BD500 dan CPP (Cow pat pit) yang merupakan olahan dari kotoran sapi yang digunakan dalam pertanian organik.	dapat dikultur dari kotoran sapi menunjukkan bahwa <i>Bacillus</i> spp mendominasi. Dan juga menunjukkan keberadaan <i>L. xylinolyticus</i> dan <i>B. licheniformis</i> dalam sediaan biodinamik.	tujuan penelitian

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Inokulum Bakteri

Inokulum bakteri yang dikenal juga sebagai kultur mikroba merupakan kultur mikroorganisme yang diinokulasikan ke dalam medium pada fase pertumbuhan mikroba. Inokulum ini mengandung bahan pengikat mikroba dan mikroba yang dapat melakukan fermentasi seperti ragi. Bahan yang digunakan dalam pembuatan inokulum bakteri dapat menjaga viabilitas bakteri amilolitik dari inokulum (Wardhani *et al.*, 2020).

Jenis mikroba yang ditemukan dalam limbah cair tahu meliputi bakteri asam laktat yang mampu bertahan hidup pada limbah cair tahu. Cara mengetahui bakteri ini dengan menggunakan metode pewarnaan gram dan pengamatan gram dan pengamatan morfologi sel, bakteri asam laktat dapat dilihat dengan perbesaran 1000 kali pada mikroskop. Bakteri ini memiliki peran penting dalam proses bioremediasi limbah cair industri tahu, terutama dalam mengurangi kandungan BOD, COD, dan TSS yang tinggi. Bakteri asam laktat ini dapat menguraikan bahan organik yang ada dalam limbah cair tahu, sehingga mengurangi pencemaran lingkungan perairan (Deffy *et al.*, 2020).



Gambar 2.1 Bakteri Asam Laktat (BAL)

Sumber: Pertiwi, (2023)

2.2.2 Air Limbah Tahu

Air limbah adalah air yang tidak bersih yang mengandung berbagai zat yang dapat membahayakan manusia dan makhluk hidup lainnya (Arief, 2016). Ini biasanya muncul sebagai akibat dari aktivitas manusia, baik di industri maupun rumah tangga. Oleh karena itu, penanganan dan pengolahan limbah diperlukan sebelum limbah dibuang ke lingkungan. Air limbah industri adalah air limbah yang dari proses produksi industri dan pasti akan mengandung bahan yang dihasilkan oleh produksi industri, jadi harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan.

Proses pengolahan tahu dapat menghasilkan dua jenis limbah yaitu limbah cair dan limbah padat (ampas tahu) yang dapat diatasi dengan menggunakannya untuk membuat oncom atau bahan makanan ternak. Sementara limbah cair tahu yang berasal dari perendaman, perebusan, pencucian, penyaringan, pengepresan dan pencetakan tahu serta pencucian alat dan lantai masih mengalami potensi pada pencemaran lingkungan (Samsudin *et al.*, 2018).

Limbah cair tahu mengandung jumlah bahan organik yang lebih besar dibandingkan limbah cair. Kandungan protein limbah cair berkisar antara 40-60 %. Kandungan karbohidrat antara 25 - 50 % dan kandungan lemak antara 10 – 20 %. Bahan organik berkontribusi pada peningkatan konsentrasi sulfur, fosfor, dan nitrogen dalam air. Diketahui bahwa limbah tahu mengandung *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) sebesar 5000 – 10.000 mg/L dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 7000 – 12.000 mg/L. Selain itu, limbah memiliki tingkat kemasaman yang sangat rendah yaitu 4 – 5. Suhu limbah tahu dapat mencapai

suhu 40 – 46 derajat Celcius dan dapat berdampak pada kehidupan biologis, kelarutan oksigen dan gas lainnya serta kerapatan air, viskositas, dan tegangan permukaan (Marian & Tuhuteru, 2019).

Menurut PERMEN LH RI No 5 Tahun 2014, Batas kadar dan jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang ke lingkungan dari kegiatan minyak, gas, dan panas bumi dikenal sebagai baku mutu air limbah. Baku mutu air limbah PERMEN LH RI No 5 Tahun 2014 dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Industri Pengolahan Kedelai Tahu.

