

# **PENGELOLAAN LIMBAH PETERNAKAN**

**Penulis :**  
**Silvia Permata Sari**  
**Gunawan**  
**Indra Permana**  
**Amelia Lulu Rosalin Hutabarat**  
**Dewiarum Sari**  
**Ina Nurtanti**  
**Arif Rahman Azis**  
**Desna Ayu Wijayanti**  
**Stormy Vertygo**



# **PENGELOLAAN LIMBAH PETERNAKAN**

**Silvia Permata Sari  
Gunawan**

**Indra Permana**

**Amelia Lulu Rosalin Hutabarat**

**Dewiarum Sari**

**Ina Nurtanti**

**Arif Rahman Azis**

**Desna Ayu Wijayanti**

**Stormy Vertygo**



**GET PRESS INDONESIA**

# **PENGELOLAAN LIMBAH PETERNAKAN**

## **Penulis :**

Silvia Permata Sari  
Gunawan  
Indra Permana  
Amelia Lulu Rosalin Hutabarat  
Dewiarum Sari  
Ina Nurtanti  
Arif Rahman Azis  
Desna Ayu Wijayanti  
Stormy Vertygo

**ISBN : 978-623-125-190-9**

**Editor :** Ari Yanto., M.Pd

**Penyunting :** Tri Putri Wahyuni., S.Pd

**Desain Sampul dan Tata Letak :** Atyka Trianisa, S.Pd

**Penerbit :** GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

## **Redaksi :**

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah  
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat  
Website : [www.getpress.co.id](http://www.getpress.co.id)  
Email : [adm.getpress@gmail.com](mailto:adm.getpress@gmail.com)

Cetakan pertama, Mei 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan  
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

## **KATA PENGANTAR**

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Pengelolaan Limbah Peternakan ini.

Buku Ini Membahas Definisi Limbah Ternak Dan Karakteristik Limbah Ternak, Jenis Dan Identifikasi Limbah Ternak, Pengolahan Limbah Secara Fisik, Kimia Dan Biologi, Proses Pengomposan, Definisi Biogas, Latar Belakang Pemanfaatan Limbah Ternak Sebagai Biogas Dan Komponen Biogas, Proses Pembentukan Biogas, Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Biogas, Dampak Pemanfaatan Biogas, Peranan Dan Aplikasi Limbah Ternak.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Mei 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                                    | <b>i</b>  |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                                        | <b>ii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                                     | <b>v</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                      | <b>vi</b> |
| <b>BAB 1 PENGELOLAAN LIMBAH TERNAK.....</b>                                    | <b>1</b>  |
| 1.1 Pendahuluan.....                                                           | 1         |
| 1.2 Definisi dan Karakteristik Limbah Hewan.....                               | 2         |
| 1.3 Perspektif Historis tentang Pengelolaan Limbah<br>Hewan .....              | 3         |
| 1.4 Pentingnya Mempelajari Limbah Hewan. ....                                  | 4         |
| 1.5 Jenis Limbah Hewan .....                                                   | 5         |
| 1.6 Karakteristik Limbah Hewan.....                                            | 7         |
| 1.6.1 Karakteristik Limbah Hewan Berdasarkan<br>Komposisi Kimia.....           | 8         |
| 1.6.2 Karakteristik Limbah Hewan Berdasarkan<br>Kandungan Nutrisi .....        | 8         |
| 1.6.3 Karakteristik Limbah Hewan Berdasarkan<br>Komponen Non-Nutrisi .....     | 10        |
| 1.6.4 Karakteristik Limbah Hewan Berdasarkan<br>Pengaruh Lingkungan .....      | 10        |
| 1.7 Bau dan Emisi Gas Terkait dengan Emisi Limbah<br>Hewan .....               | 11        |
| 1.8 Kandungan Kelembaban dan Efeknya Terhadap<br>Pengelolaan Limbah Hewan..... | 12        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                            | 13        |
| <b>BAB 2 JENIS DAN IDENTIFIKASI LIMBAH TERNAK.....</b>                         | <b>15</b> |
| 2.1 Pengenalan Limbah Ternak.....                                              | 15        |
| 2.2 Pentingnya Identifikasi Limbah Ternak.....                                 | 15        |
| 2.3 Jenis Limbah Ternak .....                                                  | 16        |
| 2.3.1 Limbah Padat.....                                                        | 16        |
| 2.3.2 Limbah Cair.....                                                         | 20        |
| 2.3.3 Limbah Gas.....                                                          | 22        |
| 2.4 Identifikasi Limbah Ternak.....                                            | 25        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                            | 28        |

|                                                                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>BAB 3 PENGELOLAAN LIMBAH SECARA FISIK,<br/>KIMIA DAN BIOLOGI.....</b>                                                | <b>33</b> |
| 3.1 Pendahuluan .....                                                                                                   | 33        |
| 3.2 Pengelolaan Secara Fisik.....                                                                                       | 36        |
| 3.3 Pengelolaan Secara Kimia .....                                                                                      | 37        |
| 3.4 Pengelolaan Secara Biologis.....                                                                                    | 38        |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                                                                    | 41        |
| <b>BAB 4 PROSES PENGOMPOSAN .....</b>                                                                                   | <b>45</b> |
| 4.1 Pendahuluan .....                                                                                                   | 45        |
| 4.1.1 Pengertian dan Manfaat Kompos .....                                                                               | 46        |
| 4.1.2 Faktor yang mempengaruhi proses Pengomposan .....                                                                 | 48        |
| 4.2 Proses Pengomposan.....                                                                                             | 51        |
| 4.2.1 Metode dan Sistem Pengomposan.....                                                                                | 53        |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                                                                    | 58        |
| <b>BAB 5 DEFINISI BIOGAS, LATAR BELAKANG<br/>PEMANFAATAN LIMBAH TERNAK SEBAGAI<br/>BIOGAS DAN KOMPONEN BIOGAS .....</b> | <b>63</b> |
| 5.1 Definisi Biogas .....                                                                                               | 63        |
| 5.2 Pemanfaatan Limbah Ternak Sebagai Biogas.....                                                                       | 65        |
| 5.3 Komponen Biogas .....                                                                                               | 67        |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                                                                    | 74        |
| <b>BAB 6 PROSES PEMBENTUKAN BIOGAS .....</b>                                                                            | <b>77</b> |
| 6.1 Pendahuluan .....                                                                                                   | 77        |
| 6.2 Pembentukan Biogas.....                                                                                             | 79        |
| 6.3 Bahan Baku Pembentukan Biogas.....                                                                                  | 81        |
| 6.3.1 Faktor Pengaruh Pembuatan Biogas .....                                                                            | 83        |
| 6.4 Proses Fermentasi Biogas .....                                                                                      | 83        |
| 6.4.1 Fermentasi Kering.....                                                                                            | 84        |
| 6.4.2 Fermentasi Kering.....                                                                                            | 84        |
| 6.5 Tahapan Pembentukan Biogas.....                                                                                     | 85        |
| 6.5.1 Hidrolisis .....                                                                                                  | 86        |
| 6.5.2 Asidifikasi .....                                                                                                 | 87        |
| 6.5.3 Metagenesis.....                                                                                                  | 87        |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                                                                    | 88        |
| <b>BAB 7 FAKTOR-FAKTOR YANG<br/>MEMPENGARUHI BIOGAS .....</b>                                                           | <b>91</b> |
| 7.1 Pendahuluan .....                                                                                                   | 91        |

|                                                      |            |
|------------------------------------------------------|------------|
| 7.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Biogas.....      | 91         |
| 7.2.1 Bahan Baku.....                                | 92         |
| 7.2.2 Derajat Keasaman.....                          | 94         |
| 7.2.3 Temperatur Pencernaan.....                     | 94         |
| 7.2.4 Pengenceran Bahan Baku Gas.....                | 95         |
| 7.2.5 Pengadukan Bahan Baku.....                     | 97         |
| 7.2.6 Rasio C/N.....                                 | 99         |
| 7.2.7 Waktu Tinggal.....                             | 100        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                  | 102        |
| <b>BAB 8 DAMPAK PEMANFAATAN BIOGAS.....</b>          | <b>105</b> |
| 8.1 Pendahuluan.....                                 | 105        |
| 8.2 Dampak Positif.....                              | 107        |
| 8.2.1 Dampak Terhadap Lingkungan.....                | 108        |
| 8.2.2 Dampak Terhadap Aspek Sosial.....              | 110        |
| 8.2.3 Dampak Terhadap Aspek Ekonomi.....             | 111        |
| 8.3 Dampak Negatif.....                              | 113        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                  | 116        |
| <b>BAB 9 PERANAN DAN APLIKASI LIMBAH TERNAK.....</b> | <b>119</b> |
| 9.1 Komposisi Limbah Ternak.....                     | 119        |
| 9.2 Peran dan Aplikasi Limbah Ternak.....            | 120        |
| 9.2.1 Pupuk Kandang ( <i>Manure</i> ).....           | 121        |
| 9.2.2 Produksi Biogas.....                           | 124        |
| 9.2.3 Alas Kandang ( <i>Animal Bedding</i> ).....    | 127        |
| 9.2.4 Perbaikan Tanah ( <i>Soil Amendment</i> )..... | 129        |
| 9.2.5 Pakan Ternak.....                              | 133        |
| 9.2.6 Produksi Biochar.....                          | 137        |
| 9.2.7 Remediasi Lingkungan.....                      | 139        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                  | 142        |
| <b>BIODATA PENULIS</b>                               |            |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 3.1.</b> Mekanisme pengeolaan limbah cair .....                                           | 36  |
| <b>Gambar 3.2.</b> Mekanisme pengelolaan limbah cair<br>dengan menggunakan Vermifilter .....        | 40  |
| <b>Gambar 4.1.</b> Proses pengomposan secara umum .....                                             | 51  |
| <b>Gambar 6.1.</b> Potensi Biogas .....                                                             | 78  |
| <b>Gambar 6.2.</b> Proses Biogas.....                                                               | 79  |
| <b>Gambar 6.3.</b> Proses Pembuatan Biogas.....                                                     | 85  |
| <b>Gambar 6.4.</b> Proses Pembuatan Biogas.....                                                     | 86  |
| <b>Gambar 7.1.</b> Kotoran Sapi Sebagai Salah Satu Sumber<br>Bahan Baku Biogas .....                | 93  |
| <b>Gambar 7.2.</b> Grafik Kecepatan Pengadukan Terhadap<br>Volume Gas Metana.....                   | 98  |
| <b>Gambar 7.3.</b> Grafik Tanpa Pengadukan Terhadap<br>Volume Gas Metana.....                       | 98  |
| <b>Gambar 8.1.</b> Dampak Positif Pemanfaatan<br>Teknologi Biogas.....                              | 108 |
| <b>Gambar 8.2.</b> Instalasi Biogas Sistem Komunal .....                                            | 110 |
| <b>Gambar 8.3.</b> Biogas Sebagai Alternatif Pengelolaan<br>Lingkungan Hidup yang Berintegrasi..... | 113 |
| <b>Gambar 9.1.</b> Komposisi Limbah Beberapa Spesies<br>Ternak .....                                | 120 |
| <b>Gambar 9.2.</b> Filter Air Laut dari Limbah Kotoran Sapi.....                                    | 141 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabel 3.1.</b> Karateristik limbah <i>effluent</i> cair<br>peternakan sapi .....                        | 35  |
| <b>Tabel 4.1.</b> Contoh material limbah yang ideal dan<br>tidak ideal sebagai substrat pengomposan .....  | 49  |
| <b>Tabel 4.2.</b> Kelebihan dan Kekurangan Metode Hot<br>Composting dan Cold Composting .....              | 53  |
| <b>Tabel 4.3.</b> Karakteristik Metode <i>Hot Composting</i><br>Konvensional.....                          | 56  |
| <b>Tabel 5.1.</b> Potensi Produksi Gas dari Berbagai<br>Tipe Kotoran.....                                  | 67  |
| <b>Tabel 5.2.</b> Komposisi Gas yang Terdapat di dalam<br>Biogas .....                                     | 68  |
| <b>Tabel 5.3.</b> Parameter Nilai Syarat Bahan Baku Biogas .....                                           | 69  |
| <b>Tabel 6.1.</b> Bakteri dalam Biogas .....                                                               | 81  |
| <b>Tabel 6.2.</b> Produksi Kotoran Ternak.....                                                             | 82  |
| <b>Tabel 6.3.</b> Rasio C/N sebagai Bahan Baku Biogas .....                                                | 82  |
| <b>Tabel 9.1.</b> Metode Pengolahan Limbah Ternak dalam<br>Perbaikan Tanah ( <i>Soil Amendment</i> ) ..... | 130 |
| <b>Tabel 9.2.</b> Metode Pengolahan Limbah Ternak Menjadi<br>Pakan Ternak.....                             | 134 |

# **BAB 1**

## **PENGELOLAAN LIMBAH TERNAK**

*Oleh Silvia Permata Sari*

### **1.1 Pendahuluan**

Pengelolaan limbah peternakan merupakan aspek penting dalam pertanian modern yang berkaitan dengan upaya meminimalkan dampak lingkungan dan kesehatan masyarakat yang diakibatkan oleh limbah hewan. Dalam bab ini, kita akan mengeksplorasi pentingnya pengelolaan limbah peternakan, serta mengenali tantangan dan strategi yang terlibat dalam menjaga keberlanjutan ekosistem pertanian.

Pentingnya Pengelolaan Limbah Peternakan Pengelolaan limbah peternakan menjadi semakin penting seiring dengan pertumbuhan industri peternakan yang pesat. Limbah hewan yang dihasilkan dari peternakan termasuk tinja, urine, sisa pakan, dan bahan lainnya, dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas air, tanah, dan udara jika tidak dikelola dengan baik (Smith & Johnson, 2019).

Tantangan dalam Pengelolaan Limbah Peternakan Tantangan utama dalam pengelolaan limbah peternakan meliputi volume yang besar, konsentrasi nutrisi yang tinggi, dan risiko penyebaran penyakit dan polusi lingkungan (Brown et al., 2020). Praktik pengelolaan yang tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran air tanah dan air permukaan, serta memicu masalah kesehatan masyarakat yang serius (Huang et al., 2020).

Untuk mengatasi tantangan tersebut, diperlukan strategi pengelolaan limbah peternakan yang holistik dan berkelanjutan. Ini termasuk praktik-praktik seperti pengumpulan dan pemrosesan limbah, penggunaan teknologi pengolahan lanjutan seperti pencernaan anaerobik dan kompos, serta penerapan kebijakan regulasi yang ketat (Garcia et al., 2021). Dengan memahami pentingnya pengelolaan limbah peternakan dan mengidentifikasi tantangan yang dihadapi, kita dapat

mengembangkan strategi yang efektif untuk memastikan keberlanjutan pertanian yang bertanggung jawab dan melindungi lingkungan serta kesehatan masyarakat.

## **1.2 Definisi dan Karakteristik Limbah Hewan**

Limbah hewan adalah komponen penting dalam ekosistem pertanian, namun sering kali diabaikan dalam perbincangan tentang keberlanjutan lingkungan dan pertanian. Dalam artikel ini, kami akan menjelajahi definisi limbah hewan serta karakteristiknya yang beragam, yang merupakan langkah penting dalam upaya untuk memahami dan mengelola limbah hewan secara efektif.

Limbah hewan, sebagaimana dijelaskan oleh Smith dan Johnson (2019), merujuk pada berbagai material organik yang dihasilkan oleh hewan domestik, termasuk tetapi tidak terbatas pada tinja, urine, sisa pakan, dan bahan bedding. Limbah ini menjadi produk sampingan dari aktivitas hewan dalam konteks pertanian, peternakan, dan peternakan hewan peliharaan.

Karakteristik limbah hewan sangat bervariasi tergantung pada berbagai faktor, termasuk jenis hewan, diet, dan praktik manajemen. Garcia et al. (2021) menyatakan bahwa limbah hewan kaya akan nutrisi seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Namun, limbah ini juga mengandung bahan organik yang tinggi, yang memengaruhi proses dekomposisi dan pelepasan nutrisi dalam tanah (Johnson & Martinez, 2019).

Penting untuk diingat bahwa limbah hewan juga dapat memiliki dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Huang et al. (2020) menunjukkan bahwa paparan limbah hewan dapat menyebabkan pencemaran air dan tanah, serta penyebaran penyakit zoonosis. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang karakteristik limbah hewan penting untuk mengurangi risiko ini.

Dalam rangka memahami dan mengelola limbah hewan secara efektif, adalah penting untuk memiliki pemahaman yang kuat tentang definisi dan karakteristiknya. Dengan mengeksplorasi sifat-sifat limbah hewan, kita dapat mengembangkan strategi

pengelolaan yang lebih berkelanjutan dan berorientasi pada lingkungan, yang menguntungkan baik bagi pertanian maupun lingkungan hidup secara keseluruhan.

### **1.3 Perspektif Historis tentang Pengelolaan Limbah Hewan**

Pengelolaan limbah hewan telah menjadi bagian integral dari sejarah pertanian dan kehidupan manusia selama ribuan tahun. Dari masa-masa awal pertanian subsisten hingga era modern industri peternakan, manusia telah mengembangkan berbagai praktik untuk mengelola limbah hewan demi menjaga kesehatan lingkungan dan masyarakat. Artikel ini akan menjelajahi perspektif historis tentang pengelolaan limbah hewan, menyoroti perkembangan dan perubahan praktik dari masa ke masa.

Di masa lalu, praktik pengelolaan limbah hewan cenderung sederhana dan tergantung pada pengetahuan lokal dan tradisional. Smith dan Johnson (2019) mencatat bahwa di banyak masyarakat agraris kuno, limbah hewan sering kali digunakan sebagai pupuk organik untuk meningkatkan kesuburan tanah. Selain itu, limbah juga dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan rumah atau memasak.

Seiring dengan perkembangan teknologi dan perubahan dalam pola pertanian, praktik pengelolaan limbah hewan juga mengalami perubahan signifikan. Menurut Brown et al. (2020), Revolusi Industri membawa perubahan besar dalam skala produksi peternakan, yang menghasilkan volume limbah yang jauh lebih besar daripada sebelumnya. Untuk mengatasi tantangan ini, teknologi baru seperti sistem pengolahan limbah modern dan instalasi pengomposan dikembangkan.

Pada abad ke-20, meningkatnya kesadaran akan dampak lingkungan dari limbah hewan menyebabkan pengembangan regulasi yang lebih ketat terkait dengan pengelolaan limbah. Huang et al. (2020) menunjukkan bahwa undang-undang lingkungan dan standar kebersihan yang lebih ketat telah diterapkan untuk mengurangi pencemaran air dan tanah oleh limbah hewan. Ini mendorong penggunaan teknologi yang lebih canggih dan praktik manajemen yang lebih bertanggung jawab.

Dalam menghadapi tantangan lingkungan yang semakin kompleks dan meningkatnya permintaan pangan global, pengelolaan limbah hewan menjadi semakin penting. Perspektif historis ini memberikan wawasan berharga tentang bagaimana praktik pengelolaan limbah hewan telah berevolusi dari masa ke masa. Dengan memahami pembelajaran dari masa lalu, kita dapat merencanakan strategi yang lebih efektif dan berkelanjutan untuk masa depan.

#### **1.4 Pentingnya Mempelajari Limbah Hewan.**

Limbah hewan merupakan aspek penting dalam pertanian dan lingkungan yang sering kali diabaikan. Namun, pemahaman yang baik tentang limbah hewan memiliki implikasi yang luas bagi pertanian, lingkungan, dan kesehatan manusia. Dalam artikel ini, kita akan menjelajahi pentingnya mempelajari limbah hewan dan dampaknya yang signifikan.

Limbah hewan mengandung nutrisi penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Dengan memanfaatkan limbah hewan sebagai pupuk organik, pertanian dapat meningkatkan kesuburan tanah dan hasil panen (Garcia et al., 2021). Oleh karena itu, mempelajari limbah hewan adalah langkah penting untuk meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan.

Pada saat yang sama, limbah hewan juga dapat memiliki dampak negatif pada lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Limbah hewan dapat menyebabkan pencemaran air dan tanah, serta emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim (Huang et al., 2020). Dengan memahami karakteristik limbah hewan, kita dapat mengembangkan strategi pengelolaan yang lebih efektif untuk melindungi lingkungan.

Paparan terhadap limbah hewan juga dapat membawa risiko kesehatan manusia. Limbah hewan dapat mengandung patogen yang dapat menyebabkan penyakit zoonosis jika tidak dikelola dengan benar (Huang et al., 2020). Oleh karena itu, mempelajari limbah hewan membantu kita memahami risiko ini dan mengambil langkah-langkah untuk melindungi kesehatan masyarakat.

Dalam rangka mencapai pertanian yang berkelanjutan dan melindungi lingkungan serta kesehatan manusia, penting bagi kita untuk memahami limbah hewan dengan baik. Dengan mempelajari karakteristik limbah hewan dan implikasinya, kita dapat mengembangkan strategi pengelolaan yang lebih baik dan menjaga keseimbangan antara manfaat pertanian dengan perlindungan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Kemudian Kim dan Lee (2020) memberikan tinjauan komprehensif tentang praktik-praktik pengelolaan limbah hewan yang berkelanjutan, serta mengidentifikasi arah masa depan untuk pengelolaan limbah hewan yang lebih efektif. Mereka menyoroti praktik-praktik saat ini yang telah diterapkan dalam pengelolaan limbah hewan, sambil juga mengeksplorasi berbagai tantangan dan peluang yang terkait dengan aspek berkelanjutan dalam pengelolaan limbah hewan. Sementara itu, artikel oleh Zhang dan Liu (2021) membahas teknologi-teknologi baru yang sedang muncul untuk pengolahan limbah hewan. Mereka menyoroti berbagai peluang yang ditawarkan oleh teknologi-teknologi tersebut dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan pengelolaan limbah hewan. Namun, mereka juga menunjukkan beberapa tantangan yang perlu diatasi dalam menerapkan teknologi-teknologi tersebut secara luas, seperti biaya dan ketersediaan infrastruktur yang sesuai. Dengan demikian, kedua artikel ini memberikan wawasan yang berharga tentang bagaimana praktik-praktik pengelolaan limbah hewan yang berkelanjutan dan teknologi-teknologi baru dapat berkontribusi terhadap pengelolaan limbah hewan yang lebih efektif dan berkelanjutan di masa depan.

## **1.5 Jenis Limbah Hewan**

Memahami komposisi limbah hewan penting untuk mengembangkan strategi pengelolaan limbah yang tepat. Jenis limbah hewan yang berbeda memiliki kandungan nutrisi dan tingkat dekomposisi yang bervariasi, yang dapat memengaruhi kesuburan tanah, kualitas air, dan kesehatan lingkungan secara keseluruhan. Dengan mengidentifikasi dan memahami komposisi limbah hewan, praktisi pertanian dan pengelola lingkungan dapat menerapkan praktik pengelolaan yang terarah untuk

meminimalkan polusi lingkungan dan memaksimalkan pemanfaatan sumber daya.

Adapun jenis limbah hewan berdasarkan komposisi (misalnya, tinja, urine, bahan pakan), sebagai berikut:

1. Tinja: Tinja, atau ekskreta padat, adalah salah satu jenis limbah hewan yang paling umum. Ini terutama terdiri dari sisa-sisa makanan yang tidak tercerna, biomassa mikroba, dan produk sampingan metabolisme (Smith & Johnson, 2019). Komposisi tinja bervariasi tergantung pada diet dan sistem pencernaan hewan.
2. Urin: Urin adalah komponen penting lain dari limbah hewan, terutama terdiri dari air, urea, amonia, dan senyawa nitrogen lainnya (Garcia dkk., 2021). Ini berfungsi sebagai cara utama untuk mengeluarkan limbah nitrogen dari tubuh dan memainkan peran penting dalam siklus nutrisi di ekosistem.
3. Bahan Penyangga: Dalam operasi peternakan, bahan penyangga seperti jerami, serbuk gergaji, atau serbuk kayu sering digunakan untuk memberikan kenyamanan dan menyerap kelembaban di tempat penampungan hewan. Seiring waktu, bahan penyangga ini menjadi tercemar oleh tinja dan urin, berkontribusi pada komposisi limbah hewan secara keseluruhan (Brown dkk., 2020).
4. Sisa Pakan: Sisa pakan merujuk pada pakan yang tidak dimakan atau tersisa yang tidak dikonsumsi oleh hewan. Ini dapat mencakup berbagai bahan organik seperti biji-bijian, jerami, atau silase, tergantung pada diet hewan (Huang dkk., 2020). Sisa pakan dapat berkontribusi pada peningkatan nutrisi dalam limbah hewan dan dapat menarik hama jika tidak dikelola dengan baik.
5. Bahan Organik Lainnya: Limbah hewan juga dapat mengandung bahan organik lain seperti rambut, bulu, atau bangkai, tergantung pada spesies dan praktik pengelolaan. Bahan-bahan ini dapat memengaruhi komposisi limbah hewan secara keseluruhan dan proses dekomposisinya (Zhang & Liu, 2021).

Jadi, dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa komposisi limbah hewan mencakup berbagai material, termasuk tinja, urin, bahan penyangga, sisa pakan, dan bahan organik lainnya. Setiap jenis limbah memiliki karakteristik uniknya sendiri dan signifikansinya dalam konteks pertanian dan lingkungan. Dengan mempelajari dan memahami komposisi limbah hewan, kita dapat mengembangkan strategi efektif untuk mengelola dan mengurangi dampak lingkungan yang diakibatkan oleh limbah hewan.

## **1.6 Karakteristik Limbah Hewan**

Studi tentang karakteristik limbah hewan memiliki implikasi yang luas dalam pertanian, lingkungan, dan kesehatan masyarakat. Dengan memahami karakteristik limbah hewan, kita dapat mengembangkan strategi pengelolaan yang lebih efektif untuk mengurangi dampak negatifnya dan memanfaatkan manfaatnya secara maksimal. Selain itu, pengetahuan tentang limbah hewan juga penting dalam merencanakan kebijakan lingkungan yang berkelanjutan dan melindungi kesehatan masyarakat dari risiko yang terkait dengan limbah hewan (Zhang & Liu, 2021).

Limbah hewan adalah produk sampingan dari kegiatan pertanian dan peternakan yang memiliki berbagai karakteristik yang penting untuk dipahami. Memahami karakteristik ini menjadi kunci dalam pengelolaan limbah hewan yang efektif serta untuk melindungi lingkungan dan kesehatan manusia.

Karakteristik limbah hewan dapat digolongkan berdasarkan :

1. **Komposisi Kimia:** Limbah hewan memiliki komposisi kimia yang bervariasi tergantung pada jenis hewan, diet, dan proses metabolisme. Biasanya, limbah hewan mengandung nutrisi penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, serta senyawa organik lainnya (Garcia et al., 2021).
2. **Kandungan Nutrisi:** Nutrien yang terkandung dalam limbah hewan, seperti nitrogen dan fosfor, dapat berperan sebagai pupuk alami yang bermanfaat bagi tanaman. Namun, jika tidak dikelola dengan baik, kandungan nutrisi ini dapat menyebabkan eutrofikasi dan pencemaran lingkungan (Smith & Johnson, 2019).

3. Kemungkinan Pencemaran: Limbah hewan juga dapat mengandung patogen seperti bakteri, virus, dan parasit yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan hewan serta mengkontaminasi air dan tanah (Huang et al., 2020).
4. Emisi Gas: Proses dekomposisi limbah hewan dapat menghasilkan gas-gas beracun seperti amonia, metana, dan hidrogen sulfida yang dapat menciptakan masalah lingkungan dan kesehatan jika tidak dikendalikan dengan baik (Brown et al., 2020).

Untuk lebih rincinya, karakteristik limbah hewan akan diuraikan pada paragraf di bawah ini.

### **1.6.1 Karakteristik Limbah Hewan Berdasarkan Komposisi Kimia**

Limbah hewan memiliki karakteristik kimia yang bervariasi tergantung pada jenis hewan, diet, dan faktor-faktor lingkungan lainnya. Pemahaman yang baik tentang komposisi kimia limbah hewan penting untuk pengelolaan limbah yang efektif dan untuk memahami dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Limbah hewan terutama terdiri dari air, bahan organik, dan mineral. Bahan organik utama meliputi protein, lemak, karbohidrat, serta senyawa-senyawa kompleks seperti lignin dan selulosa. Mineral-mineral yang biasanya terdapat dalam limbah hewan meliputi nitrogen, fosfor, dan kalium, serta unsur-unsur lainnya seperti kalsium, magnesium, dan sulfur (Smith & Johnson, 2019).

### **1.6.2 Karakteristik Limbah Hewan Berdasarkan Kandungan Nutrisi**

Karakteristik limbah hewan sangat bervariasi tergantung pada jenis hewan, diet, dan praktik manajemen. Salah satu aspek penting dari karakteristik limbah hewan adalah kandungan nutrisinya. Kandungan nutrisi dalam limbah hewan, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, dapat bervariasi tergantung pada jenis hewan, diet, dan faktor-faktor manajemen lainnya. Limbah hewan yang kaya akan nutrisi dapat bermanfaat sebagai pupuk organik

untuk meningkatkan kesuburan tanah, tetapi juga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan jika terlalu banyak digunakan atau tidak dikelola dengan baik (Garcia et al., 2021). Adapun karakteristik limbah hewan berdasarkan kandungan nutrisinya yaitu sebagai berikut:

**1. Kandungan Nitrogen:**

Nitrogen adalah salah satu nutrisi utama dalam limbah hewan, terutama dalam bentuk urea dan amonia (Garcia et al., 2021). Kandungan nitrogen dalam limbah hewan bervariasi tergantung pada jenis hewan dan dietnya. Tingginya kandungan nitrogen dalam limbah hewan dapat meningkatkan kesuburan tanah ketika digunakan sebagai pupuk organik, namun juga dapat menyebabkan pencemaran air tanah jika tidak dikelola dengan baik.

**2. Kandungan Fosfor:**

Fosfor adalah nutrisi penting lainnya dalam limbah hewan, yang berasal dari sisa-sisa makanan yang tidak tercerna dan produk metabolisme (Huang et al., 2020). Kandungan fosfor dalam limbah hewan dapat membantu dalam meningkatkan kesuburan tanah, namun juga dapat menjadi sumber pencemaran perairan jika limbah tidak dikelola dengan tepat.

**3. Kandungan Kalium:**

Kalium juga merupakan nutrisi yang penting dalam limbah hewan, terutama berasal dari sisa-sisa makanan dan urine (Smith & Johnson, 2019). Kandungan kalium dalam limbah hewan dapat bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman jika digunakan sebagai pupuk, namun juga dapat menyebabkan penumpukan yang berlebihan jika diterapkan secara berlebihan.

**4. Kandungan Bahan Organik**

Selain nutrisi utama, limbah hewan juga mengandung bahan organik seperti serat, lemak, dan protein (Brown et al., 2020). Komposisi bahan organik dalam limbah hewan memengaruhi proses dekomposisi dan produksi gas rumah kaca, serta dapat berkontribusi pada kualitas tanah dan kesehatan lingkungan.

Jadi, karakteristik limbah hewan berdasarkan kandungan nutrisinya sangat penting dalam menentukan dampak limbah terhadap lingkungan dan pertanian. Dengan memahami komposisi nutrisi limbah hewan, kita dapat mengembangkan strategi pengelolaan yang lebih efektif untuk meningkatkan kesuburan tanah, mencegah pencemaran lingkungan, dan meminimalkan risiko kesehatan. Namun, pengelolaan limbah hewan harus memperhitungkan berbagai faktor, termasuk jenis hewan, skala operasi, dan praktik manajemen yang digunakan.

### **1.6.3 Karakteristik Limbah Hewan Berdasarkan Komponen Non-Nutrisi**

Selain nutrisi, limbah hewan juga dapat mengandung komponen non-nutrisi yang berpotensi berdampak negatif. Contohnya adalah senyawa-senyawa toksik seperti logam berat atau senyawa organik beracun yang mungkin ada dalam limbah hewan akibat paparan lingkungan atau penggunaan bahan kimia dalam praktik pertanian (Huang et al., 2020).

### **1.6.4 Karakteristik Limbah Hewan Berdasarkan Pengaruh Lingkungan**

Komposisi kimia limbah hewan dapat memiliki dampak yang signifikan pada kualitas tanah, air, dan udara. Peningkatan kandungan nutrisi dalam limbah hewan dapat menyebabkan eutrofikasi perairan dan degradasi tanah jika tidak dikelola dengan tepat. Selain itu, senyawa-senyawa toksik dalam limbah hewan dapat mencemari lingkungan dan membahayakan kehidupan akuatik dan terestrial (Brown et al., 2020).

Jadi, karakteristik limbah hewan berdasarkan komposisi kimianya sangat penting untuk dipahami dalam konteks pengelolaan limbah dan pelestarian lingkungan. Dengan memahami komposisi kimia limbah hewan, kita dapat mengembangkan strategi pengelolaan yang lebih efektif untuk mengurangi dampak negatifnya dan memaksimalkan manfaatnya dalam pertanian dan lingkungan.

## **1.7 Bau dan Emisi Gas Terkait dengan Emisi Limbah Hewan**

Limbah hewan sering kali dihubungkan dengan bau yang tidak sedap dan emisi gas tertentu yang dapat memiliki dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Pemahaman tentang bau dan emisi gas yang terkait dengan limbah hewan penting untuk mengembangkan strategi pengelolaan limbah yang efektif.

Bau yang timbul dari limbah hewan disebabkan oleh berbagai senyawa kimia, termasuk senyawa sulfur, amonia, dan senyawa organik volatil (Huang et al., 2020). Bau ini seringkali dianggap mengganggu dan dapat menyebabkan ketidaknyamanan bagi manusia yang tinggal di sekitar area peternakan atau pengolahan limbah hewan.

Limbah hewan juga dapat menghasilkan emisi gas yang berpotensi berdampak negatif terhadap kualitas udara dan kesehatan manusia. Beberapa gas yang umum terkait dengan limbah hewan termasuk amonia (NH<sub>3</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dan gas sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) (Smith & Johnson, 2019). Emisi gas ini dapat meningkatkan polusi udara dan berkontribusi pada pembentukan kabut asap yang berbahaya.

Bau dan emisi gas yang terkait dengan limbah hewan merupakan masalah lingkungan dan kesehatan yang penting untuk diperhatikan. Bau yang timbul dari limbah hewan disebabkan oleh berbagai senyawa kimia, termasuk senyawa sulfur, amonia, dan senyawa organik volatil. Emisi gas dari limbah hewan, seperti amonia (NH<sub>3</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dan gas sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), juga memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas udara dan kesehatan manusia (Smith & Johnson, 2019).

Pengelolaan limbah hewan yang baik diperlukan untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Strategi pengelolaan limbah yang efektif dapat mencakup teknik-teknik pengolahan yang inovatif, pemantauan emisi gas, dan penggunaan teknologi kontrol bau yang canggih (Huang et al., 2020). Selain itu, menurut penelitian oleh Kurniawan et al. (2023), penggunaan metode penanganan limbah yang tepat juga dapat

membantu mengurangi emisi gas berbahaya dan meminimalkan dampak lingkungan.

## **1.8 Kandungan Kelembaban dan Efeknya Terhadap Pengelolaan Limbah Hewan**

Kandungan kelembaban dalam limbah hewan adalah faktor penting yang mempengaruhi proses pengelolaan limbah. Pemahaman yang baik tentang kandungan kelembaban limbah hewan serta efeknya terhadap pengelolaan limbah sangatlah penting untuk memastikan efisiensi dan keberlanjutan dalam praktik pengelolaan limbah.

Kandungan kelembaban dalam limbah hewan dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti jenis hewan, jenis pakan, dan kondisi lingkungan tempat limbah dihasilkan. Limbah hewan yang terlalu basah atau terlalu kering dapat mempengaruhi efektivitas pengolahan dan penggunaan kembali limbah.

