

Istiqomah, S.P., M.P.
Dian Eka Kusumawati, S.P., M.P.



Buku Ajar
**PERTANIAN TERPADU
BERBASIS BEBAS LIMBAH**



Buku Ajar
**PERTANIAN TERPADU
BERBASIS BEBAS LIMBAH**

Istiqomah, S.P., M.P.

Dian Eka Kusumawati, S.P., M.P.



BUKU AJAR

PERTANIAN TERPADU BERBASIS BEBAS LIMBAH

© viii+103; 16x24 cm

Agustus 2022

Penulis : Istiqomah, S.P., M.P., Dian Eka Ksumawati, S.P., M.P.
Penyunting : Dr. Ir. Choirul Anam, M.P.
Editor : Army Dita Serdani, S.P., M.P.
Layout : Duta Creative
Desain Cover : Muhammad Shohib, S.T.

Duta Media Publishing

Jl. Masjid Nurul Falah Lekoh Barat Bangkes Kadur Pamekasan, Call/WA:
082 333 061 120, E-mail: redaksi.dutamedia@gmail.com

All Rights Reserved.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun tanpa ijin tertulis dari penerbit

ISBN: 978-623-5562-67-4

IKAPI: 180/JTI/2017

**Undang-Undang Republik Indonesia
Nomor 19 tahun 2002
Tentang Hak Cipta**

Lingkup Hak Cipta

Pasal 2

1. Hak Cipta merupakan hak eksklusif bagi Pencipta atau Pemegang Hak Cipta untuk mengumumkan atau memperbanyak Ciptaannya, yang timbul secara otomatis setelah suatu ciptaan dilahirkan tanpa mengurangi pembatasan menurut peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Ketentuan Pidana

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan buku yang berjudul “Pertanian Terpadu Berbasis Bebas Limbah”. Buku ajar ini adalah luaran dari PDP (Penelitian Dosen Pemula) Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi tahun 2022.

Praktik pertanian terus mengalami perkembangan dari masa ke masa. Dalam rangka menjawab tantangan ini maka para peneliti dan petani di seluruh dunia mulai mengembangkan model pertanian terpadu. Sistem Pertanian terpadu merupakan sistem yang menggabungkan kegiatan pertanian, peternakan, perikanan, kehutanan dan ilmu lain yang terkait dengan pertanian dalam satu lahan. Usahatani pertanian, ternak, maupun perikanan menghasilkan berbagai jenis limbah yang dapat mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, pengelolaan limbah pertanian perlu dilakukan dalam rangka mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus meminimalisir input energi dari luar sistem sehingga meningkatkan efisiensi usahatani dan ketahanan pangan suatu wilayah. Model integrasi tanaman ternak yang dikembangkan di lokasi beberapa daerah dan negara berorientasi pada konsep “*zero waste production system*” yaitu seluruh limbah dari ternak dan tanaman didaur ulang dan dimanfaatkan kembali ke dalam siklus produksi.

Buku ajar ini berisi materi-materi terkait konsep pertanian terpadu yang berbasis pengolahan limbah pertanian dan peternakan. Kekhasan dari buku ajar ini adalah berisi konsep, teori, panduan praktik pembuatan olahan limbah pertanian dan ternak, serta diperkaya dengan hasil penelitian penulis yang mutakhir berkaitan dengan produk olahan limbah dan budidaya tanaman. Buku ajar ini ditulis secara sistematis dan disertai

dengan gambar-gambar yang menarik. Melalui buku ajar ini diharapkan dapat melengkapi buku tentang sistem pertanian terpadu yang lain sekaligus sebagai bahan bacaan dan wawasan bagi mahasiswa maupun pembaca lainnya. Dalam penyusunan buku ini kami (penulis) banyak mendapat bantuan dan serta informasi dari berbagai sumber. Kami juga banyak mendapat dukungan dan saran dari banyak pihak. Untuk itu kami ucapkan terima kasih kepada pihak yang telah berperan dalam penyusunan buku ini dari awal sampai akhir. Semoga Allah SWT senantiasa meridhai usaha kita. Amin.

Lamongan, Agustus 2022

Penulis,

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
DAFTAR ISI	v
BAB I	
SISTEM PERTANIAN TERPADU	1
A. Permasalahan Pada Sektor Pertanian	1
B. Pertanian Terpadu, Pertanian Organik, dan Pertanian Konvensional.....	9
C. Pertanian Terpadu Sebagai Solusi.....	12
D. Model Pertanian Terpadu.....	14
E. Fungsi Pertanian Terpadu.....	23
F. Permasalahan dalam Pertanian Terpadu	25
BAB II	
SISTEM PERTANIAN TERPADU BEBAS LIMBAH	30
A. Pertanian Terpadu Bebas Limbah	30
B. Langkah-Langkah Sistem Pertanian Terpadu Bebas Limbah	32
BAB III	
LIMBAH PERTANIAN	36
A. Jenis Limbah Pertanian.....	38
B. Pengelolaan Limbah Pertanian	47
BAB IV	
LIMBAH PETERNAKAN	54
A. Jenis Limbah Peternakan	54
B. Pengelolaan Limbah Peternakan	57
BAB V	
PENGOLAHAN LIMBAH PERTANIAN DAN PETERNAKAN	61
A. Biochar.....	61
B. Bakaran Jerami	67

C. Pupuk Organik.....	70
D. Asap Cair.....	74
E. Biogas.....	77
F. Biourine.....	83
G. Briket.....	85

BAB VI

HASIL PENELITIAN PERTANIAN TERPADU

BERBASIS LIMBAH..... 87

A. Asap Cair untuk Menekan Serangan Hama dan Penyakit Pada Padi	87
B. Pupuk Organik Pada Tanaman Sawi	91
C. Olahhan Organik Jerami dan Jarak Tanam Sistem Jajar Legowo Pada Padi	95

DAFTAR PUSTAKA..... 99

TENTANG PENULIS.....103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Model umum spt	15
Gambar 2. Model pertanian terpadu pada lahan sawah padi	17
Gambar 3. Model pertanian terpadu pada lahan miring	17
Gambar 4. Model pertanian terpadu pada lahan konservasi	18
Gambar 5. Model pertanian terpadu pada lahan rawan erosi	19
Gambar 6. Model pertanian terpadu antar kelompok tanaman ...	20
Gambar 7. Sistem agroforestri	21
Gambar 8. Sistem <i>strip cropping</i>	21
Gambar 9. Taman KOTA	22
Gambar 10. Manajemen pertanian terpadu dalam satu komoditas	23
Gambar 11. Tahapan pembangunan pertanian terpadu berbasis limbah	32
Gambar 12. Jenis produk usaha peternakan	55
Gambar 13. Produk yang dihasilkan ternak sapi	56
Gambar 14. Bahan baku biochar	63
Gambar 15. Sekam yang dikeringkan	64
Gambar 16. Gambar tong pirolizer	65
Gambar 17. Gambar biochar	66
Gambar 18. Proses pembakaran jerami	69
Gambar 19. Pengecekan tekstur kompos	74
Gambar 20. Proses pembuatan asap cair	77
Gambar 21. Gambar instalasi biogas sederhana	82
Gambar 22. Bahan biourine dan biourine yang telah matang	85
Gambar 23. Briket dari kotoran sapi	86
Gambar 24. Hama dan penyakit yang ditemukan di lahan penelitian	87

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik jenis sistem pertanian	11
Tabel 2. Kandungan unsur hara pada beberapa jenis kotoran ternak	57
Tabel 3. Persyaratan karakteristik bahan baku pupuk organik ...	71
Tabel 4. Jenis ternak dan potensi gas yang dihasilkan	79
Tabel 5. Rerata populasi wereng batang coklat (WBC)	88
Tabel 6. Rerata masa inkubasi dan presentase keparahan penyakit pada padi	89
Tabel 7. Rata-rata tinggi tanaman sawi	91
Tabel 8. Rata-rata tinggi tanaman (cm)	96
Tabel 9. Rata-rata berat kering 1000 biji (gr)	97