No.	Parameter	Kadar Maksimum
1.	BOD	150 mg/L
2.	COD	300 mg/L
3.	TSS	200 mg/L
4.	pH	6 – 9
5.	Kuantitas air limbah Paling tinggi (m ³ /ton)	20

(Sumber: PERMEN LH No. 5 Tahun 2014)

2.2.3 Senyawa Organik

Senyawa organik dalam limbah cair tahu memiliki konsentrasi yang tinggi dan kandungan senyawa anorganik yang relatif rendah. Limbah cair tahu mengandung zat padat tersuspensi seperti potongan tahu yang hancur pada saat pemrosesan, serta kadar protein yang tinggi. Ketika limbah cair tahu dibuang ke sungai, senyawa kompleks dalam limbah cair tahu mengalami peruraian menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses peruraian menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses peruraian ini memerlukan oksigen dalam jumlah besar untuk memperoleh energi, yang dapat mengurangi konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Tingginya konsentrasi zat organik dalam limbah cair tahu, termasuk kandungan amoniak, dapat menyebabkan penurunan kandungan oksigen dalam air. Sehingga kebutuhan oksigen biologi dan kebutuhan oksigen kimia dalam perairan tinggi (Nur *et al.*, 2020).

2.2.4 Proses Aerob

Proses aerob melibatkan penggunaan oksigen untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah menjadi bahan sederhana seperti karbon dioksida dan air (Dhamayanthie dan Fauzi, 2017). Proses ini biasanya dilakukan secara biologis dengan menggunakan mikroorganisme aerob, seperti bakteri (Rahadi *et al.*, 2018). Pengolahan aerob memiliki keuntungan, seperti menghilangkan bau dan membersihkan kontaminan dari air limbah. Namun, proses ini menghasilkan banyak lumpur biologis, membutuhkan banyak energi untuk aerasi, dan biaya operasional yang tinggi. Pengolahan limbah secara aerob biasanya digunakan untuk limbah dengan beban polutan organik yang tidak terlalu tinggi karena mikroorganisme aerob menggunakan oksigen untuk metabolisme bakteri dan menguraikan polutan organik menjadi karbon dioksida, air, dan energi serta sel baru (Said & Santoso, 2015). Bakteri *bacillus sp.* adalah bakteri aerob atau fakultatif anaerob yang sangat resisten terhadap kondisi yang kurang baik seperti suhu, pH, dan salinitas. Berperan dalam menguraikan biomassa organik dan mendaur ulang elemen penting seperti nitrogen, fosfor, dan sulfur (Megasari *et al.*, 2014).

2.2.5 Aklimatisasi

Aklimatisasi adalah proses di mana suatu organisme beradaptasi atau menyesuaikan diri dengan lingkungan barunya. Salah satu langkah yang dilakukan pada material tanaman yang akan dimasukinya (Trimanto, 2016). Proses penyesuaian atau adaptasi organisme, seperti tanaman atau binatang terhadap lingkungan baru yang disebut “aklimatisasi”. Ini terjadi ketika lingkungan berubah dari kondisi heterotrof yang mudah ke kondisi autotrof yang lebih kompleks. Tahap aklimatisasi sangat penting karena dapat memengaruhi berapa banyak tanaman yang dapat hidup dan beradaptasi dengan lingkungan baru (Oktavia *et al.*, 2020).

2.2.6 Kotoran Sapi

Kotoran sapi adalah limbah yang dihasilkan dari pencernaan sapi dan hewan lain dari subfamili *Bovinae*. Warna kotoran sapi dapat berkisar dari kehijauan hingga kehitaman, tergantung pada jenis makanan yang dimakan sapi. Kotoran sapi cenderung menjadi gelap setelah terpapar udara. Kotoran sapi adalah limbah padat dari usaha peternakan sapi yang sering bercampur dengan urine dan gas, seperti metana dan amoniak. Tingkat produksi sapi, jenis, jumlah konsumsi pakan, dan individu ternak masing-masing memengaruhi jumlah unsur hara dalam kotoran sapi (Melsasail *et al.*, 2019).