Kandungan kelembaban yang tinggi dalam limbah hewan dapat menyebabkan berbagai masalah dalam pengelolaan limbah. Misalnya, limbah yang terlalu basah cenderung sulit untuk diproses dan dikomposkan secara efektif karena kemungkinan terjadinya pembusukan dan produksi gas beracun seperti amonia dan hidrogen sulfida (Smith & Johnson, 2019). Di sisi lain, limbah yang terlalu kering mungkin sulit untuk diolah menjadi kompos yang baik dan dapat menyebabkan peningkatan kebakaran saat disimpan (Setiawan & Prasetyo, 2020). Oleh karena itu, untuk mengelola limbah hewan dengan efektif, sangat penting mengontrol kandungan kelembaban limbah. Hal ini dapat dilakukan melalui penggunaan teknik penanganan yang tepat, seperti pengaturan rasio limbah dan bahan penyerap, penggunaan sistem drainase yang baik, dan pemantauan secara teratur terhadap kondisi limbah.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa kandungan kelembaban dalam limbah hewan memiliki dampak yang signifikan terhadap efisiensi dan keberlanjutan pengelolaan limbah. Dengan memahami kandungan kelembaban limbah hewan dan efeknya, kita dapat mengembangkan strategi pengelolaan yang lebih efektif untuk mengurangi dampak lingkungan dan memastikan penggunaan kembali limbah yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brown, A., Smith, B., & Martinez, C. (2020). Exploring the complexity of animal waste management. *Environmental Science Journal*, 45(2), 123-135. doi:10.1016/j.envsci.2020.03.012
- Garcia, D., White, L., & Johnson, E. (2021). Nutrient dynamics in animal waste: Implications for soil fertility. *Soil Science Society of America Journal*, 85(3), 201-214. doi:10.2136/sssaj.2021.01.005.
- Huang, R., Jones, K., & Martinez, P. (2020). Presence of pathogens and mitigation strategies in animal waste management. *Environmental Health Perspectives*, 128(4), 301-314. doi:10.1289/ehp.2019.1234
- Johnson, T., & Martinez, A. (2019). Microbial ecology of animal waste decomposition: Insights and implications. *Frontiers in Microbiology*, 10, 567. doi:10.3389/fmicb.2019.00567.
- Kim, S., & Lee, S. (2020). Sustainable management of animal waste: Current practices and future directions. *Journal of Environmental Management*, 267, 110609. doi:10.1016/j.jenvman.2020.110609.
- Kurniawan, A., et al. (2023). Strategi Pengelolaan Limbah Hewan untuk Pengurangan Emisi Gas Berbahaya. *Jurnal Lingkungan dan Kesehatan Masyarakat*, 7(2), 87-94.
- Setiawan, B., & Prasetyo, A. B. (2020). Dampak Kelembaban Limbah Hewan terhadap Pengelolaan Lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(3), 123-135.
- Smith, L., & Johnson, M. (2019). Practices of animal waste management: Current trends and future perspectives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(8), 2010-2023. doi:10.1021/acs.jafc.8b05575
- White, L., & Martinez, E. (2022). Sustainable approaches to animal waste management: A review of current practices and future directions. *Journal of Environmental Management*, 300, 113873. doi:10.1016/j.jenvman.2021.113873.

Zhang, Q., & Liu, T. (2021). Emerging technologies for animal waste treatment: Opportunities and challenges. *Science of The Total Environment*, 769, 144708. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.144708

# **BAB 2**

## **JENIS DAN IDENTIFIKASI LIMBAH TERNAK**

*Oleh Gunawan*

### **2.1 Pengenalan Limbah Ternak**

Limbah ternak adalah konsep yang merujuk pada berbagai material organik dan anorganik yang dihasilkan dari kegiatan peternakan. Ini termasuk kotoran ternak, sisa pakan, urin, dan air limbah. Volume limbah ternak yang dihasilkan dalam industri peternakan yang berkembang pesat merupakan tantangan yang signifikan dalam pengelolaan lingkungan. Bachmann, G., & Kuss, A. W. (2002). Dalam industri peternakan, volume limbah ternak yang signifikan dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia jika tidak dikelola dengan baik. Sistani, K. R., & Tewolde, H. (2005).

Pengelolaan limbah ternak yang efektif menjadi penting untuk mencegah pencemaran lingkungan dan menjaga keberlanjutan sektor peternakan. Ghaly, A. E., & Ramakrishnan, V. V. (2015). Dengan memahami pentingnya pengelolaan limbah ternak dan dampaknya terhadap lingkungan, kita dapat mengambil langkah-langkah yang tepat untuk mencegah pencemaran dan mempromosikan praktik peternakan yang berkelanjutan Dlamini, B. J., & Mamba, B. B. (2021). Menurut FAO (2013) Melalui pemahaman yang komprehensif tentang limbah ternak dan pengelolaannya, kita dapat mencapai keselarasan antara kebutuhan pangan yang meningkat dengan perlindungan lingkungan yang berkelanjutan.

### **2.2 Pentingnya Identifikasi Limbah Ternak**

Identifikasi limbah ternak merupakan langkah penting dalam pengelolaan limbah ternak yang efektif. Dengan mengidentifikasi jenis limbah ternak yang dihasilkan, kita dapat memahami karakteristiknya, menilai potensi dampak lingkungan,

dan merancang strategi pengelolaan yang sesuai. Pentingnya identifikasi limbah ternak dapat dilihat dari berbagai sudut pandang. Pertama, identifikasi limbah ternak membantu dalam penentuan langkah-langkah pengelolaan yang tepat. Dengan mengetahui jenis limbah ternak yang dihasilkan, kita dapat merancang metode pengurangan, pemrosesan, atau pemanfaatan yang sesuai untuk mengelola limbah tersebut dengan efisien. Moller, H. B., Sommer, S. G., & Ahring, B. K. (2004). Selain itu, identifikasi limbah ternak juga membantu dalam penilaian dampak lingkungan yang potensial. Dengan mengetahui komposisi limbah dan kandungan nutrisinya, kita dapat memperkirakan potensi pencemaran air dan tanah serta mengambil tindakan pencegahan yang tepat. Vinnerås, B., & Nordin, A. (2002)

Menurut Farkas, C., & Popp, J. (2018) Identifikasi limbah ternak juga mendukung pemantauan dan pemahaman tentang perubahan dalam produksi limbah. Dengan memantau jenis dan jumlah limbah yang dihasilkan dari waktu ke waktu, kita dapat mengidentifikasi tren atau pola yang dapat membantu dalam perencanaan pengelolaan limbah ternak yang lebih efektif. Selain itu, identifikasi limbah ternak juga penting dalam rangka pemenuhan persyaratan peraturan dan kepatuhan hukum terkait pengelolaan limbah. Dengan mengidentifikasi jenis limbah yang dihasilkan, kita dapat memastikan bahwa praktik pengelolaan limbah sesuai dengan peraturan yang berlaku.

## **2.3 Jenis Limbah Ternak**

### **2.3.1 Limbah Padat**

Limbah padat adalah salah satu jenis limbah ternak yang dihasilkan dalam kegiatan peternakan. Limbah padat terdiri dari kotoran ternak, sisa pakan yang tidak dikonsumsi, dan bahan organik lainnya. Dalam bab ini, kita akan membahas lebih lanjut tentang limbah padat, karakteristiknya, serta pentingnya pengelolaan yang efektif.

#### **1. Kotoran Ternak**

Limbah padat dari kotoran ternak adalah salah satu komponen utama dalam limbah ternak yang dihasilkan di peternakan. Kotoran ternak memiliki sifat yang khas dan dapat

bervariasi tergantung pada jenis ternak, pakan yang dikonsumsi, dan kondisi pengelolaan. Biasanya, kotoran ternak memiliki tekstur yang padat dan mengandung bahan organik yang signifikan. Komposisi nutrisi dalam kotoran ternak dapat bervariasi tergantung pada jenis ternak dan jenis pakan yang diberikan. Kotoran ternak mengandung nutrisi penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang merupakan unsur-unsur esensial bagi pertumbuhan tanaman. Namun, jika tidak dikelola dengan baik, kotoran ternak juga dapat menyebabkan masalah lingkungan. Misalnya, ketika kotoran ternak mencemari air permukaan atau air tanah, dapat menyebabkan eutrofikasi dan mengganggu kualitas air.

Pengelolaan yang efektif dari kotoran ternak melibatkan beberapa langkah. Salah satunya adalah penyimpanan yang tepat untuk mengurangi emisi gas berbahaya seperti amonia dan metana. Penyimpanan yang baik dapat dilakukan melalui penggunaan sistem lantai yang tahan air, penutup ganda, atau penggunaan bahan penyerap seperti jerami atau sekam. Sommer, S.G., & Christensen, M.L. (2012). Selain itu, pengolahan kotoran ternak juga dapat dilakukan melalui proses komposting. Komposting melibatkan penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi aerobik, menghasilkan pupuk yang kaya akan nutrisi dan dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk tanaman. Sánchez et.al (2004). Penerapan teknologi anaerobik juga dapat digunakan untuk mengubah kotoran ternak menjadi biogas, yang merupakan sumber energi terbarukan. Proses ini melibatkan penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen, menghasilkan biogas yang terdiri dari metana dan karbon dioksida. Zhang, R., & El-Mashad, H.M. (2014).

Menurut T.H., & Powell, J.M. (2005) Pengelolaan yang efektif dari kotoran ternak juga dapat melibatkan penggunaan teknologi pemisahan untuk memisahkan feses dan urin, yang memungkinkan pengelolaan yang lebih efisien dan pemanfaatan yang optimal dari nutrisi yang terkandung dalam kotoran ternak. Misselbrook, Dalam pengelolaan limbah padat, penting untuk memahami karakteristik kotoran ternak dan

menerapkan strategi pengelolaan yang sesuai untuk mengurangi dampak negatif pada lingkungan serta memanfaatkan potensi nutrisi yang terkandung di dalamnya secara efisien.

## **2. Jerami**

Limbah jerami yang dihasilkan di peternakan adalah salah satu jenis limbah pertanian yang perlu dikelola dengan baik. Limbah ini terdiri dari jerami yang tidak terpakai, serpihan jerami, dan bagian tanaman lainnya yang tidak dikonsumsi oleh ternak. Limbah jerami di peternakan memiliki karakteristik yang khas. Komposisi kimianya terdiri dari serat kasar, bahan organik, dan nutrisi lainnya yang tidak tercerna oleh ternak. Kandungan nutrisi dalam limbah padat jerami dapat bervariasi tergantung pada jenis jerami dan kondisi pertumbuhan tanaman. Saha & Cotta (2011).

Menurut Ravindran & Sekaran (2018) Pengelolaan limbah jerami sangat penting untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. Salah satu metode pengelolaan yang umum digunakan adalah komposting. Komposting limbah jerami melibatkan penguraian bahan organik secara aerobik oleh mikroorganisme, menghasilkan pupuk organik yang dapat digunakan dalam pertanian. Selain itu, limbah jerami juga dapat dimanfaatkan sebagai biomassa untuk produksi energi. Jerami dapat diolah menjadi briket atau pellet yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif, seperti dalam pembangkit listrik atau tungku pemanas. Dharmawan, J., et al. (2019).

Pemanfaatan limbah jerami juga dapat dilakukan melalui proses fermentasi. Proses fermentasi melibatkan penggunaan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam jerami, meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi ternak. Kung & Hession (2018). Pengelolaan limbah jerami tidak hanya membantu mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga dapat memberikan manfaat ekonomi dan keberlanjutan bagi peternakan.

### **3. Pakan yang tidak terpakai**

Pakan yang tidak terpakai adalah komponen lain dari limbah padat dalam peternakan. Ini mencakup sisa pakan yang jatuh ke lantai kandang atau tidak dikonsumsi oleh ternak. Sisa pakan ini mengandung nutrisi yang jika tidak dikelola dengan baik, dapat mencemari lingkungan. Sisa pakan yang terbuang dapat menjadi sumber pencemaran air dan tanah jika tidak dikelola dengan benar. Komposisi sisa pakan dapat bervariasi tergantung pada jenis ternak dan jenis pakan yang digunakan. Komponen utama dalam sisa pakan adalah serat tanaman dan bahan organik yang tidak tercerna. Pemanfaatan sisa pakan dapat memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan jika dikelola dengan baik. Salah satu cara untuk mengelola sisa pakan adalah dengan pemanfaatan kembali. Sisa pakan yang masih layak konsumsi dapat digunakan sebagai pakan ternak lainnya atau dikombinasikan dengan pakan baru. Pemanfaatan kembali sisa pakan dapat mengurangi limbah dan biaya produksi pakan. Hafner, S.D., & Muck, R.E. (2019).

Namun, jika sisa pakan tidak dapat digunakan kembali sebagai pakan ternak, teknologi pengolahan seperti komposting dapat digunakan. Komposting melibatkan penguraian bahan organik secara aerobik oleh mikroorganisme, menghasilkan pupuk organik yang dapat digunakan dalam pertanian. Li, H. et.al (2018). Selain itu, proses fermentasi juga dapat digunakan untuk mengubah sisa pakan menjadi bahan pakan yang lebih mudah dicerna dan bernutrisi. Proses fermentasi melibatkan penggunaan mikroorganisme seperti ragi atau bakteri untuk menguraikan bahan organik dalam sisa pakan, meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi ternak. Kung Jr, L., & Hession, A.O. (2018).

Menurut Sommer, S.G., & Christensen, M.L. (2012) penerapan teknologi pengolahan sisa pakan ini dapat membantu mengurangi limbah peternakan dan menciptakan nilai tambah dari sisa pakan yang sebelumnya tidak digunakan. Pengelolaan yang efisien dan berkelanjutan dari sisa pakan juga merupakan bagian penting dari praktik peternakan yang

bertanggung jawab dan ramah lingkungan. Dengan mengoptimalkan pengelolaan sisa pakan, peternakan dapat mengurangi dampak negatif pada lingkungan dan meningkatkan efisiensi produksi pakan. Wilkinson et.al (2018).

### **2.3.2 Limbah Cair**

Limbah cair dari ternak, yang sering disebut juga dengan limbah kandang atau limbah peternakan, merujuk pada limbah yang dihasilkan oleh hewan ternak selama proses pemeliharaan. Limbah ini terdiri dari urin, tinja, dan air yang digunakan untuk membersihkan kandang. Limbah cair ini memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia jika tidak dikelola dengan baik.

Limbah cair dari ternak mengandung berbagai zat yang dapat mencemari sumber air, seperti nitrogen, fosfor, amonia, dan patogen. Kandungan nitrogen dalam limbah ini biasanya berasal dari urea dalam urin hewan, sedangkan fosfor berasal dari tinja. Kedua unsur ini dapat menyebabkan eutrofikasi di perairan, yaitu peningkatan kandungan nutrisi yang berlebihan yang memicu pertumbuhan alga yang berlebihan dan menyebabkan penurunan oksigen terlarut, merugikan kehidupan akuatik. Amonia adalah senyawa nitrogen yang larut dalam air dan dapat terbentuk dari dekomposisi urea. Amonia dalam limbah ternak dapat mencemari air tanah dan permukaan, serta berkontribusi pada pembentukan hujan asam dan polusi udara. Selain itu, limbah ternak juga mengandung patogen seperti *E. coli* dan *Salmonella* yang dapat menimbulkan risiko kesehatan manusia melalui pencemaran air minum dan kontaminasi makanan. Ayanwale, & Adekunle (2018).

Dalam mengelola limbah cair ternak, berbagai metode dapat diterapkan. Salah satu metode umum adalah pengolahan limbah dengan sistem septik tank atau sistem pengolahan limbah yang lebih lanjut seperti sistem pengolahan aerobik atau anaerobik. Metode pengolahan ini dapat mengurangi kandungan nutrisi dan patogen dalam limbah sehingga lebih aman untuk dibuang atau digunakan kembali.

## 1. Urin

Urin dari ternak adalah cairan yang diproduksi oleh ginjal hewan ternak dan merupakan salah satu komponen penting dari limbah peternakan. Komposisi urin ternak dapat bervariasi tergantung pada jenis ternak, pakan yang dikonsumsi, dan faktor-faktor lainnya. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Li et al. (2020), urin ternak umumnya mengandung air, urea, amonia, nitrogen organik, fosfor, kalium, dan senyawa organik dan anorganik lainnya. Kandungan utama dalam urin ternak adalah nitrogen dalam bentuk urea dan amonia (Li et al., 2020; Bicudo et al., 2018). Urea adalah produk sampingan metabolisme protein dalam tubuh hewan ternak dan diekskresikan melalui urin. Kandungan urea dalam urin dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap konsentrasi nitrogen dalam limbah ternak (Bicudo et al., 2018).

Amonia juga merupakan komponen penting dalam urin ternak. Amonia terbentuk melalui proses dekomposisi urea oleh bakteri dalam lingkungan, terutama dalam kondisi anaerobik. Amonia memiliki potensi pencemaran udara, tanah, dan air, serta dapat berkontribusi pada pembentukan hujan asam (Li et al., 2020; Bicudo et al., 2018). Selain itu, urin ternak juga mengandung fosfor dan kalium. Fosfor dalam urin berasal dari pakan yang dikonsumsi oleh ternak dan dapat berkontribusi pada pencemaran air dan eutrofikasi perairan jika limbah tidak dikelola dengan baik (Bicudo et al., 2018). Kalium, sebagai mineral penting, hadir dalam urin ternak dan dapat mempengaruhi kualitas tanah dan air jika terjadi kelebihan dalam aplikasi pupuk (Bicudo et al., 2018).

Pengelolaan yang baik terhadap urin ternak sangat penting untuk mengurangi dampak negatifnya. Beberapa metode pengelolaan yang umum dilakukan termasuk pengumpulan dan penggunaan kembali urin sebagai pupuk organik dalam pertanian, pengolahan urin melalui sistem septik tank atau sistem pengolahan limbah, atau penggunaan teknologi lanjutan seperti proses pemisahan nutrisi dalam urin (Li et al., 2020; Bicudo et al., 2018).

## **2. Air Limbah dari Proses Pencucian Ternak**

Air limbah dari proses pencucian ternak merujuk pada air yang digunakan untuk membersihkan kandang, peralatan, dan perabotan yang terkait dengan pemeliharaan hewan ternak. Air ini mengandung sisa-sisa pakan, kotoran, urine, dan bahan kimia yang digunakan dalam proses pencucian. Pengelolaan yang baik terhadap air limbah ini sangat penting untuk mencegah pencemaran lingkungan dan menjaga kualitas air. Menurut sebuah penelitian yang dilakukan oleh Choudhary et al. (2019), air limbah dari proses pencucian ternak mengandung berbagai zat yang dapat mencemari lingkungan, termasuk bahan organik, nitrogen, fosfor, deterjen, dan bahan kimia lainnya. Kandungan bahan organik seperti sisa-sisa pakan dan kotoran dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut dalam air jika tidak diolah dengan baik (Choudhary et al., 2019).

Bahan kimia yang digunakan dalam proses pencucian juga dapat berkontribusi pada pencemaran air. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Samer et al. (2018), ditemukan bahwa penggunaan deterjen dan desinfektan dalam pencucian ternak dapat menyebabkan peningkatan kandungan fosfor dan bahan kimia berbahaya dalam air limbah. Untuk mengelola air limbah dari proses pencucian ternak, beberapa metode pengolahan dapat diterapkan. Salah satu metode yang umum adalah penggunaan sistem pengolahan limbah seperti sistem septik tank atau sistem pengolahan air limbah yang lebih lanjut, termasuk penggunaan biofilter atau proses pengolahan aerobik atau anaerobik (Choudhary et al., 2019). Selain itu, praktik pengelolaan air yang baik seperti penggunaan teknologi penghematan air, penggunaan bahan kimia yang ramah lingkungan, dan pemisahan air limbah dari sumber air bersih juga dapat membantu mengurangi dampak negatif air limbah dari proses pencucian ternak (Samer et al., 2018).

### **2.3.3 Limbah Gas**

Limbah gas dari usaha peternakan merujuk pada emisi gas yang dihasilkan selama proses pemeliharaan hewan ternak. Gas-gas ini dapat berasal dari pencernaan hewan, dekomposisi kotoran,

penggunaan pupuk, dan penggunaan bahan bakar fosil dalam operasional peternakan. Pencegahan dan pengelolaan yang baik terhadap limbah gas ini penting untuk mengurangi dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al. (2020), limbah gas dari peternakan dapat mengandung berbagai zat seperti amonia ( $\text{NH}_3$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ), dan senyawa organik volatil (VOCs). Amonia adalah gas yang dihasilkan oleh dekomposisi urine dan kotoran hewan ternak, dan dapat berkontribusi pada pencemaran udara dan pembentukan partikel halus (Zhang et al., 2020). Metana adalah gas rumah kaca yang dihasilkan oleh proses pencernaan hewan ternak, terutama pada sistem pencernaan ruminansia. Gas ini memiliki potensi pemanasan global yang tinggi (Zhang et al., 2020). Limbah gas dari peternakan juga dapat menghasilkan nitrogen oksida, terutama melalui proses dekomposisi amonia dalam kondisi yang kurang oksigen (Zhang et al., 2020).

Pengelolaan limbah gas dari peternakan dapat melibatkan penggunaan teknologi dan praktik yang tepat. Beberapa metode yang umum digunakan termasuk penggunaan sistem penyimpanan dan pengolahan limbah, seperti biofilter, penutup tanah, atau sistem pengolahan anaerobik untuk mengurangi emisi gas (Zhang et al., 2020). Selain itu, praktik manajemen peternakan seperti penggunaan pakan yang efisien, manajemen pakan, dan manajemen kotoran yang baik juga dapat membantu mengurangi emisi gas dari peternakan (Zhang et al., 2020).

### **1. Gas metana dari penguraian limbah oraganik**

Gas metana adalah salah satu gas rumah kaca yang dihasilkan secara alami selama proses penguraian limbah organik di lingkungan anaerobik. Metana ( $\text{CH}_4$ ) adalah gas yang kuat sebagai agen pemanasan global, dengan kemampuan menahan panas sekitar 28 kali lebih besar daripada karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) selama periode 100 tahun. Proses penguraian limbah organik seperti kotoran hewan, limbah pertanian, dan limbah makanan dapat menghasilkan metana.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ravishankara et al. (2009), metana dihasilkan oleh proses dekomposisi

organik yang terjadi dalam kondisi anaerobik, di mana oksigen tidak tersedia. Sumber utama metana adalah aktivitas mikroorganisme yang disebut metanogen, yang dapat ditemukan di tanah, rawa, dan sistem pencernaan hewan. Limbah organik seperti kotoran hewan dan limbah pertanian merupakan kontributor utama emisi metana. Menurut penelitian oleh Reay et al. (2012), limbah ternak seperti kotoran sapi dan domba adalah sumber signifikan emisi metana. Proses fermentasi dalam sistem pencernaan ruminansia hewan ternak menghasilkan metana sebagai produk sampingan.

Pengelolaan limbah organik dengan tujuan mengurangi emisi metana dapat dilakukan melalui beberapa metode. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah penggunaan biodigester anaerobik. Biodigester memanfaatkan proses anaerobik untuk menguraikan limbah organik dan menghasilkan metana sebagai sumber energi alternatif. Metana yang dihasilkan dari biodigester dapat digunakan untuk memasok gas rumah tangga, bahan bakar kendaraan, atau listrik (Reay et al., 2012; Ravishankara et al., 2009).

## **2. Amonia dari Urin Ternak**

Amonia ( $\text{NH}_3$ ) adalah senyawa nitrogen yang kuat yang sering dihasilkan sebagai produk sampingan dari dekomposisi urin hewan ternak. Produksi amonia dari urin ternak terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme yang menguraikan urea dalam urin menjadi amonia. Amonia memiliki karakteristik berbau tajam dan beracun dalam konsentrasi tinggi, dan dapat memberikan dampak negatif terhadap kualitas udara dan lingkungan sekitarnya.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Misselbrook et al. (2014), amonia dari urin ternak dapat menguap ke udara dan mencemari lingkungan, terutama di sekitar kandang atau area penampungan urin ternak. Konsentrasi amonia yang tinggi dalam udara dapat menyebabkan masalah kesehatan pada manusia dan hewan, serta menghasilkan efek negatif pada ekosistem lokal. Urin ternak, seperti urin sapi atau babi, merupakan sumber utama amonia dalam konteks peternakan.

Menurut penelitian oleh Hristov et al. (2013), urin sapi mengandung konsentrasi amonia yang tinggi, karena urea dalam urin diuraikan oleh enzim urease menjadi amonia dan karbon dioksida.

Pengelolaan amonia dari urin ternak dapat melibatkan beberapa strategi. Salah satu pendekatan yang umum adalah penggunaan sistem penyimpanan atau penampungan urin yang tertutup. Hal ini membantu mengurangi penguapan amonia ke udara sekaligus meminimalkan dampak negatif pada kualitas udara dan lingkungan sekitarnya (Misselbrook et al., 2014). Selain itu, tindakan pencegahan seperti pemisahan urin dari kotoran, penggunaan bahan penyerap amonia, atau penggunaan teknologi pengolahan urin seperti proses pengolahan anaerobik atau aerobik juga dapat membantu mengurangi emisi amonia dari urin ternak (Hristov et al., 2013).

## **2.4 Identifikasi Limbah Ternak**

### **1. Pengamatan Fisik**

Pengamatan fisik limbah ternak meliputi berbagai aspek seperti warna, tekstur, dan bau, yang dapat memberikan petunjuk tentang kondisi limbah dan potensi dampaknya terhadap lingkungan.

#### *Warna*

- a. Warna limbah ternak dapat bervariasi tergantung pada jenis hewan, jenis pakan yang dikonsumsi, dan tingkat penguraian. Limbah ternak segar biasanya memiliki warna yang bervariasi, mulai dari coklat hingga hijau tua. Namun, perubahan warna menjadi hitam atau keabu-abuan dapat menandakan proses penguraian yang lebih lanjut (Hussein et al., 2019).

- b. *Tekstur limbah ternak*

Tekstur limbah ternak juga memberikan petunjuk penting tentang kondisinya. Limbah segar biasanya memiliki tekstur basah dan berlumpur, terutama kotoran hewan. Namun, limbah yang telah mengalami penguraian lebih lanjut dapat memiliki tekstur yang lebih kasar dan berbutir,

menandakan bahwa proses pengomposan telah berlangsung (Morse et al., 2020).

c. *Bau limbah ternak*

Bau limbah ternak seringkali menjadi ciri khas yang mudah dikenali. Bau limbah ternak segar umumnya bersifat tajam dan menyengat akibat kandungan amonia dan senyawa organik lainnya. Namun, limbah yang telah mengalami penguraian lebih lanjut mungkin memiliki bau yang lebih netral atau bahkan berbau seperti tanah humus (Wang et al., 2018).

## 2. Analisis Kimia

Analisis kimia limbah ternak merupakan langkah penting dalam mengevaluasi kualitas dan potensi penggunaannya dalam pertanian serta lingkungan. Berbagai parameter kimia dievaluasi, termasuk kandungan nutrisi dan komponen lainnya.

a. *Kandungan Nutrisi*

Salah satu aspek utama dari analisis kimia limbah ternak adalah penentuan kandungan nutrisinya, seperti protein, nitrogen, fosfor, dan kalium. Kandungan nutrisi ini memberikan petunjuk tentang potensi pupuk organik dan nilai tambah limbah ternak untuk pertanian. Menurut penelitian oleh Van Veldhuizen et al. (2019), analisis kimia limbah ternak dapat memberikan informasi yang berharga tentang kadar nutrisinya.

b. *Kandungan Karbon*

Selain nutrisi utama, analisis kimia limbah ternak juga mencakup kandungan karbon, yang dapat memengaruhi proses penguraian dan komposisi mikroba dalam limbah. Kandungan karbon yang tinggi dapat menandakan potensi limbah untuk dijadikan bahan baku dalam produksi biogas. Studi oleh Smith et al. (2020) menyoroti pentingnya penentuan kandungan karbon dalam analisis kimia limbah ternak.

c. *Kandungan Mikronutrien:*

Selain nutrisi utama, analisis kimia limbah ternak juga mencakup kandungan mikronutrien seperti besi, seng,

tembaga, dan mangan. Kandungan mikronutrien ini dapat memberikan tambahan nilai dalam penggunaan limbah ternak sebagai pupuk organik. Penelitian oleh Gupta et al. (2019) menunjukkan bahwa analisis kimia limbah ternak dapat memberikan informasi yang relevan tentang kandungan mikronutrien.

d. *Kandungan Logam Berat*

Terakhir, analisis kimia limbah ternak juga mencakup penentuan kandungan logam berat, seperti timbal, kadmium, dan merkuri. Kandungan logam berat dalam limbah ternak dapat menjadi masalah lingkungan jika melebihi batas yang aman. Penelitian oleh Wang et al. (2018) menyoroti pentingnya pengawasan terhadap kandungan logam berat dalam limbah ternak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ayanwale, A. V., & Adekunle, I. O. (2018). Environmental effects of livestock waste management. In A. A. Adegbite (Ed.), *Environmental Impact Assessment of Agricultural Projects* (pp. 1-21). IntechOpen.
- Bachmann, G., & Kuss, A. W. (2002). *Environment and livestock*. Lembaga Penelitian Ternak, Neustadt an der Aisch, Jerman.
- Bicudo, J. R., Leite, V. D., & Costa, R. G. (2018). Dairy cattle urine composition and potential for nitrogen volatilization. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47, e20170068.
- Choudhary, M. K., Kumar, P., Kumar, S., & Chaudhary, A. K. (2019). Wastewater generation, characterization, and treatment from livestock farms: A review. *Journal of Environmental Management*, 248, 109317.
- Dharmawan, J., et al. (2019). The potential of rice straw as a source of renewable energy in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 387(1), 012010.
- Dlamini, B. J., & Mamba, B. B. (2021). The Role of Sustainable Livestock Production in Achieving Global Food Security. In *Sustainable Food Systems from Agriculture to Industry* (pp. 177-196). Springer.
- Farkas, C., & Popp, J. (2018). Analysis of the environmental impacts of livestock production—A review. *Agronomy Research*, 16(S1), 1906-1916.
- FAO. (2013). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Dapat diakses melalui <http://www.fao.org/home/en/>
- Gupta, R., et al. (2019). "Micronutrient contents of organic manures and their availability in soil: A review." *Journal of Plant Nutrition*.
- Hafner, S.D., & Muck, R.E. (2019). Aerobic stability of corn silage: interactions of volatile fatty acids, alcohol, and other fermentation products. *Journal of Dairy Science*, 102(12), 10869-10880.

- Hussein, M., et al. (2019). "Physical, chemical and microbial characteristics of livestock manure." *Journal of Animal Science and Technology*.
- Hristov, A. N., Ott, T., Tricarico, J., Rotz, A., Waghorn, G., Adesogan, A., ... & Montes, F. (2013). Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: II. A review of manure management mitigation options. *Journal of Animal Science*, 91(11), 5070-5094.
- Kung Jr, L., & Hession, A.O. (2018). Improving silage quality and animal performance with inoculants. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 3722-3733.
- Li, H., Wu, Z., Zhang, R., & Xu, H. (2018). The effects of a mixed inoculum on anaerobic digestion of fruit and vegetable waste. *Waste Management*, 72, 376-382.
- Li, M., Liu, M., Zhang, L., Wang, Z., Chen, J., & Wang, C. (2020). Chemical composition and nitrogen loss potential of dairy cattle urine at different levels of nitrogen intake. *Journal of Cleaner Production*, 257, 120578.
- Misselbrook, T.H., & Powell, J.M. (2005). The effects of diet on nitrogen excretion by ruminants. In *The Role of Nitrogen in Grassland Systems in Western Europe* (pp. 201-220). Wageningen Academic Publishers.
- Misselbrook, T. H., Sutton, M. A., Scholefield, D., & Pain, B. F. (2014). Ammonia emissions from agriculture: measures, modelling and mitigation. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 9(009), 1-18.
- Moller, H. B., Sommer, S. G., & Ahring, B. K. (2004). Separation of liquid and solid fractions of animal slurry. *Bioresource Technology*, 96(3), 251-264.
- Morse, N., et al. (2020). "Composting livestock manures: A guide to the process and management of livestock manure compost." *Natural Resources Conservation Service*.
- Ravindran, B., & Sekaran, G. (2018). Composting of Agricultural Waste: Status and Challenges. In *Sustainable Composting* (pp. 29-47). Springer.

- Ravishankara, A. R., Daniel, J. S., & Portmann, R. W. (2009). Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O): the dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century. *Science*, 326(5949), 123-125.
- Reay, D. S., Smith, P., van Amstel, A., & Meijer, J. (2012). Methane and nitrous oxide emissions from agriculture in the EU: a review of national inventories. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 17(3), 311-326.
- Saha, B.C., & Cotta, M.A. (2011). Ethanol production from lignocellulosic biomass. In *Ethanol and Biofuels: Production, Standards and Potential* (pp. 35-61). Springer.
- Samer, M. A., Abdel-Raouf, N., & Al-Homaidan, A. A. (2018). Evaluation of the environmental impact of the cleaning agents used in the dairy farm industry. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(19), 18424-18434.
- Sanchez-Monedero, M.A., Mondini, C., de Nobili, M., & Leita, L. (2004). Relationships between organic matter, respiration, and nitrogen in soils amended with composted and fresh organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, 68(6), 232-238.
- Sistani, K. R., & Tewolde, H. (2005). Impact of broiler litter on water quality of runoff from fescuegrass plots. *Journal of Environmental Quality*, 34(2), 645-651.
- Smith, J., et al. (2020). "Phosphorus in animal manure: Potential use as a fertilizer." *Journal of Environmental Quality*.
- Sommer, S.G., & Christensen, M.L. (2012). Review of greenhouse gas emissions from stored livestock slurry and its treatment options. In *Animal Manure Recycling: Treatment and Management* (pp. 271-294). John Wiley & Sons.
- Van Veldhuizen, L., et al. (2019). "Nutrient recovery from animal manure: Breakthroughs, opportunities, and challenges for science and society." *Global Change Biology Bioenergy*.
- Vinneras, B., & Nordin, A. (2002). Nutrient balances and environmental impact of pig production in Sweden. *Journal of Agricultural Science*, 139(4), 389-399.
- Wang, J., et al. (2018). "Odor compounds from different livestock manures and their potential application for environmental management." *Journal of Environmental Management*.

- Wang, J., et al. (2018). "Heavy metal pollution in poultry and livestock feeds and manures under intensive farming in Jiangsu Province, China." Environmental Science and Pollution Research International.
- Wilkinson, J.M., & Lee, M.R.F. (2018). Ruminal fermentation and its manipulation. In *The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition* (pp. 81-99). CABI.
- Zhang, R., & El-Mashad, H.M. (2014). Anaerobic digestion technology: bioenergy production and environmental sustainability. In *Bioenergy Research: Advances and Applications* (pp. 171-197). Elsevier.
- Zhang, J., Chen, Y., Zhang, J., & Zhang, Y. (2020). Emission characteristics and control technologies of air pollutants from livestock and poultry breeding. *Science of the Total Environment*, 727, 138620.



# **BAB 3**

## **PENGELOLAAN LIMBAH SECARA FISIK, KIMIA DAN BIOLOGI**

*Oleh Indra Permana*

### **3.1 Pendahuluan**

Bagi masyarakat yang tinggal di wilayah pedesaan, beternak merupakan salah satu sumber penghasilan dan tabungan hidup yang strategis karena berdampak terhadap aktivitas lain seperti pertanian. Aktivitas peternakan tidak hanya berdampak positif terhadap peningkatan ekonomi suatu wilayah namun dapat memberikan dampak negatif apabila pengelolaan limbah tidak dilakukan secara benar dan ramah lingkungan. Soehadji (1992) mengatakan bahwa sisa buangan yang berasal dari kegiatan peternakan baik berupa padatan, cairan maupun gas disebut dengan limbah ternak. Pembuangan limbah secara langsung ke alam dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan baik terhadap tanah, badan air dan juga udara.

Kriteria limbah padat tentunya berbentuk padatan yang berasal dari kotoran (feses), rumen atau isi perut dari pemotongan ternak dan hewan ternak yang mati. Limbah cair dikategorikan berdasarkan fase limbah yang dihasilkan dalam bentuk cairan dan diperoleh dari aktivitas ternak dan peternakan seperti urin dan air cucian kandang (Junus, Akhiroh, & Putritamara, 2023). Selain itu, aktivitas peternakan dapat menghasilkan limbah dalam fase gas seperti gas metan ( $\text{CH}_4$ ), karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan Dinitrogen monoksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) yang dapat berasal dari kotoran yang dihasilkan bila tidak dilakukan pengolahan lebih lanjut (Aprilia, 2021; Miito, Ndegwa, Alege, Coulibaly, & Harrison, 2022). Pencemaran udara dari zat-zat tersebut dapat mendukung terjadinya pemanasan global dan perubahan iklim.

Volume limbah yang dihasilkan tergantung daripada jenis ternak, besar usaha peternakan, tipe usaha dan lantai kandang.

Karakteristik. Berdasarkan hasil penelitian Romansah (2020), setiap satu ekor sapi mampu menghasilkan kotoran sebanyak 5 kg per hari. Penanganan limbah padat seperti feses atau kotoran yang biasa dilakukan oleh peternak yakni dengan memisahkannya dengan menggunakan sapu atau sekop (*scrapping*). kotoran yang telah dipisahkan dibiarkan hingga mengering kemudian digunakan sebagai pupuk kandang bagi lahan pertanian. Metode tersebut telah dilakukan sejak dahulu kala oleh para peternak baik dengan cara manual ataupun mekanik.

Pengelolaan limbah padat pada peternakan dengan jumlah sapi yang cukup banyak dan ukuran kandang yang besar metode tersebut cukup memakan waktu atau kurang efisien. Alternatif cara yang metode *flushing*. *Flushing* merupakan teknik pengumpulan limbah padat dan cair dengan menggunakan air atau disemprot yang bersamaan dengan kegiatan pencucian kandang sehingga limbah padat dan cair tercampur kemudian terangkut pada saluran pembuangan. Namun, perlu adanya kolam untuk menampung hasil cucian kandang tersebut supaya tidak mencemari tanah ataupun badan air.