BAB I

SISTEM PERTANIAN TERPADU

A. Permasalahan Pada Sektor Pertanian

Saat ini pemerintah telah menetapkan program ketahanan pangan sebagai prioritas utama dalam kebijakan pembangunan pertanian. Dalam program ini mencakup usaha-usaha untuk meraih kembali swasembada pangan yang pada tahun 1984 berhasil dicapai. Akan tetapi usaha pencapaian swasembada pangan ataupun kecukupan pangan ini dihadapkan masalah semakin merosotnya kualitas sumberdaya lahan pertanian sehingga mengancam usaha pertanian kedepan. Di antara permasalahan sektor pertanian adalah sebagai berikut :

1. Degradasi lahan

Degradasi lahan kering selama ini lebih tersorot pada kekeliruan pembukaan dan pengelolaan lahan oleh perladangan berpindah. Sistem pembukaan lahan dengan cara tebas-bakar (*slash and burn*) dan biasanya terletak pada lahan yang miring akan mengawali terjadinya erosi. Kebiasaan membakar kayu dan ranting sisa pembukaan lahan biasanya diteruskan oleh petani dengan membakar sisa tanaman. Bila pembakaran dilakukan hanya sekali saja waktu pembukaan lahan tidak akan banyak merusak tanah, tetapi pembakaran yang dilakukan berulang-ulang setiap musim akan lekas menurunkan kadar bahan organik tanah yang akhirnya menurunkan produktivitas tanah. Pembakaran sisa-sisa tanaman tiap tahun mempercepat proses pencucian dan pemiskinan tanah. Merosotnya kadar bahan organik tanah akan memperburuk sifat fisik dan kimia tanah. Struktur tanah menjadi tidak stabil, bila terjadi hujan maka pukulan butir hujan akan cepat menghancurkan agregat tanah, dan partikel-partikel tanah yang halus akan

mengisi ruang pori. Terisinya ruang pori oleh partikel tanah menyebabkan turunnya kapasitas infiltrasi tanah dan meningkatkan aliran permukaan dan mempercepat laju erosi tanah. Hilangnya lapisan atas tanah karena erosi menyebabkan produktivitas lahan menurun, dan karena akan muncul horizon B yang kadar bahan organiknya rendah maka tanah akan terdegradasi.

2. Pencemaran Agrokimia

Tingkat pencemaran dan kerusakan lingkungan di lingkungan pertanian dapat disebabkan karena penggunaan agrokimia (pupuk dan pestisida) yang tidak proporsional. Pada tahun enam puluhan terjadilah biorevolusi dibidang pertanian, yang dikenal dengan revolusi hijau dan telah berhasil merubah pola pertanian dunia secara spektakuler, yaitu dengan dikenalkannya penggunaan agrokimia, baik berupa pupuk kimia maupun obat-obatan (insektisida). Memang dengan revolusi hijau tersebut, produksi pangan dunia meningkat dengan tajam, sehingga telah berhasil mengatasi kekhawatiran dunia akan adanya krisis pangan. Namun dampak penggunaan agrokimia mulai dirasakan saat ini. Dampak negatif dari penggunaan agrokimia antara lain berupa pencemaran air, tanah, dan hasil pertanian, gangguan kesehatan petani, menurunnya keanekaragaman hayati, ketidak berdayaan petani dalam pengadaan bibit, pupuk kimia dan dalam menentukan komoditas yang akan ditanam. Penggunaan pestisida yang berlebih dalam kurun yang panjang, akan berdampak pada kehidupan dan keberadaan musuh alami hama dan penyakit, dan juga berdampak pada kehidupan biota tanah. Hal ini menyebabkan terjadinya ledakan hama penyakit dan degradasi biota tanah. Perlu difikirkan pada saat ini residu pestisida akan menjadi faktor penentu daya saing produk-produk pertanian yang akan memasuki pasar global.

Penggunaan pupuk kimia yang berkonsentrasi tinggi dan dengan dosis yang tinggi dalam kurun waktu yang panjang menyebabkan terjadinya kemerosotan kesuburan tanah karena terjadi ketimpangan hara atau kekurangan hara lain, dan semakin merosotnya kandungan bahan organik tanah. Misalnya petani menggunakan urea (hanya mengandung hara N) dalam dosis tinggi secara terus menerus, sementara tanaman mengambil unsur hara tidak hanya N (nitrogen) dalam jumlah yang banyak, maka akan terjadi pengurasan hara lainnya. Unsur hara pokok yang dibutuhkan tanaman semuanya ada 16 unsur, sehingga apabila tidak ditambahkan akan terjadi pengurasan hara lainnya (15 hara) dan pada saatnya akan terjadi kemerosotan kesuburan karena terjadi kekurangan hara lain. Dilaporkan dipersawahan yang intensif missal Delanggu diduga kekurangan hara mikro Zn dan Cu. Memang seyogyanya semua hara yang dibutuhkan tanaman perlu ditambahkan, namun yang demikian sulit dilakukan. Kecuali dengan penambahan pupuk organik secara periodik yang mengandung hara lengkap yang sekarang semakin jarang dilakukan petani. Penanaman varietas padi unggul secara mono kultur tanpa adanya pergiliran tanaman, akan mempercepat terjadinya pengusan hara sejenis dalam jumlah tinggi dalam kurun waktu yang pendek. Hal ini kalau dibiarkan terus menerus tidak menutup kemungkinan terjadinya defisiensi atau kekurangan unsur hara tertentu dalam tanah. Akibat dari ditinggalkannya penggunaan pupuk organik berdampak pada penyusutan kandungan bahan organik tanah, bahkan banyak tempat-tempat yang kandungan bahan organiknya sudah sampai pada tingkat rawan, sekitar 60 persen areal sawah di Jawa kadungan bahan organiknya kurang dari 1 persen. Sementara, sistem pertanian bisa menjadi sustainable (berkelanjutan) jika kandungan bahan organik

tanah lebih dari 2 %. Bahan organik tanah disamping memberikan unsur hara tanaman yang lengkap juga akan memperbaiki struktur tanah, sehingga tanah akan semakin remah. Namun jika penambahan bahan organik tidak diberikan dalam jangka panjang kesuburan fisiknya akan semakin menurun.

3. Kerusakan kualitas tanah

Tanah sebagai suatu sistem dinamis, selalu mengalami perubahan-perubahan, yaitu perubahan segi fisik, kimia ataupun biologi tanahnya. Perubahan-perubahan ini terutama karena pengaruh berbagai unsur iklim, tetapi tidak sedikit pula yang dipercepat oleh tindakan atau perlakuan manusia. Kerusakan tubuh tanah yang diakibatkan berlangsungnya perubahan-perubahan yang berlebihan misalnya kerusakan dengan lenyapnya lapisan olah tanah yang dikenal dengan nama erosi. (Mulyani, 2005) Erosi adalah terangkutnya atau terkikisnya tanah atau bagian tanah ke tempat lain. Meningkatnya erosi dapat diakibatkan oleh hilangnya vegetasi penutup tanah dan kegiatan pertanian yang tidak mengindahkan kaidah konservasi tanah. Erosi tersebut umumnya mengakibatkan hilangnya tanah lapisan atas yang subur dan baik untuk pertumbuhan tanaman. Oleh sebab itu erosi mengakibatkan terjadinya kemunduran sifat-sifat fisik dan kimia tanah. Erosi merupakan penyebab utama kerusakan lahan dan lingkungan. Permasalahan degradasi lahan dan beratnya erosi disebabkan oleh 1) curah hujan yang mempunyai nilai erosivitas tinggi, 2) tanah peka erosi, 3) kemiringan lereng melebihi batas kemampuan lahan untuk tanaman pangan, 4) cara pengelolaan tanah dan tanaman yang salah termasuk kebiasaan membakar dan cara pembukaan lahan yang salah, dan 5) tindakan konservasi lahan yang belum memadai. Faktor lain yang mempercepat kerusakan lahan yaitu

merosotnya kadar bahan organik karena pembakaran sisa tanaman dan pencucian hara. Erosi berlangsung secara alamiah yang kemudian berlangsungnya itu dipercepat oleh beberapa tindakan atau perlakuan manusia terhadap tanah dan tanaman yang tumbuh di atasnya. Pada erosi alamiah tidak menimbulkan malapetaka bagi kehidupan manusia atau keseimbangan lingkungan, karena dalam peristiwa ini banyaknya tanah yang terangkut seimbang dengan pembentukan tanah, sedang erosi yang dipercepat (accelerated erosion) sudah dapat dipastikan banyak menimbulkan kerugian kepada manusia seperti: bencana banjir, kekeringan, turunnya produktivitas tanah, longsor, dll. Pada peristiwa erosi yang dipercepat volume penghanyutan tanah adalah lebih besar dibandingkan dengan pembentukan tanah, sehingga penipisan lapisan tanah akan berlangsung terus yang pada akhirnya dapat melenyapkan atau terangkut habisnya lapisan tersebut (Mulyani, 2005).