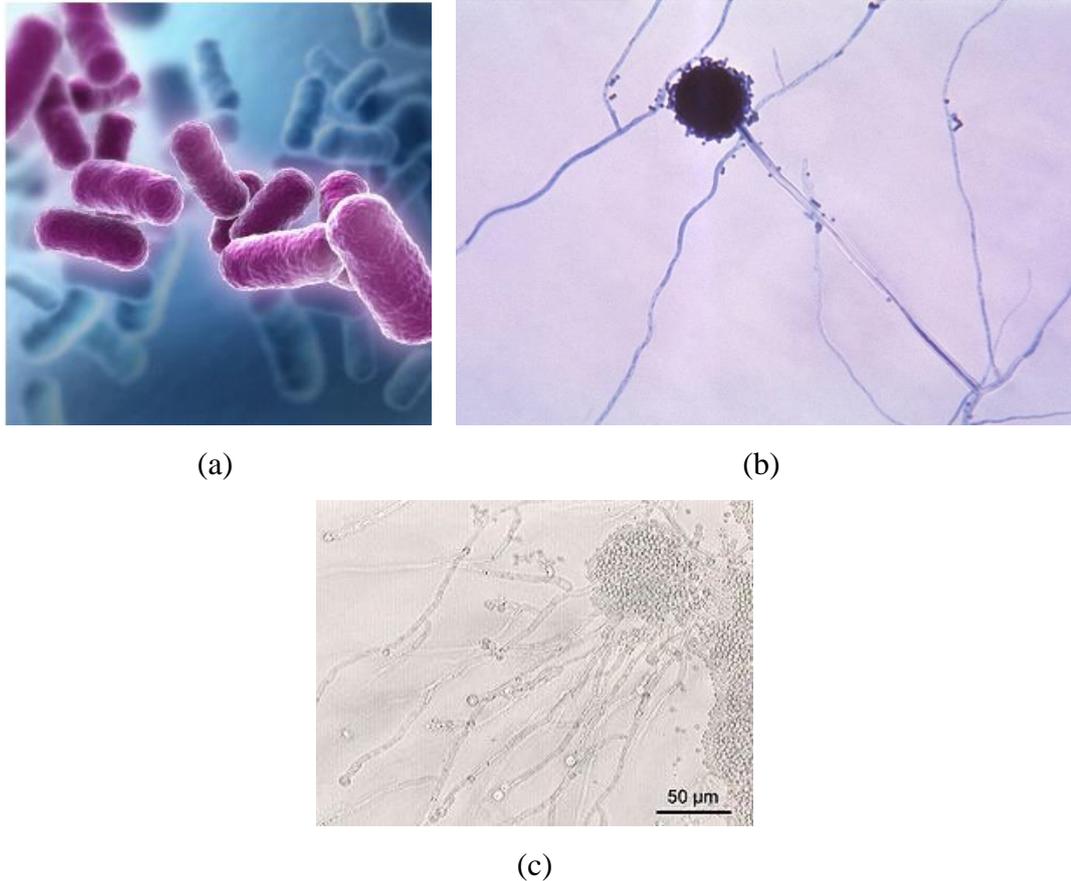


Gambar 2.2 Kotoran Sapi

Sumber: Guhagarkar, (2021)

Kotoran sapi merupakan sumber daya yang berharga dalam pengolahan limbah cair tahu secara aerobik karena mengandung nitrogen, fosfor, kalium, dan berbagai gugus fungsi yang penting. Penggunaan kotoran sapi dalam proses pengolahan limbah dapat meningkatkan efisiensi biodegradasi dan menghasilkan produk akhir yang lebih baik (Melsasail *et al.*, 2019). Jenis mikroba yang terdapat dalam kotoran sapi meliputi beberapa jenis seperti, *Bacillus sp.* bakteri ini memiliki peran penting dalam proses bioremediasi, terutama dalam menguraikan bahan organik yang ada dalam limbah cair industri tahu (Husna *et al.*, 2019). *Aspergillus sp.* jenis kapang ini juga ditemukan dalam kotoran sapi dan dapat berfungsi sebagai starter fermentasi dalam beberapa makanan dan minuman, seperti tempe, oncom, tape, roti, anggur, bir, brem dan lain – lain (Praja &

Yudhana, 2018). *Candida* jenis kapang ini juga terdapat dalam kotoran sapi dan memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim yang dapat merombak senyawa organik kompleks menjadi senyawa sederhana yang sangat dibutuhkan tanaman sebagai sumber nutrisi. Ketiga bakteri ini dapat dilihat dengan perbesaran 1000 kali pada mikroskop dengan metode pewarnaan gram (Marlina, 2021).



Gambar 2.3 Mikroba pada Kotoran Sapi.