Beberapa peternakan juga membangun kandang dengan penyekat pada bagian bawah kandang yang terdapat lubang sebagai tempat penampungan limbah padat dan cair. Metode tersebut dikenal dengan istilah *free-fall*. Penggunaan metode tersebut lebih efisien dibandingkan dengan metode lainnya namun memerlukan biaya yang lebih besar dari aspek investasi atau biaya aset.

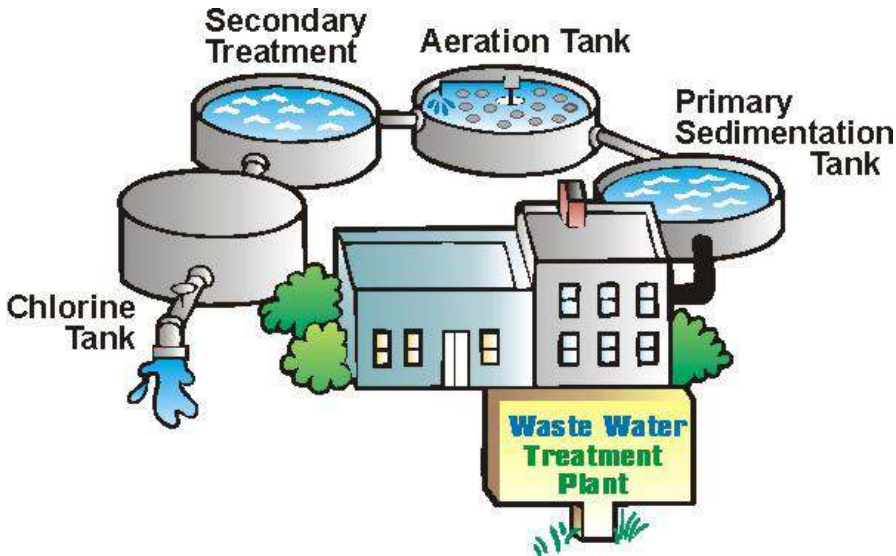
Berbeda dengan metode *scrapping* yang dilakukan untuk mengolah limbah padat yang dihasilkan, pengelolaan limbah dengan menggunakan metode *flushing* dan *free-fall* menghasilkan limbah cair atau *slurry* atau bisa disebut juga sebagai effluent. Limbah effluent berasal dari campuran feses, urin, dan air cucian kandang yang tertampung pada lagoon atau kolam penampungan. . Karakteristik limbah effluent cair peternakan sapi dapat dilihat pada Tabel 3.1. Limbah effluent memiliki kadar polutan yang berbahaya bagi lingkungan ditunjukkan dengan parameter *chemical oxygen demand* (COD), *biological oxygen demand* (BOD), dan *total suspended solid* (TSS). Kadar COD, BOD, dan TSS pada limbah effluent sebelum pengolahan atau *treatment* cenderung tinggi dan

melebihi baku mutu limbah berdasarkan Peraturan Menteri Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah (Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014).

**Tabel 3.1.** Karakteristik limbah *effluent* cair peternakan sapi

| No | Sumber referensi                                     | COD<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | BOD<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | TSS<br>(mg L <sup>-1</sup> ) |
|----|------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. | (Permana, Yuliyani, Rahmatullah, & Ardiansyah, 2023) | 14.729                       | 6.062                        | 7.502                        |
| 2. | (Nurcahya, Permana, Windiastuti, & Nur'alam, 2023)   | 6.374                        | 3.611                        | 2.575                        |
| 3. | (Rajarajan & Irshad., 2016)                          | 1.900-2.700                  | 1.200-1.800                  | 500-740                      |
| 4. | (Telang & Patel, 2015)                               | 3.700-4000                   | 2.000-2500                   | 950-900                      |

Pengelolaan limbah wajib dilakukan dalam kegiatan peternakan untuk menghindari pencemaran lingkungan dan mewujudkan lingkungan yang bersih dan sehat. Kementerian Lingkungan Hidup, (2021) telah mengatur tata cara penerbitan persetujuan teknis dan surat kelayakan bidang pengendalian pencemaran lingkungan berdasarkan peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan nomor 5 tahun 2021. Terdapat beberapa metode dalam mengelola limbah cair peternakan diantaranya dengan metode fisik, kimia dan biologi. Setiap metode tentunya memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, namun ketiganya dapat digunakan secara mandiri ataupun dikombinasikan untuk mendapatkan teknik pengelolaan limbah peternakan yang ramah lingkungan.



**Gambar 3.1.** mekanisme pengeolaan limbah cair

(Sumber:

<https://bengkeltip.wordpress.com/2011/12/18/pengolahan-limbah-cair/>)

### 3.2 Pengelolaan Secara Fisik

Pengelolaan limbah cair peternakan secara fisik merupakan salah satu metode yang tidak memerlukan biaya operasional tinggi dan cukup mudah diterapkan. Metode ini bertujuan untuk memisahkan fase padatan dari limbah cair atau slurry yang dihasilkan. Pemisahan zat padat di dalam limbah dapat dilakukan dengan cara flotasi, sedimentasi dan filtrasi (Junus et al., 2023).

**Flotasi** adalah proses di mana kotoran yang lebih ringan daripada air diangkat ke permukaan dengan menggunakan udara atau bahan kimia tertentu. Flotasi menghilangkan zat-zat yang tersebar atau terlarut dari cairan dengan menggunakan gelembung gas yang sangat halus yang mengangkat zat-zat tersebut ke permukaan, dan selanjutnya, gelembung dan zat-zat tersebut dihilangkan dengan alat pembersih. Dalam konteks pengolahan limbah cair peternakan, flotasi dapat digunakan untuk mengangkat minyak, lemak, atau partikel organik ringan lainnya dari limbah cair. Semakin kecil gelembung mikro, semakin baik fungsi akumulasi

partikel atau tetesan. Untuk tujuan ini, teknologi air limbah sering menggunakan Flotasi Udara Terlarut (DAF), sebuah metode yang terbukti secara ekonomis efisien. Selain itu, agen tambahan seperti pengumpul, penukar busa, pengendali, dan pendorong mendukung proses flotasi.

**Sedimentasi** merupakan teknik pemisahan partikel padatan yang lebih mudah dibandingkan dengan flotasi. Pada proses ini, partikel padat dibiarkan mengendap di dalam kolam atau tangki penampungan dikarenakan adanya perbedaan bobot jenis sehingga pada bagian permukaan merupakan cairan yang lebih bersih. Namun, teknik sedimentasi memerlukan area yang cukup besar dan sebaiknya memiliki lebih dari satu kolam penampungan sehingga sedimentasi dilakukan secara bertahap. Proses sedimentasi kurang efisien dalam menurunkan kadar BOD (Hung, Britz, & van Schalkwyk, 2005).

**Filtrasi** merupakan salah satu teknik pengolahan limbah yang telah umum digunakan pada seluruh industri. Pada teknik ini dilakukan pemisahan antara padatan tersuspensi dalam limbah cair sehingga polutan dapat tersaring dan cairan menjadi lebih jernih serta tidak berbau. Limbah cair hasil filtrasi tentunya memiliki tingkat COD, BOD dan TSS yang lebih rendah dibanding sebelumnya sehingga lebih aman terhadap lingkungan. Media atau bahan yang pada umumnya digunakan untuk proses filtrasi diantaranya pasir kuarsa, karbon aktif, zeolit dan membran. Seluruh media tersebut memiliki kemampuan adsorpsi dan absorpsi yang sangat baik sehingga partikel-partikel padatan pada limbah cair akan tertahan dengan baik. Selain dengan menggunakan bahan organomineral, proses filtrasi juga dapat dikombinasikan dengan menggunakan mikroorganisme sebagai filtrasi biologis atau biodegradasi untuk meningkatkan efektivitas media filtrasi.

### 3.3 Pengelolaan Secara Kimia

Metode pengelolaan limbah dengan pendekatan kimia, yang dikenal sebagai perlakuan sekunder (*secondary treatment*), seringkali menghadapi biaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan pendekatan fisik. Biasanya, teknik ini dimanfaatkan untuk mengendapkan zat berbahaya yang larut dalam limbah cair menjadi

bentuk padat. Proses pengelolaan ini mencakup langkah-langkah seperti netralisasi, flokulasi, koagulasi, dan ekstraksi.

**Koagulasi** merupakan teknik pengolahan dengan menambahkan senyawa koagulan pada limbah yang bertujuan untuk mempercepat proses sedimentasi. Koagulan memiliki kemampuan dalam mendestabilisasi koloid dengan menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid (Kristijarti, Suharto, & Marieanna, 2013). Proses ini dengan cepat mengurangi kekeruhan warna dan bau yang terdapat pada limbah cair. Beberapa koagulan yang biasa digunakan diantaranya: *aluminium sulphate*, *erric sulphate*, *ferrous sulphate*, *ferric chloride*, *polyelectrolyte*, dan *poly alumunium chloride (PAC)* (Hutabarat, Witasari, & Baskoro, 2023).

### 3.4 Pengelolaan Secara Biologis

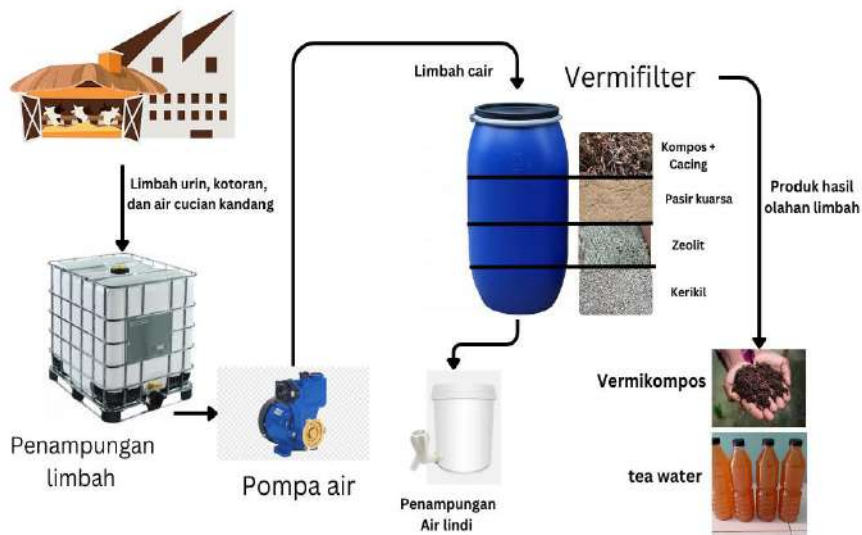
Pengelolaan limbah secara biologis baik digunakan untuk mengolah limbah yang mengandung bahan organik. Oksidasi dan biodegradasi adalah dasar pengolahan air limbah biologis. Bakteri aerob berperan atas penurunan signifikan BOD, COD, nitrogen, dan amonia dalam limbah. Proses ini melibatkan dua langkah utama: pemrosesan biologis awal dan penghilangan padatan. Salah satu proses biologi yang sering dilakukan adalah proses lumpur aktif. Mekanisme yang terjadi adalah proses konversi zat atau substansi limbah oleh mikroorganisme di dalam lumpur aktif sehingga bahan organik dapat digunakan sebagai sumber nutrisi dan pertumbuhan sel baru (Ningtyas, 2015).

#### **Biofilter atau Vermifiltration**

Vermifiltration merupakan teknologi pengelolaan limbah cair peternakan yang berfokus pada pemanfaatan cacing sebagai bio-remediator. Vermifiltrasi adalah pengembangan dari filtrasi tanah atau biofiltrasi dengan cacing tanah untuk mempercepat proses dekomposisi, menggunakan bahan organik sebagai media tumbuh sehingga menghasilkan pupuk organik yang dapat digunakan dalam pertanian untuk mendukung produksi tanaman yang sehat (Arora & Saraswat, 2021). Vermifilter adalah teknologi yang relatif baru yang mengolah air limbah yang terkontaminasi secara organik menggunakan cacing tanah.

Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk mengetahui efektivitas vermifiltration dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS. Pengolahan air limbah terpusat juga berkontribusi pada perubahan iklim karena menghasilkan gas rumah kaca yang menyumbang sekitar 3% hingga 7% dari total emisi (Arora & Saraswat, 2021). Efisiensi penghilangan BOD, COD, dan padatan dari air limbah peternakan setelah difiltrasi oleh Vermifilter mencapai 98%, 80-90%, dan 90-95% (Sinha & Bharambe, G, Bapat, 2007). Studi ini sejalan dengan hasil penelitian Choudhary & Medok (2017) yang menunjukkan bahwa keberadaan cacing tanah dalam lapisan Vermifilter dapat secara efektif menghilangkan BOD dan COD sebesar 83,51% dan 83,33%, secara berturut-turut.

Mekanisme penerapan sistem Vermifilter yakni mencegah pencemaran limbah cair ke lingkungan dengan menampung limbah tersebut pada bak atau drum penampungan. Selanjutnya, hasil penampungan limbah cair dialirkan dengan menggunakan pompa menuju instalasi Vermifilter yang tersusun dari beberapa material penyaring sebagai berikut; 1) kompos sebagai media tumbuh cacing, 2) Pasir aktif sebagai penyaring tahap awal, 3) batuan zeolite yang mampu mengikat logam-logam berbahaya pada limbah cair, 4) kerikil yang mampu menjernihkan limbah cair sehingga hasil olahan tidak memiliki endapan dan berwarna jernih. Setelah melalui beberapa tahap penyaringan, limbah cair dialirkan kedalam wadah penampungan untuk dapat digunakan sebagai irigasi bagi lahan pertanian yang biasa disebut tea water atau vermicompost tea. Setelah 90 hari setelah penyiraman, vermicompost dapat dipanen untuk digunakan sebagai pupuk organik dan pembenah tanah bagi lahan pertanian (Permana, Sudirja, & Jupesta, 2023).



**Gambar 3.2.** Mekanisme pengelolaan limbah cair dengan menggunakan Vermifilter  
(Sumber: Dokumen Pribadi)

## DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, A. (2021). Waste Management in Indonesia and Jakarta: Challenges and Way Forward. *23rd ASEF Summer University*, (October), 1–18. Retrieved from [https://asef.org/wp-content/uploads/2022/01/ASEFSU23\\_Background-Paper\\_Waste-Management-in-Indonesia-and-Jakarta.pdf](https://asef.org/wp-content/uploads/2022/01/ASEFSU23_Background-Paper_Waste-Management-in-Indonesia-and-Jakarta.pdf)
- Arora, S., & Saraswat, S. (2021). Vermifiltration as a natural, sustainable and green technology for environmental remediation: A new paradigm for wastewater treatment process. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4, 100061. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100061>
- Choudhary, M. P., & Medok, P. (2017). Vermifiltration: An Efficient Method of Wastewater Treatment. *International Journal of Modern Trends in Engineering & Research*, 4(10), 189–195. <https://doi.org/10.21884/ijmter.2017.4326.5vvqk>
- Hung, Y.-T., Britz, T., & van Schalkwyk, C. (2005). Treatment of Dairy Processing Wastewaters. *Waste Treatment in the Food Processing Industry*, (c), 1–28. <https://doi.org/10.1201/9781420037128.ch1>
- Hutabarat, D. M., Witasari, W. S., & Baskoro, R. (2023). Pengaruh Jenis Koagulan Dan Variasi Ph Terhadap Kualitas Limbah Cair Di Instalasi Pengolahan Air Limbah Pt Kawasan Industri Intiland. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(3), 588–594. <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i3.464>
- Junus, M., Akhiroh, P., & Putritamara, J. A. (2023). Pengelolaan Limbah Ternak. *Pengelolaan Limbah Ternak*. <https://doi.org/10.11594/ubpress9786232967014>
- Kementrian Lingkungan Hidup. (2021). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2021 tentang Tata cara Penerbitan Persetujuan Teknis Surat Kelayakan Operasional Bidang Pengendalian pencemaran Lingkungan. *Kementrian Lingkungan Hidup*.
- Kristijarti, A. P., Suharto, I., & Marieanna. (2013). Penentuan Jenis Koagulan Dan Dosis Optimum Untuk Meningkatkan Efisiensi Sedimentasi Dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik

- Jamu X. *Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan*, 1–33.
- Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. , 52 Political Science § (2014).
- Miito, G. J., Ndegwa, P. M., Alege, F. P., Coulibaly, S. S., & Harrison, J. (2022). Efficacy of a vermifilter at mitigating greenhouse gases and ammonia emissions from dairy wastewater. *Journal of Environmental Quality*, 51(4), 644–655. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20367>
- Ningtyas, R. (2015). Pengolahan Air Limbah dengan Proses Lumpur Aktif. *Jurusan Teknik Kimia, ITB*, (December), 1–11. Retrieved from [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50857179/Pengolahan\\_Air\\_Limbah\\_dengan\\_Proses\\_Lumpur\\_Aktif-libre.pdf?1481603106=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPengolahan\\_Air\\_Limbah\\_dengan\\_Proses\\_Lump.pdf&Expires=1671349507&Signature=czTgXfRg64SAu](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50857179/Pengolahan_Air_Limbah_dengan_Proses_Lumpur_Aktif-libre.pdf?1481603106=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPengolahan_Air_Limbah_dengan_Proses_Lump.pdf&Expires=1671349507&Signature=czTgXfRg64SAu)
- Nurchaya, I., Permana, I., Windiastuti, E., & Nur'alam, R. (2023). *Effects of Land Application of Farm Dairy Effluent on The Growth of*. (2011).
- Permana, I., Sudirja, R., & Jupesta, J. (2023). Potential of Vermifiltration Technique to Reduce Chemical Oxygen Demand, Biological Oxygen Demand, and Total Suspended Solid of Farm Dairy Effluent in Developing Countries: Case of Indonesian Farm Dairy Industry. *Green and Low-Carbon Economy*, (June). <https://doi.org/10.47852/bonviewglce3202933>
- Permana, I., Yuliyani, L., Rahmatullah, P., & Ardiansyah, I. (2023). Potential of Compost and Bio Fertilizer Combination in Improving Growth and Yield of Red Curly Chili. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(3), 91–101. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v23i3.5005>
- Rajarajan, & Irshad, A. (2016). Impact of Dairy Effluent on Environment—A Review. *Integrated Waste Management in*

- India*, (March). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-27228-3>
- Romansah, F. (2020). Penegakan Hukum Terhadap Pencemaran Limbah Peternakan Sapi Potong. *Administrative and Environmental Law Review*, 1(1), 25–32. <https://doi.org/10.25041/aelr.v1i1.2081>
- Sinha, R. K., & Bharambe, G, Bapat, P. (2007). Removal of High BOD and COD loadings of Primary Liquid Waste Products From Dairy Industry by Vermi-filtration Technology Using Earthworms. *Indian Journal Environmental Protection*, 27(6), 486–501. Retrieved from [http://environmentportal.in/files/IJEP June 2007.pdf](http://environmentportal.in/files/IJEP_June_2007.pdf)
- Telang, S., & Patel, H. (2015). Vermi-Biofiltration- A Low Cost Treatment for Dairy Wastewater. *International Journal of Science and Research*, 4(7), 595–599.



# BAB 4

## PROSES PENGOMPOSAN

*Oleh Amelia Lulu Rosalin Hutabarat*

### 4.1 Pendahuluan

Jumlah sampah organik yang dihasilkan dari aktivitas manusia, hewan, dan pertanian diperkirakan akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya populasi penduduk dunia yang diprediksi mencapai 9 miliar jiwa pada tahun 2050. Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) yang baru ditetapkan menekankan kembali perlunya tindakan dalam perlindungan lingkungan, pembangunan berkelanjutan, dan pengentasan kemiskinan. Sejak Millennium Development Goals (MDGs) periode 2000–2015, negara berkembang masih menghadapi tantangan besar dalam mengatasi pencemaran lingkungan khususnya yang disebabkan oleh sampah organik (Polprasert & Koottatep, 2017). Sampah organik umumnya dianggap tidak dapat dimanfaatkan kembali sehingga seringkali dibakar atau dibuang di tempat pembuangan umum. Dengan teknologi yang tepat, dan investasi yang tepat dan berkelanjutan, sesungguhnya sampah organik dapat dijadikan produk berdaya jual tinggi yang bermanfaat dari segi lingkungan dan ekonomi (APO, 2007; Corcoran et al., 2010). Teknologi tersebut antarlain *photocatalysis*, membran *adsorptive*, *pyrolysis*, oksidasi, *electrocoagulation*, dan pengomposan (Ho et al., 2023).

Salah satu tehnik manajemen sampah yang banyak diaplikasikan di negara berkembang adalah pengomposan (Riaz et al., 2023). Pengomposan merupakan salah satu sistem pengelolaan sampah organik yang alami, terjangkau, menguntungkan secara ekonomi, dan dapat diterapkan di sebagian besar negara, khususnya negara tropis. Metode ini telah lama dianggap sebagai cara yang tepat untuk mengolah dan mendaur ulang berbagai jenis limbah organik seperti sisa tanaman, kotoran ternak, lumpur limbah, limbah ikan, limbah pabrik pulp dan kertas, dan produk sampingan

dari industri pengolahan makanan. Pengomposan merupakan rangkaian proses biokimia aerobik yang melibatkan mikroorganisme termofilik untuk mengubah bahan organik menjadi produk stabil yang disebut kompos. Oleh karena itu, desain dan pengelolaan proses pengomposan harus didasarkan pada pemenuhan kebutuhan berbagai jenis mikroorganisme yang terlibat di dalamnya. Bab ini akan membahas teknik-teknik dalam proses pengomposan baik yang konvensional maupun modern.

#### **4.1.1 Pengertian dan Manfaat Kompos**

Kompos pada hakikatnya adalah produk hasil pembusukan bahan-bahan organik oleh mikroorganisme yang terjadi secara terus-menerus di alam. Proses ini merupakan cara alam mendaur ulang nutrisi yang terkandung pada semua makhluk hidup dan mengembalikannya ke tanah sebagai sumber makanan bagi generasi berikutnya. Kelembaban dan material organik di permukaan tanah menciptakan kondisi yang sesuai untuk pertumbuhan jamur dan mikroorganisme pengurai. Pengomposan merupakan teknik meniru konsep pembusukan alami untuk menghasilkan kompos dalam waktu singkat dengan menerapkan dan mengatur prinsip-prinsip dasar seperti perbandingan carbon nitrogen, sirkulasi oksigen, kelembaban, dll. Sejak jaman neolitikum, ketika manusia mulai beralih dari perburuan ke pertanian, sampah organik mulai dikumpulkan dalam satu lubang khusus untuk keperluan bercocok tanam (Diaz, 2007) Praktek pengomposan dimulai di Mesopotamia sekitar tahun 500 B.C hingga berkembangnya pupuk kimia komersil pada abad ke-19 (Smith, 2011). Pupuk kimia merupakan bagian yang penting dalam perkembangan agribisnis modern karena lebih padat karya dan dapat mendukung pertumbuhan tanaman dalam jumlah besar. Namun demikian, aplikasi pupuk kimia jangka panjang dapat menyebabkan limpasan nitrogen dan fosfor yang berujung pada pencemaran lingkungan. Meningkatnya masalah lingkungan dan kesehatan yang disebabkan oleh aplikasi pupuk kimia secara berlebihan menyebabkan semakin banyak masyarakat yang beralih kembali pada kompos. Bahan organik yang terkandung dalam kompos tidak hanya menjadi sumber nutrisi bagi tanaman, namun

juga mencegah berbagai penyakit sehingga dapat mengurangi penggunaan pestisida kimia.

Teknologi aerasi, mekanisasi, dan otomatisasi dalam pembuatan kompos semakin berkembang sehingga manfaat kompos juga semakin beragam. Selain sebagai amandement tanah, kompos juga digunakan untuk bioremediasi tanah, sebagai penutup TPA, dan sistem pertanian organik (Van der Wurff et al., 2016). Kualitas kompos ditentukan oleh proses pembuatan dan substrat (bahan) yang dikomposkan. (Ho et al., 2023).

Secara umum, kompos berkontribusi dalam mempertahankan ekosistem tanah yang sehat dengan menjadi sumber nutrisi bagi organisme tanah yang merupakan mediator dari berbagai fungsi tanah. Aktivitas organisme tanah seperti cacing tanah, fungi, dan bakteri, sangat penting untuk mendukung faktor-faktor lainnya yang menjadi karakteristik tanah seperti tekstur dan kandungan mineral. Adapun beberapa manfaat praktis kompos anataralain :

1. Menstabilkan kandungan nitrogen tanah dengan memfiksasinya dalam bentuk organik dengan bantuan mikroba
2. Kompos mengandung mikronutrien seperti boron, tembaga, iodin, mangan, dan zinc yang penting bagi Kesehatan tanaman. (Smith, 2011)
3. Menyediakan habitat bagi serangga dan cacing yang berperan penting dalam proses pembusukan material organik
4. Memungkinkan terjadinya proses penguraian zat-zat yang beracun bagi organisme tanah
5. Membantu distribusi mineral mikro dalam tanah secara merata sehingga terjadi keseimbangan nutrisi di setiap spot tanam
6. Mengeliminasi bau tidak sedap yang dihasilkan dari aktivitas bakteri pada senyawa belerang dan sulfur
7. Menjaga pH netral tanah yang secara umum dibutuhkan oleh setiap tanaman untuk dapat tumbuh dan berkembang biak (Smith, 2011)

8. Mengurangi volume sampah di Tempat Pembuangan Sampah
9. Menghilangkan sebagian besar organisme patogen dan gulma bagi tanaman dan mengurangi organisme patogen bagi manusia seperti bakteri E.coli
10. Produk kompos mudah dalam penyimpanan dan handling, dan serbaguna dalam aplikasinya (Gershuny, 2011)

#### **4.1.2 Faktor yang mempengaruhi proses Pengomposan**

Kompos yang berkualitas terdiri dari humus yang beraroma netral, berpori, dan kaya akan nutrisi yang dihasilkan melalui penguraian bahan organik yang dapat mendukung proses biologis dalam tanah (Gershuny, 2011). Untuk menghasilkan kompos yang berkualitas dibutuhkan manajemen yang melibatkan berbagai teknik, bahan, dan peralatan. Namun prinsip pengomposan sesungguhnya cukup sederhana. Proses pengomposan membutuhkan kombinasi sumber N dan C yang tepat, kelembaban dan aerasi yang cukup.

##### **1. C/N dan keseimbangan nutrisi**

Substrat kompos adalah campuran material organik yang mengandung nutrisi sebagai sumber energi mikroorganisme dekomposer. Secara umum substrat dibagi menjadi dua kelompok, yakni “greens” atau bahan hijau dan “browns” atau bahan coklat. Bahan hijau yang berfungsi sebagai sumber nitrogen, terdiri dari bahan-bahan yang segar seperti rumput, limbah sayur, limbah buah, dan limbah dapur. Sementara itu, bahan coklat seperti potongan kayu, kardus, kertas berfungsi sebagai sumber karbon, pemberi struktur dan volume pada kompos, dan menjaga aerasi yang baik pada tumpukan kompos. Ketersediaan dan keseimbangan nutrisi substrat adalah faktor utama yang akan menentukan keberhasilan proses pengomposan. Mikroorganisme dekomposer memerlukan makronutrisi seperti karbon (C), nitrogen (N), Fosfor (P), dan potassium (K). Selain kuantitas nutrisi, rasio organik karbon terhadap total nitrogen atau C/N juga merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan dalam proses pengomposan. Umumnya nilai C/N yang ideal dari campuran berbagai jenis

substrat adalah 25-30 (Cook, 2013). Nilai C/N yang terlalu tinggi akan menyebabkan terhentinya aktivitas biologis, sementara nilai C/N < 20, sebagian besar nitrogen akan hilang dalam bentuk amonia (NH<sub>3</sub>). Selain makronutrisi, dekomposer juga membutuhkan mikronutrisi seperti kobalt (Co), mangan (Mn), magnesium (Mg), tembaga (Cu), dan kalsium (Ca) untuk keseimbangan pH. Bahan organik substrat dicerna dan dimanfaatkan oleh mikroorganisme dengan mekanisme enzimatik yang kompleks. Molekul organik seperti lignin dan kitin lebih resisten terhadap enzim sehingga memerlukan waktu lebih lama untuk terdekomposisi. Ukuran partikel juga merupakan karakteristik fisik yang penting karena fungsinya sebagai penyokong struktur tumpukan substrat dan aerasi saat proses pengomposan berlangsung. Semakin kecil ukuran partikel substrat, aerasi semakin efisien dan lebih mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Selain sifat fisik dan kimia, kadar air yang tepat (60-70%) juga akan mendukung proses pengomposan yang efisien dan efektif. Air sangat penting bagi kelangsungan hidup mikroorganisme dekomposer, sehingga substrat yang minim kadar air (<20%) akan menghambat proses dekomposisi. Kadar air yang terlalu tinggi juga harus dihindari karena akan menghambat proses aerasi dan menyebabkan peluruhan nutrisi (leaching). Tabel 1 menunjukkan limbah sumber nitrogen dan karbon yang ideal sebagai substrat, serta limbah lainnya yang tidak ideal untuk dijadikan bahan pengomposan (Balz, 2021)

**Tabel 4.1.** Contoh material limbah yang ideal dan tidak ideal sebagai substrat pengomposan

| Material limbah   | Contoh                                                                                                                     |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Substrat sumber N | Daun kering, tanaman mati/membusuk, jerami, serbuk gergaji, serpihan kayu, sobekan kertas/kardus, sekam, tebon jagung, dll |
| Substrat sumber C | Kulit buah, sisa sayuran, sisa roti dan pasta, bubuk kopi, sisa teh,                                                       |

|                              |                                                                                                      |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | tanaman/rumput /dedaunan hijau, kotoran herbivora                                                    |
| Tidak ideal sebagai substrat | Sisa ikan dan tulang, minyak dan lemak, briket, tanaman yang terkena penyakit, kotoran anjing/kucing |

## 2. Kelembaban

Selama proses pengomposan, tumpukan kompos harus selalu dalam keadaan lembab dan tidak terlalu basah. Kompos yang ideal memiliki tekstur yang remah, tetap menggumpal jika digenggam dan tidak meneteskan air. Secara umum kompos yang ideal mengandung 45-65% air (Louie, 2015). Kelebihan air dalam tumpukan kompos umumnya ditandai dengan adanya rembesan air di dasar kompos dan muncul bau tidak sedap seperti bau ammonia dari kotoran ternak. hal ini dapat diatasi dengan menambahkan material coklat

## 3. Suhu tinggi

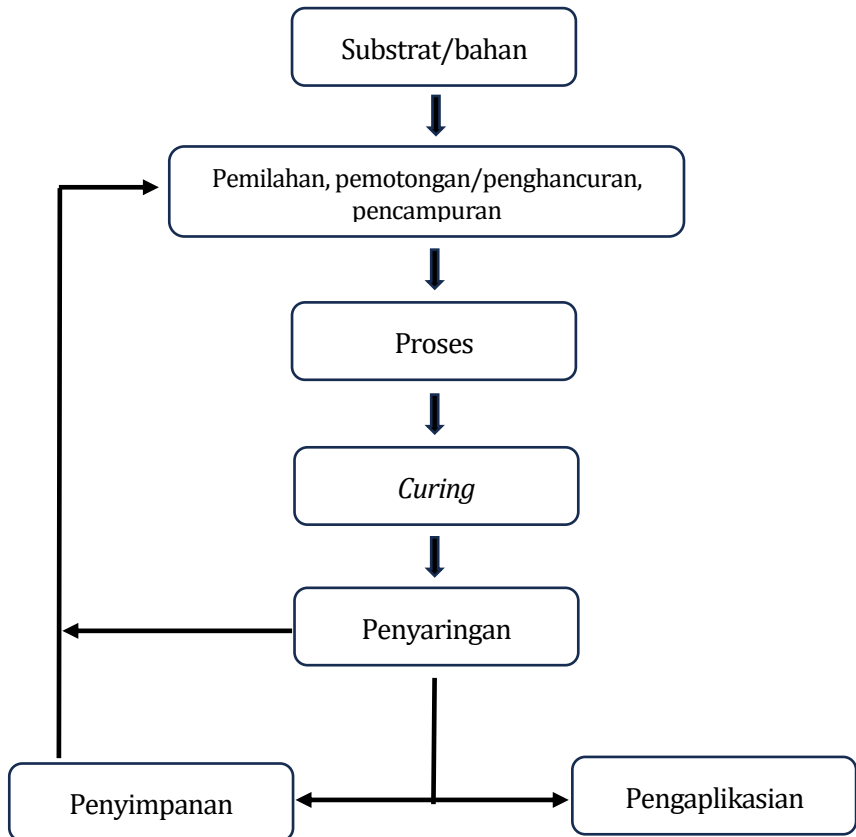
Pada sistem pengomposan yang intensif, suhu tinggi dipertahankan selama mungkin untuk membunuh gulma dan organisme pathogen. Jika suhu tumpukan kompos tidak meningkat, petani umumnya menambahkan air, material hijau sumber nitrogen, memperkecil ukuran partikel, atau mengaduk tumpukan kompos lebih sering. Kompos yang dibiarkan membusuk secara alami memiliki resiko mengandung gulma dan pathogen yang lebih tinggi daripada kompos yang mengalami suhu tinggi. (Kopecky, 2015)

## 4. Aerasi

Mikroorganisme decomposer didominasi oleh bakteri aerobik yang membutuhkan oksigen dalam jumlah konstan untuk mencerna material organik. Hasil dari proses metabolisme aerobik adalah karbon dioksida. Aerasi pada prinsipnya dilakukan dengan cara membongkar, mengaduk, dan mencampur kembali tumpukan kompos untuk memberikan ruang bagi oksigen serta melepaskan karbondioksida dan uap air yang terjebak dalam tumpukan kompos.

## 4.2 Proses Pengomposan

Perbedaan mendasar dari berbagai sistem pengomposan adalah metode yang digunakan untuk mencapai tahap dekomposisi termofilik aerobik sebelum produk akhir berupa kompos yang stabil dihasilkan. Pemilihan metode pengomposan didasarkan pada karakteristik limbah, lokasi pengomposan (daerah padat penduduk atau daerah pinggir kota), dan modal yang tersedia. Semakin tinggi teknologi yang digunakan, maka semakin tinggi laju pengolahan sampah dan investasi yang dibutuhkan. Sebaliknya, semakin tinggi laju pengolahan limbah, semakin sedikit area yang dibutuhkan untuk keseluruhan sistem. Gambar 4.1 menunjukkan flow chart proses pengomposan secara umum (Schaub dan Leonard, 1996).



**Gambar 4.1.** Proses pengomposan secara umum

Langkah pertama dalam proses pengomposan adalah memilah bahan organik yang akan dikomposkan dari bahan non-organik. Bahan organik yang dapat dikomposkan termasuk sisa makanan, daun-daunan, potongan rumput, dan kotoran hewan herbivora. Sementara itu, plastik, kaca, dan logam harus dieliminasi karena tidak bisa terurai (Tabel 4.1). Bahan organik kemudian dipotong atau dihancurkan menjadi ukuran yang lebih kecil. Hal ini dilakukan untuk mempercepat proses penguraian karena semakin kecil ukuran materi, semakin besar area permukaan yang tersedia untuk mikroorganisme pengurai untuk bekerja. Pemotongan bisa dilakukan dengan tangan atau mesin penghancur. Bahan organik yang sudah dipotong dicampur untuk menyeimbangkan komposisi 'hijau' dan 'cokelat'. Pencampuran juga membantu menyediakan oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme pengurai. Setelah dicampur, bahan tersebut diletakkan di tumpukan kompos atau dalam wadah kompos. Mikroorganisme pengurai, seperti bakteri dan jamur, mulai mengurai bahan organik. Proses ini menghasilkan panas, yang membantu mempercepat penguraian. Penting untuk menjaga kelembaban dan aerasi tumpukan agar proses pengomposan berlangsung efisien. Setelah tumpukan tidak lagi menghasilkan panas dan bahan organik telah terurai menjadi suatu massa yang homogen, kompos masuk ke tahap *curing* atau pematangan. Pada tahap ini, kompos dibiarkan stabil dan matang selama beberapa minggu hingga beberapa bulan. Proses ini membantu menyelesaikan penguraian dan membuat kompos lebih stabil dan aman untuk digunakan. Setelah matang, kompos disaring untuk memisahkan partikel besar yang belum terurai sepenuhnya. Ini memastikan bahwa produk akhir halus dan seragam, ideal untuk aplikasi pertanian atau kebun. Kompos yang telah disaring disimpan di tempat yang kering dan tertutup untuk mencegahnya menjadi terlalu basah atau kering. Penyimpanan yang tepat memastikan kompos tetap dalam kondisi baik sampai siap digunakan. Kompos yang sudah matang dapat diaplikasikan ke tanah.