4. Pencemaran industri

Pencemaran dan kerusakan lingkungan di lingkungan pertanian dapat juga disebabkan karena kegiatan industri. Pengembangan sektor industri akan berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan pertanian kita, dikarenakan adanya limbah cair, gas dan padatan yang asing bagi lingkungan pertanian. Dampak yang ditimbulkan dapat berupa gas buang seperti belerang dioksida (SO_2) akan menyebabkan terjadinya hujan asam dan akan merusak lahan pertanian. Disamping itu, adanya limbah cair dengan kandungan logam berat beracun (Pb, Ni, Cd, Hg) akan menyebabkan degradasi lahan pertanian dan terjadinya pencemaran dakhil. Limbah cair ini apa bila masuk ke badan air pengairan, dampak negatifnya akan meluas sebaranya. Penggalakan terhadap program

kalibersih dan langit biru perlu dilakukan, dan penerapan sanksi bagi pengusaha yang mengotori tanah, air dan udara. Pertambangan dan galian C. Usaha pertambangan besar sering dilakukan diatas lahan yang subur atau hutan yang permanen. Dampak negatif pertambangan dapat berupa rusaknya permukaan bekas penambangan yang tidak teratur, hilangnya lapisan tanah yang subur, dan sisa ekstraksi (tailing) yang akan berpengaruh pada reaksi tanah dan komposisi tanah. Sisa ekstraksi ini bisa bereaksi sangat asam atau sangat basa, sehingga akan berpengaruh pada degradasi kesuburan tanah. Semakin meningkatnya kebutuhan akan bahan bangunan terutama batu bata dan genteng, akan menyebabkan kebutuhan tanah galian juga semakin banyak (galian C). Tanah untuk pembuatan batu bata dan genteng lebih cocok pada tanah tanah yang subur yang produktif. Dengan dipicu dari rendahnya tingkat keuntungan berusaha tani dan besarnya resiko kegagalan, menyebabkan lahan-lahan pertanian banyak digunakan untuk pembuatan batu bata, genteng dan tembikar. Penggalan tanah sawah untuk galian C disamping akan merusak tata air pengairan (irigasi dan drainase) juga akan terjadi kehilangan lapisan tanah bagian atas (top soil) yang relatif lebih subur, dan meninggalkan lapisan tanah bawahan (sub soil) yang kurang subur, sehingga lahan sawah akan menjadi tidak produktif

5. Pemupukan kimia yang berlebihan

Pemupukan dilakukan untuk memberikan zat makanan yang optimal kepada tanaman, agar tanaman dapat memberikan hasil yang cukup. Pemupukan dan pupuk buatan dapat menyebabkan tanah menjadi asam (pH tanah menurun). Jika tanah menjadi asam, produktivitas tanaman pertanian akan merosot. Selain itu, unsur nitrogen yang terkandung didalam pupuk dapat menyebabkan

terbentuknya larutan nitrit di dalam tanah. Larutan nitrit itu dapat meresap ke dalam sumur penduduk yang berdekatan. Pemupukan yang berlebihan dan larut ke dalam air juga dapat menyebabkan meningkatkan kesuburan sungai (eutrofikasi). Ganggang dan tumbuhan sungai, misalnya eceng gondok, tumbuh dengan subur. Akibatnya hewan-hewan air akan kekurangan oksigen sehingga mengalami kematian. Selain itu, meningkatnya kesuburan tumbuhan air dapat menyebabkan terjadinya pendangkalan pada waduk dan bendungan.

6. Pemupukan yang tidak berimbang

Kebiasaan petani dalam budidaya pertanian yaitu pemberian pupuk yang tidak berimbang. Pemupukan Nitrogen dengan dosis tinggi dapat menyebabkan peningkatan kerusakan tanaman oleh herbivora. Beberapa studi melaporkan bahwa pemberian beberapa tingkat pupuk N berkorelasi positif dengan peningkatan populasi herbivora, karena adanya peningkatan kapasitas reproduksinya (Brodbeck et al, 2001; Luna, 1988; Altieri dan Nicholls, 2003). Penambahan dosis pupuk N dari 30 kg N/ha menjadi 60-90 kg N/ha meningkatkan populasi *Helicoverpa armigera*, *Amrasca biguttula* dan *Earias* sp. pada kapas, sehingga meningkatkan frekuensi rata-rata penyemprotan dari 2,5 kali menjadi 3,7 kali; dan tidak meningkatkan hasil kapas berbiji secara nyata (Sahid *et al.*, 2001)

7. Alih fungsi lahan

Konversi lahan pertanian yang semakin meningkat akhir-akhir ini merupakan salah satu ancaman terhadap keberlanjutan pertanian. Salah satu pemicu alih fungsi lahan pertanian ke penggunaan lain adalah rendahnya isentif bagi petani dalam berusaha tani dan tingkat keuntungan berusahatani relatif rendah. Selain itu, usaha pertanian dihadapkan pada berbagai masalah yang sulit diprediksi dan

mahalnya biaya pengendalian seperti cuaca, hama dan penyakit, tidak tersedianya sarana produksi dan pemasaran. Alih fungsi lahan banyak terjadi justru pada lahan pertanian yang mempunyai produktivitas tinggi menjadi lahan non-pertanian. Dilaporkan dalam periode tahun 1981- 1999, sekitar 30% (sekitar satu juta ha) lahan sawah di pulau Jawa, dan sekitar 17% (0,6 juta ha) di luar pulau Jawa telah menyusut dan beralih ke non-pertanian, terutama ke areal industri dan perumahan. Banyak areal lumbung beras nasional kita yang beralih guna seperti dipantura dan seperti pusat pembangunan di dalam pinggir perkotaan. Daerah pertanian ini umumnya sudah dilengkapi dengan infrastruktur pengairan sehingga berproduksi tinggi. Alih guna lahan sawah ke areal pemukiman dan industri sangat berpengaruh pada ketersediaan lahan pertanian, dan ketersediaan pangan serta fungsi lainnya.

8. Resistensi dan resurgensi hama terhadap pestisida

Timbulnya ketahanan hama terhadap pemberian pestisida yang terus menerus, merupakan fenomena dan konsekuensi ekologis yang umum dan logis. Munculnya resistensi adalah sebagai reaksi evolusi menghadapi suatu tekanan (*stress*). Karena hama terus menerus mendapat tekanan oleh pestisida, maka melalui proses seleksi alami, spesies hama mampu membentuk strain baru yang lebih tahan terhadap pestisida tertentu yang digunakan petani. Pada tahun 1947, dua tahun setelah penggunaan pestisida DDT, diketahui muncul strain serangga yang resisten terhadap DDT. Saat ini, telah didata lebih dari 500 spesies serangga hama telah resisten terhadap berbagai jenis kelompok insektisida.

Peristiwa resurgensi hama terjadi apabila setelah diperlakukan aplikasi pestisida, populasi hama menurun dengan cepat dan secara tiba-tiba justru meningkat lebih tinggi

dari jenjang polulasi sebelumnya. Resurgensi sangat mengurangi efektivitas dan efisiensi pengendalian dengan pestisida. Resurgensi hama terjadi karena pestisida, sebagai racun yang berspektrum luas, juga membunuh musuh alami. Musuh alami yang terhindar dan bertahan terhadap penyemprotan pestisida, sering kali mati kelaparan karena populasi mangsa untuk sementara waktu terlalu sedikit, sehingga tidak tersedia makanan dalam jumlah cukup. Kondisi demikian terkadang menyebabkan musuh alami bermigrasi untuk mempertahankan hidup. Disisi lain, serangga hama akan berada pada kondisi yang lebih baik dari sebelumnya. Sumber makanan tersedia dalam jumlah cukup dan pengendali alami sebagai pembatas pertumbuhan populasi menjadi tidak berfungsi. Akibatnya populasi hama meningkat tajam segera setelah penyemprotan.