(a) Bakteri *bacillus sp.* Sumber: Flori *et al.*, (2020) (b) Bakteri *aspergillus sp.*
Sumber: Khairi, (2022) (c) Bakteri *candida* Sumber: Mutiawati, (2016)

2.2.7 Kotoran Kambing

Kotoran kambing adalah *feses* yang dihasilkan oleh kambing yang berbentuk butiran-butiran hijau tua agak hitam, berbentuk lonjong atau oval, dan mengandung sedikit air (Ismi *et al.*, 2018). Apabila diolah, kotoran kambing mengandung kandungan yang bermanfaat. Kotoran kambing atau biasa disebut domba merupakan salah satu jenis bahan organik yang dapat digunakan dalam

pengolahan air. Kotoran kambing dapat berfungsi sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhan mikroorganisme tertentu yang membantu proses pengolahan air, terutama dalam hal pengolahan limbah (E. Kurniawan et al., 2017). Kotoran kambing sering digunakan dalam teknik biofiltrasi air atau pengolahan limbah organik, di mana mikroorganisme digunakan untuk menguraikan bahan organik dalam limbah (Suryono et al., 2014).

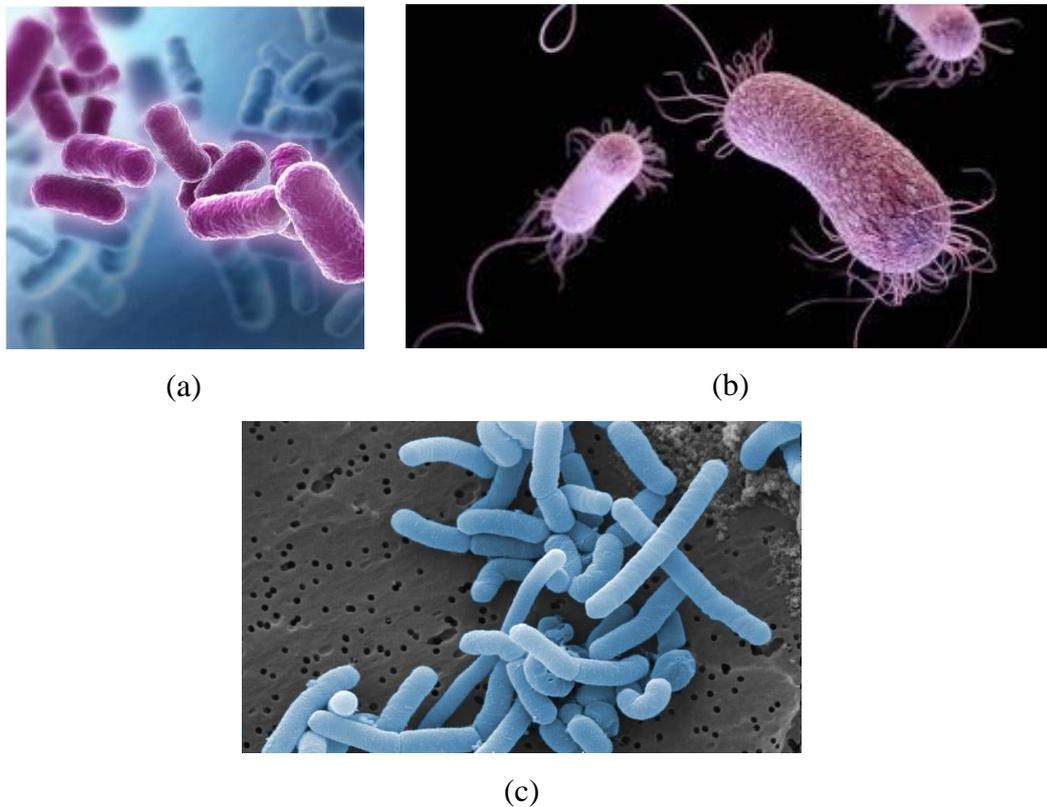


Gambar 2.4 Kotoran Kambing

Sumber: Lukassek, (2018)

Kotoran kambing mengandung nitrogen berkisar antara 2,5% hingga 2,43% fosfor berkisar antara 1,48% hingga 0,73%, kalium 1,35%, kalsium 1,95%, magnesium 0,56% dan mangan 4,68%. Pada kotoran kambing kandungan yang dapat dimanfaatkan pada pengolahan proses aerob yaitu kalium. Karena kandungan kalium merupakan senyawa organik yang dapat menguraikan pada limbah cair tahu (Danial et al., 2020).