### 4.2.1 Metode dan Sistem Pengomposan

Berdasarkan metodenya, proses pengomposan dibagi menjadi dua, yakni *hot composting* (pengomposan dengan suhu tinggi) dan *cold composting* (pengomposan dengan suhu rendah). Pada metode *hot composting*, suhu tumpukan kompos diusahakan lebih dari 55 °C selama tiga hari berturut-turut. Sebaliknya *cold composting* umumnya berlangsung pada suhu di bawah 55 °C. Tabel 4.2. menunjukkan kelebihan dan kekurangan kedua metode tersebut. Setelah menentukan metode pengomposan (suhu rendah atau suhu tinggi), maka dilakukan pemilihan sistem pengomposan. Sistem pengomposan umumnya dipilih berdasarkan alat, bahan, dan dana yang tersedia. Pengomposan konvensional dengan suhu tinggi umumnya dilakukan dengan sistem *windrow*, *aerated static pile*, dan *in-vessel* (Lim et al., 2017). Tabel 4.3 menunjukkan karakteristik metode *hot composting* konvensional.

**Tabel 4.2.** Kelebihan dan Kekurangan Metode Hot Composting dan Cold Composting

| Metode Pengomposan                                                     | Kelebihan                                                                                                                             | Kekurangan                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Suhu Tinggi<br>(Temperatur di atas 55 °C selama 3 hari berturut-turut) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dapat membunuh organisme patogen, serangga, dan gulma</li> <li>Proses relatif cepat</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Membutuhkan input tenaga kerja yang lebih besar.</li> <li>Kehilangan nitrogen melalui penguapan</li> </ul>                                                                                                                                           |
| Suhu Rendah<br>(Temperatur di bawah 55 °C)                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Relatif <i>Low maintenance</i></li> <li>Konservasi nitrogen</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Membutuhkan waktu lebih lama sebelum dapat digunakan</li> <li>Tidak membunuh patogen, serangga, atau gulma</li> <li>Produk akhir cenderung tidak konsisten, terkadang masih terdapat material karbon yang belum terdekomposisi seluruhnya</li> </ul> |

## **1. Hot Composting**

### **a. Sistem windrow**

Sistem windrow atau gundukan adalah salah satu sistem pengomposan yang paling umum diaplikasikan, terutama di lahan pertanian. Substrat atau bahan kompos dicampur kemudian diletakkan dalam bentuk gundukan/tumpukan yang sempit memanjang. Proses pengomposan dengan sistem windrow melibatkan pembalikan dan pengadukan secara berkala dengan teknik manual ataupun mekanis. Pembalikan dan pengadukan ini bertujuan untuk memberikan aerasi dan memastikan bahan kompos tercampur secara homogen agar laju penguraianya lebih cepat (Polprasert & Koottatep, 2017). Frekuensi pengadukan bergantung pada seberapa cepat kompos ingin dipanen. Suhu tinggi bergantung pada seberapa sering tumpukan dibalik. Ada kalanya tumpukan kompos mengalami penurunan suhu yang memungkinkan terjadinya kondisi anaerobik di dalamnya (Gershuny, 2011). Karena tekniknya yang sederhana, sistem windrow membutuhkan lahan yang luas dan waktu yang relatif lama. Windrow yang dibuat dengan ukuran lebar 3 meter, tinggi 2 meter, dan panjang 12 meter, menghasilkan 1 - 1.2 m<sup>3</sup> kompos dari setiap ton substrat (Cabañas-Vargas et al., 2005). Jangka waktu yang diperlukan untuk stabilisasi kompos bervariasi sesuai dengan frekuensi pembalikan tumpukan, yaitu 20–40 hari, dan suhu yang dapat dicapai di atas 65°C di tengah tumpukan kompos. Menurut National Organic Program, dengan system windrow, suhu 55-77 °C harus dapat dipertahankan selama 15 dengan pembalikan dan pengadukan sebanyak 5 kali.

### **b. Sistem *Aerated Static Pile* (ASP)**

Static aerated pile atau tumpukan statis aerasi adalah sistem pengomposan yang sistem aerasinya menggunakan pipa berlubang untuk mendistribusikan udara dari bawah atau dari atas tumpukan substrat, atau yang sering disebut *forced-aeration* (Diaz et al., 2007; Riaz et al., 2023). Pada

sistem ini, substrat ditumpuk seperti halnya dalam sistem windrow, tetapi tidak atau sedikit sekali dilakukan pembalikan dan pengadukan. Sistem ASP umumnya menggunakan teknik “suction” atau hisapan untuk mengalirkan udara yang digerakkan oleh blower atau kipas, sehingga daya yang digunakan sangat efisien. Faktor keseimbangan nutrisi dan kelembaban sangat penting dalam sisten ASP, karena tumpukan kompos tidak mengalami proses pembalikan dan pengadukan secara mekanis (Gershuny, 2011). Metode pengomposan ini diawali dengan pencampuran substrat dan pembuatan pembuatan windrow (gundukan). Windrow dibuat dalam ukuran kecil sepanjang  $\pm 5$  meter terlebih dulu untuk memastikan suhu naik hingga  $30^{\circ}\text{C}$  dalam 2-3 hari. Jika suhu berhasil naik maka dibangun tumpukan yang lebih besar, namun jika suhu tidak mengalami peningkatan, maka susunan substrat atau bahan kompos harus diganti dan proses diulang dari awal. Kemudian setelah proses pengomposan selesai, kompos disaring, diberi tambahan pengawet, dan disimpan (Diaz et al., 2007).

**c. Sistem *In-Vessel***

Pada sistem in vessel, seluruh atau sebagian proses pengomposan dilakukan di dalam bioreaktor yang suhu dan kelembabapannya diatur sedemikian rupa untuk memastikan kualitas kompos yang baik (Zhang et al., 2013). Karena adanya kontrol tersebut, fase pengomposan lebih cepat dan efisien. Proses pengomposan bisa berlangsung dari 10-14 hari hingga 3-5 minggu (Polprasert & Koottatep, 2017). Selain pengontrol suhu dan kelembaban, bioreaktor umumnya juga dilengkapi dengan alat pengaduk, aerasi, dan penyerap bau. Beberapa sistem in-vessel juga menggunakan sistem windrow untuk proses curing dan pematangan kompos. (Diaz et al., 2007). Menurut National Organic Program, dalam sistem in-vessel suhu harus dipertahankan pada  $55\text{--}77^{\circ}\text{C}$  selama 3 hari (Gershuny, 2011).

**Tabel 4.3.** Karakteristik Metode *Hot Composting* Konvensional

|                    | Sistem Pengomposan                                                                           |                                                                                                       |                                                                                      |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | Windrow                                                                                      | ASP                                                                                                   | In-vessel                                                                            |
| Substrat ideal     | Semua jenis limbah, terutama limbah dari biomasa tanaman                                     | Substrat yang lebih homogen dan konsisten dengan tambahan bulking agent                               | Semua jenis limbah, terutama yang mudah terdegradasi seperti limbah makanan          |
| Kapasitas          | Dapat mencapai lebih dari 10 ton substrat                                                    | Dapat mencapai lebih dari 10 ton substrat                                                             | Sekitar 1-5 ton substrat                                                             |
| Kebutuhan lahan    | Tinggi                                                                                       | Sedang                                                                                                | Rendah                                                                               |
| Lokasi Pengomposan | Jauh dari pemukiman                                                                          | Jauh dari pemukiman                                                                                   | Dimana saja yang dapat menampung komposter/bioreactor                                |
| Lama Pengomposan   | Relatif lama                                                                                 | Relatif lama                                                                                          | Relative singkat                                                                     |
| Bahan tambahan     | Bahan yang dapat meningkatkan aerasi seperti bulking agent, mikroba additive, kimia additive | Bahan yang dapat meningkatkan sirkulasi udara seperti bulking agent, mikroba additive, kimia additive | Aspek mekanis, contohnya meningkatkan temperature, tekanan, dan frekuensi pengadukan |
| Kualitas kompos    | Medium - Tinggi                                                                              | Medium - Tinggi                                                                                       | Tinggi                                                                               |

## 2. Metode *Cold Composting*

Metode "*cold composting*" adalah salah satu cara membuat kompos yang paling sederhana dan memerlukan usaha yang minimal. Berbeda dengan "*hot composting*" yang membutuhkan pengelolaan yang lebih intensif, seperti sering diaduk dan dipastikan memiliki suhu yang tepat untuk

mempercepat proses dekomposisi, cold composting lebih banyak mengandalkan waktu dan proses alami. Dalam metode cold composting, bahan substrat hanya ditumpuk atau diletakkan dalam sebuah komposter tanpa perlu sering diaduk atau dikelola secara intensif. Suhu di dalam tumpukan kompos ini tidak dengan sengaja dinaikkan untuk mempercepat dekomposisi, melainkan dibiarkan membusuk dengan bantuan mikroorganisme alami, cacing, dan organisme pengurai lainnya seiring waktu.

## DAFTAR PUSTAKA

- APO. (2007). Report of the APO Survey on Solid-Waste. In *Asian Productivity Organization (APO)*. [www.apo-tokyo.org](http://www.apo-tokyo.org)
- Balz, M. (2021). *No-Waste Composting : Small-Space Waste Recycling Indoors and Out*. Cool Springs Press.
- Cabañas-Vargas, D. D., Sánchez-Monedero, M. A., Urpilainen, S. T., Kamilaki, A., & Stentiford, E. I. (2005). Assessing the stability and maturity of compost at large-scale plants. *Ingeniería*, 9(2), 25–30.
- Cook, W. (2013). *Organic Composting Made Easy*. TCK Publishing.
- Corcoran, E., Nellesmann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D., & Savelli, H. (2010). Sick Water? The central role of waste- water management in sustainable development. In *Mine Water and the Environment* (Vol. 30, Issue 3). <https://doi.org/10.1007/s10230-011-0140-x>
- Diaz, L. F. (2007). Compost Science and Technology. In M. de Bertoldi & W. Bidlingmaier (Eds.), *Elsevier Science* (1st ed.). Elsevier Science.
- Diaz, L. F., Bertoldi, M. de, Bidlingmaier, W., & Stentiford, E. I. (2007). *Compost Science and Technology* (1st ed.). Elsevier.
- Gershuny, G. (2011). *Organic Principles and Practices Handbook Series: Compost, Vermicompostz, and Compost Tea* (M. Goodman (ed.)). Chelsea Green Publishing Company.
- Ho, Y.-C., Lau, W. J., Chakraborty, S., Rajamohan, N., & Arni, S. Al. (2023). Book Review: Advanced Technologies for Solid, Liquid, and Gas Waste Treatment. In *Journal of Applied Membrane Science & Technology* (Vol. 27, Issue 3). <https://doi.org/10.11113/amst.v27n3.277>
- Kopecky, M. (2015). *Managing Manure : How to Store, Compost, and Use Organic Livestock Wastes* (Illustrate). Storey Publishing.
- Lim, L. Y., Bong, C. P. C., Lee, C. T., Klemeš, J. J., Sarmidi, M. R., & Lim, J. S. (2017). Review on the current composting practices and the potential of improvement using two-stage composting. *Chemical Engineering Transactions*, 61, 1051–1056. <https://doi.org/10.3303/CET1761173>

- Louie, R. (2015). *Compost City: Practical Composting Know-How for Small-Space Living* (R. Bourgault (ed.)). Roost Books.
- Polprasert, C., & Koottatep, T. (2017). Organic Waste Recycling. In *Water Intelligence Online* (Vol. 6, Issue 0). <https://doi.org/10.2166/9781780402024>
- Riaz, U., Iqbal, S., & Jamil, M. (2023). Waste Problems And Management In Developing Countries. In *Apple Academic Press*.  
<https://revistas.ufri.br/index.php/rce/article/download/1659/1508%0Ahttp://hipatiapress.com/hpjournals/index.php/qre/article/view/1348%5Cnhttp://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500799708666915%5Cnhttps://mckinseysociety.com/downloads/reports/Educa>
- Smith, K. (2011). *How to Build, Maintain, and Use a Compost System : Secret and Techniques You Need to Know to Grow the Best Vegetables*. Atlantic Publishing Group.
- Van der Wurff, A. W. ., Fuchs, J. G., & Raviv, Michael Termorshuizen, A. . . (2016). Handbook for Composting and Compost Use in Organic Horticulture. In *BioGreenhouse COST Action*. BioGreenhsouse COST. <https://doi.org/10.18174/375218>
- Zhang, D. B., Lye, D. L., Kazemi, K., & Lin, W. (2013). *Development of advanced composting technologies for municipal organic waste treatment in small communities in Newfoundland and Labrador*. [www.mun.ca/harriscentre/reports/arf/2011/11-12-WMARF-Final-Zhang.pdf](http://www.mun.ca/harriscentre/reports/arf/2011/11-12-WMARF-Final-Zhang.pdf)
- APO. (2007). Report of the APO Survey on Solid-Waste. In *Asian Productivity Organization (APO)*. [www.apo-tokyo.org](http://www.apo-tokyo.org)
- Balz, M. (2021). *No-Waste Composting : Small-Space Waste Recycling Indoors and Out*. Cool Springs Press.
- Cabañas-Vargas, D. D., Sánchez-Monedero, M. A., Urpilainen, S. T., Kamilaki, A., & Stentiford, E. I. (2005). Assessing the stability and maturity of compost at large-scale plants. *Ingeniería*, 9(2), 25–30.
- Cook, W. (2013). *Organic Composting Made Easy*. TCK Publishing.
- Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D., & Savelli, H. (2010). Sick Water? The central role of waste- water management in sustainable development. In *Mine Water and*

- the Environment* (Vol. 30, Issue 3).  
<https://doi.org/10.1007/s10230-011-0140-x>
- Diaz, L. F. (2007). Compost Science and Technology. In M. de Bertoldi & W. Bidlingmaier (Eds.), *Elsevier Science* (1st ed.). Elsevier Science.
- Diaz, L. F., Bertoldi, M. de, Bidlingmaier, W., & Stentiford, E. I. (2007). *Compost Science and Technology* (1st ed.). Elsevier.
- Gershuny, G. (2011). *Organic Principles and Practices Handbook Series: Compost, Vermicompostz, and Compost Tea* (M. Goodman (ed.)). Chelsea Green Publishing Company.
- Ho, Y.-C., Lau, W. J., Chakraborty, S., Rajamohan, N., & Arni, S. Al. (2023). Book Review: Advanced Technologies for Solid, Liquid, and Gas Waste Treatment. In *Journal of Applied Membrane Science & Technology* (Vol. 27, Issue 3).  
<https://doi.org/10.11113/amst.v27n3.277>
- Kopecky, M. (2015). *Managing Manure : How to Store, Compost, and Use Organic Livestock Wastes* (Illustrate). Storey Publishing.
- Lim, L. Y., Bong, C. P. C., Lee, C. T., Klemeš, J. J., Sarmidi, M. R., & Lim, J. S. (2017). Review on the current composting practices and the potential of improvement using two-stage composting. *Chemical Engineering Transactions*, 61, 1051–1056.  
<https://doi.org/10.3303/CET1761173>
- Louie, R. (2015). *Compost City: Practical Composting Know-How for Small-Space Living* (R. Bourgault (ed.)). Roost Books.
- Polprasert, C., & Koottatep, T. (2017). Organic Waste Recycling. In *Water Intelligence Online* (Vol. 6, Issue 0).  
<https://doi.org/10.2166/9781780402024>
- Riaz, U., Iqbal, S., & Jamil, M. (2023). Waste Problems And Management In Developing Countries. In *Apple Academic Press*.  
<https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/download/1659/1508%0Ahttp://hipatiapress.com/hpjournals/index.php/qre/article/view/1348%5Cnhttp://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500799708666915%5Cnhttps://mckinseysociety.com/downloads/reports/Educa>
- Smith, K. (2011). *How to Build, Maintain, and Use a Compost System : Secret and Techniques You Need to Know to Grow the Best*

*Vegetables*. Atlantic Publishing Group.

- Van der Wurff, A. W. ., Fuchs, J. G., & Raviv, Michael Termorshuizen, A. . . (2016). Handbook for Composting and Compost Use in Organic Horticulture. In *BioGreenhouse COST Action*. BioGreenhsouse COST. <https://doi.org/10.18174/375218>
- Zhang, D. B., Lye, D. L., Kazemi, K., & Lin, W. (2013). *Development of advanced composting technologies for municipal organic waste treatment in small communities in Newfoundland and Labrador*. [www.mun.ca/harriscentre/reports/arf/2011/11-12-WMARF-Final-Zhang.pdf](http://www.mun.ca/harriscentre/reports/arf/2011/11-12-WMARF-Final-Zhang.pdf)



# **BAB 5**

## **DEFINISI BIOGAS, LATAR BELAKANG PEMANFAATAN LIMBAH TERNAK SEBAGAI BIOGAS DAN KOMPONEN BIOGAS**

*Oleh Dewiarum Sari*

### **5.1 Definisi Biogas**

Biogas merupakan bahan bakar gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik (kedap udara) dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga) atau degradasi anaerobik bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik sehingga menghasilkan gas bio berupa gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang dapat dikelola. Biogas bersifat mudah terbakar (*flammable*), gas yang tidak berwarna dan tidak berbau yang dihasilkan melalui proses fermentasi, dan mempunyai kandungan gas metana sekitar 50-70%. Proses fermentasi ini terjadi secara alamiah tetapi membutuhkan waktu yang relatif lama.

Biogas termasuk ke dalam salah satu sumber energi terbarukan karena keberadaan bahan baku akan terus ada selama kehidupan ini masih berlangsung. Biogas berbeda dengan bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara) yang merupakan bahan bakar tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu, pemanfaatan sumber energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan seperti biogas menjadi pilihan karena memiliki peluang yang besar dalam pengembangannya. Selain potensi yang besar, pemanfaatan energi biogas dengan reaktor biogas memiliki banyak keuntungan, yaitu mengurangi efek gas rumah kaca, mengurangi bau yang tidak sedap, mencegah penyebaran penyakit, menghasilkan panas dan daya (mekanis/listrik) serta hasil samping berupa pupuk padat dan cair. Pemanfaatan limbah dengan cara seperti ini secara ekonomi akan sangat kompetitif seiring naiknya harga bahan bakar minyak dan

pupuk anorganik serta dapat menjaga kelestarian lingkungan sekitar.

Menurut Pertiwiningrum (2016) sejarah penemuan biogas dimulai dari warga Mesir, China dan Roma kuno yang menggunakan gas metan untuk dibakar dan digunakan sebagai penghasil panas, sedangkan proses fermentasi untuk menghasilkan gas metan pertama kali ditemukan pada tahun 1776 oleh Alessandro Volta. Beberapa tahun berikutnya, pada tahun 1806, William Henry melakukan identifikasi gas yang dapat terbakar. Pada tahun 1868 diikuti oleh penelitian berikutnya yaitu Becham, kemudian pada tahun 1882 seorang peneliti Pasteur dan Tappeiner memperlihatkan asal mikrobiologis dari pembentukan metan. Pada era penelitian Pasteur dan Tappeiner menjadi landasan untuk penelitian biogas hingga saat ini.

Pada tahun 1900, alat yang digunakan sebagai penghasil biogas secara anaerobik pertama kali dibangun. Pada akhir abad ke-19, riset penelitian untuk menjadikan gas metan sebagai biogas dilakukan oleh negara Jerman dan Perancis pada masa Perang Dunia II. Selama Perang Dunia II, banyak petani di Inggris dan Benua Eropa yang membuat alat penghasil biogas kecil yang digunakan untuk menggerakkan traktor. Akibat kemudahan dalam memperoleh BBM dan harganya yang murah pada tahun 1950-an, proses pemakaian biogas ini mulai ditinggalkan. Tetapi, kebanyakan negara berkembang kebutuhan akan sumber energi yang murah dan selalu tersedia selalu ada. Oleh karena itu, di negara India kegiatan produksi biogas terus dilakukan semenjak abad ke-19. Saat ini, negara berkembang lainnya, seperti China, Filipina, Korea, Taiwan, dan Papua Nugini, telah melakukan berbagai riset penelitian dan pengembangan alat penghasil biogas. Selain di negara berkembang, teknologi biogas juga telah dikembangkan di negara maju seperti Jerman.

Pada tahun 1970-an, teknologi biogas mulai diperkenalkan di Indonesia. Pada awalnya teknik pengolahan limbah dengan instalasi biogas dikembangkan di wilayah pedesaan, tetapi saat ini teknologi sudah mulai diterapkan di wilayah perkotaan. Pada tahun 1981, pengembangan instalasi biogas di Indonesia dikembangkan melalui Proyek Pengembangan Biogas dengan dukungan dana dari

Food and Agriculture Organization (FAO) dengan dibangun contoh instalasi biogas di beberapa provinsi. Mulai tahun 2000-an telah dikembangkan reaktor biogas skala kecil (rumah tangga) dengan konstruksi sederhana yang terbuat dari plastik secara siap pasang dan dengan harga yang relatif murah.

Di Indonesia, pemanfaatan biogas masih terbatas pada kebutuhan rumah tangga seperti bahan bakar kompor untuk memasak. Beberapa penduduk di Indonesia sudah mampu membuat reaktor biogas sendiri dengan skala kecil. Reaktor biogas (biodigester) untuk skala kecil umumnya dibuat dari plastik maupun dari drum. Bahan baku biogas diperoleh dari kotoran sapi dengan jumlah sapi bervariasi dari 3 sampai 5 ekor untuk skala kecil (rumah tangga). Ketertarikan akan sumber energi biogas akhir-akhir ini semakin meningkat. Hal ini didasarkan pada fakta bahwa cadangan sumber energi fosil semakin berkurang. Salah satu buktinya adalah adanya kebijakan pemerintah dalam konversi minyak tanah ke gas (LPG). Dengan fakta ini sebenarnya beberapa masyarakat yang mempunyai potensi mengolah bahan organik menjadi biogas dapat berperan serta lebih aktif. Manfaatnya adalah masyarakat dapat memperoleh energi yang relatif lebih murah dan lingkungannya juga lebih bersih.

Energi mempunyai peran yang sangat penting bagi pembangunan ekonomi nasional. Energi sangat diperlukan untuk pertumbuhan kegiatan industri, jasa, perhubungan dan rumah tangga. Dalam jangka panjang, peran energi akan lebih berkembang khususnya guna mendukung pertumbuhan sektor industri dan kegiatan lain yang terkait. Meskipun Indonesia adalah salah satu negara penghasil minyak dan gas, namun berkurangnya cadangan minyak, penghapusan subsidi menyebabkan harga minyak naik dan penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan menyebabkan penurunan kualitas lingkungan hidup.

## **5.2 Pemanfaatan Limbah Ternak Sebagai Biogas**

Limbah ternak merupakan sisa buangan dari suatu kegiatan usaha peternakan seperti usaha pemeliharaan ternak, rumah potong hewan, pengolahan produk ternak dan sebagainya. Limbah yang berasal dari ternak meliputi limbah padat, limbah cair, gas maupun

sisi pakan (Muharsono, 2021). Limbah padat merupakan semua limbah yang berbentuk padatan atau dalam fase padat seperti kotoran ternak (feses), ternak yang mati, atau isi perut dari proses pemotongan ternak. Limbah cair adalah semua limbah yang berbentuk cairan atau dalam fase cair seperti air seni atau urine, air dari pembersihan ternak maupun pembersihan kandang, dan air dari pencucian peralatan. Sedangkan limbah gas adalah semua limbah berbentuk gas atau dalam fase gas. Pencemaran karena gas metan menyebabkan bau yang tidak sedap bagi lingkungan. Gas metan adalah salah satu gas yang bertanggung jawab terhadap pemanasan global dan merusak ozon. Di Indonesia, emisi metan per unit pakan atau laju konversi metan lebih besar karena kualitas pakan yang diberikan rendah. Pemberian pakan dengan kualitas rendah maka, produksi metan juga meningkat (Ndaru *et al.*, 2021).

Limbah yang berasal dari sektor peternakan dapat menyebabkan terjadinya pencemaran yang dapat mengganggu lingkungan sekitarnya serta mengganggu kesehatan (Muharsono, 2021). Semakin berkembangnya usaha peternakan maka limbah yang dihasilkan akan semakin meningkat. Pada ternak sapi, jumlah kotoran yang dikeluarkan setiap harinya berkisar 12% dari berat tubuh dan apabila tidak diolah dengan baik akan menjadikan limbah yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, karena kotoran ternak mengandung NH<sub>3</sub>, BH dan senyawa lainnya.

Menurut Peraturan Pemerintah No.18/1999 No. PP 85/1999, Limbah adalah bahan buangan tidak terpakai yang berdampak negatif terhadap masyarakat jika tidak dikelola dengan baik. Dampak yang ditimbulkan diantaranya:

1. Gangguan kesehatan, air limbah dapat mengandung bibit penyakit mengandung mikroorganisme berbahaya seperti virus cholera, bakteri *Salmonella typhi*, *Brucella* sp., *Leptospira* sp., *Ascaris* sp, dan lain sebagainya. Selain itu juga mengandung zat yang berbahaya dan beracun yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi makhluk hidup yang mengkonsumsinya.
2. Penurunan kualitas lingkungan, air limbah yang langsung dibuang ke air permukaan seperti sungai atau danau dapat mengakibatkan pencemaran permukaan air. Adakalanya, air

- limbah juga dapat merembes ke dalam air tanah, sehingga menyebabkan pencemaran air tanah. Bila air tercemar, maka kualitas air akan menurun, sehingga tidak dapat lagi digunakan sesuai peruntukannya.
3. Gangguan terhadap keindahan, adakalanya air limbah yang mengandung polutan tidak mengganggu kesehatan ekosistem, tetapi mengganggu keindahan.
  4. Gangguan terhadap kerusakan benda, gas  $H_2S$  dapat mempercepat proses perkaratan pada benda yang terbuat dari besi dan buangan air kotor lainnya. Dengan cepat rusaknya air tersebut, maka biaya pemeliharaan akan semakin besar, yang berarti akan menimbulkan kerugian materi.

Kotoran yang masih mengandung beberapa nutrisi dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Rundengan *et al.* (2020) menjelaskan percepatan difusi dan penerapan iptek untuk membangun kemandirian masyarakat yang berbasis potensi lokal yakni limbah kotoran sapi. Salah satu pemanfaatan limbah peternakan yang sangat menguntungkan yaitu mengolah limbah menjadi biogas. Potensi produksi gas dari berbagai tipe kotoran ternak dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1.** Potensi Produksi Gas dari Berbagai Tipe Kotoran

| <b>Tipe Kotoran Ternak</b> | <b>Produksi gas per kg kotoran (m<sup>3</sup>)</b> |
|----------------------------|----------------------------------------------------|
| Sapi                       | 0,023-0,040                                        |
| Babi                       | 0,040-0,059                                        |
| Peternakan ayam            | 0,065-0,116                                        |

Sumber: Prihatiningtyas *et al.* (2019)

### 5.3 Komponen Biogas

Komponen biogas sebagian besar mengandung gas metana ( $CH_4$ ) dan karbondioksida ( $CO_2$ ), dan beberapa kandungan senyawa lain yang jumlahnya kecil diantaranya hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), ammonia ( $NH_3$ ), hidrogen ( $H_2$ ), serta oksigen ( $O_2$ ). Berikut

komposisi gas yang terdapat di dalam biogas dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2.** Komposisi Gas yang Terdapat di dalam Biogas

| Komponen                            | Persentase (%) |
|-------------------------------------|----------------|
| Metana (CH <sub>4</sub> )           | 55-75          |
| Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )  | 25-45          |
| Nitrogen (N <sub>2</sub> )          | 0-0,3          |
| Hidrogen (H <sub>2</sub> )          | 1-5            |
| Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S) | 1-5            |
| Oksigen (O <sub>2</sub> )           | 0,1-0,5        |

Sumber: Sitepu (2013)

Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana (CH<sub>4</sub>). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana semakin kecil nilai kalor. Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter yaitu dengan menghilangkan hidrogen sulphur, kandungan air dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) atau yang disebut dengan proses purifikasi.

Biogas dapat dihasilkan pada hari ke 4 sampai hari ke 5 sesudah biodigester terisi penuh, dan mencapai puncaknya pada hari ke 20 sampai hari ke 25. Proses fermentasi dengan suhu optimum 35°C dan pH optimum yaitu 6,4–7,9. Akan tetapi perlu juga dipertimbangan ketinggian lokasi pembuatannya karena pada suhu dingin biasanya bakteri pembentuk biogas akan lambat berproses sehingga biogas yang dihasilkan mungkin lebih lama. Menurut Suriawiria (2003) menjelaskan ada tiga kelompok bakteri yang berperan dalam proses pembentukan biogas yaitu:

1. Kelompok bakteri fermentatif seperti *Streptococci*, *Bacteriodes*, dan beberapa jenis *Enterobacteriaceae*.
2. Kelompok bakteri asetogenik seperti *Methanobacillus*, *Desulfovibrio* dan sebagainya.
3. Kelompok bakteri metana seperti *Mathanobacterium*, *Mathanobacillus*, *Methanosacaria*, dan *Methanococcus*.

Bahan baku pembuatan biogas sangat melimpah dan dapat ditemui di lingkungan sekitar. Beragam jenis limbah kotoran selalu tersedia, terutama di daerah pemukiman dan sentra peternakan. Bahan baku juga dapat diperoleh dari limbah pertanian, berupa sisa hasil panen dan tumbuhan-tumbuhan liar. Bahan baku juga dapat diperoleh dari limbah organik. Limbah organik dapat berasal dari sisa tumbuh-tumbuhan, rumput-rumputan, atau sisa proses industri misalnya limbah organik cair yang berupa limbah industri tahu, tempe, industri tapioka, industri gula. Namun, setiap bahan baku memiliki nilai tertentu yang ditentukan jenisnya, baik berdasarkan nilai ekonomis maupun kemampuannya dalam menghasilkan biogas. Bahan utama biogas adalah bahan organik dan air. Bahan baku yang dimanfaatkan untuk biogas harus memiliki beberapa persyaratan atau kriteria yaitu:

1. Bahan organik (sampah, limbah pertanian, harus mengandung unsur karbon dan hidrogen serta nitrogen. Unsur nitrogen diperlukan bakteri untuk pembentukan sel.
2. Agar fermentasi lebih cepat, bahan yang kasar harus digiling atau dirajang terlebih dahulu.
3. Bahan baku harus berbentuk bubur oleh karena itu kandungan air harus cukup tinggi (optimum yaitu 7-9%). Kadar air dalam kotoran sapi kira-kira 18% (rata-rata hewan 11-25%), maka perlu diencerkan dengan perbandingan 1:1.
4. Air yang tidak mengandung zat-zat yang dapat menghambat pemngembangbiakan bakteri.
5. Perbandingan unsur karbon dan nitrogen (C/N) paling baik untuk pembentukan biogas adalah 30.

Adapun parameter nilai yang memenuhi syarat sebagai bahan baku biogas dapat dilihat pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3.** Parameter Nilai Syarat Bahan Baku Biogas

| Parameter | Nilai       |
|-----------|-------------|
| pH        | 7,3         |
| Suhu      | 26°C        |
| %N        | 6           |
| COD       | 12,080 mg/L |

| Parameter        | Nilai     |
|------------------|-----------|
| %C               | 47,32     |
| C/N              | 7,9       |
| VS               | 4,222 g/L |
| Total Solid (TS) | 4,957 g/L |

Sumber: Prihatiningtyas *et al.* (2019)

Menurut Eckenfelder (1989), parameter yang digunakan untuk menunjukkan karakter air buangan industri adalah:

1. Parameter Fisika, seperti kekeruhan, suhu, zat padat, bau dan lain-lain.
2. Parameter Kimia, dibedakan menjadi dua yaitu:
  - a. Kimia Organik seperti kandungan organik (BOD, COD, TOC), oksigen terlarut (DO), minyak/lemak, Nitrogen Total (N Total), dan lain-lain.
  - b. Kimia Anorganik seperti pH, Ca, Pb, Fe, Cu, Na, Sulfur, H<sub>2</sub>S, dll.

Beberapa parameter kimia organik dari limbah cair industri yang penting antara lain:

1. *Chemical Oxygen Demand* (COD) menjadi salah satu parameter penting dalam pengolahan air limbah. COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik secara kimiawi. COD atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah organik yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Nilai COD merupakan 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).
2. *Biological Oxygen Demand* (BOD) adalah kebutuhan oksigen biologis yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk memecah bahan organik secara aerobik (Santoso, 2018). Proses dekomposisi bahan organik ini

diartikan bahwa mikroorganisme memperoleh energi dari proses oksidasi dan memakan bahan organik yang terdapat di perairan. Mengetahui nilai BOD di perairan dapat bermanfaat untuk mendapatkan informasi berkaitan tentang jumlah beban pencemaran yang terdapat di perairan akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk merancang sistem pengolahan biologis di perairan yang tercemar tersebut (Pour *et al.*, 2014).

3. Total Suspended Solid (TSS) atau padatan tersuspensi total (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2  $\mu\text{m}$  atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan. TSS memberikan kontribusi untuk kekeruhan (*Turbidity*) dengan membatasi penetrasi cahaya untuk fotosintesis dan visibilitas di perairan (Rinawati *et.al.*, 2016). Menurut Helfinalis *et al.* (2012) TSS yang tinggi pun dapat menimbulkan dampak lain seperti nilai konsentrasi padatan tersuspensi total yang tinggi dapat menurunkan aktivitas fotosintesa tumbuhan laut baik yang mikro maupun makro sehingga oksigen yang dilepaskan tumbuhan menjadi berkurang dan mengakibatkan ikan-ikan menjadi mati. Sehingga apabila konsentrasi TSS yang ada pada badan sungai terus bertambah dan mengalir ke lautan lepas dalam jangka waktu yang lama dapat menurunkan kualitas perairan pesisir Wedung pula.

4. Nitrogen Total (N-Total)  
Nitrogen Total adalah jumlah atau kadar keseluruhan nitrogen yang terdapat dalam limbah cair atau sampel, air permukaan dan lainnya. Analisis air limbah terhadap nitrogen total meliputi berbagai nitrogen yang berbeda-beda yaitu amoniak, nitrit dan nitrat (Dani, 2023). Dalam analisis limbah cair N-Total terdiri dari campuran N-organik, N-amonia, nitrat dan nitrit. Nitrogen organik dan nitrogen amonia dapat ditentukan secara atlantik menggunakan metode Kjeldahl, sehingga lebih lanjut

konsentrasi keduanya dapat dinyatakan sebagai Total Kjeldahl Nitrogen (TKN). Senyawa-senyawa N-Total adalah senyawa-senyawa yang mudah terkonversi menjadi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) melalui aksi mikroorganisme dalam lingkungan air atau tanah (Prihatiningtyas *et al.*, 2019).

5. *Power of Hydrogen* (pH) atau derajat keasamaan (pH) merupakan ukuran untuk menentukan sifat asam dan basa. Perubahan pH di suatu air sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, maupun biologi dari organisme yang hidup di dalamnya. Skala pH berkisar antara 1-14. Kisaran nilai pH 1-7 termasuk kondisi asam, pH 7-14 termasuk kondisi basa, dan pH 7 adalah kondisi netral (Ningrum, 2018). Derajat keasamaan menunjukkan perlu atau tidaknya pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) untuk mencegah terjadinya gangguan pada proses pengolahan limbah cair secara konvensional. Secara umum, dapat dikatakan bahwa pH limbah cair domestik adalah mendekati netral (Soeparman, 2002).

Salah satu pemasalahan yang dihadapi dalam fermentasi anaerob adalah keberadaan senyawa-senyawa tertentu yang bertindak sebagai inhibitor. Oleh karena itu, perlu ditambahkan sesuatu pada bahan baku supaya menghilangkan pengaruh inhibitor yang ada. Jenis bahan organik yang diproses termasuk beberapa contoh di atas akan sangat mempengaruhi kualitas biogas yang dihasilkan. Pemilihan bahan biogas dapat ditentukan dari perbandingan kadar C (karbon) dan N (nitrogen) dalam bahan tersebut. Bahan organik yang umumnya mampu menghasilkan kualitas biogas yang tinggi mempunyai rasio C/N sekitar 20-30 atau 20-25. Perbandingan C dan N dalam bahan biogas merupakan faktor penting untuk berkembangnya bakteri yang akan menguraikan bahan organik tersebut. Pada perbandingan C/N kurang dari 8, dapat menghalangi aktivitas bakteri akibat kadar amonia yang berlebihan. Pada perbandingan C/N lebih dari 43 mengakibatkan kerja bakteri juga terhambat. Walaupun demikian, parameter ini bukan jaminan satu-satunya untuk kualitas biogas yang tinggi karena masih terdapat beberapa parameter lain yang harus

diperhatikan khususnya pada reaktor biogas (biodigester) (Prihatiningtyas *et al.*, 2019).