B. Pertanian Terpadu, Pertanian Organik, dan Pertanian Konvensional

Praktik pertanian terus mengalami perkembangan dari masa ke masa. Revolusi hijau yang menjadi titik tolak swasembada pangan harus terus dimodifikasi agar menghasilkan produksi yang sesuai dengan tuntutan konsumen dalam hal keamanan pangan, nilai gizi, cita rasa dan tentu saja produksi yang berkelanjutan. Keamanan dan mutu pangan akan menjadi isu penting meskipun ketahanan pangan juga tentu saja masih sangat penting. Tuntutan konsumen terhadap produk pertanian secara perlahan akan merubah/mempengaruhi pola produksi tanaman tersebut.

Dalam rangka menjawab tantangan ini maka para peneliti dan petani di seluruh dunia mulai mengembangkan model pertanian terpadu yang berkelanjutan berbasis ekologi, sering disebut juga sistem pertanian natural, low input, regeneratif, organik, holistik, biodinamik, biointensif dan biologis (Ngadi, 2010). Sistem pertanian terpadu yang

berkelanjutan ini mengintegrasikan empat sasaran utama yaitu kesehatan, perlindungan lingkungan, profitabilitas ekonomi dan keadilan sosial dan ekonomi bagi masyarakat petani. Beberapa aspek penting yang harus diketahui agar tercapainya keberlanjutan dalam sistem pertanian yaitu:

1. Menjaga kesuburan tanah yang optimal melalui, pengurangan penggunaan pupuk kimia sintetis, pemupukan spesifik lokasi berdasarkan hasil uji tanah, memaksimalkan siklus nutrisi di areal budidaya, mengelola makro organisme dan mikroorganisme tanah, penggunaan cover crop/biomulsa.
2. Meningkatkan keanekaragaman hayati di lapangan yang maksimal dengan integrasi tanaman dan ternak, penggunaan tanaman pagar, tanaman penarik serangga, aplikasi polikultur dan menghindari 60 Sistem Pertanian Terpadu: Pertanian Masa Depan monokultur, rotasi tanaman, tumpang sari, penanaman hijauan dan tanaman penutup tanah.
3. Melaksanakan pengelolaan hama dan penyakit terpadu dengan cara, mencegah OPT secara biologis, memandang sistem pertanian sebagai suatu ekosistem dengan cara pemulihan dan peningkatan predator, memutus siklus hidup hama dengan rotasi tanaman, penggunaan pestisida hayati/nabati, pembatasan pestisida kimia sintetis dengan dosis rendah untuk mengurangi residu cemaran.
4. Menjaga kuantitas dan kualitas air dengan cara meningkatkan bahan organik tanah, menanam tanaman tahunan, hijauan atau tanaman lain yang mampu mengikat air, penanaman cover crop untuk mencegah dampak erosi dan pencucian hara, pembuatan areal simpanan air dan pengelolaan irigasi.

5. Peningkatan nilai tambah produk pertanian dengan cara diversifikasi produk pertanian, perluasan pemasaran, pembentukan koperasi, pengolahan dilapangan (*on-farm*).

Berikut ditampilkan karakteristik PTT, pertanian organik dan pertanian konvensional :

Tabel 1. Karakteristik jenis sistem pertanian

Karakteristik Sistem Pertanian	Sistem Pertanian Terpadu	Pertanian Organik	Pertanian Konvensional
Teknik produksi	Pendekatan seimbang antara lingkungan, pendapatan dan produksi yang berkualitas	Tanpa penggunaan input anorganik	Fokus pada input yang tinggi dan teknologi untuk produksi maksimal
Iptek yang diperlukan	Diperlukan iptek baru yang lebih maju	Diperlukan iptek baru dengan perubahan yang radikal dan lebih maju	Iptek konvensional yang berbasis pada pengetahuan yang baku
Struktur pasar	Pasar massal	Pasar khusus	Pasar massal
Ide konseptual sistem pertanian	Pertimbangan aspek lingkungan lebih banyak sehingga lebih berkelanjutan	Awalnya merupakan kritik radikal sistem konvensional	Sistem Produksi melalui intensifikasi, spesialisasi

C. Pertanian Terpadu Sebagai Solusi

Pertanian adalah suatu jenis kegiatan produksi yang memanfaatkan sumberdaya hayati untuk kesejahteraan manusia. Sumberdaya hayati merupakan sumberdaya yang berasal dari makhluk hidup yang terdiri dari tumbuhan, hewan dan mikrobia. Tingkat kesejahteraan manusia dapat diukur dari tingkat keterpenuhan berbagai kebutuhan manusia. Kebutuhan manusia meliputi kebutuhan pangan, kebutuhan sandang, kebutuhan papan, kebutuhan akan keselamatan, kebutuhan akan kenyamanan, kebutuhan akan keindahan, kebutuhan akan kesehatan, dan kebutuhan akan kenikmatan. Pertanian dalam arti luas mencakup peternakan, perikanan, kehutanan, perkebunan, pertamanan, pertanian kota, hutan kota, urban farming, sedangkan pertanian dalam arti sempit dinamakan *pertanian*, yaitu terkait dengan kegiatan budidaya tanaman atau pemanfaatan sumberdaya tumbuhan. Dalam rangka mempelajari, mengembangkan dan mengimplementasikan ilmu pertanian, maka tidak dapat terlepas dari sektor dalam kehidupan yang lain terutama sektor yang berdampingan langsung dengan kegiatan pertanian, misalnya peternakan, perikanan, dan kehutanan.

Sistem Pertanian terpadu merupakan sistem yang menggabungkan kegiatan pertanian, peternakan, perikanan, kehutanan dan ilmu lain yang terkait dengan pertanian dalam satu lahan, sehingga diharapkan dapat sebagai salah satu solusi bagi peningkatan produktivitas lahan, program pembangunan dan konservasi lingkungan, serta pengembangan desa secara terpadu. Diharapkan kebutuhan jangka pendek, menengah, dan panjang petani berupa pangan, sandang dan papan akan tercukupi dengan sistem pertanian ini.

Sistem pertanian terpadu merupakan komponen yang sangat penting dan sentral di dalam konsep ecovillage. Karena di dalam sistem pertanian terpadu praktek pertanian yang

ramah lingkungan sangat dikedepankan. Salah satu syarat dalam pelaksanaan pertanian terpadu adalah harus secara ekologi dapat 2 Sistem Pertanian Terpadu: Pertanian Masa Depan diterima dan meminimumkan limbah (zero waste). Ecovillage juga mempunyai prinsip ekologis. Jadi antara pertanian terpadu dan ecovillage mempunyai prinsip yang sama.

Pertanian terpadu pada hakekatnya adalah memanfaatkan seluruh potensi energi sehingga dapat dipanen secara seimbang. Pertanian melibatkan makhluk hidup dalam satu atau beberapa tahapnya dan memerlukan ruang untuk kegiatan itu serta jangka waktu tertentu dalam proses produksi. Dengan pertanian terpadu ada pengikatan bahan organik di dalam tanah dan penyerapan karbon lebih rendah dibanding pertanian konvensional yang pakai pupuk nitrogen dan sebagainya. Agar proses pemanfaatan tersebut dapat terjadi secara efektif dan efisien, maka sebaiknya produksi pertanian terpadu berada dalam suatu kawasan. Pada kawasan tersebut sebaiknya terdapat sektor produksi tanaman, peternakan maupun perikanan. Keberadaan sektor-sektor ini akan mengakibatkan kawasan tersebut memiliki ekosistem yang lengkap dan seluruh komponen produksi tidak akan menjadi limbah karena pasti akan dimanfaatkan oleh komponen lainnya. Disamping akan terjadi peningkatan hasil produksi dan penekanan biaya produksi sehingga efektivitas dan efisiensi produksi akan tercapai. Selain hemat energi, keunggulan lain dari pertanian terpadu adalah petani akan memiliki beragam sumber penghasilan. Sistem Pertanian terpadu memperhatikan diversifikasi tanaman dan polikultur. Seorang petani bisa menanam padi dan bisa juga beternak kambing atau ayam dan menanam sayuran. Kotoran yang dihasilkan oleh ternak dapat digunakan sebagai pupuk sehingga petani tidak perlu membeli pupuk lagi. Jika panen

gagal, petani masih bisa mengandalkan daging atau telur ayam, atau bahkan menjual kambing untuk mendapatkan penghasilan.