Kotoran kambing mengandung berbagai jenis mikroba, termasuk bakteri, kapang, actinomycetes, dan protozoa. Bakteri yang ditemukan dalam kotoran kambing seperti, *bacillus sp.* yang memiliki peran penting dalam proses bioremediasi, terutama dalam menguraikan bahan organik yang ada dalam limbah cair tahu. Bakteri *pseudomonas sp.* mampu mendegradasi hidrokarbon dan dapat digunakan dalam mendegradasi minyak bumi. Bakteri *lactobacillus sp.* memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim yang dapat merombak senyawa organik kompleks menjadi senyawa sederhana yang sangat dibutuhkan tanaman sebagai sumber nutrisi. Ketiga bakteri ini dapat dilihat dengan perbesaran 1000 kali pada mikroskop dengan metode pewarnaan gram (Holifah & Harjono, 2018).



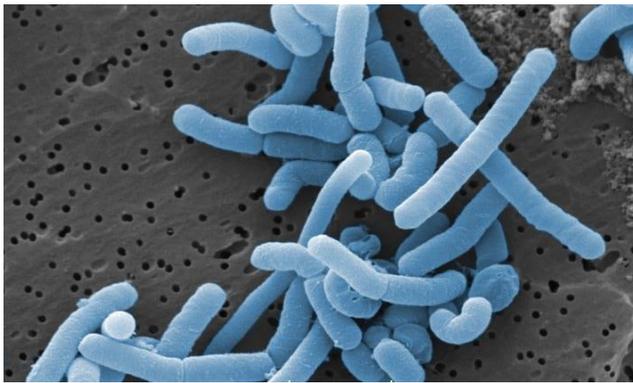
Gambar 2.5 Mikroba pada Kotoran Kambing

(a) Bakteri *Bacillus sp.* .Sumber: Flori *et al.*, (2020) (b) Bakteri *Pseudomonas sp.*
 Sumber: Imron, (2019) (c) Bakteri *Lactobacillus sp.*

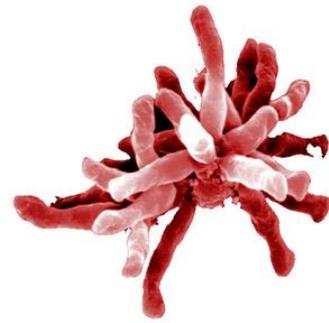
2.2.8 *Effective Microorganisms-4 (EM4)*

EM4 adalah cairan berwarna kecoklatan dengan rasa asam manis (segar) yang mengandung campuran beberapa mikroorganisme hidup yang membantu proses penyerapan dan persediaan unsur hara dalam tanah (Rinaldi *et al.*, 2021). Bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, ragi, aktinomydetes, dan jamur peragian adalah contoh mikroorganisme atau kuman yang berwatak "baik" (Ambarwati *et al.*, 2004). EM4 (*Effective Microorganisms - 4*) untuk degradasi. Inokulan EM4 terdiri dari mikroorganisme yang terdiri dari 90% *Lactobacillus Sp* dan menghasilkan asam laktat, yang dapat mempercepat perombakan bahan organik seperti selulosa dan lignin (Irawan & Suwanto, 2016). Bakteri fotosintetik (*Rhodopseumonas sp*), bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp*), actinomycetes, jamur fermentasi (*Aspergillus dan Penicilium*) dan ragi (*Saccharomyces sp*) adalah beberapa mikroorganisme yang ditemukan di EM4 (Jalaluddin *et al.*, 2016).

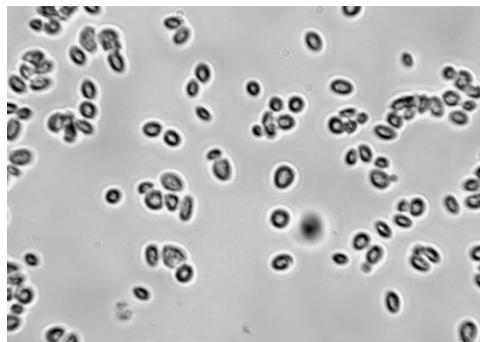
Jenis mikrobakteri yang terkandung dalam *Effective Microorganism – 4* (EM4) seperti, bakteri asam laktat yaitu *lactobacillus sp.* ; bakteri fotosintetik yaitu *rhodoseudomonas palustris*; dan ragi yaitu *saccharomyces cerevisiae* yang dapat ditemukan dalam EM-4. Ketiga bakteri ini dapat dilihat dengan perbesaran 1000 kali pada mikroskop dengan metode pewarnaan gram (Ramaditya *et al.*, 2017).