Tidak semua bahan organik terurai menjadi gas dalam digester anaerob. Bakteri anaerob tidak menguraikan lignin dan beberapa jenis hidrokarbon. Digester yang berisi kotoran yang mengandung nitrogen tinggi dan belerang yang rendah dapat menghasilkan racun berupa amonia dan  $H_2S$ . proses fermentasi dalam biodigester sendiri berlangsung secara alami. Mikroba (bakteri) yang berfungsi untuk menguraikan bahan organik juga dapat terbentuk secara alami asalkan kondisi biodigester terpenuhi untuk tumbuhnya bakteri tersebut. Ciri fisik yang terlihat dari terjadinya proses fermentasi alami adalah terbentuknya gelembung pada permukaan air.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dani, F.R. 2023. Analisis Kadmium Dan Nitrogen Total Air Lindi Menggunakan Tanaman Kangkung Air (*Ipomeam Aquatic Forsk*) Dengan Metode Contructed Wetland Sistem Sirkulasi (Studi Kasus: Tpa Controlled Landfill Non Aktif). Skripsi. Universitas Batanghari. Jambi.
- Helfinalis, Sultan dan Rubiman. 2012. Padatan Tersuspensi Total di Perairan Selat Flores Boleng Alor dan Selatan Pulau Adonara Lembata Pantar. *Ilmu Kelautan*, 17 (3): 148-153.
- Muharsono. 2021. Strategi Pemerintah Dalam Pengelolaan Limbah Peternakan (Studi Di Desa Sendang Kecamatan Sendang Kabupaten Tulungagung). *Publiciana: Jurnal Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik*, 14 (1): 188-212.
- Ndaru, P.H., Huda, A.N., Mashudi. 2021. Pengaruh Penambahan Asam Lemak Pada Pakan Ternak Ruminansia Terhadap Kandungan Nutrisi Pakan. *Journal of Tropical Animal Production*, 22 (1): 12-19.
- Ningrum, Susanti Oktavia., 2018, Analisis Kualitas Badan Air dan Kualitas Air Sumur di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1): 1-12.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 18 Tahun 1999 jo Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- Pertiwiningrum, A. 2016. Instalasi Biogas. Yogyakarta. CV. Kolom Prasetya.
- Pour, H. R., Mirghaffari, N., Marzban, M., & Marzban, A. (2014). Determination Of Biochemical Oxygen Demand (BOD) Without Nitrification and Mineral Oxidant Bacteria Interferences By Carbonate Turbidimetry. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 5(5): 90-95.
- Rachmawati, S. (2017). Analisis Penurunan Kadar COD Air Limbah Industri. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2): 64-68.
- Rinawati, R., Hidayat, D., Suprianto, R., & Dewi, P.S. (2016). Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolve Solid Dan

- Total Suspended Solid) di Perairan Teluk Lampung. *Analytical and Environmental Chemistry*, 1(1): 36–45.
- Rundengan, M.L., Salendu, A.H.S., Lumy, T.F.D., Syarifuddin dan Rintjap, A.K. 2020. Introduksi Teknologi Pupuk Organik Dengan Memanfaatkan Kotoran Sapi. SNITT- Politeknik Negeri Balikpapan.
- Sitepu, J. 2013. Pengaruh Laju Alir Volumetrik Umpan Static In- Line Mixer terhadap Performance Bioreactor pada Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Kelapa Sawit Skala Pilot Plant. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara.
- Soeparman, H.M., dan Suparmin, 2002. Pembuangan Tinja dan Limbah Cair: Suatu Pengantar, Kedokteran EGC, Jakarta.
- Suriawiria, Unus. 2003. Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis. Bandung: PT. Alumni.



# **BAB 6**

## **PROSES PEMBENTUKAN BIOGAS**

*Oleh Ina Nurtanti*

### **6.1 Pendahuluan**

Biogas merupakan gas alam yang diproduksi oleh mikroorganisme dalam lingkungan tanpa oksigen atau kondisi anaerobik adalah salah satu alternatif energi terbarukan yang multifungsi. Biogas terutama menghasilkan metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dengan sedikit gas tambahan seperti hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), nitrogen ( $\text{N}_2$ ), dan uap air (Rayahu 2023). Biogas dapat digunakan untuk banyak hal, seperti memasak, memanaskan rumah, menghasilkan listrik, dan menggerakkan mesin yang menggunakan gas (Wahyuni, 2018). Biogas dianggap sebagai alternatif yang ramah lingkungan untuk sumber energi fosil karena dibuat dari bahan organik yang dapat diperbaharui. Itu juga dapat membantu mengurangi ketergantungan kita pada sumber energi fosil yang lebih sedikit (Pujiati et al., 2020). Sumber utama limbah organik adalah kotoran hewan, limbah pertanian, limbah makanan, dan materi organik lainnya. Biogas terutama dibuat dari limbah organik seperti kotoran hewan, limbah pertanian, limbah makanan, dan materi organik lainnya. Meskipun proses fermentasi ini dapat terjadi secara alami di lingkungan yang tepat, itu juga dapat diinduksi dan dikendalikan di tempat yang dirancang khusus (Sukmana & Muljatiningrum, 2023).

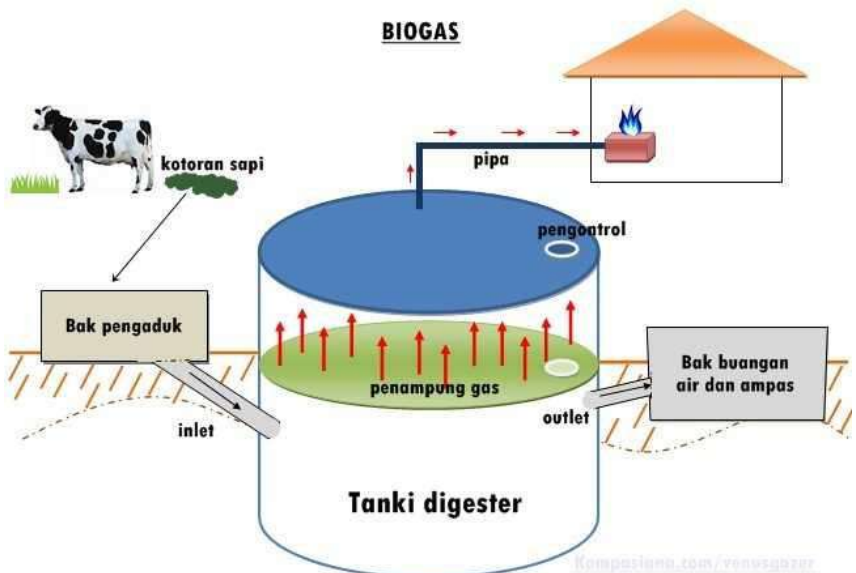


**Gambar 6.1.** Potensi Biogas  
(Sumber : <https://bit.ly/3ftxDF6>)

Komposisi gas biogas yang dihasilkan dari kotoran sapi bervariasi. Kandungan metan berkisar antara 54 dan 70%, karbon dioksida berkisar antara 27-45%, nitrogen berkisar antara 0,5 dan 3%, dan oksigen berkisar antara 0,1%. Amoniak, hidrogen sulfida, dan nitrogen oksida adalah sisanya (Wahyuni, 2013). Kandungan gas metana dalam biogas memengaruhi nilai energi atau nilai kalornya. Kandungan gas metana yang lebih tinggi meningkatkan nilai energi yang terkandung dalam biogas. Satu meter kubik biogas memiliki nilai kalori sekitar 6.000 watt jam, atau setengah liter minyak diesel. Nilai kalor biogas bergantung pada gas-gas lainnya. Jumlah kalor biogas dari kotoran sapi berkisar antara 4.800 dan 6.700 kkal/m<sup>3</sup>. Nilai kalor gas metan murni jauh lebih rendah daripada ini. Nilai kalor biogas jauh lebih rendah daripada gas metan murni, dengan 8.900 kkal/m<sup>3</sup>, tetapi masih dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk rumah tangga atau bahkan sebagai bahan baku industri (Budhyantoro dkk, 2019).

## 6.2 Pembentukan Biogas

Pada instalasi biogas anaerob, berbagai bakteri, protozoa, dan jamur berinteraksi satu sama lain dalam proses pembuatan gas metana (Prayitno, 2014). Proses ini termasuk bakteri seperti *Bacteroides*, *Clostridium butyrium*, *Escherichia coli*, *Methanobacterium*, dan *Methanobacillus*. Dua bakteri terakhir adalah bakteri penting yang menghasilkan gas metana dan hidup dalam kondisi anaerob. Beberapa tahap membentuk biogas: dekomposisi (hidrolisis), pengasaman (*acidification*), dan pembentukan metana (*methanogenesis*). Berbagai jenis mikroorganisme bekerja sama dalam kondisi anaerob untuk menguraikan bahan organik menjadi gas metana dan elemen lainnya. Tahapan-tahapan ini melibatkan berbagai jenis mikroorganisme yang bekerja secara bersama-sama dalam kondisi anaerob untuk menguraikan bahan organik menjadi gas metana dan komponen lainnya (Wahyudi & Hendraningsih, 2020).



**Gambar 6.2.** Proses Biogas  
(Sumber : [kompasiana.com](http://kompasiana.com))

### 1. Tahap Hidrolisis (Hydrolysis)

Tahap ini merupakan awal dari proses fermentasi. Bahan organik kompleks seperti karbohidrat, protein, dan lemak diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh berbagai jenis bakteri hidrolitik. Senyawa-senyawa yang dihasilkan dari hidrolisis, seperti glukosa, asam amino, dan asam lemak, menjadi sumber energi bagi mikroorganisme pada tahap selanjutnya.

### 2. Tahap Pengasaman (*Acidification*)

Pada tahap ini, bakteri asidogenik akan menggunakan senyawa-senyawa sederhana yang dihasilkan dari hidrolisis untuk menghasilkan asam organik seperti asam asetat, asam propionat, asam butirat, dan asam laktat. Selain itu, juga dihasilkan produk sampingan seperti alkohol, karbon dioksida, hidrogen, dan amonia.

### 3. Tahap Metanogenesis (*Methanogenesis*)

Tahap terakhir ini melibatkan bakteri metanogenik, seperti *Methanococcus*, *Methanosarcina*, dan *Methanobacterium*, yang mengubah produk lanjutan dari tahap pengasaman menjadi biogas.

Bakteri metanogenik ini mengubah asam-asam organik dan produk sampingan menjadi gas metan ( $\text{CH}_4$ ), karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Untuk menjaga efisiensi dan stabilitas proses pembentukan biogas, lingkungan tertutup yang diatur harus anaerobik atau tanpa oksigen (Mukhlisoh & Hartadima, 2020). Untuk menjamin efisiensi dan kelancaran proses, keberadaan mikroorganisme anaerobik yang tepat sangat penting. Dua jenis bakteri, bakteri pembentuk asam dan bakteri pembentuk gas metana, memainkan peran penting dalam proses pembentukan biogas. Ini adalah beberapa contoh bakteri dari masing-masing jenis:

**Tabel 6.1. Bakteri dalam Biogas**

| <b>Bakteri Pembentuk Asam</b>  | <b>Bakteri Pembentuk Gas Metana</b> |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| Pseudomonas                    | Methanosarcina                      |
| Escherichia coli (Escherichia) | Methanococcus                       |
| Flavobacterium                 | Methanobacterium                    |
| Alcaligenes                    |                                     |

Sumber: <https://repository.pertanian.go.id>

Tahap metanogenik merupakan tahap terakhir dalam pembentukan biogas, jumlah energi yang dihasilkan dari pembakaran bergantung pada konsentrasi gas metana yang dihasilkan. Oleh karena itu, sangat penting untuk memaksimalkan produksi gas metana selama proses pembentukan biogas untuk memaksimalkan efisiensi energi yang dihasilkan. Ini dapat dicapai dengan mengubah kondisi lingkungan reaktor anaerobik, termasuk suhu, pH, dan ketersediaan nutrisi, serta dengan memilih jenis mikroorganisme yang dapat menghasilkan gas metana.

### **6.3 Bahan Baku Pembentukan Biogas**

Pemanfaatan limbah organik, termasuk kotoran ternak, sebagai bahan baku untuk pembuatan biogas sangatlah penting. Selain membantu mengurangi limbah dan polusi lingkungan, ini juga memberikan manfaat tambahan dalam bentuk pupuk organik yang kaya akan unsur hara. Pupuk kandang dari kotoran ternak memiliki kandungan unsur hara yang beragam, seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta unsur hara mikro seperti besi (Fe), seng (Zn), boron (Bo), mangan (Mn), tembaga (Cu), dan molibdenum (Mo). Satu ekor sapi dewasa saja dapat menghasilkan jumlah kotoran yang cukup besar setiap harinya, oleh karena itu, pengelolaan limbah organik, termasuk kotoran ternak, dan pemanfaatannya sebagai bahan baku untuk pembuatan biogas dan pupuk kandang adalah langkah yang sangat tepat dalam mendukung pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan. Bahan

baku untuk pembuatan biogas adalah bahan organik dari sisa makhluk hidup (biomassa).

**Tabel 6.2.** Produksi Kotoran Ternak

| Jenis ternak  | Bobot ternak | Produksi kotoran (kg/ekor |
|---------------|--------------|---------------------------|
| Sapi potong   | 400-500      | 20-29                     |
| Sapi perah    | 500-600      | 30-50                     |
| Ayam petelur  | 1,5-2,0      | 0,10                      |
| Ayam pedaging | 1,0-1,5      | 0,06                      |
| Domba         | 30-40        | 2,00                      |

Sumber: <https://repository.pertanian.go.id>

Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh bahan organik agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan biogas. Rasio C/N: Bahan organik harus memiliki rasio kadar karbon (C) dan nitrogen (N) yang sesuai, yaitu rasio C/N sekitar 20-30 (Widhiyanuriyawan & Trimandoko, 2015). Bahan baku pembuatan biogas adalah bahan organik tersebut juga memperhitungkan rasio kadar C/N yang tinggi untuk memaksimalkan produksi biogas. Berikut ini tabel menunjukkan beberapa rasio C/N bahan organik biogas:

**Tabel 6.3.** Rasio C/N sebagai Bahan Baku Biogas

| Jenis Bahan  | Rasio C/N |
|--------------|-----------|
| Urine ternak | 0,8       |
| Kotoran sapi | 10-20     |
| Kotoran babi | 9-13      |
| Kotoran ayam | 5-8       |

Sumber: Suyitno dkk, 2010.

### 6.3.1 Faktor Pengaruh Pembuatan Biogas

Faktor yang mempengaruhi jumlah biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi adalah sebagai berikut:

1. Temperatur: Temperatur yang optimal untuk perkembangbiakan bakteri metanogen adalah antara 20–40 °C. Di Indonesia, temperatur lingkungan yang cenderung stabil antara 20–30 °C tidak memerlukan rekayasa tambahan seperti yang dibutuhkan di negara dengan iklim dingin.
2. Total Solid (TS): Kadar TS dalam substrat memengaruhi ketersediaan air yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri. Proses fermentasi basah membutuhkan nilai TS sekitar 7–9%, sementara pada proses fermentasi kering, nilai TS yang dibutuhkan dapat lebih besar dari 15%.
3. Derajat Keasaman (pH): Bakteri anaerob berkembang biak pada pH 6,6–7, namun proses fermentasi anaerob biasanya terjadi pada pH yang lebih asam.
4. Rasio C/N: Rasio C/N yang ideal untuk bahan organik yang dimasukkan ke dalam digester adalah 25–30. Jika substrat memiliki kekurangan unsur nitrogen (N), bahan tambahan yang kaya akan unsur N seperti urea dapat ditambahkan. Untuk kekurangan unsur karbon (C), bahan tambahan seperti jerami dapat dimanfaatkan.

## 6.4 Proses Fermentasi Biogas

Produk akhir dari fermentasi bahan organik dalam digester adalah biogas. Komponen utama biogas adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dengan sedikit kandungan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amonia ( $\text{NH}_3$ ), serta hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan nitrogen (N) dalam kandungan yang sangat sedikit. Gas metana ( $\text{CH}_4$ ) murni memiliki kandungan energi sekitar 9.100 kcal/m<sup>3</sup> pada suhu 15,5°C dan tekanan 1 atm (Hasiholan dkk, 2016). Komposisi biogas hasil fermentasi bahan organik dalam digester Methane ( $\text{CH}_4$ ) 55-75%, Carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) 25-45%, Carbon monoxide (CO) 0-0,3%, Nitrogen ( $\text{N}_2$ ) 1-5%, Hydrogen ( $\text{H}_2$ ) 0-3%, Hydrogen sulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ) 0,1-0,5%, Oxygen ( $\text{O}_2$ ) Sisanya (Tondok, 2021). Proses fermentasi pembentukan biogas dibedakan menjadi dua berdasarkan kondisi

bahan baku yang digunakan, yaitu proses fermentasi basah dan proses fermentasi kering. Perbedaan utama antara kedua metode fermentasi ini terletak pada jumlah penggunaan air sebagai bahan pelarut asam-asam organik.

Dalam proses fermentasi basah, jumlah air yang digunakan lebih tinggi dibandingkan dengan proses fermentasi kering. Hal ini memungkinkan asam-asam organik dalam bahan baku terlarut dalam air, memfasilitasi reaksi-reaksi kimia dan biologi yang diperlukan untuk pembentukan biogas. Sementara dalam proses fermentasi kering, jumlah air yang digunakan lebih sedikit. Meskipun demikian, proses fermentasi kering juga dapat efektif tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan dan pengaturan kondisi fermentasi yang tepat.

#### **6.4.1 Fermentasi Kering**

Fermentasi kering adalah proses penguraian bahan organik secara anaerobik di mana bahan organik yang difermentasi memiliki kadar air di bawah 75%. Proses ini tidak memerlukan penambahan air selama fermentasi berlangsung. Keunggulan fermentasi kering termasuk efisiensi energi yang tinggi karena hanya membutuhkan sekitar 5% dari energi yang dihasilkan dari proses fermentasi tersebut. Selain itu, tidak diperlukan penambahan bahan tambahan seperti air atau bahan organik untuk memadatkan campuran. Limbah padat yang dihasilkan juga tidak perlu disterilkan atau dikeringkan, dan proses fermentasi tidak memerlukan pengadukan.

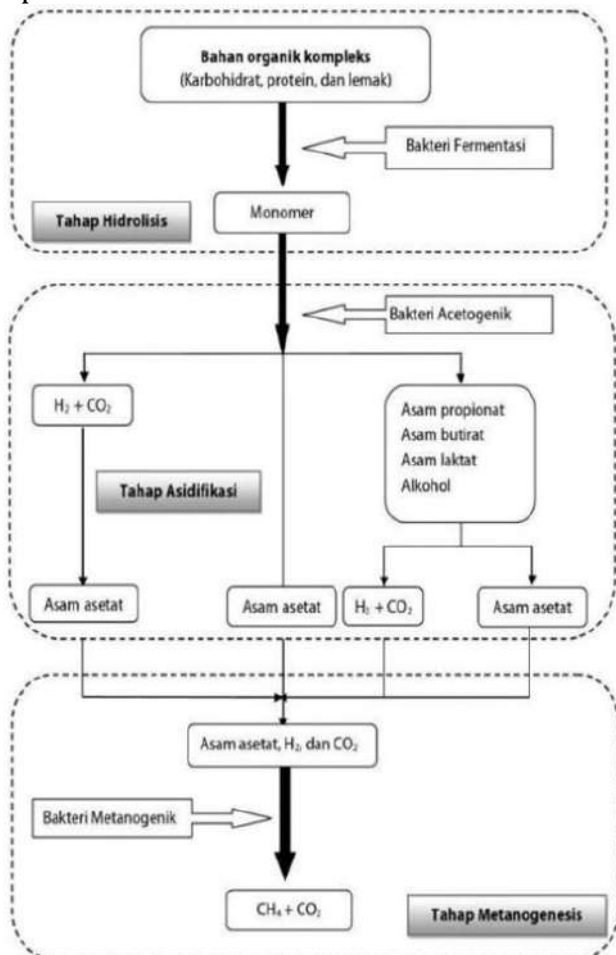
#### **6.4.2 Fermentasi Basah**

Fermentasi basah, di sisi lain, melibatkan bahan organik yang memiliki kadar air lebih besar atau sama dengan 75%. Air berperan dalam melarutkan asam-asam organik yang dihasilkan selama proses hidrolisis bahan organik dan menjaga kadar total solid dalam lumpur digester. Limbah yang dihasilkan dari fermentasi basah biasanya memiliki kadar air hingga 70%. Kelemahan fermentasi basah termasuk memerlukan penanganan yang cermat agar tidak mencemari lingkungan. Untuk meningkatkan efisiensi produksi gas metana dalam fermentasi

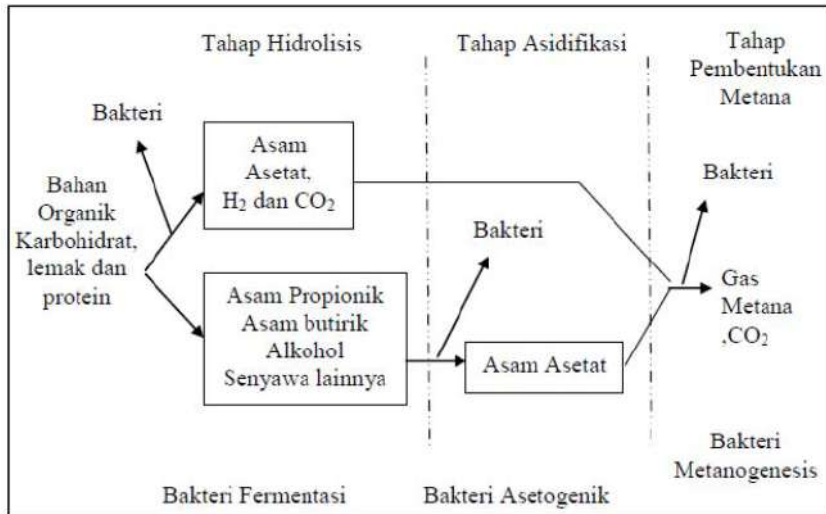
basah, beberapa langkah dapat diambil, seperti pengadukan untuk mencegah pembentukan busa atau kerak padat di permukaan lumpur organik. Pada daerah dengan suhu tinggi, perlu dipasang atap pada digester untuk mencegah penguapan dan menjaga suhu yang optimal. Kontrol suhu juga penting karena suhu yang terlalu tinggi dapat menghambat pertumbuhan bakteri anaerob.

## 6.5 Tahapan Pembentukan Biogas

Proses pembentukan biogas dalam digester mengikuti beberapa tahapan:



**Gambar 6.3.** Proses Pembuatan Biogas  
(Sumber :Wahyuni, 2011)



**Gambar 6.4.** Proses Pembuatan Biogas  
(Sumber :Ritongga & Masrukhi, 2020)

### 6.5.1 Hidrolisis

Proses penguraian bahan organik yang tidak larut dalam air menjadi komponen yang lebih kecil dan larut dalam air. Ini mencakup polimer besar seperti selulosa, karbohidrat, lemak, dan protein.

1. Glukosa:  $(C_6H_{10}O_5)n + n H_2O + \text{Enzim} \rightarrow n C_6H_{12}O_6 (C_6H_{10}O_5)n + n H_2O + \text{Enzim} \rightarrow n C_6H_{12}O_6$  (glukosa)
2. Lemak:  
 $\text{Lemak} + n H_2O + \text{Enzim} \rightarrow CH_3(CH_2)COOH$   
 $\text{Lemak} + n H_2O + \text{Enzim} \rightarrow CH_3(CH_2)COOH$  (asam lemak)
3. Protein:  
 $\text{Protein} + n H_2O + \text{Enzim} \rightarrow CH_3(NH_2)COOH$   
 $\text{Protein} + n H_2O + \text{Enzim} \rightarrow CH_3(NH_2)COOH$  (asam amino)

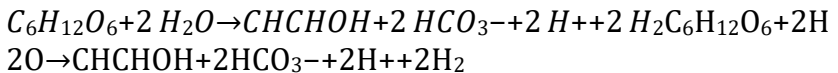
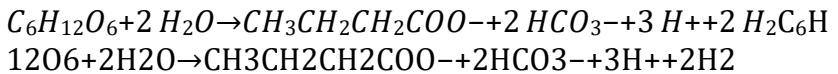
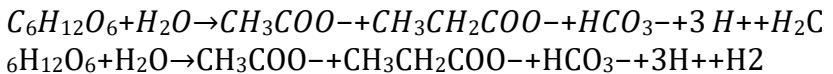
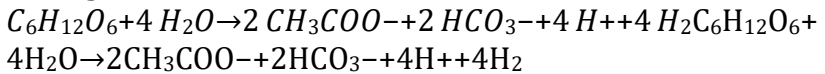
Bakteri dekomposisi seperti Actinobacteria, Firmicutes, Bacteroidetes, Thermotogae, Chloroflexi, dan Proteobacteria berperan dalam tahap ini. Tahap pengasaman dilakukan oleh bakteri pengoksidasi yang mengubah glukosa menjadi asam organik. Tahap ini terdiri dari tiga tahapan: asidogenesis karbohidrat, asidogenesis asam amino, dan asetogenesis. Beberapa

jenis bakteri yang terlibat adalah Bacteroides, Clostridium butyrium, dan Escherichia coli. Bakteri ini bekerja secara anaerob dan optimal pada suhu sekitar 30°C.

### 6.5.2 Asidifikasi

Oksidasi bahan organik menjadi asam organik, yang dilakukan oleh bakteri non-metanogenik, protozoa, dan jamur. Reaksi dalam proses asidifikasi adalah sebagai berikut:

1. Asidogenesis Karbohidrat:



2. Asidogenesis Asam Amino:

Reaksi untuk beberapa asam amino yang dihasilkan dari hidrolisis protein.

3. Asetogenesis:

Reaksi pembentukan asetat dari asam asetat.

### 6.5.3 Metagenesis

Tahap methanogenesis merupakan proses pembentukan gas metana (CH<sub>4</sub>) dari asam-asam organik yang dihasilkan dari tahap sebelumnya. Proses ini melibatkan bakteri methanogenesis seperti Methanobacterium formicum dan Methanospirillum hungate. Reaksi-reaksi yang terjadi dalam tahap methanogenesis melibatkan oksidasi asam organik di kondisi asam dengan bantuan air dan gas hidrogen yang dihasilkan selama oksidasi monomer karbohidrat (glukosa), lemak (asam lemak), dan protein (asam amino).

## DAFTAR PUSTAKA

- Budhyantoro, A., Parung, J., Gunawan, G., & Artadana, I. B. M. (2019). Buku Saku Wisata Edukasi: Seri Bio Gas dari Bahan Organik (Biomass) Teori, Pembuatan dan Pemanfaatan.
- Hasiholan, U., Haryanto, A., & Prabawa, S. (2016). Produksi biogas dari umbi singkong dengan kotoran sapi sebagai starter. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 5(2), 109-116.
- Mukhlisoh, N. A., Lesmana, I. P. D., & Hartadiama, D. R. (2020). Produksi Low Cost-Biogas Skala Kecil Pada Kelompok Tani Ternak Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa, Jember, Jawa Timur. *NaCosVi: Polije Proceedings Series*, 4(1), 141-144.
- Prayitno, H. T. (2014). Pengolahan Kotoran Sapi Dengan Teknologi Biogas Reaktor Kecil. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan dan IPTEK*, 10(2), 123-132.
- Pujiati, P., Dewi, N. K., & Setiawan, D. (2020). Produksi Biogas Berbasis Biomassa.
- Rahayu, F. M. (2023). Biogas dan Pemanfaatannya. Bumi Aksara.
- Ritongga, A.M & Masrukhi. 2020. Teknologi Biogas Untuk Skala Rumah Tangga dan Kelompok. Purwokerto: USOED Press.
- Steviano, O & E. Kustanti. 2021. Biogas untuk Kehidupan. Bogor: Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian.
- Sukmana, R. W., SP, M. P., & Muljatiningrum, A. (2023). Biogas dari limbah ternak. Nuansa Cendekia.
- Tondok, P. D. (2021). Analisis Produksi Biogas dari Campuran Hasil Kotoran Sapi dengan Limbah Kulit Semangka sebagai Bahan Bakar Pengganti Liquid Petroleum Gas (LPG) (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Kalimantan).
- Wahyudi, A., & Hendraningsih, L. (2020). Biogas fermentasi limbah peternakan (Vol. 1). UMMPress.
- Wahyuni, S. (2013). Panduan praktis biogas. Penebar Swadaya Grup.
- Wahyuni, S., & MP, S. (2011). Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah (Revisi). AgroMedia.
- Wahyuni, S., & MP, S. (2018). Biogas: Hemat Energi Pengganti Listrik, BBM, Dan Gas Rumah Tangga. AgroMedia.

Widhiyanuriyawan, D., Hamidi, N., & Trimandoko, C. (2015). Purifikasi biogas dengan variasi ukuran dan massa zeolit terhadap kandungan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>. Jurnal Rekayasa Mesin, 6(1), 27-32.



# **BAB 7**

## **FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI BIOGAS**

*Oleh Arif Rahman Azis*

### **7.1 Pendahuluan**

Kebutuhan energi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi, mendorong pemerintah untuk mencari solusi seperti impor gas dan penggunaan sumber energi alternatif. Salah satu upaya yang telah dilakukan adalah pengembangan sistem biogas dari limbah hewan ternak seperti sapi, kambing, dan ayam. Limbah peternakan, yang meliputi feses, urine, gas, dan sisa makanan ternak, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan biogas.

Proses pembentukan biogas melibatkan mikroorganisme seperti bakteri pembusuk dan bakteri penghasil metana dalam dua tahap fermentasi, yaitu fermentasi aerob dan anaerob. Biogas telah diakui sebagai sumber energi alternatif yang berpotensi untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Namun, produksi biogas dipengaruhi oleh berbagai faktor yang perlu dipahami dengan baik untuk meningkatkan efisiensi prosesnya. Dalam Bab ini, kami akan membahas 15 faktor utama yang mempengaruhi produksi biogas.

### **7.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Biogas**

Biogas merupakan gas yang terbentuk melalui proses anaerobik atau fermentasi bahan organik, seperti feses manusia, limbah rumah tangga, dan kotoran hewan. Komponen utama yang diperlukan dalam pembentukan biogas adalah metana dan karbon dioksida yang terdapat dalam bahan organik (Wahyu, 2008).

Proses penguraian bahan organik ini terdiri dari empat tahapan, yakni hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Pada tahap hidrolisis, molekul organik kompleks

dipecah menjadi bentuk yang lebih sederhana seperti karbohidrat, asam amino, dan asam lemak. Tahap asidogenesis menghasilkan ammonia, karbon dioksida, dan hidrogen sulfida, sementara tahap asetogenesis mengubah produk asidogenesis menjadi hidrogen, karbon dioksida, dan asetat. Tahap terakhir, metanogenesis, merupakan tahap krusial di mana produk dari tahap-tahap sebelumnya diurai dan disintesis untuk menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ), bersama dengan karbon dioksida, air, dan sejumlah kecil senyawa gas lainnya. Beberapa faktor yang memengaruhi proses pembuatan biogas meliputi:

### **7.2.1 Bahan Baku**

Untuk proses pembentukan biogas yang optimal, penting agar memperhatikan karakteristik bahan baku yang digunakan. Biogas akan terbentuk efisien jika bahan bakunya berupa padatan yang berbentuk bubur halus atau butiran kecil. Hal ini karena struktur padatan yang demikian memungkinkan mikroorganisme untuk mencerna bahan organik dengan lebih baik, sehingga proses fermentasi dapat berlangsung dengan optimal. Untuk memastikan pembentukan biogas berjalan dengan sempurna, disarankan agar bahan baku yang sulit dicerna, seperti serat kasar, digiling atau dirajang terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam reaktor biogas.

Namun, jika bahan bakunya berbentuk padatan yang mudah dicerna, seperti limbah rumah tangga atau kotoran hewan yang telah terurai, maka bahan baku tersebut dapat langsung dicampur dengan air secara merata. Hal ini memudahkan proses pencernaan oleh mikroorganisme tanpa perlu proses penggilingan tambahan.



**Gambar 7.1.** Kotoran Sapi Sebagai Salah Satu Sumber Bahan Baku Biogas

Sumber: Dokumen Pribadi, Kandang Sapi Jurusan Peternakan Universitas Bengkulu

Selain itu, perlu diperhatikan juga bahwa kandungan padatan (*Total solid content*) dalam campuran bahan baku sebaiknya tidak terlalu tinggi. Menurut (Tangko *et al.*, 2019) menyatakan *Total solid content* adalah jumlah material padatan yang terdapat dalam limbah pada bahan organik selama proses digester terjadi yang mengindikasikan laju penghancuran/pembusukan material padatan limbah organik. Konsentrasi ideal padatan untuk memproduksi biogas adalah 7-9% kandungan kering. Kondisi ini dapat membuat proses digester anaerob berjalan dengan baik. Nilai TS sangat mempengaruhi proses pencernaan/digester bahan organik. Dengan demikian, pemilihan dan persiapan bahan baku yang tepat sangat penting untuk memastikan efisiensi dan keberhasilan dalam pembentukan biogas.

### **7.2.2 Derajat Keasaman**

Lingkungan pH yang tepat sangat penting dalam mendukung aktivitas mikroorganisme, terutama dalam konteks produksi biogas. Jika pH lingkungan tidak sesuai, dapat menghambat atau bahkan mengganggu proses fermentasi secara keseluruhan. Misalnya, lingkungan yang terlalu asam atau terlalu basa dapat menghambat pertumbuhan bakteri anaerobik, yang pada gilirannya akan menurunkan produksi biogas. Oleh karena itu, pengukuran dan pemeliharaan pH yang tepat sangat penting untuk memastikan kondisi lingkungan yang optimal.

Selain itu, perubahan pH yang drastis dapat memicu perubahan komposisi mikroba dalam sistem biogas. Bakteri anaerobik tertentu mungkin lebih sensitif terhadap perubahan pH daripada yang lain. Oleh karena itu, fluktuasi pH yang signifikan dapat mengganggu keseimbangan komunitas mikroba yang diperlukan untuk proses fermentasi yang efisien. Hal ini menekankan pentingnya menjaga stabilitas lingkungan pH selama operasi biogas.

Tingkat pH yang optimal juga penting untuk mengendalikan produksi gas yang dihasilkan. Perubahan ekstrem dalam pH dapat mengubah komposisi gas yang dihasilkan, mengurangi kualitas biogas dan meningkatkan risiko kerusakan pada sistem. Dengan demikian, pemeliharaan lingkungan pH yang stabil adalah kunci untuk memastikan konsistensi dan kualitas biogas yang dihasilkan. Penting untuk memahami bahwa pengaruh pH tidak hanya berlaku pada tahap awal proses fermentasi, tetapi juga dapat memengaruhi seluruh siklus produksi biogas. Oleh karena itu, monitoring dan pengendalian pH harus dilakukan secara terus-menerus dan teliti selama seluruh operasi sistem biogas untuk memastikan efisiensi dan keberlanjutan produksi biogas.

### **7.2.3 Temperatur Pencernaan**

Pentingnya suhu dalam memengaruhi perkembangbiakan bakteri merupakan faktor kunci dalam proses pencernaan anaerobik. Rentang suhu yang diizinkan untuk proses ini berkisar antara 5 hingga 50°C, dengan suhu optimal biasanya terletak pada sekitar 35°C. Pada suhu ini, aktivitas mikroorganisme, termasuk

bakteri anaerobik, mencapai puncaknya, sehingga menghasilkan gas biogas secara optimal (Rezeki *et al.*, 2021). Dengan ini, Pemantauan dan pengaturan suhu menjadi aspek penting dalam mengoptimalkan proses produksi biogas.

Suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menghambat aktivitas mikroorganisme dalam reaktor biogas. Pada suhu yang rendah, proses fermentasi menjadi lambat dan tidak efisien, sedangkan pada suhu yang terlalu tinggi, beberapa mikroorganisme dapat terbunuh atau kehilangan aktivitasnya, mengakibatkan penurunan produksi biogas secara keseluruhan, pemeliharaan suhu dalam rentang yang optimal sangat penting untuk memastikan kelancaran proses fermentasi.

Selain itu, fluktuasi suhu yang ekstrem juga dapat menyebabkan gangguan pada keseimbangan mikroba dalam reaktor biogas. Perubahan suhu yang mendadak dapat mengganggu stabilitas lingkungan dalam reaktor, menyebabkan penurunan aktivitas mikroorganisme yang menguntungkan bagi produksi biogas. Oleh karena itu, pengendalian suhu dengan cermat dan konsisten menjadi kunci dalam menjaga keseimbangan sistem biogas.

Pentingnya suhu dalam produksi biogas juga mencakup aspek keamanan dan keberlanjutan. Suhu yang optimal tidak hanya memastikan efisiensi produksi biogas, tetapi juga membantu dalam mencegah pertumbuhan mikroorganisme patogen yang berpotensi merugikan. Dengan mempertahankan suhu yang tepat, risiko kontaminasi dan kerusakan pada sistem biogas dapat dikurangi, sehingga meningkatkan keberlanjutan dan keamanan operasional.