D. Model Pertanian Terpadu

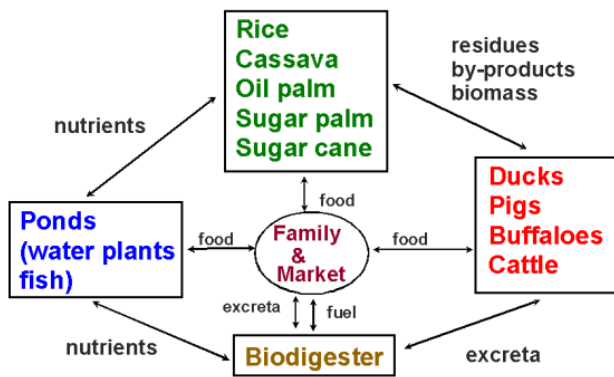
Konsep sistem pertanian terpadu adalah mengombinasikan berbagai macam spesies tanaman dan hewan (ternak, ikan) dan penerapan beraneka ragam teknik untuk menciptakan kondisi yang cocok untuk melindungi lingkungan juga membantu petani untuk meningkatkan produktivitas lahan dan pendapatan melalui diversifikasi usaha tani. Konsep tersebut mengindikasikan bahwa sistem pertanian terpadu merupakan sistem pertanian yang selaras dengan kaidah alam. Yaitu mengupayakan suatu keseimbangan di alam dengan membangun suatu pola relasi yang saling menguntungkan dan berkelanjutan di antara setiap komponen ekosistem pertanian yang terlibat. Di antara konsep model pertanian terpadu sebagai berikut :

1. *Integrated farming system* (sistem usaha tani terpadu)

Prinsip keterpaduan dalam SPT yang harus diperhatikan, yaitu: (1) Agroekosistem yang berkeanekaragaman tinggi yang memberi jaminan yang lebih tinggi bagi petani secara berkelanjutan; (2) Diperlukan keanekaragaman fungsional yang dapat dicapai dengan mengkombinasikan spesies tanaman dan hewan yang memiliki sifat saling melengkapi dan berhubungan dalam interaksi sinergetik dan positif, dan bukan hanya kestabilan yang dapat diperbaiki, namun juga produktivitas sistem pertanian dengan input yang lebih rendah; (3) Dalam menerapkan pertanian berkelanjutan diperlukan dukungan sumberdaya manusia, pengetahuan dan teknologi, permodalan, hubungan produk dan konsumen, serta masalah keseimbangan misi pertanian dalam pembangunan;

(4) Pemanfaatan keanekaragaman fungsional sampai pada tingkat yang maksimal yang menghasilkan sistem pertanian yang kompleks dan terpadu yang menggunakan sumberdaya dan input yang ada secara optimal; (5) Menentukan kombinasi tanaman, hewan dan input yang mengarah pada produktivitas yang tinggi, keamanan produksi serta konservasi sumberdaya yang relatif sesuai dengan keterbatasan lahan, tenaga kerja dan modal.

The integrated farming system



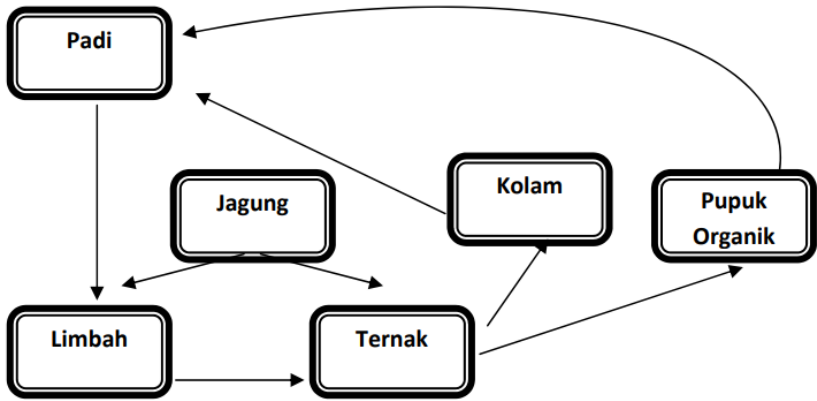
Gambar 1. Model Umum SPT (Preston, 2000)

Sistem ini membentuk suatu agroekosistem yang masif. Agroekosistem dengan keanekaragamannya tinggi seperti ini akan memberi jaminan keberhasilan usaha tani yang lebih tinggi. Keanekaragaman fungsional bisa dicapai dengan mengkombinasikan spesies tanaman dan hewan yang memiliki sifat saling melengkapi dan berhubungan dalam interaksi sinergetik dan positif, sehingga bukan hanya kestabilan yang dapat diperbaiki, namun juga produktivitas sistem pertanian dengan input yang lebih rendah. Kelebihan sistem ini, antara lain input dari luar minimal atau bahkan tidak diperlukan karena adanya daur limbah di antara organisme penyusunnya, biodiversitas meningkat apalagi

dengan penggunaan sumberdaya lokal, peningkatan fiksasi nitrogen, resistensi tanaman terhadap jasad pengganggu lebih tinggi dan hasil samping bahan bakar biogas untuk rumah tangga (Preston, 2000). Contoh implementasi model ini antara lain :

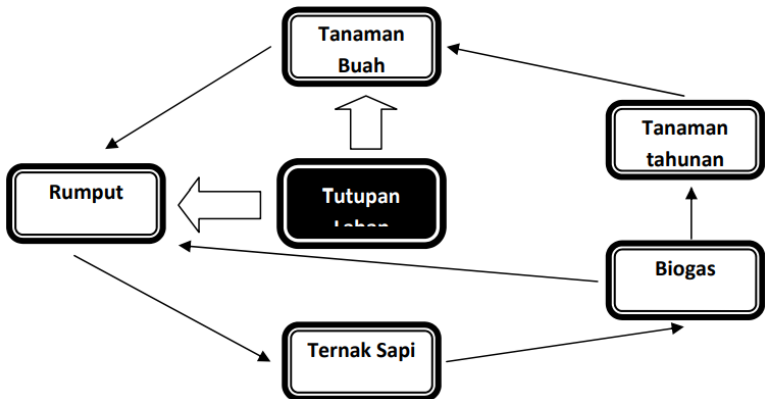
- a) Sistem mina padi yaitu perpaduan antara budidaya ikan dengan budidaya tanaman padi. Pada sistem ini tanaman padi ditanam pada lahan yang juga sekaligus difungsikan sebagai tambak ikan. Keterpaduan terjadi antara ikan yang memiliki ekosistem alami dari tumbuhan dan tumbuhan yang mendapatkan tambahan unsur hara dari kotoran ikan. Sistem ini juga mampu memberikan 2 jenis keuntungan bagi petani yaitu panen padi dan panen ikan.
- b) Sistem padi sapi yaitu perpaduan antara budidaya padi dengan beternak sapi. Pada sistem ini petani padi memanfaatkan sapi sebagai pembajak alami lahan dan kotorannya dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik padat dan cair (biourine). Limbah padi berupa Jerami dapat dimanfaatkan sebagai pakan sapi.
- c) Sistem pertanian mandiri energi yaitu perpaduan antara beternak sapi, kotorannya baik padat maupun urine diolah untuk menghasilkan biogas, sisanya dibuat untuk kompos yang digunakan sebagai pupuk tanaman sayuran atau tanaman palawija, tanaman bisa menghasilkan produk pangan bagi manusia dan limbahnya bisa untuk pakan sapi.
- d) Agrowisata: pengelolaan tanaman, hewan, ikan untuk menciptakan suasana yang asri, indah dan unik menjadi daya tarik seseorang untuk datang sekedar untuk menikmati suasana yang langka tersebut, atau dapat ditambah dengan suatu produk unggulan dari tanaman atau hewan ternak, atau dapat berupa taman wisata kebun dan buah.

Visualisasi konsep pertanian terpadu ini dapat dilihat pada gambar berikut ini menurut (Nurcholis dan Supangkat, 2011).