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.6 Mikroba pada EM4

(a) Bakteri *lactobacillus sp* (b) Bakteri *rhodoseudomonas palustris* Sumber: Mahmudah, (2015) (c) Bakteri *saccharomyces cerevisiae* Sumber: Tamam, (2016)

2.3 Karakteristik Serbuk Aerob

2.3.1 Kadar Air

Kadar air untuk serbuk aerob adalah jumlah kandungan air yang terdapat dalam suatu bahan. Pengukuran kadar air dilakukan dengan cara yang tepat dan bertujuan untuk memberikan batasan minimal atau rentang tentang besarnya kandungan air di dalam bahan. Kadar air merupakan parameter penting yang

menentukan kualitas produk, adanya perubahan kadar air pada suatu produk pangan dapat menimbulkan berbagai kerusakan seperti munculnya jamur dan bakteri, pengerasan, pelunakan, atau penggumpalan, terutama pada produk kering. Oleh karena itu, kadar air menjadi titik kritis dan memegang peranan penting dalam menentukan karakteristik fisiko-kimia, mikrobiologi dan organoleptik selama produksi dan penyimpanan (Kurniawan, 2018). Menurut SNI 1971:2011, kadar air total agregat dengan pengeringan adalah persentase massa air yang terkandung dalam agregat yang dikeringkan pada suhu 105°C hingga berat konstan. Metode yang digunakan dalam analisis ini yaitu metode gravimetri yang melibatkan penguapan air yang ada dalam bahan dengan pemanasan. Kemudian dilakukan penimbangan hingga berat konstan. (Daud *et al.*, 2020). Untuk melakukan analisis kadar air dilakukan dengan metode gravimetri yang merupakan analisis kuantitatif yang didasarkan pada pengukuran berat suatu unsur atau senyawa tertentu.

2.3.2 Jenis Mikrobiologi

Analisis jenis mikrobiologi adalah suatu metode analisis yang digunakan untuk mengetahui jenis mikroorganisme yang ada pada suatu sampel. Tujuan utama dari analisis jenis mikrobiologi adalah untuk mengidentifikasi jenis mikroorganisme yang berada pada produk pangan atau lingkungan lainnya (Rifai, 2022). Mikrobiologi merupakan cabang dari ilmu biologi yang mengkaji makhluk hidup berukuran terlalu kecil untuk dilihat dengan mata telanjang. Jenis mikrobiologi pada serbuk aerob limbah tahu melibatkan berbagai jenis bakteri yang berperan dalam proses pengolahan limbah. Mikrobiologi mencakup semua makhluk hidup yang dapat dilihat dengan mikroskop, seperti bakteri, fungi, alga, protozoa dan Archaea. Untuk memahami struktur, fisiologi dan metabolisme mikroba, mikrobiologi juga memerlukan pengetahuan fisika, kimia dan biokimia (D. G. S. Harahap *et al.*, 2021). Analisis ini dilakukan dengan alat mikroskop trinokuler multimedia.

2.3.3 Gugus Fungsi

Dalam kimia organik, gugus fungsi merupakan bagian khusus dari molekul yang memiliki karakteristik kimia tertentu dan memainkan peran penting dalam menentukan reaksi kimia yang dihasilkan. Gugus fungsi dapat terdiri dari atom atau kelompok atom yang terikat secara kovalen dengan susunan tertentu yang menentukan struktur dan sifat senyawa (Ulfah *et al.*, 2017). Rumus yang terdapat dalam gugus fungsi pada serbuk aerob yang terbuat dari kotoran sapi, kambing dan air limbah tahu berperan dalam proses pengolahan limbah dan fermentasi. Dalam analisis gugus fungsi ini dilakukan dengan alat *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

2.4 Aplikasi Serbuk Bakteri Aerob ke Air Limbah Tahu

2.4.1 Derajat Keasaman (pH)

Menurut (SNI 06-6989.11-2004), analisis derajat keasaman merupakan proses pengukuran aktivitas ion hidrogen secara potensiometri menggunakan alat pH meter. Parameter yang diamati dalam analisis pH merupakan kadar pH pada sampel air. Derajat keasaman atau kebasaaan suatu larutan menyatakan logaritma negatif konsentrasi ion H dengan bilangan pokok 10. Larutan netral memiliki pH 7 yang berarti bahwa asam lebih kecil dari 7 dan basa lebih dari 7. Dalam proses aklimatisasi aerob, pH berperan penting dalam mengontrol aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam degradasi bahan organik. pH yang tinggi dapat membantu dalam proses aklimatisasi dan degradasi, sementara pH yang rendah (asam) dapat menghambat aktivitas mikroorganisme (Ananda *et al.*, 2017).