#### **7.2.4 Pengenceran Bahan Baku Gas**

Sifat kekeringan atau kelembaban bahan baku juga memiliki dampak signifikan terhadap produksi gas bio. Bahan baku yang terlalu kering dapat menghambat aktivitas mikroorganisme yang terlibat dalam proses fermentasi anaerobik, sementara bahan baku yang terlalu basah dapat memperlambat proses pembentukan biogas. Oleh karena itu, penting untuk memastikan kelembaban bahan baku berada dalam rentang yang optimal, yaitu sekitar 91 hingga 93%. Pengendalian kelembaban dapat dilakukan dengan

menambahkan air ke dalam bahan baku untuk mencapai kadar air yang sesuai (Sari *et al.*, 2018)

Selain itu, kadar air yang tepat juga diperlukan untuk memfasilitasi pergerakan nutrisi dan akses mikroorganisme terhadap bahan baku dalam reaktor biogas. Kadar air yang terlalu rendah dapat menghambat proses pencernaan dan mengurangi efisiensi produksi gas bio. Sebaliknya, kelembaban yang berlebihan dapat menyebabkan pembusukan dan pertumbuhan bakteri non-produktif, yang pada akhirnya dapat mengganggu keseimbangan sistem biogas.

Proses pengenceran merupakan metode yang umum digunakan untuk mencapai kelembaban yang diinginkan dalam bahan baku. Pengenceran dilakukan dengan menambahkan jumlah air yang sesuai ke dalam bahan baku kering untuk mencapai persentase kelembaban yang optimal. Dengan demikian, pengendalian kadar air dalam bahan baku merupakan aspek penting dalam menjaga efisiensi dan konsistensi produksi biogas.

Selanjutnya, pemantauan dan pengendalian kadar air dalam bahan baku harus dilakukan secara teratur selama operasi sistem biogas. Perubahan kondisi lingkungan atau komposisi bahan baku dapat memengaruhi kelembaban, sehingga diperlukan tindakan yang sesuai untuk menjaga kondisi optimal. Melalui pemeliharaan kadar air yang tepat, diharapkan produksi biogas dapat dipertahankan pada tingkat yang optimal untuk mendukung keberlanjutan penggunaan energi alternatif ini.

Penelitian Sasmita *et al.*, 2022 memberikan hasil yang melihatkan volume biogas terbesar terdapat dalam perlakuan campuran sampah organik dan air (100% : 100%) sebesar 14 mL dan produksi biogas perhari tertinggi terdapat pada campuran sampah: air (150% : 100%) dan campuran sampah dan air (100%:150%) yaitu sebesar 1,5 mL/hari. Produksi biogas sangat dipengaruhi oleh konsentrasi substrat yaitu campuran sampah organik dan air. Dimana konsentrasi rasio yang seimbang akan menghasilkan biogas yang lebih banyak.

### 7.2.5 Pengadukan Bahan Baku

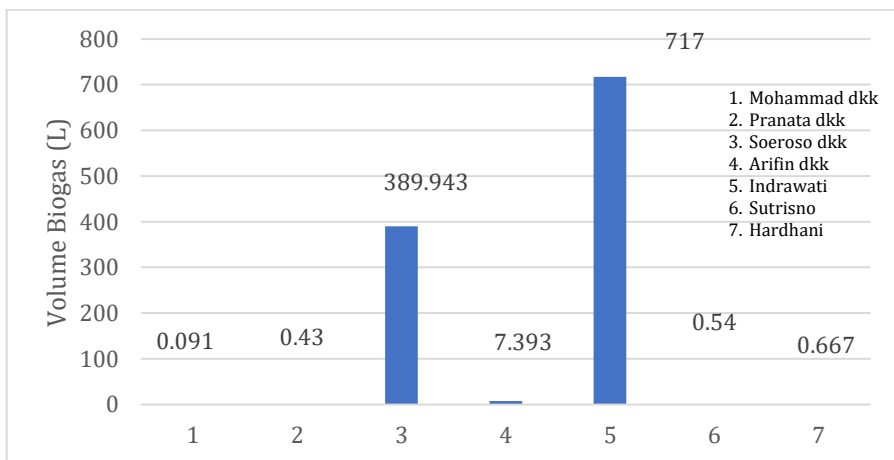
Timbulnya lapisan-lapisan yang tidak merata dalam tangki gas merupakan masalah yang sering dihadapi dalam sistem biogas. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pengadukan yang efektif dalam tangki tersebut. Pengadukan yang tidak memadai dapat menyebabkan distribusi nutrisi dan mikroorganisme menjadi tidak merata di dalam tangki, sehingga proses fermentasi tidak berjalan secara optimal. Untuk mengatasi masalah ini, salah satu solusi yang umum digunakan adalah dengan menambahkan alat pengaduk ke dalam konstruksi tangki gas.

Penggunaan alat pengaduk dalam tangki gas bertujuan untuk meningkatkan pergerakan bahan baku dan cairan dalam tangki secara merata. Dengan adanya pengadukan yang baik, nutrisi dan mikroorganisme dapat tersebar secara homogen di seluruh volume tangki, sehingga proses fermentasi dapat berlangsung dengan efisien. Selain itu, pengadukan juga membantu dalam mencegah pembentukan lapisan-lapisan yang menghambat aliran gas dan mengganggu kinerja sistem biogas secara keseluruhan.

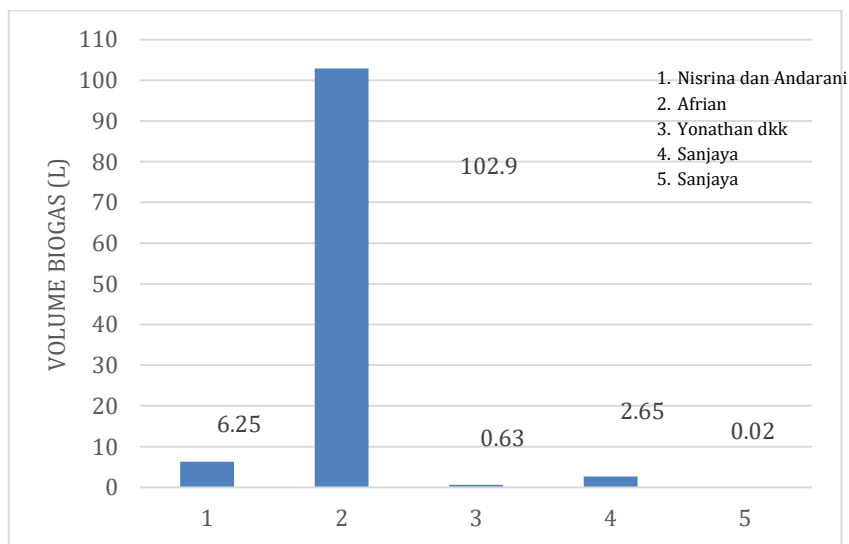
Pemilihan jenis alat pengaduk harus disesuaikan dengan karakteristik sistem biogas yang digunakan. Beberapa jenis alat pengaduk yang umum digunakan antara lain mixer mekanis, aerator, atau agitator. Setiap jenis alat memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, serta dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi spesifik dari sistem biogas yang ada (Nugraha *et al.*, 2022).

Namun, selain penggunaan alat pengaduk, pengelolaan yang tepat terhadap proses pengadukan juga sangat penting. Pengaturan kecepatan dan durasi pengadukan serta posisi alat pengaduk dalam tangki perlu diperhatikan secara cermat untuk memastikan pencampuran bahan baku dan cairan yang optimal. Dengan demikian, pengadukan yang efektif dapat menjadi kunci dalam menjaga kinerja sistem biogas dan meningkatkan produksi gas bio secara berkelanjutan.

Berikut Perbandingan hasil analisis dari berbagai sumber antara pengaruh pengadukan dan tanpa pengadukan :



**Gambar 7.2.** Grafik Kecepatan Pengadukan Terhadap Volume Gas Metana. Sumber: Mohammad dkk, 2016; Pranata dkk, 2004; Soeroso dkk, 2013; Arifin dkk, 2016; Sutrisno, 2010; Hardhani, 2014.



**Gambar 7.3.** Grafik Tanpa Pengadukan Terhadap Volume Gas Metana. Sumber: Nisrina dan Andarani, 2018; Afrian, 2017; Yonathan dkk, 2013; Sanjaya, 2015.

Gambar Grafik di atas membandingkan hasil produksi biogas dengan dan tanpa pengadukan. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Indrawati (2017) penggunaan pengadukan menghasilkan volume biogas yang lebih tinggi, yakni sebesar 717 liter. Pengadukan dilakukan pada kecepatan 10 rpm dalam proses fermentasi bahan baku kotoran sapi dan limbah rumah potong hewan selama 20 hari, dengan kapasitas digester sekitar  $\pm 5,2$  liter. Sebaliknya, penelitian yang dilakukan oleh Afrian (2017) tanpa pengadukan menghasilkan volume biogas sebesar 102,9 liter. Mereka menggunakan bahan baku kotoran sapi dan rumput gajah dalam digester berkapasitas 100 liter, dengan waktu fermentasi selama 60 hari.

Kontribusi penggunaan pengadukan dalam peningkatan hasil biogas dapat dijelaskan sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Da costa dan Sudarmanata (2015) Proses pengadukan mampu mempercepat waktu produksi biogas, memungkinkan terjadinya reaksi biodegradasi antara mikroorganisme dan substrat secara langsung. Dengan meningkatnya frekuensi pengadukan, aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi substrat juga meningkat. Selain itu, pengadukan memungkinkan gas-gas yang terperangkap dalam larutan untuk dilepaskan dengan lebih efisien, karena terjadi kontak yang lebih intens antara substrat dan mikroorganisme, serta menciptakan kondisi yang lebih homogen.

#### **7.2.6 Rasio C/N**

Karbohidrat merupakan sumber utama karbon (C) dan energi bagi mikroorganisme dalam proses metabolisme dan reproduksi sel. Dalam konteks pembentukan biogas melalui proses fermentasi anaerobik, mikroorganisme membutuhkan karbohidrat untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Selain karbohidrat, mikroorganisme juga membutuhkan sumber nitrogen (N) untuk sintesis protoplasma dan aktivitas biokimia lainnya. Ketersediaan karbon dan nitrogen dalam bahan baku memiliki peran penting dalam menentukan efisiensi dan hasil akhir dari proses fermentasi anaerobik.

Rasio Carbon-to-Nitrogen (C/N) merupakan parameter kunci yang mempengaruhi perombakan anaerobik. Rasio C/N yang optimal berkisar antara 16 hingga 19, di mana keseimbangan antara karbon dan nitrogen dalam bahan baku memungkinkan mikroorganisme untuk melakukan metabolisme yang efisien dan berkembang biak dengan baik. Rasio C/N yang sesuai membantu dalam menjaga aktivitas mikroorganisme dalam mengurai bahan organik menjadi gas bio tanpa mengalami gangguan atau hambatan.

Menurut Iriana *et al.*, 2012 menyatakan pentingnya mempertahankan rasio C/N yang optimal dalam bahan baku diperkuat oleh fakta bahwa perubahan yang signifikan dalam rasio ini dapat mengganggu keseimbangan mikroorganisme dalam sistem biogas. Rasio C/N yang terlalu rendah dapat mengakibatkan kelebihan nitrogen, yang dapat menghambat proses fermentasi dan menyebabkan akumulasi senyawa-senyawa yang tidak diinginkan. Sebaliknya, rasio C/N yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kekurangan nitrogen, yang juga dapat mengganggu aktivitas mikroorganisme dan mengurangi efisiensi produksi biogas.

Pengawasan terhadap rasio C/N dalam bahan baku menjadi penting dalam menjaga kualitas dan kuantitas produksi biogas. Pemantauan secara teratur terhadap karakteristik bahan baku, termasuk kandungan karbon dan nitrogen, serta penyesuaian jika diperlukan, dapat membantu dalam memastikan kondisi yang optimal untuk proses fermentasi anaerobik dan produksi biogas yang berkelanjutan.

### **7.2.7 Waktu Tinggal**

Waktu tinggal dalam proses perombakan bahan organik secara anaerobik merupakan faktor krusial yang memengaruhi efisiensi dan hasil akhir dari proses tersebut. Idealnya, proses perombakan anaerobik membutuhkan waktu antara 30 hingga 60 hari untuk mencapai tingkat perombakan yang optimal. Waktu tinggal yang tepat memungkinkan mikroorganisme memiliki cukup waktu untuk merombak bahan organik secara menyeluruh, yang pada gilirannya akan mempengaruhi kualitas lumpur dan gas bio yang dihasilkan sebagai produk akhir dari proses fermentasi.

Dalam proses fermentasi anaerobik, terlibat lima kelompok bakteri yang berperan dalam setiap tahap proses. Menurut penelitian oleh Yusmiati dan Singgih (2018), terdapat lima bakteri utama dari berbagai kelompok fisiologi yang terlibat dalam proses konversi polisakarida menjadi metana. Kelima bakteri tersebut meliputi bakteri selulolitik atau hidrolitik, bakteri fermentatif, bakteri asam asetat (acetogen), bakteri penghasil  $H_2$  dan mengoksidasi asam lemak, serta bakteri metanogenik (metanogen).

Bakteri selulolitik atau hidrolitik bertanggung jawab atas pemecahan polisakarida menjadi gula sederhana, sedangkan bakteri fermentatif mengubah gula menjadi asam organik. Selanjutnya, bakteri asam asetat memetabolisme asam organik menjadi asetat. Bakteri yang menghasilkan  $H_2$  dan mengoksidasi asam lemak mengonsumsi hidrogen dan mengoksidasi asam lemak menjadi asetat dan  $CO_2$ . Terakhir, bakteri metanogenik mengubah asetat,  $CO_2$ , dan hidrogen menjadi metana. Kolaborasi antara kelima kelompok bakteri ini memungkinkan terjadinya proses fermentasi anaerobik yang efisien dan optimal dalam menghasilkan biogas (Iriani *et al.*, 2017).

Pemahaman yang mendalam tentang peran dan interaksi antara berbagai jenis bakteri dalam proses fermentasi anaerobik penting untuk meningkatkan efisiensi produksi biogas. Dengan demikian, penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam bidang ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan keberlanjutan dan pemanfaatan biogas sebagai sumber energi alternatif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrian, C. (2017). Produksi biogas dari campuran kotoran sapi dengan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*).
- Arifin, W. (2016). Rancang Bangun Alat Konversi Biogas Limbah Cair Tempe Dan Pengujian Dengan Penambahan Variasi Campuran Sekam Padi (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Da Costa, J., & Sudarmanta, B. (2011). Optimasi Produksi Biogas Pada Anaerobic Digester Biogas Type Horizontal Berbahan Baku Kotoran Sapi Dengan Pengaturan Suhu Dan Pengadukan. Surabaya. Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November.
- Da Costa, J., & Sudarmanta, B. (2011). Optimasi Produksi Biogas Pada Anaerobic Digester Biogas Type Horizontal Berbahan Baku Kotoran Sapi Dengan Pengaturan Suhu Dan Pengadukan. Surabaya. Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November.
- Hardhani, E. Y. (2014). Pengaruh Pengadukan Pada Digester Biogas Dengan Feses Sapi Madura Sebagai Substrat Terhadap Produksi Metan Harian, Volatile Solid Reduction Dan Ph (Doctoral Dissertation, Peternakan).
- Indrawati, R. (2017). Penurunan BOD pada biogas kotoran sapi campuran limbah cair industri penyamakan kulit dengan variasi kecepatan dan lama pengadukan. *Journal of Research and Technology*, 3(2), 44-53.
- Iriani, P., Gantina, T. M., & Budi, A. S. (2012). Pengaruh Variasi Nilai Rasio Karbon Dan Nitrogen (C Per N Ratio) Pada Campuran Kotoran Kerbau-Sapi Pada Produksi Biogas Menggunakan Sistem Fermentasi Batch. *Jurnal Teknik Energi*, 2(1), 153-157.
- Iriani, P., Suprianti, Y., & Yulistiani, F. (2017). Fermentasi Anaerobik Biogas Dua Tahap Dengan Aklimatisasi Dan Pengkondisian Ph Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 1(1), 1-10.

- Mohammad, R., Soeroso, F., Pradana, S. A., Utomo, S., & Wardhana, I. W. (2016). Pengaruh pengenceran dan pengadukan terhadap produksi Biogas pada anaerobic digestion dengan menggunakan Ekstrak rumen sapi sebagai starter dan limbah dapur Sebagai substrat. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 13(2), 88-93.
- Nisrina, H., & Andarani, P. (2018). Pemanfaatan limbah tahu skala rumah tangga menjadi biogas sebagai upaya teknologi bersih di laboratorium pusat teknologi lingkungan-BPPT. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(2), 139-147.
- Nugraha, F., Ariantara, B., & Rizayana, F. (2022). Sistem Pengadukan Pada Biodigester Sampah Organik Di Desa Babakan Kecamatan Ciparay Kabupaten Bandung (Doctoral Dissertation, Fakultas Teknik Unpas).
- Pranata, A.S. Pupuk Organik cair Aplikasi Dan Manfaatnya. Agromedia Pustaka, Jakarta. 2004
- Rezeki, S., Ivontianti, W. D., & Khairullah, A. (2021). Optimasi Temperatur Pada Produksi Biogas Dari Limbah Rumah Makan Di Kota Pontianak. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 5(1), 32-38.
- Sanjaya, D. 2015. Produksi biogas dari campuran kotoran sapi dengan kotoran ayam (Doctoral dissertation, Fakultas Pertanian).
- Sari, M. A., Kirom, M. R., & Qurthobi, A. (2018). Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Produksi Biogas Pada Reaktor Anaerobic Buffled Reactor (Abr). *Eproceedings Of Engineering*, 5(3).
- Sasmita, A., Elystia, S., & Mulyadi, R. (2022). Pengaruh Rasio Penambahan Air Terhadap Produksi Biogas dari Sampah Kampus Bina Widya Universitas Riau dengan Metode Wet Anaerobic Digestion. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 6(2), 117-126.
- Soeroso, M. R. F., Sudarno, S., & Wardhana, I. W. (2013). Pengaruh Pengenceran Dan Pengadukan Limbah Dapur Daerah Ngesrep Terhadap Peningkatan Produksi Biogas Dengan

- Menggunakan Ekstrak Rumen Sapi Sebagai Starter. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(3), 1-9.
- Sutrisno, J. (2010). Pembuatan biogas dari bahan sampah sayuran (kubis, kangkung dan bayam). *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 8(1), 100-112.
- Tangko, J., Sonong, S., & Salam, J. (2019). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Biogas Dari Limbah Ternak Di Kec. Baroko Kab. Enrekang. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 16(1), 63-69.
- Wahyu, Sri, Mp. 2008. *Biogas. Swadaya* : Jakarta
- Yonathan, A., Prasetya, A. R., & Pramudono, B. (2013). Produksi Biogas dari *Eceng Gondok (Eicchornia crassipes)*: Kajian Konsistensi dan pH Terhadap Biogas Dihasilkan. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 211-215.
- Yusmiati, Y., & Singgih, B. (2018). Teknologi Produksi Biogas Dari Limbah Ternak Untuk Memenuhi Kebutuhan Energi Rumah Tangga. *Inovasi Pembangunan: Jurnal Kelitbangan*, 6(01), 39-48.

# **BAB 8**

## **DAMPAK PEMANFAATAN BIOGAS**

*Oleh Desna Ayu Wijayanti*

### **8.1 Pendahuluan**

Energi yang berasal dari biogas, merupakan salah satu sumber energi yang dapat dijadikan sebagai alternatif yang mempunyai biaya produksi rendah sehingga bisa dikatakan sebagai energi yang potensial. Biogas ini selain daripada biaya produksi yang rendah, memiliki keunggulan lain seperti, sumber energi yang ramah lingkungan dengan mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap LPG, bahan bakar minyak ataupun energi listrik.

Kian hari ketersediaan bahan bakar fosil seperti gas alam, batu bara dan minyak bumi semakin tipis karena selalu dikonsumsi harian oleh masyarakat dalam jumlah besar, sehingga berakibat pada harga yang semakin melambung. Selain itu, muncul permasalahan dari digunakannya bahan bakar fosil tersebut yaitu residu yang dihasilkan yang tidak ramah lingkungan. Residu tersebut uang menjadi salah satu penyumbang terbesar gas efek rumah kaca dan berperan pada proses pemanasan global (Runtuni dan Dewanti, 2019). Maka dari itu, memang sudah saatnya bagi masyarakat Indonesia untuk dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil tersebut, dengan mengembangkan energi alternatif yang ramah lingkungan yaitu biogas. Biogas adalah gas yang dihasilkan melalui proses penguraian beberapa material organik yang berasal dari kotoran hewan, ataupun limbah domestik secara tertutup tanpa oksigen pada sebuah biodigester (Sahidu, 1983). Menurut data BPS, pada tahun 2022 jumlah populasi sapi potong dan perah berada pada angka 18 juta, dan akan menghasilkan sekitar 20 kg kotoran perhari/ekor (Rivaldhi, Saputra dan Swantom, 2022) dan bila dikalkulasikan akan dihasilkan kotoran sapi sebanyak 360 juta ton/ hari. Berdasarkan data diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa, pengembangan teknologi biogas dan produksi biogas di Indonesia akan sangat berpotensi,

dikarenakan dengan melihat data kisaran bahan baku yang ada dalam hitungan perhari bisa dikatakan melimpah. Salah satu pemanfaatan biogas adalah memanfaatkan kotoran sapi yang menumpuk sehingga tidak diabaikan dan pada akhirnya akan meningkatkan gas metan di udara (Widodo et al, 2006).

Pembuatan biogas dalam prosesnya membutuhkan proses fermentasi untuk mengolah sampah organik sehingga menghasilkan gas bakar. Secara sederhana, proses biogas menjadi sumber energi ini adalah dengan menampung sumber limbah organik yang meliputi salah satunya kotoran hewan pada satu tempat tertutup yang anaerob, kemudian dari tempat tersebut terpasang pipa yang digunakan untuk mengalirkan gas yang dihasilkan yang kemudian dijadikan sebagai sumber energi rumah tangga.

Pada beberapa daerah tertentu di Indonesia sudah menerapkan energi alternatif dari biogas ini salah satunya pada Kabupaten Boyolali yang mencakup beberapa daerah seperti pada Kecamatan Selo dan Musuk. Terbukti dengan pemanfaatan biogas sebagai pengganti energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga secara umum berdampak positif terhadap keluarga peternak sapi perah, meskipun bila dilihat secara kuantitatif besarnya masih pada angka 10,9% (Runtuni dan Dewanti, 2019). Namun dengan angka kecil tersebut dapat ditingkatkan dan dioptimalkan kembali sehingga dapat berpotensi guna mensejahterakan keluarga peternak. Dengan kata lain dari pernyataan tersebut diatas dapat diinterpretasikan bahwa dengan semakin tingginya pemanfaatan biogas untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga masyarakat maka akan membawa dampak semakin tinggi pula kesejahteraan dari keluarga peternak. Secara tidak langsung, pemakaian biogas akan membawa dampak pada penghematan masyarakat atau pengguna dalam hal finansial untuk pengeluaran bulanan.

Diluar dari dampak positif, dalam pemanfaatan biogas terdapat beberapa sisi negatif dari penggunaan biogas yang perlu diketahui sebelumnya. Bab ini, akan dijelaskan lebih detail terkait dampak pemanfaatan biogas.

## 8.2 Dampak Positif

Kehadiran biogas pastinya akan membawa pengaruh dan perubahan pada beberapa kondisi masyarakat. Teknologi biogas atau yang sering dikenal dengan *anaerobic digestion* (Bond fan Templeton, 2011) menjelaskan bahwa dengan adanya teknologi ini, secara umum akan membawa kebermanfaatam pada pengelolaan limbah organik, sekaligus sebagai bagian dari startegi untuk mitigasi emisi GRK dan menyediakan energi secara kontinyu dan berkelanjutan. Secara nasional, pemanfaatan dari teknologi biogas dalam menyediakan energi merupakan wujud pelaksanaan dari kebijakan guna peningkatan pemanfaatan energi terbarukan yang termaktub dalam Perpres Nomor 5 Tahun 2006 yang berisi tentang Kebijakan Energi Nasional atau (KEN). Sehingga bila diklasifikasikan dampak pemanfaatan biogas dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

1. **Dampak pada aspek lingkungan**, terdiri dari pengelolaan limbah yang baik tidak menimbulkan polusi, mengantisipasi pemanasan global.
2. **Dampak pada aspek sosial**, terdiri dari perbaikan sanitasi pada lingkungan peternakan (Masse et al, 2011) dan kondisi kesehatan masyarakat yang meningkat (Chand et al, 2012)
3. **Dampak pada aspek ekonomi**, dengan adanya teknologi biogas dapat menekan biaya pengeluaran rumah tangga dalam hal pemenuhan kebutuhan bahan bakar rumah tangga (Jian, 2009).

Kehadiran teknologi biogas yang membawa dampak positif secara detail akan dijelaskan secara grafis pada Gambar 8.1 berikut. Klasifikasi dampak positif dari poin diatas juga akan dijelaskan detail pada subbab berikut.



**Gambar 8.1.** Dampak Positif Pemanfaatan Teknologi Biogas  
(Sumber: Google.com)

### 8.2.1 Dampak Terhadap Lingkungan

Pengembangan teknologi biogas tidak luput dari pengembangan usaha peternakan utamanya pada lingkup keluarga peternak. Dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir, pemerintah memiliki tekad untuk dapat mencapai swasembada daging dan produksi susu segar skala nasional, dalam kebijakannya tersebut pemerintah mempunyai konsekuensi untuk meningkatkan populasi sapi perah.

Pengembangan usaha sapi perah memiliki dampak positif, antara lain pada peningkatan kesejahteraan peternak dan keluarganya serta mendukung ketercapaian etahanan pangan, namun dengan adanya pengembangan usaha peternakan sapi perah yang dimaksudkan diatas juga akan membawa dampak dan konsekuensi lain yaitu meningkatnya produksi pada limbah peternakan yang mencemari lingkungan sekitar (Forster et al, 2007). Pengelolaan yang kurang baik pada limbah - limbah yang dihasilkan oleh sapi perah menjadi pemicu berkembangnya mikroorganisme yang pada akhirnya akan merusak susu (Prasetyo dan Herawati, 2011).

Pengembangan biogas selain diatur oleh peraturan presiden, juga didorong dengan adanya peraturan daerah yang bertujuan dan dimaksudkan untuk mendorong pemanfaatan biogas di beberapa daerah di Indonesia. Pengembangan biogas antara lain juga dimaksudkan secara umum untuk mengejar perbaikan lingkungan secara nasional yang kian hari, kian memprihatinkan, dengan jalan

yaitu substitusi energi (Yu et al, 2008). Meskipun dalam pengembangan biogas terdapat kompleksitas, namun banyak yang mengadopsi dan diterapkan pada keluarga peternak, karena mereka berharap bahwa dengan adanya biogas mampu mengurangi penggunaan energi konvensional, dan pemanfaatan pupuk kimia dapat ditekan dengan substitusi pupuk organik yang diolah dari *islurry* (Putra et al, 2017).

Secara rinci dampak pemanfaatan biogas terhadap lingkungan antara lain terdiri dari.

1. Mengurangi penggunaan gas alam

Seperti yang sudah diketahui diawal bahwasanya gas alam secara terus menerus dikonsumsi oleh masyarakat dengan kategori pemakaian yang tinggi yaitu 44% migas, 25% batu bara, dan 31% nya energi terbarukan (Satrianegara, 2019). Energi terbarukan tersebut berasal dari biogas yang merupakan hasil fermentasi dari kotoran hewan maupun limbah organik jenis lain.

2. Mitigasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

Dengan mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar fosil dan beralih pada bioenergi, yang *renewable*, ramah pada lingkungan dan sifatnya dapat terurai sehingga dapat mengeliminasi efek rumah kaca serta ketersediaan dari bahan baku yang masih terjamin keberadaanya.

Mengurangi emisi dari GRK yang ditimbulkan dari limbah sapi atau ternak perlu dilakukan pengelolaan yang tepat atau *manure management* salah satunya melalui biogas dan mengganti daripada penggunaan bahan bakar yang dapat meningkatkan emisi GRK sebagai contoh elpiji dengan *bioenergy*/ biogas.

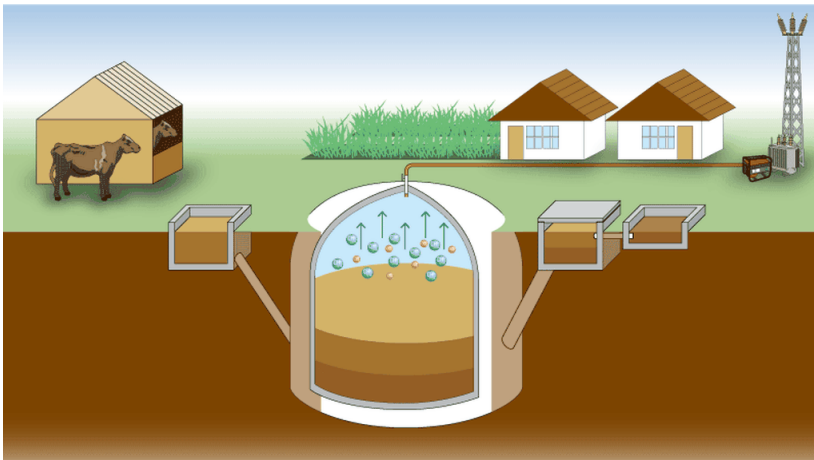
3. Mengurangi polusi yang berasal dari limbah peternakan

Pengurangan populasi limbah peternakan dapat dikurangi dengan memanfaatkan limbah kotoran hewan dengan diolah menjadi biogas dan hasil dari biogas yaitu *slurry* dijadikan sebagai pupuk organik. Adapun pupuk organik ini membawa manfaat yang baik pula bagi kesuburan tanah, antara lain:

- a. Struktur fisik dari tanah dapat diperbaiki dan menjadi lebih gembur;
- b. Kemampuan tanah untuk mengikat air meningkat;
- c. Kesuburan tanah meningkat, dan;
- d. Dapat meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang berguna sumber probiotik tanah dan tanaman (Tim Biru, 2014).

### 8.2.2 Dampak Terhadap Aspek Sosial

Pemanfaatan biogas selain daripada akan berpengaruh baik pada lingkungan juga akan berdampak baik pada aspek sosial. Aspek sosial ini termasuk pada sanitasi dan reboisasi serta peningkatan pengetahuan masyarakat terkait teknologi biogas. Sebagai contoh, ada beberapa daerah yang menerapkan biogas sistem komunal yang artinya, satu atau dua instalasi biogas tidak hanya digunakan untuk satu kepala keluarga namundapat digunakan oleh lebih dari satu kepala keluarga dengan hanya memiliki ternak yang terpusat, dalam kondisi tersebut dapat dikatogerikan bahwa hal tersebut dapat meningkatkan hubungan sosial antar masyarakat. Berikut Gambar 8.2, yang merupakan penjelasan secara grafis tentang penjelasan salah satu contoh aspek sosial.



**Gambar 8.2.** Instalasi Biogas Sistem Komunal  
(Sumber: Google.com)

Selain dari contoh diatas, dampak pada aspek sosial dalam pengembangan teknologi biogas terdapat beberapa contoh lain seperti sanitasi lingkungan. Gasbio yang dihasilkan dan juga pupuk organik yang dapat dimanfaatkan dan kemudian dapat dimanfaatkan sebagai upaya dari pelesatarian tanah dan air sehingga dapat meningkatkan sanitasi lingkungan, sehingga pun kegiatan yang berkaitan dengan hubungan sosial dan bermasyarakat akan terjalin baik (Masse et al, 2011). Sedangkan seperti tindakan reboisasi, adalah suatu tindakan yang sebenarnya mengarah pada pengamanan lingkungan untuk menjaga kelestarian hutan berupa penghijauan kembali, sebenarnya dalam istilah bioenergi dikenal dalam dua bentuk yaitu tradisional yang masih menggunakan kayu bakar dan modern yang biasanya diterapkan berupa bioetanol serta biogas, namun apabila peralihan dari penggunaan minyak bumi itu pada tindakan untuk menggunakan kayu bakar, artinya justru kelestarian alam pun akan terganggu. Penerapan bioenergi modern tersebutlah yang pada akhirnya akan berdampak baik terhadap lingkungan sosial dan kesehatan masyarakat pun turut meningkat.

### **8.2.3 Dampak Terhadap Aspek Ekonomi**

Peralihan dari semula menggunakan bahan bakar minyak bumi menjadi biogas secara otomatis akan berdampak pada aspek ekonomi khususnya keluarga peternak/ petani. Pengharapan masyarakat terutama pada keluarga petani dan peternak dengan adanya peralihan ini tentunya ada pada penegeluaran biaya rumah tangga. Marti Herrero et al (2015) menyatakan bahwa kebermanfaatan yang diangankan dari penggunaan biogas skala rumah tangga bagi petani ataupun peternak ada pada penyediaan gas bio untuk kebutuhan memasak dan pemenuhan pasokan pupuk organik yang dihasilkan dari residu biogas atau gasifikasi.

Keuntungan akhir yang didapatkan para pengguna biogas yakni pengurangan biaya guna untuk pembelian dan penggunaan sumber energi yang berasal dari minyak bumi/ konvensional diantaranya gas LPG serta kayu bakar yang digunakan untuk kebutuhan memasak rumah tangga (Rosyidi et al, 2014). Selain itu,

adanya residu yang dihasilkan dari fermentasi kotoran hewan berupa *slurry* akan mendorong daripada penggunaan pupuk konvensional atau kimia yang biasa digunakan untuk budidaya pertanian, yang secara otomatis petani tidak lagi mengeluarkan biaya lebih untuk pembelian pupuk tersebut (Abubakar et al, 2012). Sehingga, biogas diyakini oleh petani dan peternak akan mampu memberikan dampak yang baik pada penggunaan gas elpiji, kayu bakar maupun pupuk kimia karena pasokan pupuk organik berupa *slurry* sudah tersedia melimpah tanpa henti.

Berdasarkan dari beberapa analisis yang dilakukan oleh beberapa peneliti guna mengetahui dampak dari pemanfaatan biogas menunjukkan bahwa dalam aspek ekonomi akan membawa keuntungan diantaranya menambah penghasilan keluarga, menciptakan lapangan kerja baru dan biaya rumah tangga berkurang (Laramee dan Davis, 2013). Sebagai contoh perhitungan dari aspek ekonomi, dengan kepemilikan rata-rata peternak 2 ekor sapi, untuk menjalankan biogas sudah bisa dikatakan berjalan dengan besaran volume digester 6 - 8 m<sup>3</sup>, dengan besaran volume tersebut dapat dimanfaatkan rumah tangga untuk keperluan memasak dengan lama waktu sekitar 3 hingga 5 jam terus menerus tanpa henti, dan untuk penggunaan energi setiap bulan dikalkulasi sebanyak 3,3 kg/bulan atau setara dengan satu tabung elpiji hijau ukuran 3 kg. Artinya, penghematan untuk pembelian elpiji pasti akan ada sehingga dimungkinkan bahwa dengan penggunaan biogas, pembelian elpiji dalam satu bulan dapat ditekan penggunaannya. Dampak pemanfaatan biogas dari ketiga aspek yang terdiri dari lingkungan sosial dan ekonomi sebenarnya saling terintegrasi satu dengan lainnya, sehingga akan terbentuk siklus perputaran seperti yang ditampilkan pada Gambar 8.3 berikut.



**Gambar 8.3.** Biogas Sebagai Alternatif Pengelolaan Lingkungan Hidup yang Berintegrasi  
(Sumber: Google.com)

### 8.3 Dampak Negatif

Selalu ada dampak negatif yang menyertai dampak positif dari pemanfaatan teknologi biogas. Namun, dampak negatif ini tidak harus selalu diklaim sebagai hal yang buruk, tetapi dari dampak negatif ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam pengelolaan limbah peternakan dengan jalan penerapan teknologi biogas. Adapun secara umum dari pemanfaatan biogas terdapat beberapa hal yang perlu diperhitungkan sebelum keberadaan instalasi biogas itu ada yakni terkait dengan besaran biaya untuk pembuatan biogas. Besaran biaya ini juga yang akan menjadi indikator atau patokan dalam proses pembuatan biogas, patokan untuk menentukan volume biodigester yang akan didesain. Contoh dari teknologi biogas yang sering diadopsi oleh para peternak dengan ukuran skala rumah tangga, umumnya besaran volume sekitar  $6 \text{ m}^3 - 8 \text{ m}^3$  total investasi yang harus dikantongi mencapai 11 hingga 12 juta/ unit biogas (Putra, Widodo dan Suprno, 2019). Besaran biaya tersebut tentu terbilang tidak sedikit untuk para kaum petani dan peternak yang mana umumnya petani dan peternak di Indonesia kepemilikan lahan dan ternaknya masih dalam jumlah yang terbatas. Namun, hal tersebut tidak membuat para petani dan peternak mengurungkan niatnya apabila besaran

biaya tersebut sebanding dengan kebermanfaatan dari teknologi biogas. Selain itu juga, beberapa daerah tertentu menilai kesulitan akses dalam mencari elpiji dan kelangkaan elpiji, sehingga memaksa masyarakat setempat untuk beralih dengan menggunakan biogas daripada menggunakan elpiji.