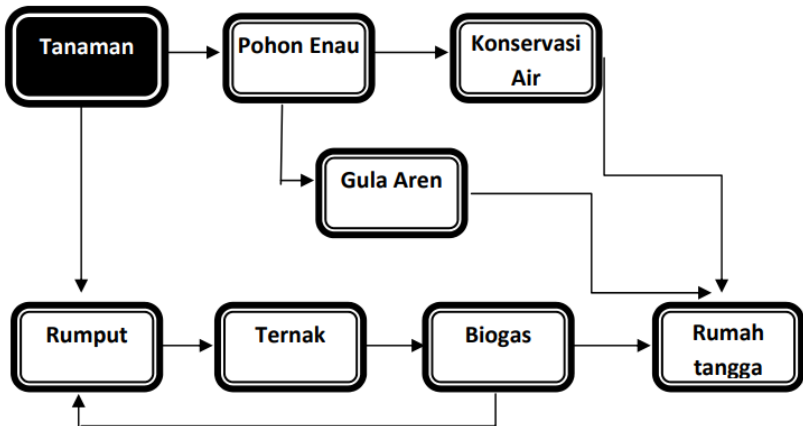
Gambar 2. Model pertanian terpadu pada lahan sawah padi

Tanaman padi adalah termasuk komoditas tanaman yang paling cocok dan mudah untuk diterapkan pertanian terpadu. Padi menghasilkan limbah berupa Jerami dan sekam yang dapat digunakan sebagai pakan ternak. Jagung yang ditanam secara tumpang sari juga dapat menghasilkan limbah. Hewan ternak menghasilkan kotoran yang dapat diolah menjadi pupuk organik. Perikanan juga dapat dilibatkan dalam padi sawah dengan sistem mina padi.

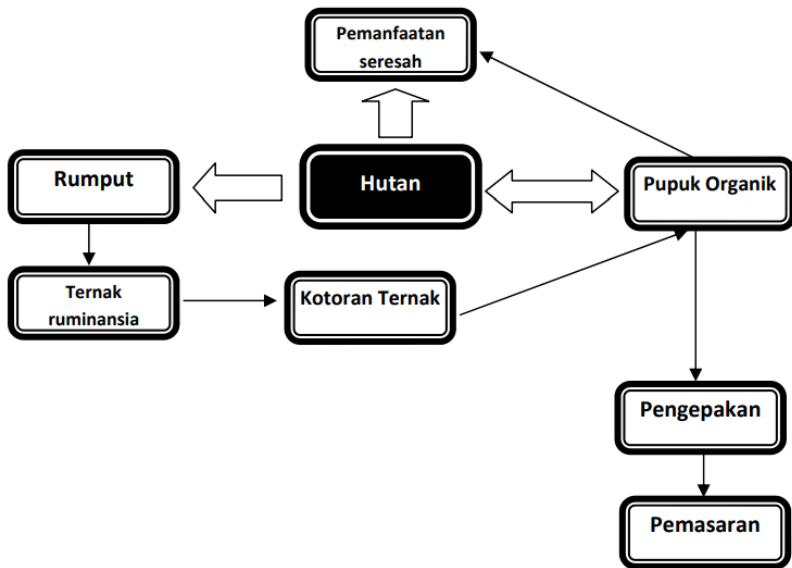


Gambar 3. Model pertanian terpadu pada lahan miring

Pengembangan lahan, terutama lahan marginal dengan faktor kendala lahan miring disesuaikan dengan kegiatan pertanian yang ada di daerah tersebut. Kegiatan budidaya pertanian dapat memadukan berbagai komponen, seperti tanaman buah rumput (cover crop) dan ternak. Untuk mengatasi kendala di lahan miring dapat dipilih langkah-langkah, sebagai berikut: (1) Penghijauan lahan miring yang mempunyai tutupan lahan rendah dianjurkan untuk menanam tanaman berupa tanaman buah atau tanaman industri yang tidak berukuran besar dengan kombinasi rumput sebagai penutup lahan. Tanaman buah berupa pisang, jambu, dll. Untuk tanaman industri dapat berupa kopi, cengkeh, vanili dengan kombinasi lamtoro; (2) Pengembangan peternakan sapi, dengan sumber pakan berasal dari rumput yang di tanam; (3) Pengembangan instalasi biogas yang berfungsi mengolah limbah berupa kotoran ternak menjadi biogas sehingga bisa menjadi kawasan mandiri energi; dan (4) Pengembangan pupuk organik yang berbahan baku dari hasil outlet biogas.



Gambar 4. Model pertanian terpadu pada lahan konservasi



Gambar 5. Model Pertanian terpadu pada lahan rawan erosi

Konsep pengembangan lahan marjinal pada lahan dengan tutupan yang rendah yaitu dengan menggunakan tanaman yang berfungsi sebagai tutupan lahan dan dapat bernilai ekonomi tanpa menebang pohon, atau tanaman hutan dengan hasil bukan kayu. Pada konsep ini dapat dipadukan untuk pengembangan pertanian lainnya secara terpadu yaitu dengan memanfaatkan tanaman untuk makanan ternak, pengolahan biogas dari kotoran ternak, pemanfaatan kotoran ternak untuk pupuk tanaman, dan pemanfaatan tanaman tinggi untuk konservasi air. Pada konsep ini dapat dipadukan untuk pengembangan pertanian lainnya secara terpadu yaitu dengan memanfaatkan tanaman untuk makanan ternak, pemanfaatan kotoran ternak untuk pupuk organik, dan pemanfaatan tanaman tahunan untuk konservasi tanah air

2. Pertanian terpadu dengan manajemen bidang antar kelompok tanaman

Optimalisasi manfaat tanaman pertanian bagi manusia dengan perpaduan manajemen berbagai kelompok tanaman (tanaman tahunan, tanaman hutan, tanaman semusim, tanaman pangan, tanaman hortikultura, tanaman hias, tanaman obat, dan lain-lain). Visualisasi sistem pertanian ini sebagai berikut :

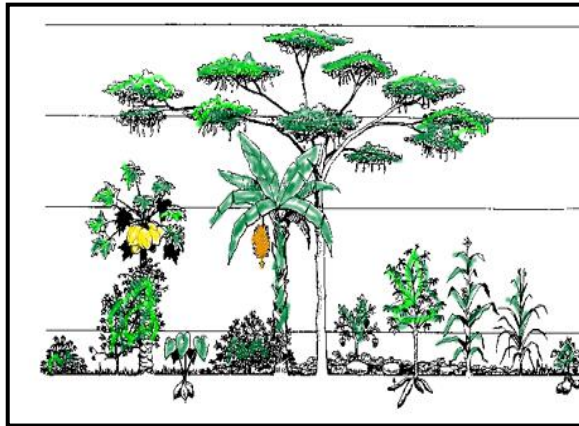


Gambar 6. Model pertanian terpadu antar kelompok tanaman

Contoh implementasi sistem pertanian terpadu berbasis kelompok tanaman adalah :

- a) Sistem Agroforestri : suatu sistem pertanian di mana pepohonan ditanam secara tumpang-sari dengan satu

atau lebih jenis tanaman semusim. Pepohonan bisa ditanam sebagai pagar mengelilingi petak lahan tanaman pangan, secara acak dalam petak lahan, atau dengan pola lain misalnya berbaris dalam larikan sehingga membentuk lorong/pagar.



Gambar 7. sistem agroforestri

- b) Sistem *Strip Cropping* : Suatu sistem bersosok tanam yang beberapa jenis tanaman ditanam dalam strip yang berselang-seling pada sebidang tanah pada waktu yang sama dan disusun memotong lereng atau menurut garis kontur. Biasanya tanaman yang digunakan adalah tanaman pangan atau tanaman semusim lainnya diselingi dengan strip-strip tanaman yang tumbuh rapat berupa tanaman penutup tanah atau pupuk hijau



Gambar 8. Sistem *strip cropping*

- c) Sistem Pertamanan Kota: penataan taman kota berdasarkan kelompok tanaman. Tujuan penataan adalah untuk membuat lingkungan kota yang indah, asri, dan sejuk. Manajemen pertamanan kota ini menggabungkan beberapa jenis tanaman yaitu dari kelompok tanaman tahunan, tanaman perkebunan, tanaman hias dan jenis tanaman lainnya yang menunjukkan nilai estetika.