2.4.2 *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik melalui oksidasi kimia disebut sebagai *Chemical Oxygen Demand* (COD). Analisis ini menjadi salah satu parameter penting dalam pengolahan air limbah. Nilai COD adalah ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik. Kadar COD dalam air limbah berkurang seiring dengan berkurangnya konsentrasi bahan organik yang terdapat dalam air limbah, konsentrasi bahan organik yang rendah tidak selalu dapat di reduksi dengan metode pengolahan yang konvensional (Rachmawati,

2017). Analisis ini dilakukan pengujian dengan menggunakan alat COD reactor yang memanaskan sampel air dan reagen. Reagen yang digunakan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), asam sulfat (H_2SO_4) dan perak sulfat (Ag_2SO_4) sebagai katalis. COD digunakan untuk mengukur efektivitas proses pengolahan limbah terutama dalam menentukan seberapa baik limbah dapat diuraikan oleh mikroorganisme dalam proses pengolahan air limbah. COD yang rendah menunjukkan bahwa limbah telah diuraikan dengan baik dan tidak mengandung banyak bahan organik yang dapat dioksidasi. Dengan menganalisis COD dapat mengukur tingkat pencemaran oleh bahan organik dalam air limbah dan menentukan seberapa baik proses pengolahan limbah telah mengurangi konsentrasi bahan organik tersebut (Harahap *et al.*, 2020).

2.4.3 Total Suspended Solid (TSS)

Partikel – partikel anorganik, organik dan cairan yang tidak dapat bercampur dalam air dikenal sebagai total padatan tersuspensi dalam air. TSS adalah padatan keseluruhan yang tidak dapat keluar dari saringan dengan ukuran partikel hingga $2\mu m$ atau lebih besar. Analisis Total Suspended Solid (TSS) merupakan prosedur pengukuran yang bertujuan untuk menentukan konsentrasi padatan tersuspensi dalam air (Panjaitan *et al.*, 2023). Analisis ini dilakukan dengan metode gravimetri. Dengan mengukur TSS kualitas air yang mengandung TSS serta mengoptimalkan proses pengolahan limbah untuk mengurangi pencemaran oleh TSS (Sari *et al.*, 2017).

2.4.4 Total Dissolved Solid (TDS)

Total Dissolved Solid merupakan jumlah zat padat yang terlarut dalam suatu larutan, termasuk zat organik dan non-organik seperti mineral, garam dan ion yang terlarut dalam air. Kadar TDS yang tinggi dapat menunjukkan adanya partikel senyawa yang terlalu banyak, seperti timah atau tembaga yang berbahaya jika dikonsumsi (Zamora *et al.*, 2016). Analisis ini menggunakan metode gravimetri atau dengan menggunakan alat TDS meter. Metode gravimetri melibatkan penimbangan berat benda padat yang terlarut dalam air. Sedangkan

TDS meter menggunakan prinsip elektrokimia untuk mengukur konsentrasi TDS dalam air. Konsentrasi TDS yang tinggi menunjukkan bahwa air limbah mengandung banyak benda padat yang terlarut dapat menjadi indikator pencemaran di perairan (Khofifah & Utami, 2022).

2.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis atau dugaan sementara dari rumusan masalah penelitian pembuatan serbuk bakteri aerob untuk pengurai senyawa organik di dalam air limbah berupa:

1. Serbuk bakteri aerob untuk pengurai organik yang optimal memiliki kadar keasaman (pH) bioreaktor 6,0 – 9,0, kadar air <10%, jenis mikrobakteri bakteri *lactobacillus sp.*; jamur *aspergillus sp.*; bakteri *saccharomyces cerevisiae*.
2. Efektivitas penurunan polutan air limbah tahu yang menggunakan serbuk bakteri aerob memiliki nilai derajat keasaman (pH) 6,0 – 9,0, menurunkan *chemical oxygent demand* (COD) < 300 mg/L, menurunkan *Total Suspended Solids* (TSS) < 200 mg/L, menurunkan *Total Dissolved Solids* (TDS) < 2000 mg/L, dan menurunkan ammonia < 8 mg/L.