Hal lain yang mungkin bisa disebut sebagai bahan pertimbangan yang masuk dalam kategori dampak negatif dari penggunaan biogas yaitu proses pembuatan biogas yang dimungkinkan dapat mencemari udara. Dalam membangun instalasi biogas terdapat komponen yang dinamakan digester yang mempunyai fungsi untuk menampung gas metan yang merupakan hasil perombakan dari bahan organik oleh bakteri. Sebenarnya biogas ini merupakan pengolahan kotoran ternak yang tepat dimana biogas ini dapat menampung gas metan yang dihasilkan untuk kemudian dialirkan dan digunakan sebagai bahan bakar untuk keperluan memasak, sehingga mengurangi pencemaran lingkungan. Perlu diketahui bahwa komponen utama biogas yakni  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ , dimana komposisi lengkap kandungan biogas terdiri dari.

1. Metan 60-70%
2. Karbondioksida 30-40%
3. Nitrogen 3%
4. Hidrogen 1-10%
5. Oksigen 3%, dan
6. Hemiselulosa Sulfida 5% (Putra, Widodo dan Suprno, 2019).

Selain ada beberapa hal yang sudah harus dipertimbangkan sebelum proses pembuatan biogas, ternyata perlu ditarik panjang kembali beberapa yang juga harus dijaga selama pemanfaatan teknologi biogas, yakni dibutuhkan beberapa penanganan khusus dan peralatan yang tidak murah untuk dan selama penggunaan teknologi biogas. Sebagai contoh, dome digester yang sudah jadi rentan mengalami keretakan dan berakibat pada kebocoran, sehingga dalam proses pembuatan biogas perlu ketelitian, karena apabila dome tersebut retak otomatis tidak akan ada gas yang dapat dialirkan. Contoh lain, pada bagian inlet, apabila kemiringan kurang makan air yang berasal dari luar akan masuk ke digester yang akan

mengakibatkan komposisi air makin banyak dan kompor pun tidak akan menyala.

Demikian penjelasan terkait dampak dari pemanfaatan biogas yang dapat diambil kesimpulan bahwa dampak positif dan kebermanfaatan dari teknologi biogas cukup banyak, sehingga diharapkan penggunaan minyak bumi konvensional perlahan dapat digantikan oleh gasbio.

## DAFTAR PUSTAKA

- Sahidu, Sirajuddin. 1983. Kotoran Ternak Sebagai Sumber Energi. Jakarta.
- Yu, L. Yaoqiu, K. Ningsheng, H. Zhifeng, W. and Lianzhong, X. 2008. Popularizing household-scale biogas digesters for rural sustainable energy development and greenhouse gas mitigation. *Renewable Energy*, 33: 2027– 2035.
- Laramee, J., & Davis, J. (2013). Economic and environmental impacts of domestic bio-digesters: Evidence from Arusha, Tanzania. *Energy for Sustainable Development*, 17, 296–304.
- Massé, D.I. Talbot, G. and Gilbert, Y. 2011. On Farm Biogas Production: a Method to Reduce GHG Emissions and Develop More Sustainable Livestock Operations. *Animal Feed Science and Technology* 166– 167 : 436– 445.
- Forster, P. Ramaswamy, V. Artaxo, P. Bernsten, T. Betts, R. and Fahey, D.W. 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. United Kingdom and New York.
- Jian, L. 2009. Socioeconomic Barriers to Biogas Development in Rural Southwest China: an Ethnographic Case Study. *Human Organization* 68 : 415-430.
- Chand, M.B. Upadhyay, B.P. and Maskey, R. 2012. Biogas Option for Mitigating and Adaptation of Climate Change. *Rentech Symposium Compendium* 1 : 5-9.
- Abubaker, J., Risberg, K., Pell, M., 2012. Biogas residues as fertilisers – Effects on wheat growth and soil microbial activities. *Appl. Energi* 99, 126–134. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergi.2012.04.050>
- Martí-Herrero, J., Ceron, M., Garcia, R., Pracejus, L., Alvarez, R., Cipriano, X., 2015. The influence of users' behavior on biogas production from low cost tubular digesters: A technical and socio-cultural field analysis. *Energi Sustain. Dev.* 27, 73–83. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.esd.2015.05.003>

- Rosyidi, S.A.P., Bole-Rentel, T., Lesmana, S.B., Ikhsan, J., 2014. Lessons Learnt from the Energi Needs Assessment Carried out for the Biogas Program for Rural Development in Yogyakarta, Indonesia. *Procedia Environ. Sci.* 20, 20–29. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2014.03.005>
- Putra, A.R., Widodo dan Suparno. 2019. Dampak Pemanfaatan Biogas pada Rumah Tangga Petani di Kabupaten Boyolali. *Jurnal BERDIKARI*. Vol 7(1): 22-26.
- Runtuni dan Dewanti. 2019. Pemanfaatan Biogas dan Dampaknya Terhadap Kesejahteraan Keluarga Peternak Sapi Perah di Mojosongo Boyolali. *Jurnal Parameter*. Vol 31(2): 81-95.



# BAB 9

## PERANAN DAN APLIKASI LIMBAH TERNAK

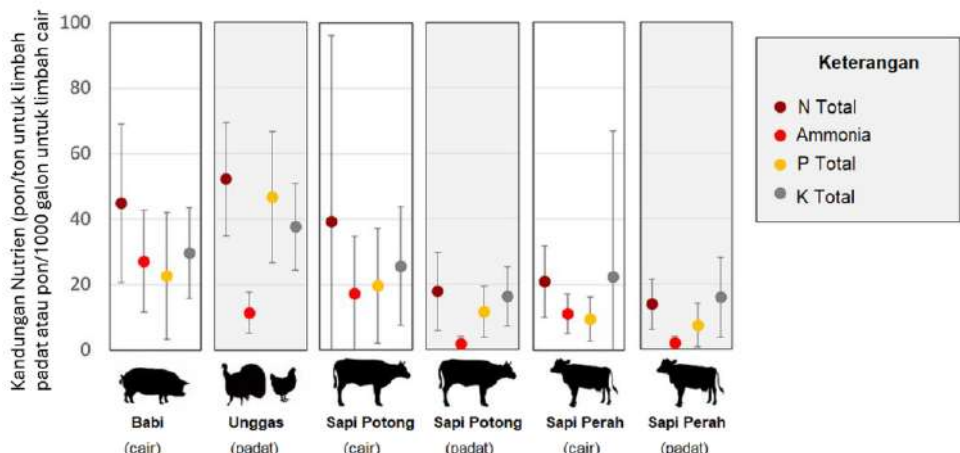
*Oleh Stormy Vertygo*

### 9.1 Komposisi Limbah Ternak

Aktivitas suatu komoditas peternakan tentunya ditujukan untuk menghasilkan berbagai produk yang diinginkan dari jenis-jenis hewan yang dternakkan tersebut misalnya daging, telur dan susu. Akan tetapi, di sisi lain, juga akan menghasilkan limbah peternakan (*livestock waste*) sebagai produk sampingannya. Produk limbah ini tidak hanya tersusun utama atas ekskreta ternak namun juga dapat mencakup sisa pakan, material alas kandang (*bedding*), air bekas cucian, serta bahan limbah lainnya yang dihasilkan dari aktivitas peternakan tersebut. Limbah ternak ini dapat menjadi ancaman langsung bagi kesehatan manusia dan hewan (*waste*), misalnya sebagai agen patogenik yang dapat menyebabkan penyakit, baik secara langsung maupun tidak langsung, terutama melalui konsumsi air atau makanan/pakan yang terkontaminasi. Akan tetapi, apabila dikelola secara baik akan dapat bermanfaat misalnya mampu dalam menggantikan fungsi penggunaan pupuk anorganik, pakan konvensional, maupun biogas. Peningkatan produksi limbah ternak akan terjadi secara signifikan seiring peningkatan produktivitas peternakan untuk mendukung populasi manusia yang semakin bertambah. Dengan demikian, limbah ternak merupakan salah satu aspek dalam aktivitas peternakan yang penting untuk diperhatikan dan dikelola secara baik.

Komposisi limbah ternak bergantung pada beberapa faktor: spesies hewan, diet, usia hewan, perkandangan, lingkungan sekitar kandang, wujud, serta penyimpanan (*storage*) dan penanganan (*handling*) limbah. Komponen limbah ternak dapat mengandung baik senyawa organik maupun anorganik. Limbah ternak dalam bentuk pupuk kandang atau '*manure*' telah diakui sebagai sumber

yang sangat baik dari unsur hara tanaman di antaranya nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Selain itu, jenis limbah ini juga mengembalikan bahan organik dan unsur hara lain seperti kalsium, magnesium, dan sulfur ke tanah, sehingga meningkatkan kesuburan dan kualitas tanah.



**Gambar 9.1.** Komposisi Limbah Beberapa Spesies Ternak  
(Sumber: Wilson, 2021)

Pada Gambar 9.1 di atas, terlihat bahwa tidak hanya spesies ternak, namun wujud limbah ternak yang diambil dan disimpan juga akan berpengaruh pada komposisi nutriennya. Karena situasi dan kondisi yang berbeda-beda pada setiap peternakan, cara yang paling dapat diandalkan untuk menentukan kandungan nutrisi dalam limbah ternak adalah dengan mengumpulkan sampel yang lengkap dan mengirimkannya ke laboratorium untuk dianalisis. Di sisi lain, untuk membantu mengendalikan dampak buruknya misalnya sebagai agen pembawa penyakit dan parasit, limbah ternak sebaiknya tidak dicampur dengan limbah manusia.

## 9.2 Peran dan Aplikasi Limbah Ternak

Limbah ternak tidak hanya termasuk feses dan urine, namun produk sampingan lainnya, seperti bahan *bedding*, hujan atau air lainnya, tanah, rambut, bulu, atau serpihan lain yang biasanya termasuk dalam operasi penanganan limbah hewan. Dengan

pengelolaan secara bertanggung jawab, kita dapat mengubah produk-produk sampingan (*by-products*) ini yang berpotensi menjadi limbah menjadi sumber daya berharga yang bermanfaat bagi pertanian, mendukung praktik berkelanjutan, efisiensi sumber daya dan berkontribusi pada sistem pangan yang lebih ramah lingkungan. Berbagai aplikasi limbah ternak akan dibahas selanjutnya dalam Bab ini.

### 9.2.1 Pupuk Kandang (*Manure*)

Pengaplikasian yang paling umum dari limbah ternak adalah dalam bentuk pupuk kandang. Pupuk kandang kaya akan unsur hara, termasuk unsur *trace* (unsur kelumit) yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Sekitar 70-80% nitrogen (N), 60-85% fosfor (P), dan 80-90% kalium (K) yang ditemukan dalam pakan ternak dikeluarkan melalui kotoran. Unsur hara ini dapat menggantikan pupuk kimia yang dibutuhkan untuk pertumbuhan pastura (padang penggembalaan) ataupun tanaman, sehingga dapat menggantikan pembelian pupuk kimia. Tanaman sendiri tidak akan membedakan sumber unsur hara yang diserapnya.

Bila dibandingkan dengan pupuk kimia, pupuk kandang mengandung karbon organik yang merupakan kunci untuk menjaga kesehatan tanah, termasuk karakteristik kapasitas tukar kation (*cation exchange capacity*), struktur tanah (*soil tilth*), dan juga kapasitas menahan air. Kandungan bahan organik, terutama pakan yang tidak tercerna dan bakteri dalam kotoran (feses) juga meningkatkan laju infiltrasi air, meningkatkan kapasitas penahanan air, meningkatkan retensi unsur hara, mengurangi erosi angin dan air, serta mempromosikan pertumbuhan organisme yang bermanfaat ketika ditambahkan ke tanah. Karakteristik-karakteristik seperti ini yang turut meningkatkan kualitas tanah akan berdampak pada peningkatan hasil panen.

Nilai nutrisi pupuk kandang tergantung pada banyak faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi jenis hewan, ransum pakan, jumlah alas kandang dan air yang ditambahkan atau hilang, metode pengumpulan dan penyimpanan pupuk kandang, serta metode aplikasi ke lahan. Ketersediaan unsur hara dan efisiensi pemanfaatan unsur hara oleh tanaman juga dipengaruhi oleh

kondisi tanah dan iklim. Kondisi tersebut mempengaruhi aktivitas mikroba yang berperan dalam penguraian pupuk kandang dan sumber bahan organik lainnya di dalam tanah.

Pupuk kandang mengandung nitrogen dalam bentuk tidak stabil (anorganik) dan stabil (organik). Nitrogen anorganik (N) awalnya terdapat pada urin dan dalam bentuk urea pada kotoran ternak. Nitrogen ini dapat mencapai hingga 50% (70% pada unggas) dari total N. Urea dengan cepat berubah menjadi amonium kemudian menjadi gas amonia ketika pH meningkat dan pupuk kandang mulai mengering.

Amonium dari urea dalam pupuk kandang, jika tidak hilang, dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman untuk pertumbuhan. Namun, amonia sangat mudah menguap yang menyebabkan hilangnya N. Hampir semua amonium N dapat hilang dari pupuk kandang yang diaplikasikan pada permukaan tanah jika tidak tercampur dengan tanah dalam beberapa jam.

Untuk Nitrogen organik stabil yang terdapat dalam feses ternak, akan dilepaskan secara bertahap ke dalam tanah, yang menyediakan pasokan nutrisi secara terus-menerus yang akan tersedia untuk tanaman sepanjang musim tanam. Sekitar 40-50% dari nitrogen organik stabil dalam pupuk kandang sapi perah misalnya, akan tersedia pada tahun pertama, 12-15% pada tahun berikutnya, 5% pada tahun ketiga, dan 2% pada setiap tahun berikutnya.

Pupuk kandang juga merupakan sumber fosfor (P) dan kalium (K) yang sangat baik. Ketika pupuk kandang diaplikasikan pada takaran yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan N tanaman, biasanya P dan K yang terkandung di dalamnya akan melebihi kebutuhan tanaman tersebut. Hampir semua K tersedia untuk pertumbuhan tanaman sepanjang tahun di mana pupuk kandang diterapkan. Akan tetapi, sebagian dari unsur P ini mungkin berupa senyawa anorganik yang tidak larut atau sebagai P organik. Seperti halnya N organik stabil, senyawa-senyawa ini harus dimineralisasi sebelum menjadi tersedia bagi tanaman untuk diserap. Unsur N yang tersimpan dalam pupuk kandang mampu untuk meningkatkan efisiensi P untuk pertumbuhan tanaman dengan mengurangi total aplikasi pupuk dan dengan demikian

mengurangi kelebihan P yang dapat menjadi polutan air. Untuk semua jenis pupuk kandang, 90% dari total kandungan P dan K dapat tersedia selama tahun pertama ketika diaplikasikan dan sekitar 10% untuk tahun-tahun berikutnya.

Unsur hara lain seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S) juga dapat terkandung dalam pupuk kandang dan bermanfaat bila unsur-unsur tersebut berkekurangan di dalam tanah. Baik Ca maupun Mg memiliki keuntungan tambahan dengan memberikan efek penambahan kapur (*liming effect*) saat ditambahkan ke tanah. Penambahan kapur adalah praktik yang paling umum dan efektif untuk mengurangi keasaman tanah. Penambahan kapur meningkatkan nilai pH tanah serta mengurangi konsentrasi Al dalam larutan tanah. Selain itu, penambahan kapur meningkatkan populasi mikroba bermanfaat di tanah. Lebih lanjut, penambahan kapur meningkatkan konsentrasi P dalam larutan tanah dengan mengurangi imobilisasi P oleh Fe dan Al dalam tanah yang asam. Semua efek yang bermanfaat ini pada akhirnya akan berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan sistem perakaran (*root system*) tanaman.

Pupuk kandang yang berasal dari unggas, mengandung 13 unsur hara esensial yang diperlukan oleh tanaman, termasuk nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), klorin (Cl), boron (B), besi (Fe), dan molibdenum (Mo). Unsur hara tanaman dapat berasal dari pakan, suplemen, obat-obatan, dan air yang dikonsumsi oleh ternak unggas tersebut. Menggunakan kotoran unggas sebagai pupuk kandang dapat memberikan sebagian, atau seluruhnya, dari kebutuhan tanaman akan nutrisi. Jumlah unsur hara yang disediakan tergantung pada kandungan nutrisi pupuk kotoran dan jumlah pupuk yang digunakan. Jumlah pupuk yang digunakan per satuan luas (yang disebut tingkat aplikasi atau '*application rate*') biasanya didasarkan pada kebutuhan nitrogen tanaman. Namun, kebutuhan fosfor juga dapat digunakan untuk menentukan tingkat aplikasi ini.

Proses pengomposan (*composting*) merupakan metode yang paling populer dan efektif digunakan untuk mengkonversi limbah ternak menjadi pupuk kandang. Metode ini paling sering

diaplikasikan di Indonesia. Proses ini terjadi secara aerobik sehingga dapat menekan emisi gas-gas seperti amonia, nitrit oksida dan metan. Pasokan oksigen ini akan digunakan oleh mikroorganisme *digester* untuk mengubah material organik dalam limbah menjadi bentuk lain yang lebih kaya nutrien dan lebih stabil. Keuntungan lain dari proses pengomposan dalam produksi pupuk kandang adalah dapat membantu dalam mengeliminasi keberadaan mikroba-mikroba patogenik yang umumnya terdapat dalam limbah kotoran seperti *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*, dan *Staphylococcus*. Pada kotoran kuda, proses pengomposan terlihat dapat menghilangkan parasit dan juga gulma yang sering terkandung dalam kotoran segar. Selain itu, Pengomposan mengurangi volume dan densitas kotoran sekitar 50-65% sehingga semakin mengefisiensikan proses pengangkutannya (*hauling*) dibandingkan dengan bentuk limbah kotoran segar. Mikroba yang terlibat dalam reaksi biokimia pengomposan yang bersifat aerobik ini di antaranya Actinobacteria, *Bacillus*, Bacteroidetes, Firmicutes, Proteobacteria, Pseudomonas, fungi *Aspergillus* dan *Penicillium* serta Protozoa. Seringkali, dalam proses pengomposan dapat pula ditambahkan lagi mikroba dari sumber eksternal, terkhususnya yang bersifat lignoselulolitik untuk mendegradasi komponen limbah ternak lainnya yang mengandung lignoselulosa seperti rumput dan/atau jerami.

### 9.2.2 Produksi Biogas

Limbah ternak dapat digunakan juga sebagai bahan baku (substrat) untuk pencernaan anaerobik (*anaerobic digestion*), yang terjadi dalam lingkungan yang bebas oksigen ( $O_2$ ) dan menghasilkan biogas. Bergantung pada komposisi bahan bakunya, Biogas yang dihasilkan ini adalah campuran yang terutama terdiri dari metana atau  $CH_4$  (55%–75%) dan karbon dioksida atau  $CO_2$  (25%–45%), dengan jumlah gas-gas lain yang dapat dideteksi seperti hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), ammonia ( $NH_3$ ), hidrogen ( $H_2$ ), nitrogen ( $N_2$ ), karbon monoksida ( $CO$ ), oksigen ( $O_2$ ). Selain itu, juga menghasilkan digestat yang merupakan residu yang tersisa dari fermentasi anaerobik bahan organik. Metana sebagai hasil utamanya, dilepaskan ke atmosfer dan merupakan penyumbang

terbesar kedua terhadap pemanasan global, setelah karbon dioksida. Metana 60 kali lebih efektif dalam menahan panas di atmosfer dibandingkan dengan karbon dioksida dalam periode waktu 20 tahun. Konsentrasi metana di atmosfer telah menjadi lebih dari dua kali lipat selama dua abad terakhir dan terus meningkat setiap tahunnya. Karena metana memiliki masa hidup yang singkat di atmosfer (11 tahun dibandingkan dengan 120 tahun untuk karbon dioksida), mengendalikan emisi gas ini akan memiliki dampak cepat dalam mengurangi potensi perubahan iklim. Terkait aktivitas peternakan, limbah ternak memiliki masalah utama yang meliputi: kontaminasi air permukaan dan air tanah oleh nitrogen dan bakteri fekal; emisi metana dari pencernaan anaerobik feses; dan polusi udara yang disebabkan oleh pembentukan bau, debu, asam organik volatil, dan amonia.

Untuk mengatasi hal-hal tersebut di atas, biogas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan untuk pemanasan, pembangkit listrik, sementara digestat dapat digunakan sebagai pupuk organik. Alternatif lain dari produksi biogas adalah dengan memurnikannya menjadi biomethana yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar kendaraan (transportasi). Untuk digestatnya dapat dimanfaatkan juga sebagai pupuk hayati (*biofertilizer*). Dengan demikian, produksi biogas sangat penting dalam mempromosikan ekspansi dan optimalisasi seluruh proses produksi bahan bakar nabati secara lebih ramah-lingkungan dan juga ekonomis. Proses ini membutuhkan kondisi kelembaban tinggi dan limbah organik untuk pencernaan anaerobik, yang dimediasi oleh bakteri, yang umumnya berasal dari golongan bakteri Methanogen, dan juga Proteobacteria, Firmicutes, Bacteroidetes and Actinobacteria. Metana yang digunakan sebagai bahan bakar memiliki potensi untuk mengurangi emisi karbon di atmosfer dibandingkan dengan bahan bakar fosil lainnya, seperti batu bara atau minyak bumi. Ketika metana dibakar sebagai bahan bakar, prosesnya akan menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan uap air. Meskipun karbon dioksida masih dapat menimbulkan efek rumah kaca (*greenhouse effect*) yang berkontribusi pada perubahan iklim (*climate change*), namun pembakaran metana umumnya

mengeluarkan emisi CO<sub>2</sub> yang lebih sedikit per unit energi yang dihasilkan bila dibandingkan dengan bahan bakar fosil lainnya.

Produktivitas biogas bergantung pada beberapa faktor di antaranya komposisi limbah ternak, spesies hewan ternak yang menghasilkannya, lama penyimpanan serta metode produksi yang digunakan. Penambahan air juga menjadi faktor yang berperan penting dalam menentukan produktivitas biogas yang dihasilkan. Banyak sistem perumahan menambahkan air untuk mengangkut limbah kotoran, yang mengakibatkan total kandungan padatnya menjadi kurang dari 10%. Untuk sistem pencernaan anaerobik, hal ini akan menyebabkan rendahnya hasil metana per volume unit kotoran dan lebih tinggi energi pemanasan yang harus diberikan untuk menghangatkan kotoran ke rentang suhu pencernaan anaerobik. Untuk kotoran babi terkhususnya, cenderung sudah sangat encer sehingga substrat tambahan (*co-substrate*) yang kaya energi diperlukan untuk memungkinkan tingkat produksi biogas yang memadai dan pemanfaatannya yang optimal.

Dalam limbah kotoran juga dapat mengandung material lembam (*inert*) yang sulit dicerna. Material-material ini misalnya berupa serat, tanah liat, tanah dikotom (*diatomaceous earth*), batu kapur dan juga silika. Dengan tujuan untuk mengoptimalkan pencernaannya, pakan unggas seringkali ditambahkan dengan material inert sehingga menghasilkan pula kandungan material inert yang tinggi dalam kotoran yang dihasilkan. Kotoran dari peternakan tanpa lantai beton juga dapat mengandung jumlah substansial partikel inert seperti pasir, kerikil, dan batu yang menyebabkan abrasi pada bagian yang bergerak, mengendap di dalam tanki digester, menempati volume pencernaan, dan seiring waktu akan mengakibatkan penurunan volume efektif dari digester. Selain itu, limbah kotoran memerlukan proses pencernaan teknis yang berbeda. Kotoran sapi kaya akan metanogen dan mudah dicerna. Di sisi lain, kotoran ayam mengandung material inert yang menimbulkan tantangan mekanis dan kandungan nitrogen yang tinggi yang menimbulkan tantangan biologis karena amonia yang dihasilkan dalam proses pencernaan dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Kotoran babi biasanya rendah dalam padatan total dan memerlukan ko-substrat untuk dicerna.

Pengembangan biogas tidak merata di seluruh dunia, karena bergantung tidak hanya pada ketersediaan bahan baku tetapi juga pada kebijakan yang mendorong produksi dan penggunaannya. Eropa, Republik Rakyat China, dan Amerika Serikat menyumbang sekitar 90% dari total produksi global.

### **9.2.3 Alas Kandang (*Animal Bedding*)**

Dalam praktik suatu komoditas peternakan, seringkali digunakan apa yang dinamakan dengan alas kandang (*animal bedding*). Alas kandang ini dapat melibatkan pengalihan atau daur ulang limbah ternak menjadi bahan alas tidur yang nyaman dan higienis untuk hewan ternak. Melalui proses seperti pengomposan, limbah kotoran ternak diubah menjadi tekstur dan kualitas yang sesuai untuk alas tidur, yang seringkali dicampur dengan bahan lain seperti jerami atau serutan kayu. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi masalah pembuangan limbah bagi peternak tetapi juga menawarkan penghematan biaya dengan memanfaatkan sumber daya yang sebaliknya akan dibuang. Selain itu, alas tidur memberikan permukaan bersih dan nyaman bagi hewan untuk beristirahat, sehingga meningkatkan kesehatan dan kesejahteraannya. Ketika komponen penyusun alas kandang ini terurai, maka akan juga mengembalikan nutrisi kembali ke tanah, sehingga berkontribusi pada praktik pertanian yang berkelanjutan.

Alas kandang untuk hewan ternak pada dasarnya tidak boleh menyebabkan kerugian pada hewan dan harus memiliki kapasitas penyerapan kelembaban yang cukup serta konduktivitas termal yang rendah. Oleh karena itu, semua teknologi yang tersedia untuk produksi alas kandang dari limbah kotoran ternak harus berdasar pada isolasi fraksi padat kotoran dan perlakuan termal pada tahap-tahap berikutnya. Teknologi perlakuan termal kotoran yang dapat tersebut dibagi menjadi dua kelompok, yaitu: 1) pemanasan material melalui aktivitas mikroorganisme mesofilik dan termofilik (*solid-state fermentation*), 2) pemanasan material oleh sumber panas eksternal (*thermal drying*). Menurut jenis perangkat fermentasinya, dapat digunakan ruang (*chamber*) maupun drum biofermenter. Proses pemanasan di dalamnya diciptakan dengan menyediakan kondisi yang kondusif untuk aktivitas fermentatif

mikroorganisme. Kelembaban yang dihasilkan dari drum biofermenter dapat mencapai hingga 50% dengan lama fermentasi 3-4 hari; sedangkan dengan ruang biofermenter kelembabannya dapat mencapai 60% dengan lama fermentasi 7-9 hari. Kadar air yang terlalu rendah dapat mengakibatkan alas kandang yang kering dan berdebu, yang mungkin tidak nyaman bagi hewan dan menyebabkan masalah pernapasan. Sebaliknya, kadar air yang terlalu tinggi dapat menciptakan lingkungan lembab yang mempromosikan pertumbuhan bakteri, jamur, dan parasit berbahaya, sehingga meningkatkan risiko penyakit dan memengaruhi kesehatan hewan.

Untuk pemanasan eksternal, dapat dilakukan dengan menyuplai udara yang dipanaskan ke dalam drum pengering, yang telah dilengkapi dengan pemutar (rotator), penghilangan gas (*gas removal*), dan ventilasi untuk pembuangan gas (*forced exhaust gas ventilation*). Proses ini dapat menghasilkan produk dengan kelembaban 20% dengan lama fermentasi 48 jam.

Kedua metode di atas dapat dikombinasikan untuk menghasilkan teknologi yang efisien secara ekonomi dalam produksi alas kandang dari limbah kotoran ternak, di antaranya adalah: 1) Fermentasi padat aerobik dalam ruang biofermenter, diikuti dengan pengeringan akhir dalam drum pengering; 2) Fermentasi padat aerobik dalam drum biofermenter drum; dan 3) Pengeringan termal dalam drum pengering. Selain itu, baik biofermentasi maupun pengeingan thermal dapat membantu dalam mengurangi masalah infeksi mikroorganisme patogenik yang berasal dari alas kandang yang tidak higienis.

Secara umum, jumlah bakteri secara signifikan akan berkurang dan terkhususnya bakteri koliform seringkali tidak terdeteksi selama proses fermentasi berlangsung. Namun, suhu di dalam digester sangat kritis; digester mesofilik yang beroperasi pada suhu 30 °C–38 °C dapat meningkatkan jumlah mikroba. Dalam fermentasi anaerobik mesofilik dari kotoran sapi, waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* serotipe Typhimurium, dan *Yersinia enterocolitica* adalah sebesar 90% berkisar dari 0,7 hingga 0,9 hari selama fermentasi *batch* (substrat limbah dan mikroba digester ditambahkan dalam sistem

tertutup selama satu kali période fermentasi) dan dari 1,1 hingga 2,5 hari selama fermentasi semi-kontinu (substrat limbah dan mikroba digester ditambahkan secara berkala selama satu kali période fermentasi). *Listeria monocytogenes* membutuhkan waktu lebih lama untuk menurun jumlahnya yaitu selama sekitar 37 hari untuk fermentasi semi-kontinu dan 12 hari untuk fermentasi secara *batch*. *Mycobacterium avium* ssp. Paratuberculosis juga terlihat berkurang selama proses biofermentasi terjadi. Akan tetapi, fermentasi anaerobik ini tampak memiliki sedikit pengaruh dalam menurunkan jumlah *Campylobacter jejuni*.

Untuk membantu menangani masalah ini, pemberian *conditioner* untuk mengubah pH alas kandang kadang-kadang direkomendasikan untuk mengendalikan populasi mikroba, misalnya seperti kapur hidrat, baking soda, gypsum, bentonite, atau tanah liat.

#### **9.2.4 Perbaikan Tanah (Soil Amendment)**

Limbah ternak dapat juga diterapkan secara langsung ke tanah sebagai perbaikan untuk meningkatkan struktur, retensi kelembaban, dan kandungan nutrisinya. Praktik ini dapat membantu memulihkan kondisi tanah yang terdegradasi, suatu istilah yang disebut pula sebagai "perbaikan tanah" atau "*soil amendment*", dan juga dapat mendorong praktik pertanian yang berkelanjutan.

Penerapan limbah ternak khususnya limbah kotoran ke dalam tanah telah terbukti meningkatkan struktur tanah dan sifat adsorpsi dengan mengurangi kepadatan volumetrik sambil meningkatkan porositas, laju infiltrasi, konduktivitas hidrolik, dan stabilitas agregat. Limbah ini turut meningkatkan ketersediaan nutrisi di dalam tanah sambil meningkatkan retensi nutrisi, jumlah bahan organik, dan kapasitas retensi air. Efek menguntungkan dari penggunaan kotoran pada lahan pertanian umumnya didasarkan pada kemampuannya untuk mengubah sifat-sifat tanah secara positif, seperti ketersediaan nutrisi untuk tanaman, pH tanah, kapasitas tukar kation, kapasitas retensi air. Kotoran umumnya mengandung bikarbonat, anion organik, dan kation basa seperti  $\text{Ca}^{2+}$  atau  $\text{Mg}^{2+}$ , yang dapat menetralkan keasaman tanah. Karena

kotoran memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, penerapannya ke dalam tanah seringkali berkontribusi pada restorasi bahan organik di daerah yang terdegradasi, dan sebagian besar nutrisi berada dalam bentuk organik, yang menyebabkan pelepasan nutrisi secara bertahap dari waktu ke waktu. Limbah ini yang ditambahkan ke dalam tanah dapat berkontribusi pada perkembangan keanekaragaman hayati tanah dalam hal jumlah spesies, kelimpahan, dan keanekaragaman. Keanekaragaman hayati tanah dapat berkontribusi pada penekanan penyakit melalui berbagai mekanisme, termasuk penurunan kelimpahan mikroba patogenik dan hama tertentu, pelepasan aleokimia (*allochemicals*), peningkatan pH, dan peningkatan kehadiran mikroba tanah antagonistik, seperti *Actinomyces*.

**Tabel 9.1.** Metode Pengolahan Limbah Ternak dalam Perbaikan Tanah (*Soil Amendment*)

| Metode                          | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pencernaan/Fermentasi Anaerobik | Proses ini terjadi dengan ketiadaan oksigen yang juga menghasilkan metana (CH <sub>4</sub> ) dan CO <sub>2</sub> . Produk hasil proses biokimiawi ini adalah substrat yang kaya nutrien. Proses ini banyak digunakan untuk menstabilkan limbah, mengontrol polusi, meningkatkan kualitas kotoran, dan produksi biogas. Proses ini dapat melewati 4 tahapan: 1) hidrolisis, yang mengubah substrat organik kompleks menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana, 2) Asidosis, di mana molekul-molekul sederhana ini diubah menjadi berbagai senyawa asam lemak volatil, 3) Acetogenesis, di mana proses ini secara khusus menghasilkan senyawa asam lemak berupa asam asetat, dan 4) Metanogeneis, yang mengambil produk-produk akhir berupa asam lemak |

| Metode                  | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | volatile, gas hidrogen ( $H_2$ ), $CO_2$ , dan air ( $H_2O$ ) dan digunakan untuk membentuk metana.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Pemisahan Mekanik/Fisik | Pemisahan limbah dengan metode ini akan menghasilkan dua fraksi: fraksi cair, yang mengandung sedikit bahan kering, dan fraksi padat. Tujuan dari pemisahan ini adalah untuk mengurangi volume limbah kotoran dan mendapatkan fraksi padat yang dapat digunakan untuk perbaikan tanah dan pemupukan tanaman. Empat proses pemisahan fisik yang umumnya digunakan dalam peralatan pemisahan limbah pertanian adalah sedimentasi, penyaringan, sentrifugasi, dan filtrasi. Sedimentasi (proses gravitasi) dan penyaringan (proses mekanik) merupakan metode yang paling umum digunakan.                     |
| Pencernaan Aerobik      | Tujuan dari perlakuan aerobik adalah untuk menghilangkan nitrogen melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi, yang dicapai dengan saling menggantikan antara fase anoksik dan aerobik, atau dengan memberikan aerasi dengan level yang rendah. Perlakuan aerobik awalnya digunakan untuk mengurangi kelebihan nitrogen dan kemudian disertai dengan pemisahan mekanik untuk mengelola kelebihan fosfor. Proses ini menghasilkan emisi nitrogen, dan terkadang, dalam kondisi yang tidak menguntungkan, nitrogen oksida dapat terbentuk, dan endapan yang dihasilkan dapat dipisahkan secara mekanis dan |

| Metode                               | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | digunakan untuk pemupukan tanaman atau untuk pengomposan. Selain itu, gas ammonia dan karbon dioksida juga dapat dikurangi melalui proses ini.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Pirolisis                            | Selama pirolisis, limbah kotoran didegradasi dalam lingkungan yang defisien oksigen untuk menghasilkan gas, cairan, dan arang. Arang yang dihasilkan adalah residu padat, terutama terdiri dari bahan karbon dan material anorganik (abu), dan dapat digunakan dalam perbaikan tanah dan untuk produksi karbon aktif. Dalam banyak situasi, pirolisis diterapkan dalam beberapa tahap untuk mendapatkan produk yang lebih baik terkait dengan sifat dan suhunya. Dalam praktik perbaikan tanah, hasil pirolisis yang dilakukan pada suhu antara 400–550°C, tidak akan berdampak pada perubahan pH ketika diaplikasikan pada tanah. |
| Pengomposan<br>( <i>Composting</i> ) | Pendekatan alternatif untuk pengelolaan limbah kotoran adalah pengomposan, yang melibatkan stabilisasi bahan organik, menekan gulma dan patogen, penghilangan bau, mengoptimalkan penanganan produk jadi, dan kemungkinan penyimpanan dan transportasi yang aman. Ada empat tahap dalam proses kompos: 1) tahap mesofil awal, di mana bakteri dan jamur mesofil mendegradasi senyawa organik sederhana, seperti gula, asam amino, protein, dan nutrisi organik lainnya melalui peningkatan suhu yang cepat; 2)                                                                                                                     |

| Metode | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | tahap termofilik, ketika substrat kompos mencapai suhu maksimumnya ( $>40^{\circ}\text{C}$ ), ini adalah tahap tercepat dari proses dekomposisi; 3) tahap pendinginan, yang merupakan penurunan suhu karena berkurangnya aktivitas mikroba; 4) tahap pematangan, merupakan periode stabilisasi yang panjang untuk membantu mendapatkan kompos yang stabil, matang, dan humifikasi yang berkualitas tinggi. |

Sumber : (Hamilton, 2017; Bekoe et al., 2018; 2018; Goldan et al., 2023)

Limbah kotoran dalam bentuk kompos, ketika diaplikasikan ke tanah akan dapat meningkatkan sifat-sifat tanah seperti kandungan bahan organik, kapasitas retensi air dan nutrisi, infiltrasi, aerasi, ketahanan terhadap pemadatan dan erosi, serta ketahanan terhadap penyakit yang terbawa tanah. Kompos yang diperoleh dari kotoran memberikan manfaat signifikan ketika digabungkan ke dalam tanah, karena materi organik dalam kotoran berfungsi sebagai penyimpan nutrisi, meningkatkan siklus nutrisi, meningkatkan kapasitas pertukaran kation, pH, dan juga meningkatkan sifat-sifat fisik tanah, seperti agregasi, kerapatan, kerapuhan (*friability*), porositas, infiltrasi akar, kapasitas retensi air, dan infiltrasi air. Beberapa metode dalam mengolah limbah ternak untuk perbaikan tanah dapat dilihat pada Tabel 9.1 di atas.