Gambar 9. Taman kota

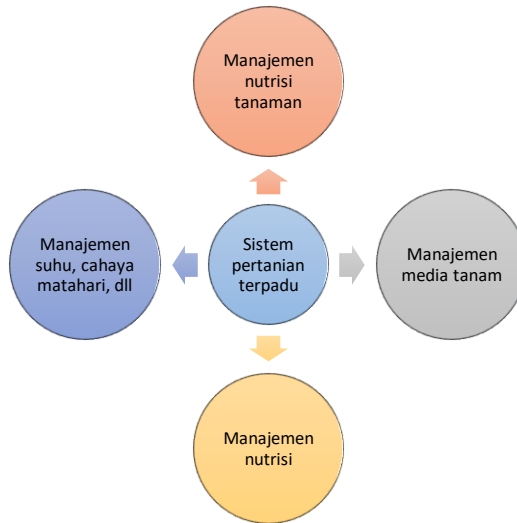
3. Pertanian terpadu dengan manajemen komponen budidaya pada satu jenis tanaman budidaya

Pada sistem pertanian terpadu ini dilakukan optimalisasi dari manfaat suatu jenis tanaman dengan perpaduan manajemen komponen budidaya yaitu manajemen faktor abiotik lingkungan fisik yang berupa iklim/cuaca, manajemen media tanam, manajemen pupuk/nutrisi tanaman. Selain itu juga dilakukan rekayasa faktor biotik yaitu, pengelolaan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), manajemen biota di lingkungan, inokulasi musuh alami pathogen dan predator hama dan lain-lain. Contoh implementasi model pertanian terpadu ini adalah sebagai berikut :

- a) Budidaya tanaman secara hidroponik, dalam hal ini harus memperhatikan sifat dasar tanaman dan kebutuhan nutrisinya, menghitung kebutuhan nutrisi dan

manajemen pengairan dan pergantian media tanam, pengendalian suhu, cahaya matahari, dan lain-lain.

- b) Budidaya tanaman yang membutuhkan mulsa penutup tanah yaitu melon, cabai besar, tomat dan tanaman lainnya. Mulsa digunakan untuk mengendalikan suhu, kelembaban, dan gulma. Gambar pertanian terpadu satu komoditas tanaman sebagai berikut :



Gambar 10. Manajemen pertanian terpadu dalam satu komoditas

E. Fungsi Pertanian Terpadu

Sistem pertanian terpadu, diharapkan bisa memberikan kesejahteraan bagi petani untuk ketersediaan 4F, yaitu Food, Feed, Fertilizer, dan Fuel.

1. Food : Pertanian terpadu dapat menghasilkan jenis pangan yang lebih beragam, seperti beras, sayuran, daging, dan ikan.
2. Feed : Limbah dari sisa pengolahan produk pertanian seperti dedak dan bungkil jagung, serasah dari sisa bahan organik dapat diolah kembali menjadi konsentrat untuk pakan ternak dan perikanan.

3. Fertilizer : Limbah dari kotoran hewan serta bahan organik yang sudah mengalami pembusukan dapat dimanfaatkan menjadi pupuk cair dan padat.
4. Fuel : Pemanfaatan limbah pengolahan kotoran hewan ternak dimanfaatkan menjadi bahan bakar biogas, sehingga dapat mencukupi kebutuhan energi rumah tangga, seperti memasak.

Sistem pertanian terpadu selain hemat energi juga mempunyai keunggulan lain yang merupakan solusi dari masalah yang berhubungan dengan semakin sempitnya ketersediaan lahan, yaitu dengan usaha intensifikasi pertanian yang dapat menjadi solusi meningkatkan produktivitas untuk kemandirian dan swasembada pangan dengan meningkatkan produk-produk hasil pertanian dengan memanfaatkan beragam jenis sarana. Keterlibatan makhluk hidup pada setiap proses yang terjadi dalam kegiatan-kegiatan di kawasan pertanian terpadu melibatkan beberapa sektor, baik sektor produksi tanaman, pertanian, perikanan, peternakan juga kehutanan. Setiap sektor yang berada dalam kawasan pertanian terpadu berperan dalam menciptakan ekosistem yang lengkap tanpa menghasilkan limbah dari seluruh komponen produksinya. Karena limbah yang dihasilkan dari kegiatan-kegiatan dalam pertanian terpadu dimanfaatkan kembali oleh komponen-komponen lainnya untuk peningkatan hasil produksi dan menekan biaya produksi. Selain manfaat di atas, fungsi pertanian terpadu yang lain adalah sebagai berikut :

- a) Pertanian yang mampu menjaga keseimbangan ekosistem di dalamnya sehingga aliran nutrisi dan energi berimbang.
- b) Keseimbangan energi tersebut yang dapat menghasilkan produktivitas yang tinggi dan keberlanjutan produksi terjaga.
- c) Input dari luar minimal bahkan tidak diperlukan karena adanya daur limbah diantara organisme penyusunnya.

- d) Biodiversitas meningkat apalagi dengan penggunaan sumber daya lokal.
- e) Peningkatan fiksasi nitrogen, resistensi tanaman terhadap jasad pengganggu lebih tinggi, dan hasil samping bahan bakar biogas untuk rumah tangga.

F. Permasalahan dalam Pertanian Terpadu

1. Rendahnya kualitas sumber daya manusia

Tenaga kerja di sektor pertanian didominasi oleh petani yang tidak sekolah dan tamat Sekolah Dasar (SD) mencapai 66,42%, disusul oleh lulusan Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama sebesar 16,13% dan lulusan Sekolah Lanjutan Tingkat Atas sebesar 14,33% (BPPSDMP, 2020). Petani dengan pola berpikirnya yang didominasi SD bahkan tidak tamat SD dapat memengaruhi tingkat adopsi teknologi dan kemampuan untuk mengakses informasi. Petani dengan tingkat pendidikan rendah pada umumnya memiliki dasar pengetahuan yang kurang memadai untuk dapat mencerna informasi, atau pengetahuan, serta memahami prinsip kerja alat mesin pertanian sampai dengan mengaplikasikannya di lapangan. Dalam kondisi demikian, banyak teknologi baru yang belum dapat dimanfaatkan oleh petani (Anwarudi *et al.*, 2020).

2. Keterbatasan usia

Berdasarkan hasil survei antar sensus pertanian tahun 2018, porsi petani berdasarkan kelompok umur terdiri atas usia di atas 54 tahun, 35-54 tahun, dan kurang dari 35 tahun, secara berturut turut adalah 37,5%, 51,98%, dan 10,52% (BPS, 2018). Data tersebut menunjukkan sebagian besar petani di Indonesia berusia menengah. Namun demikian porsi petani berusia lanjut tiga setengah kali lebih besar dibanding usia muda. Oleh karena itu apabila tidak ada upaya regenerasi petani maka jumlah petani

dikhawatirkan akan semakin menyusut. Beberapa hasil penelitian menunjukkan generasi muda kurang tertarik berusaha pada bidang pertanian. Nazaruddin dan Anwarudin (2015) melaporkan minat generasi muda menjadi pelaku pertanian relatif rendah, baik pada komoditas tanaman pangan maupun hortikultura. Peneliti lainnya melaporkan persepsi usaha pertanian kurang menguntungkan, kumuh, kotor, minimnya akses dan aset lahan, rendahnya pendapatan, dan minimnya pengetahuan atau pendidikan petani (Harniati dan Anwarudin, 2018).

3. Harga

Posisi tawar petani juga rendah karena harga ditentukan oleh tengkulak. Penyebab lainnya yaitu luas kepemilikan lahan sebagian besar petani sangat kecil, rata-rata kurang dari 0,5 ha (BPS, 2019). Dengan demikian, berdasarkan skala usaha belum mampu memenuhi kebutuhan keluarga dengan kondisi yang memadai, baik sandang, pangan, papan dan pendidikan. SDM yang kompeten adalah SDM pertanian yang lulus uji kompetensi bidang pertanian dan memperoleh sertifikat kompetensi dari BNSP, LAN dan/atau lembaga pelatihan. Pelatihan pertanian adalah pelatihan untuk mempersiapkan SDM pertanian yang menguasai kemampuan dalam bidang tertentu, dengan mengacu pada Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia, Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia dan standar lainnya, sehingga siap bekerja pada lembaga pemerintah, industri atau berwiraswasta secara mandiri (BPPSDMP, 2020).