### 9.2.5 Pakan Ternak

Selain diaplikasikan sebagai pupuk hayati, biogas dan dalam perbaikan tanah, limbah ternak juga dapat dikonversikan kembali menjadi pakan ternak dengan metode-metode tertentu yang tetap mempertahankan kandungan nutrisi di dalamnya sambil meningkatkan palatabilitasnya.

Banyak unsur kelumit, vitamin K<sub>2</sub>, sebagian besar vitamin dari kelompok B, dan provitamin lainnya yang ditemukan dalam

jumlah yang lebih besar dalam limbah hewan segar bila dibandingkan dalam pakan asli. Selain itu, limbah kotoran juga mengandung banyak faktor nutrisi pertumbuhan yang belum teridentifikasi (*unidentified growth factor*). Kandungan riboflavin (vitamin B<sub>2</sub>) dalam limbah kotoran ayam juga terlihat meningkat sebesar 100% ketika disimpan pada suhu ruangan selama 24 jam, dan sebesar 300% dalam seminggu, sebagai hasil dari sintesis bakteri.

**Tabel 9.2.** Metode Pengolahan Limbah Ternak Menjadi Pakan Ternak

| Metode                       | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dehidrasi                    | Metode yang dilakukan melalui penghilangan air yang bertujuan untuk mencegah degradasi atau penguraian substrat limbah sambil mempertahankan kandungan nutriennya. Metode dehidrasi yang digunakan akan menentukan kualitas dari produk akhir terutama kandungan protein kasarnya. Metode-metode dehidrasi yang dapat dilakukan antara lain: pengeringan beku, pengeringan vakum pada suhu 40°C, pengeringan udara paksa pada suhu 60°C, 100°C, dan 120°C. |
| Ensilase ( <i>Ensiling</i> ) | Proses ini menghasilkan pakan ternak dalam bentuk silase yang memiliki kandungan nutrisi yang lebih terjaga bila dibandingkan dengan metode sebelumnya. Limbah hewan dapat diensilase bersama dengan sisa-sisa tanaman, hijauan, dan bahan pakan kasar lainnya, asalkan terdapat cukup kelembapan (40–65%) dan karbohidrat larut untuk memastikan kualitas proses fermentasi. Untuk meningkatkan pencernaan substrat berselulosa selama                    |

| Metode            | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | <p>proses fermentasi, maka larutan alkali dalam bentuk natrium, kalium, atau hidroksida ammonium dapat ditambahkan. Jika tersedia, amonia cair atau gas bahkan agen pemutih juga dapat digunakan. Ensilase adalah proses yang sederhana yang tidak hanya mencegah kerugian total protein kasar tetapi juga mengubah sebagian nitrogen non-protein menjadi protein terikat protein atau protein sejati (<i>protein bound-protein</i> atau <i>true protein</i>).</p>                                                                                                |
| Perlakuan Kimiawi | <p>Tujuan utama dari perlakuan kimia terhadap limbah hewan adalah untuk menghilangkan bakteri patogen (terutama <i>Coliform</i>), mempertahankan sekaligus meningkatkan nilai nutrisi, serta meningkatkan konsumsi (<i>feed intake</i>) pakan limbah. Metode ini dapat dilakukan melalui fumigasi dengan paraformaldehida ataupun dengan etilen oksida. Untuk membantu meningkatkan pencernaan terhadap senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin dalam limbah ternak, maka senyawa-senyawa seperti sodium hidroksida and sodium peroksida dapat ditambahkan.</p> |
| Perlakuan Mekanik | <p>Sering digunakan untuk pengolahan limbah Sapi dan Babi, yang bertujuan untuk mengurangi volume dan memisahkan antara fraksi yang padat dan cair. Metode ini dapat dilakukan melalui: penghancuran dan pembuatan pelet (<i>grinding and pelleting</i>), ataupun dipisahkan menggunakan layar getar (<i>vibrating screen</i>) dengan ukuran 8</p>                                                                                                                                                                                                                |

| Metode                                     | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | <p>mesh/cm yang kemudian hasil pemisahannya ditambahkan dengan larutan NaOH 7%. Metode lainnya adalah dengan menggunakan parit oksidasi (<i>oxidation ditch</i>), suatu proses aerobik yang terdiri dari parit saluran terbuka kontinu dan motor aerasi yang mengalirkan cairan di parit dan menyediakan oksigen. Aktivitas aerobik ini akan mengubah substrat limbah organik menjadi protein sel tunggal.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Pengomposan<br/>(<i>Composting</i>)</p> | <p>Metode ini pada dasarnya dapat dibagi menjadi proses statis atau dinamis. Dalam proses statis, kotoran semi-kering, baik yang dicampur bahan organik lain ataupun tidak, disebar dalam lapisan dan dibolak-balik sekali atau beberapa kali selama proses pengomposan. Proses ini juga penting sebagai bentuk sanitasi dari proses pengomposan. Kandungan kelembapan harus berada dalam kisaran 40–50%; jika tidak, proses anaerobik akan terjadi. Dalam proses dinamis, substrat terus-menerus diputar dalam digester, dan flora mikro yang dominan biasanya diwakili oleh bakteri. Infestasi jamur yang signifikan terjadi kemudian yang menggantikan populasi bakteri dalam tahap akhir proses fermentasi, kecuali ketika bahan organik tetap berada di dalam tangka digester untuk jangka waktu yang lebih lama. Penting untuk menggunakan kompos segar segera setelah diproses untuk menghindari mineralisasi, yang mengakibatkan penurunan kandungan bahan organiknya.</p> |

| Metode                                      | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lumpur aktif<br>( <i>activated sludge</i> ) | Substratnya berupa limbah ternak, klorin dan oksigen untuk pencernaan aerobik bakteri. Hasilnya akan berupa CO <sub>2</sub> , ammonia, dan sedimen yang kaya akan protein (27-45%). Sedimen ini kemudian dapat dimanfaatkan sebagai suplemen protein bagi ternak monogastrik dan ruminansia. Meskipun bebas patogen, kandungan abu (18–35%) dan logam berat (timbal, merkuri, kalsium) biasanya merupakan faktor pembatas yang menentukan lumpur yang akan dimanfaatkan. |

Sumber : (Tadele, 2015; FAO, 2024)

Penggunaan limbah ternak sebagai pakan ternak juga tentunya menimbulkan kekhawatiran terutama dari akumulasi senyawa anti-metabolit, obat-obatan, dan produk ekskresi lainnya yang non-nutritif yang sebagian berasal dari ransum serta aktivitas bakterial yang terlalu tinggi. Kekhawatiran lainnya juga terletak pada akumulasi berlebihan dari makro mineral (misalnya Ca, Si, Fe), unsur jejak (misalnya Cu, Mn, Zn, Se), logam berat (misalnya Pb, Hg, Cd), obat-obatan (misalnya antibiotik, koksidiostatik, sulfonamida,), insektisida, herbisida, pengawet kayu, mikotoksin, dan hormon, serta kehadiran organisme berbahaya yang dapat ditularkan melalui limbah kepada hewan lain dan manusia. Dengan demikian, dalam pengolahan limbah menjadi bentuk aplikasi seperti ini harus memperhatikan manajemen pemeliharaan dari ternak yang akan diambil limbahnya tersebut termasuk jenis pakan yang diberikan.

### 9.2.6 Produksi Biochar

Pengaplikasian dalam bidang pertanian dari limbah kotoran juga dapat dilakukan dalam bentuk produksi biochar. Biochar merupakan suatu padatan stabil kaya akan karbon yang dibuat dari material limbah organik atau biomassa hasil pembakaran (*combustion*) dengan ketersediaan oksigen yang terbatas. Proses

pembakaran ini umumnya dilakukan dengan pirolisis pada suhu  $>400^{\circ}\text{C}$ . Melalui pembakaran pada suhu tinggi seperti ini, mikroba patogen beserta kontaminan organik lainnya seperti antibiotik dan steroid dapat dihilangkan, unsur-unsur logam yang berpotensi toksik dan juga gas-gas yang dapat menyebabkan efek rumah kaca diturunkan levelnya. Produk hasil pembakaran secara pirolisis disebut sebagai biochar apabila rasio molar  $\text{H}/\text{C}_{\text{org}} < 0,7$  dan rasio molar  $\text{O}/\text{C} < 0,4$ . Produksi dan aplikasi non-oksidatif dari biochar adalah suatu bentuk teknologi emisi negatif yang disebut penangkapan dan penyimpanan karbon pirogenik (*pyrogenic carbon capture and storage/PyCCS*), yang mampu meningkatkan kualitas tanah dan mengurangi efek samping negatif dari praktik pertanian.

Untuk substrat berupa limbah ternak umumnya memiliki kadar air tinggi sehingga membutuhkan pasokan energi yang lebih besar dalam proses produksinya. Untuk itu, perlu dilakukan penanganan terlebih dahulu (*pre-treatment*) sebelum dikonversi menjadi biochar. Penanganan yang dapat dilakukan adalah melalui pemisahan fraksi padat dan cair (pemisahan padat-cair). Fraksi padat yang diperoleh kemudian dapat dipirolisis menjadi biochar. Untuk fraksi cair yang kaya nutrisi dapat disuplementasikan dengan biochar menjadi pupuk berbasis biochar. Metode penurunan kadar air limbah kotoran ternak yang lain adalah dengan pengeringan (*drying*). Metode ini menghasilkan nutrisi yang terkonsentrasi dalam fase padat; dan oleh karena itu, biochar dapat memiliki kandungan nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan biochar yang dihasilkan dari pemisahan padat-cair. Ko-pirolisis dapat menjadi alternatif lainnya di mana limbah kotoran ditambahkan dengan biomassa tumbuhan sebelum dipirolisis. Pengeringan dapat menjadi tahapan pendahulu yang sifatnya opsional sebelum pirolisis dilakukan. Seringkali, dalam limbah ternak, kotoran juga dapat tercampur dengan alas kandang dan sisa pakan sehingga juga telah mengandung biomassa tumbuhan dengan jumlah yang cukup untuk dapat dimulainya pirolisis.

Pengaplikasian biochar telah terbukti sangat menguntungkan dalam praktik pertanian. Di antaranya termasuk peningkatan dari segi produktivitas tanaman, efisiensi penggunaan

air, biomassa akar, aktivitas mikroba tanah, fosfor tersedia dalam tanah, dan kandungan karbon organik tanah serta penurunan dari aspek emisi nitrogen oksida, pencucian nitrat (*nitrate leaching*), dan konsentrasi unsur logam kelumit dalam tanaman. Strukturnya yang berpori dengan kandungan senyawa karbon aromatik memungkinkan adanya retensi terhadap air, nutrisi, dan kontaminan serta interaksi dengan mikroba, misalnya, dengan bertindak sebagai pembawa elektron dan/atau donor dan penerima elektron alternatif.

### 9.2.7 Remediasi Lingkungan

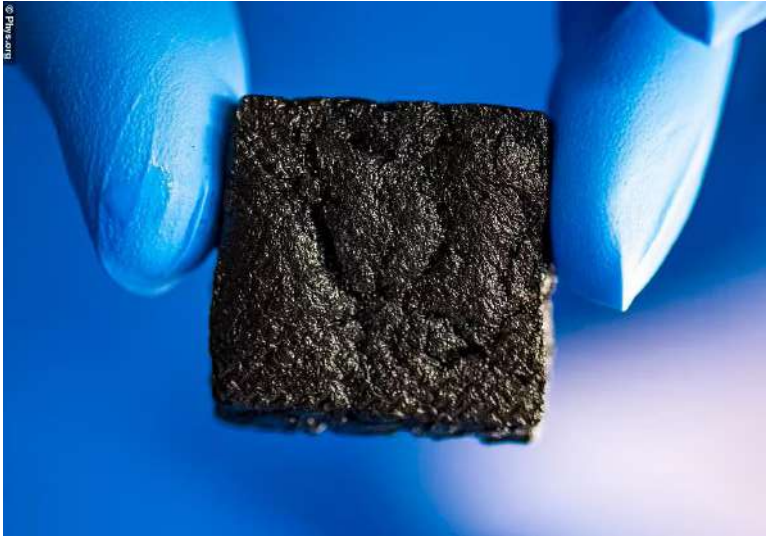
Limbah ternak dapat pula dimanfaatkan dalam berbagai upaya remediasi lingkungan, seperti bioremediasi tanah terkontaminasi atau dalam pengolahan air limbah. Selama proses bioremediasi berlangsung, limbah ternak dapat berperan dalam cara: 1) mikroorganisme yang terdapat dalam limbah ternak dapat membantu mendegradasi polutan organik dan meningkatkan kualitas air di lingkungan yang tercemar, dan 2) substrat organik yang terdapat dalam limbah dapat mengoptimalkan pertumbuhan mikroorganisme yang telah terdapat secara alami pada daerah yang terkontaminasi. Pada tanah yang terkontaminasi dengan minyak, ketika diaplikasikan dengan limbah kotoran sapi terlihat meningkatkan aktivitas metabolik (*biostimulant*) dari mikroba-mikroba yang diisolasi dari dalamnya dalam mendegradasi hidrokarbon minyak. Mikroba-mikroba tersebut di antaranya: *Arthrobacter*, *Mycobacteria*, *Pseudomonas* dan *Corynebacterium* (Nwinyi and Akinmulewo, 2019). Pada tanah yang terkontaminasi minyak bumi, Olawale et al. (2020) memberikan aplikasi berupa pemberian kotoran unggas, sapi dan campuran antara keduanya. Perlakuan-perlakuan tersebut menunjukkan hasil yang sangat signifikan dalam mengoptimalkan aktivitas mikrobial untuk mendegradasi substrat kontaminan. Mikroba-mikroba tersebut di antaranya: *Bacillus*, *Aspergillus* dan *Escherichia coli*. Terhadap tanah yang terkontaminasi minyak bumi di daerah *Rivers State*, Nigeria, Obiakalaije, Makinde and Amakoromo (2015) menggunakan aplikasi limbah kotoran ternak unggas, sapi dan kambing. Hasil kajian mereka menunjukkan bahwa pada tanah terkontaminasi

yang diberikan perlakuan limbah kotoran ternak memberikan hasil yang signifikan dari aspek peningkatan total bakteri heterotof, bakteri pendegradasi hidrokarbon, total fungi heterotof, dan fungi pendegradasi hidrokarbon. Peningkatan total mikroba ini kemudian berdampak pada penurunan total jumlah substrat hidrokarbon bila dibandingkan dengan kontrol, yang mengindikasikan bahwa mikroba mendegradasinya secara lebih optimal. Kadar nitrogen dan fosfor dalam tanah terkontaminasi juga terlihat mengalami penurunan yang memberikan petunjuk bahwa mikroba dapat menggunakannya sebagai kofaktor dalam reaksi enzimatik selama bioremediasi. Dalam studi mereka juga ditemukan bahwa dari ketiga jenis limbah kotoran yang digunakan, terlihat bahwa limbah kotoran yang berasal dari ternak kambing memberikan hasil terbaik. Kajian yang dilakukan oleh Soretire et al. (2017) menunjukkan bahwa tanah terkontaminasi minyak yang diberi perlakuan berupa pemberian limbah kotoran sapi segar memberikan dampak lebih baik bila dibandingkan dengan limbah kotoran sapi terdekomposisi dalam hal memacu aktivitas mikrobial untuk mendegradasi hidrokarbon.

Tanah yang terkontaminasi minyak bumi seringkali mengalami penurunan dari segi ketersediaan nutrisinya. Namun dengan pengaplikasian limbah kotoran ternak, kandungan nutrisi tanah yang terganggu akibat polusi dapat dipulihkan. Hal ini karena kotoran hewan mengandung komposisi nutrisi yang tinggi dan dengan demikian mampu menyediakan tanah yang tercemar dengan unsur nutrisi yang diperlukan oleh mikroba endogen dan mikroba yang dipasok oleh berbagai jenis kotoran hewan untuk aktivitas bioremediasinya. Hal ini juga membantu berbagai spesies mikroba yang ditemukan di tanah untuk berkembang biak untuk pengoptimalan dalam degradasi minyak.

Suplemen nutrisi dalam bentuk kotoran hewan menyebabkan penurunan logam seperti Zn, Cd, Ni, Pb, Ar, Cr, dan Hg, yang berlimpah di tanah tercemar. Selain itu, limbah kotoran sapi, kotoran babi, dan kotoran unggas menghasilkan kultur campuran mikroba pendegradasi minyak bumi dan penambahan kotoran hewan ini meningkatkan baik populasi maupun

keanekaragaman isolat bakteri dan jamur di lingkungan tercemar untuk meningkatkan bioremediasi.



**Gambar 9.2.** Filter Air Laut dari Limbah Kotoran Sapi  
(Sumber: Liberatore, 2021)

Yang lebih menarik lagi, limbah kotoran juga telah dimanfaatkan sebagai filter untuk menyaring garam dari laut menjadi air yang dapat diminum. Tian et al. (2021) melakukannya dengan cara memberikan kotoran sapi dengan pemanasan yang tinggi hingga menjadi bubuk karbon yang kemudian dibuat menjadi busa (Gambar 9.2). Busa tersebut kemudian dibiarkan mengapung di permukaan air laut, dan ketika terdedah dengan sinar matahari, air di bawahnya akan berubah menjadi uap dan melewati busa itu sebagai cairan (air) yang dapat diminum.

## DAFTAR PUSTAKA

- admin. (2014, October 27). *Manure as a Nutrient Resource* [Text]. Center for Agriculture, Food, and the Environment. <https://ag.umass.edu/crops-dairy-livestock-equine/fact-sheets/manure-nutrient-resource>
- An introduction to biogas and biomethane – Outlook for biogas and biomethane: Prospects for organic growth – Analysis.* (n.d.). IEA. Retrieved April 3, 2024, from <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth/an-introduction-to-biogas-and-biomethane>
- Bekoe, D., Wang, L., Zhang, B., Scott Todd, M., & Shahbazi, A. (2018). Aerobic treatment of swine manure to enhance anaerobic digestion and microalgal cultivation. *Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 53(2), 145–151. <https://doi.org/10.1080/03601234.2017.1397454>
- Chastain, J., Camberato, J., & Albrecht, J. (2001). *Nutrient Content of Livestock and Poultry Manure.*
- Chen, X., Vinh, H., Ramirez, A., Rodrigue, D., & Kaliaguine, S. (2015). Membrane gas separation technologies for biogas upgrading. *RSC Adv.*, 5. <https://doi.org/10.1039/C5RA00666j>
- Composting Animal Manures: A guide to the process and management of animal manure compost | NDSU Agriculture.* (2016, January 1). <https://www.ndsu.edu/agriculture/extension/publications/composting-animal-manures-guide-process-and-management-animal-manure-compost>
- Cucina, M. (2023). Integrating anaerobic digestion and composting to boost energy and material recovery from organic wastes in the Circular Economy framework in Europe: A review. *Bioresource Technology Reports*, 24, 101642. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101642>
- Dyne, D. L. V., & Weber, J. A. (1994). *Biogas Production from Animal Manures: What Is the Potential?*

- Esteves, E. M. M., Herrera, A. M. N., Esteves, V. P. P., & Morgado, C. do R. V. (2019). Life cycle assessment of manure biogas production: A review. *Journal of Cleaner Production*, 219, 411–423. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.091>
- Fageria, N. K., & Moreira, A. (2011). Chapter Four—The Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 110, pp. 251–331). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385531-2.00004-9>
- FAO. (n.d.). *feed from animal wastes: State of knowledge*. Retrieved April 14, 2024, from <https://www.fao.org/3/X6518E/X6518E00.htm#TOC>
- Goldan, E., Nedeff, V., Barsan, N., Culea, M., Panainte-Lehadus, M., Mosnegutu, E., Tomozei, C., Chitimus, D., & Irimia, O. (2023). Assessment of Manure Compost Used as Soil Amendment—A Review. *Processes*, 11(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/pr11041167>
- Hamilton, D. W. (2017, March 1). *Anaerobic Digestion of Animal Manures: Understanding the Basic Processes - Oklahoma State University*. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/anaerobic-digestion-of-animal-manures-understanding-the-basic-processes.html>
- How to turn horse manure into fertilizer | commercial fertilizer machines. (n.d.). *Manure to Fertilizer Machines*. Retrieved April 3, 2024, from <https://manuretofertilizer.com/how-to-turn-horse-manure-into-fertilizer/>
- Leach, K. A., Archer, S. C., Breen, J. E., Green, M. J., Ohnstad, I. C., Tuer, S., & Bradley, A. J. (2015). Recycling manure as cow bedding: Potential benefits and risks for UK dairy farms. *Veterinary Journal (London, England : 1997)*, 206(2), 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.08.013>
- Liberatore, S. (2021, October 21). *Process uses cow manure to make DRINKABLE water*. Mail Online. <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-10116647/Cow-manure-makes-DRINKABLE-water-scientists-turn-animal-feces-filter.html>
- Liebetrau, J., O'Shea, R., Wellisch, M., Lyng, K.-A., Bochmann, G.,

- McCabe, B., Harris, P., Lurkhurst, C., Kornatz, P., & Murphy, J. (2021). *Potential and utilization of manure to generate biogas in seven countries*.
- Manirafasha, E., Jiao, K., Zeng, X., Xu, Y., Tang, X., Sun, Y., Lin, L., Murwanashyaka, T., Ndikubwimana, T., Jing, K., & Lu, Y. (2020). Chapter 8—Processing of Microalgae to Biofuels. In A. Yousuf (Ed.), *Microalgae Cultivation for Biofuels Production* (pp. 111–128). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817536-1.00008-4>
- Manure as a Source of Crop Nutrients and Soil Amendment – Livestock and Poultry Environmental Learning Community*. (n.d.). Retrieved March 30, 2024, from <https://lpelc.org/manure-as-a-source-of-crop-nutrients-and-soil-amendment/>
- Müller, Z. O. (1980). *Feed from Animal Wastes: State of Knowledge*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Nwinyi, O. C., & Akinmulewo, B. A. (2019a). Remediation of soil polluted with spent oil using cow dung. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 331(1), 012058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/331/1/012058>
- Nwinyi, O. C., & Akinmulewo, B. A. (2019b). Remediation of soil polluted with spent oil using cow dung. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 331(1), 012058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/331/1/012058>
- Obiakalaije, U. M., Makinde, O. A., & Amakoromo, E. R. (2015). Bioremediation of Crude Oil Polluted Soil Using Animal Waste. *International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation*, 3(3), Article 3. <https://doi.org/10.12691/ijebb-3-3-2>
- Olawale, O., Obayomi, K. S., Dahunsi, S. O., & Folarin, O. (2020). Bioremediation of artificially contaminated soil with petroleum using animal waste: Cow and poultry dung. *Cogent Engineering*, 7(1), 1721409. <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1721409>
- Princewill, O., Odoemelum, V., Omede, A., Durunna, C., Emenalom, O., Uchegbu, M., Ifeanyi Charles, O., & Illoeje,

- M. (2012). Livestock waste and its impact on the environment. *Scientific Journal of Review*, 1, 17–32.
- Rathnayake, D., Schmidt, H.-P., Leifeld, J., Mayer, J., Epper, C. A., Bucheli, T. D., & Hagemann, N. (2023). Biochar from animal manure: A critical assessment on technical feasibility, economic viability, and ecological impact. *GCB Bioenergy*, 15(9), 1078–1104. <https://doi.org/10.1111/gcbb.13082>
- Said, M. I. (2020). Livestock waste and its role in the composting process: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 492(1), 012087. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/492/1/012087>
- Senés-Guerrero, C., Colón-Contreras, F. A., Reynoso-Lobo, J. F., Tinoco-Pérez, B., Siller-Cepeda, J. H., & Pacheco, A. (2019). Biogas-producing microbial composition of an anaerobic digester and associated bovine residues. *MicrobiologyOpen*, 8(9), e00854. <https://doi.org/10.1002/mbo3.854>
- Soretire, A. A., Oshiobugie, A. A., Thanni, B. M., Balogun, S. A., & Ewetola, J. M. (2017). Bioremediation of soil contaminated with crude oil using fresh and decomposed animal manure. *Nigerian Journal of Biotechnology*, 34, 12–18. <https://doi.org/10.4314/njb.v34i1.2>
- Tadele, Y. (2015). Utilization of Farm Animal Organic Waste as Feeds for Livestock and Poultry. *Advances in Life Science and Technology*, 32(0), 73.
- Tian, Y., Liu, X., Wang, Z., Caratenuto, A., Chen, F., Wan, Y., & Zheng, Y. (2021). Carbonized cattle manure-based photothermal evaporator with hierarchically bimodal pores for solar desalination in high-salinity brines. *Desalination*, 520, 115345. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2021.115345>
- Udebuani, A. C. (2012). *The value of animal manure in the enhancement of bioremediation processes in petroleum hydrocarbon contaminated agricultural soils*. 8.
- Understanding Mechanical Solid-Liquid Manure Separation*. (n.d.).

- Uvarov, R., Briukhanov, A., Semenov, B., & Nazarova, A. (2020). Cattle barn bedding from recycled manure: Some veterinary, technological and economic aspects of application. *BIO Web of Conferences*, 27, 00105. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700105>
- Wilson, M. (2021). *Manure characteristics*. <https://extension.umn.edu/manure-management/manure-characteristics>

## BIODATA PENULIS



### **Dr. Silvia Permata Sari, SP., MP.**

Dosen Program Studi Agroteknologi, Departemen Agronomi  
Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

Dr. Silvia Permata Sari, SP., MP. lahir di Kota Padang, Sumatera Barat pada tanggal 21 Mei 1986 sebagai anak pertama dari 5 bersaudara dari Bapak Syofyan Tanjung dan Ibu Kasmawati, S.Pd. Penulis lulus pendidikan SD Negeri 30 Cengkeh tahun 1998, SLTP Negeri 11 Padang tahun 2001, dan SMA Negeri 4 Padang tahun 2004. Pendidikan Sarjana (S1) ditempuh di Fakultas Pertanian Universitas Andalas tahun 2004 dan lulus tahun 2008 dengan predikat lulusan terbaik. Penulis mendapatkan beasiswa *Fast Track* Magister (S2) di Universitas Andalas tahun 2008 dan lulus dengan predikat Cumlaude (Dengan Pujian) tahun 2010. Lulus pendidikan Magister, penulis lulus PNS sebagai dosen Fakultas Pertanian, Universitas Andalas pada tahun 2010. Pada tahun 2012, penulis mewakili Indonesia dalam kegiatan pengembangan Gandum Tropis ke Slovakia, Eropa Timur. Tahun 2013-2018, penulis mendapatkan beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri dari Kemeristek Dikti untuk pendidikan Doktor (S3) pada Program Studi Entomologi di Institut Pertanian Bogor (IPB) dengan IPK 3,76. Kemudian tahun 2018, penulis kembali menempuh pendidikan Doktor pada program studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas dan lulus pada tahun 2022 dengan IPK 3,97 pada usia 36 tahun. Penulis juga aktif mengikuti berbagai kegiatan, mulai dari mengajar perkuliahan, penelitian, pengabdian kepada

masyarakat, mengikuti seminar nasional dan internasional, menulis jurnal nasional dan internasional terindeks Scopus, Chief editor di jurnal nasional, reviewer jurnal nasional dan jurnal internasional, serta menulis buku dan artikel di media massa nasional maupun internasional.

## **BIODATA PENULIS**



**Gunawan, S.Pt., M.Si.**

Dosen Program Studi Peternakan  
Fakultas Pertanian Universitas Khairun

Penulis lahir di Ternate 13 April 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian, Universitas Khairun. Penulis menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) pada Program Studi Peternakan Universitas Khairun (UNKHAIR) tahun 2012. Penulis melanjutkan Magister (S2) pada Program Studi Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan. IPB University tahun 2015. Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar dosen luar biasa (DLB) tahun 2016-2022, kemudian diterima sebagai dosen tetap non-PNS tahun 2022-2024 di Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Khairun, kemudian di tahun yang sama penulis di terima menjadi ASN PPPK di Universitas Khairun sampai sekarang. Penulis aktif mengikuti seminar, aktif mempublikasi artikel pada jurnal nasional bereputasi.

## BIODATA PENULIS



**Indra Permana, S.P., M.P.**

Dosen Program Studi Agroteknologi  
Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi

Penulis lahir di Jakarta tanggal 11 Nopember 1992. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Siliwangi. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Agroteknologi dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Tanah di Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Penulis menekuni penelitian di bidang kesuburan tanah dan nutrisi tanaman sejak penyusunan skripsi, tesis, bahkan hingga saat ini. Fokus topik yang diteliti yakni formulasi dan produksi pupuk multifungsi yang berperan sebagai pupuk lepas lambat sekaligus remediator logam berat pada tanah-tanah tercemar. Penulis memiliki pengalaman kerja sebagai peneliti sejak tahun 2016 hingga saat ini. Sebelum bekerja sebagai dosen, penulis merupakan peneliti di salah satu research center perkebunan kelapa sawit Sinarmas yaitu Smart Research Institute. Pengalaman yang cukup lama sebagai peneliti memberikan kontribusi dalam menyusun bahan ajar bagi para mahasiswa di fakultas pertanian Universitas Siliwangi.

## **BIODATA PENULIS**



**Dewiarum Sari, S.Pt., M.Pt.**

Dosen Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Ternak  
Politeknik Negeri Banyuwangi

Dewiarum Sari, S.Pt., M.Pt., dilahirkan di Kota Tangerang pada tanggal 27 Agustus 1994. Penulis menempuh Pendidikan S1 Peternakan di Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya dan lulus pada tahun 2017, kemudian penulis melanjutkan Pendidikan Magister Ilmu Ternak, Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya dan lulus pada tahun 2019. Penulis mengikuti seleksi CPNS pada tahun 2021 dan lolos menjadi salah satu dosen di Program Studi Politeknik Negeri Banyuwangi. Penulis mengampu mata kuliah rancangan percobaan, penilaian sensori, pengembangan produk hasil ternak, manajemen industri hasil ternak, teknologi pengolahan susu, teknologi pengolahan telur, dan teknologi pengolahan kulit dan hasil ikutan. Penulis juga aktif dalam mempublikasikan karya dan hasil penelitiannya di bidang Teknologi Hasil Ternak dalam artikel, buku dan kegiatan seminar.

## **BIODATA PENULIS**



**Ina Nurtanti, S. Pt., M.Pt**

Dosen Program Studi Peternakan  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah  
Karanganyar

Penulis lahir di Ngawi, Jawa Timur 20 Maret 1993. Penulis merupakan dosen tetap di Program Studi Peternakan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Karanganyar. Penulis menyelesaikan studi S1 dan S2 program studi Peternakan di Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penulis menekuni bidang menulis dengan karya buku praktis yang berjudul Budidaya Broiler Milenial Berbasis Closed House (2019), kemudian menulis pada beberapa buku chapter Ternak Potong (2023), Perkembangan Hewan (2023), Ilmu Tanaman dan Hijauan Pakan (2023), Manajemen Produksi Ternak (2023), Penilaian Produktivitas Ternak (2024) dan sebagai penulis di majalah Poultry Indonesia. Moto dalam hidup penulis adalah “Sukses itu bukan dilihat di mana kita bekerja, tapi hasil dari yang kita kerjakan”.

## **BIODATA PENULIS**



**Arif Rahman Azis**

Penulis dilahirkan di Rejang Lebong, pada tanggal 15 Februari 1992. Penulis bersekolah di SMA Negeri 2 Curup Timur. Kemudian melanjutkan studi di Perguruan Tinggi pada jenjang Diploma Dua (D2) di Program Studi Teknologi produksi Ternak Unggas Akademi Komunitas Negeri Rejang Lebong. Kemudian melanjutkan studi di Perguruan Tinggi jenjang Strata (S1) di Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Muhammadiyah Bengkulu selesai Pada Tahun 2021. Selesai Menyelesaikan Pendidikan Strata 1, Penulis melanjutkan jenjang pendidikan ke Strata 2 (S2) di Universitas Jambi. Penulis berhasil meraih gelar magister pada tahun 2024 pada program studi Ilmu Peternakan di universitas tersebut. Saat ini Penulis merupakan salah satu Pranata Laboratorium Pendidikan di Fakultas Pertanian Jurusan Peternakan, Universitas Bengkulu. Penulis juga aktif pada organisasi keilmuan, terutama keilmuan dibidang peternakan seperti Insinyur dan Sarjana Peternakan Indonesia (ISPI), Perhimpunan Pengelola Laboratorium Pendidikan Indonesia (PPLPI) dan Organisasi lainnya sebagainya.

## **BIODATA PENULIS**



**Desna Ayu Wijayanti, S.Pt., M.Pt**

Dosen Program Studi Produksi Ternak  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Muhammadiyah Karanganyar

Penulis lahir di Surakarta tanggal 14 Desember 1994. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Produksi Ternak, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Karanganyar. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Peternakan Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya dan melanjutkan S2 pada Program Studi Ilmu Ternak Universitas Brawijaya. Penulis telah menerbitkan berbagai tulisan mulai dari artikel ilmiah, buku referensi yang berjudul Ternak Potong: Teori dan Praktik, Penilaian Produktivitas Ternak: Teori dan Praktik, Ilmu Tanaman dan Hijauan Pakan, dan Manajemen Produksi Ternak, maupun kolom tulisan pada media nasional.

Selama menjadi dosen, penulis mengampu beberapa mata kuliah yang berkaitan dengan peternakan, seperti Nutrisi dan Makanan Ternak, Produksi Tanaman Pakan Ternak, Ilmu Ternak Unggas, Statistika dan Rancangan Percobaan serta Produksi Aneka Ternak. Penulis juga aktif dalam penelitian dan pengabdian kepada masyarakat dengan fokus penelitiannya pada bidang Nutrisi dan Makanan Ternak.

## BIODATA PENULIS



### **Stormy Vertygo, S.Si, M. Sc**

Dosen Program Studi Teknologi Pakan Ternak  
Jurusan Peternakan Politeknik Pertanian Negeri Kupang

Anak kedua dari pasangan Drs. Godlief Vertygo, MA dan Emmie Thong ini, lahir di Kupang, Nusa Tenggara Timur pada tanggal 21 Juni 1988. Pendidikan sarjananya ditempuh di Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana Kupang. Pada tahun 2013, ia melanjutkan studi magisternya di *Illinois Institute of Technology*, Chicago, Amerika Serikat dengan konsentrasi di bidang Mikrobiologi.

Pengalaman bekerja beliau termasuk pernah menjadi guru Biologi di Nusa Cendana International Plus School (NCIPS) Kupang, dan menjadi staf pengajar di beberapa institusi di kota Kupang di antaranya di Universitas Nusa Cendana, Universitas Kristen Artha Wacana dan Universitas San Pedro. Beberapa karya bukunya yang telah diterbitkan di antaranya: Biologi Dasar (Untuk Produksi Ternak), Biologi Dasar (Untuk Teknologi Pakan Ternak), Teori Genetika, Teori Biologi Sel, Biokimia: Teori dan Aplikasi, Anatomi dan Fisiologi Tumbuhan, Ilmu Tanah dan Nutrisi Tanaman, *The Live Science*, Aplikasi Mikrobiologi dalam Peternakan, Bakteriologi I, Mikrobiologi, dan Mikroorganisme dan Bakteriologi.

Saat ini beliau telah menjadi staf pengajar tetap di Program Studi Teknologi Pakan Ternak, Jurusan Peternakan, Politeknik Pertanian Negeri Kupang. Fokus mata kuliah yang diajarkan adalah Biologi Dasar dan mata kuliah lainnya yang berbasis Mikrobiologi.

Selama pandemi COVID-19, beliau pernah diperbantukan sebagai salah satu staf laboran di Laboratorium Biomolekuler Kesehatan Masyarakat Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang menangani analisis qPCR sampel COVID-19 dengan metode *pooled-test*, yang diberikan kepada masyarakat secara gratis.