4. Kebiasaan petani menggunakan pestisida dan pupuk kimia

Sampai saat ini petani sangat tergantung dengan pupuk kimia. Pencanangan Revolusi Hijau I pada tahun 1960 di Indonesia dikenal sebagai gerakan BIMAS (Bimbingan Masyarakat) merupakan program nasional untuk

meningkatkan produksi pangan, khususnya swasembada beras. Gerakan ini berhasil mengantarkan Indonesia pada swasembada beras pada tahun 1984, sehingga Pemerintah Indonesia mendapatkan penghargaan dari Organisasi pangan dunia (FAO). Petani masih banyak yang menggunakan pupuk kimia karena harganya yang murah dan hasilnya yang terlihat relatif cepat. Tanpa disadari kebiasaan tersebut membawa dampak negatif.

Para petani menjadi sangat akrab dengan pupuk buatan dari bahan kimia. Seiring berjalannya waktu, pemakaian pupuk kimia telah melampaui takaran yang dianjurkan. Padahal, dari sekian banyak pupuk kimia yang digunakan, sebagian tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman karena menguap dan terbawa air ke hilir. Dampak negatif dari penggunaan pupuk kimia dan pestisida kimia semakin dirasakan oleh petani, di antaranya tingkat kesuburan tanah yang semakin menurun, banyaknya serangan organisme pengganggu, penurunan populasi mikroorganisme yang bermanfaat bagi tanaman, tercemarnya lingkungan dan sebagainya. Kebiasaan petani dalam mengelola usaha taninya juga sering sangat tergantung kepada pestisida kimia.

Keadaan seperti ini sangat sulit diubah dan membutuhkan waktu yang cukup lama. Bagi beberapa petani penggunaan pestisida dirasa menguntungkan, yaitu dapat mengendalikan OPT dengan cepat dan pengaplikasiannya juga mudah. Selain itu, pestisida juga dapat menekan kehilangan hasil yang disebabkan oleh OPT pengganggu. Petani dan pestisida merupakan dua sisi mata uang yang sulit dipisahkan. Hasil produksi pertanian yang melimpah adalah harapan para petani, dan pestisida dijadikan sebagai bahan kimia yang dimanfaatkan sebagai pemberantas OPT.

5. Belum ada jaminan pasar atau harga khusus untuk produk pertanian terpadu di pasar

Harga produk pertanian organik relatif lebih tinggi tetapi sebagian besar produk pertanian terpadu harganya masih relatif sama dengan produk pertanian konvensional. Padahal, banyak kegiatan pertanian terpadu yang dilaksanakan secara ramah lingkungan. Contoh misalnya pertanian terpadu sawit-sapi dapat menurunkan ketergantungan terhadap pupuk kimia karena kotoran sapi dapat diolah menjadi pupuk organik baik padat maupun cair. Pada umumnya, rumput yang tumbuh di perkebunan dibasmi dengan herbisida, namun dengan adanya ternak sapi, rumput tersebut dapat dijadikan sebagai bahan pakan yang murah dan juga memanfaatkan pelepah serta hasil samping dari pabrik kelapa sawit. Pelepah kelapa sawit selama ini hanya digunakan sebagai sumber bahan organik yang dibiarkan terdegradasi secara alami menjadi pupuk organik bagi kesuburan tanah. Pelepah dapat menjadi pengganti hijauan yang dapat digunakan sebagai bahan pakan, sementara komponen pengganti bahan pakan konsentrat dapat mengandalkan produk samping pabrik pengolahan kelapa sawit seperti bungkil sawit dan lumpur sawit. Oleh karena itu sudah sepantasnya pula bila produk pertanian terpadu dijamin pasarnya dan dihargai lebih tinggi sebagai perwujudan apresiasi terhadap pelestarian lingkungan hidup.

6. Sinergitas pihak perkebunan, peternak, dan pemerintah daerah

Permasalahan yang terjadi antara pihak perkebunan dan peternak dilatar belakangi oleh kurangnya pemahaman yang mendalam terkait sistem peternakan terpadu, sehingga dibutuhkan peran serta pemerintah dalam mengelola hasil

ikutan yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak dalam memenuhi kebutuhan mendasar seekor ternak.

Selain beberapa aspek diatas Beberapa kendala dalam pengembangan Sistem Pertanian Terpadu menurut (Arimbawa, 2015) adalah sebagai berikut :

- a) Belum dipahami pertanian terpadu secara benar oleh berbagai pihak (petani dan fasilitator).
- b) Tingkat hasil dan produktivitas pertanian terpadu belum meyakinkan petani pada umumnya.
- c) Model pertanian terpadu yang dikembangkan belum sesuai dengan ekosistemnya.
- d) Keberadaan Integrator dalam pertanian terpadu belum diperhatikan.
- e) Belum ada Kajian secara komprehensif dan integralistik berkaitan dengan pertanian terpadu.
- f) Kebijakan pembangunan pertanian belum mendukung secara jelas pengembangan pertanian terpadu.

BAB II

SISTEM PERTANIAN TERPADU BEBAS LIMBAH

A. Pertanian Terpadu Bebas Limbah

Pertanian terpadu merupakan suatu sistem berkesinambungan dan tidak berdiri sendiri serta menganut prinsip segala sesuatu yang dihasilkan akan kembali ke alam. Ini berarti limbah yang dihasilkan akan dimanfaatkan kembali menjadi sumber daya yang dapat dimanfaatkan. Model integrasi tanaman ternak yang dikembangkan di lokasi beberapa daerah dan negara berorientasi pada konsep “*zero waste production system*” yaitu seluruh limbah dari ternak dan tanaman didaur ulang dan dimanfaatkan kembali ke dalam siklus produksi.

Usahatani tanaman, ternak, maupun perikanan menghasilkan berbagai jenis limbah yang dapat mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, pengelolaan limbah pertanian perlu dilakukan dalam rangka mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus meminimalisir input energi dari luar sistem sehingga meningkatkan efisiensi usahatani dan ketahanan pangan suatu wilayah. Konsep tersebut dapat disebut sebagai LEISA (*Low External Input for Sustainable Agriculture*). Salah satu cara untuk menerapkan konsep LEISA pada suatu usahatani adalah menerapkan Sistem Integrasi Tanaman-Ternak-Ikan (SITTI) (Atria *et al.*, 2017).

Melalui pendekatan bebas limbah setiap hektar lahan pertanian dapat menghasilkan pakan untuk memelihara sapi sebanyak 2-3 ekor/ha. Dalam hal ini ternak sapi berperan sebagai “pabrik kompos” dengan bahan baku “limbah” tanaman, yang pada akhirnya kompos tersebut dipergunakan sebagai bahan pupuk organik bagi tanaman. Dalam upaya meningkatkan populasi ternak sapi potong dengan biaya produksi yang layak, pendekatan pola integrasi ternak dengan

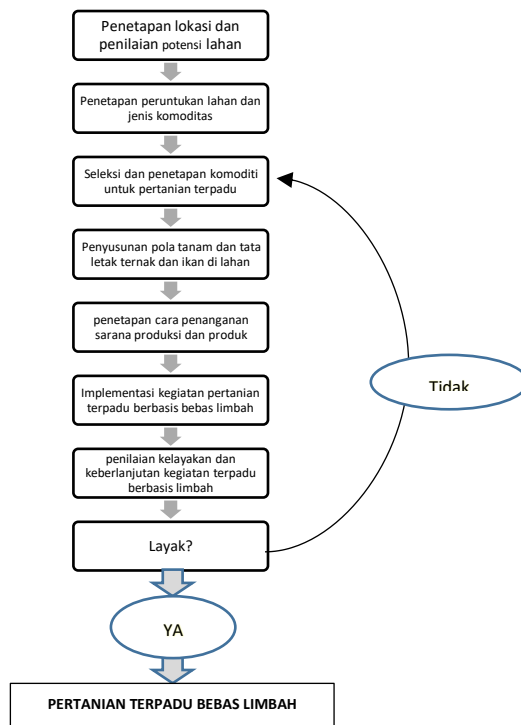
tanaman pangan, perkebunan dan hutan tanaman industri layak untuk dikembangkan baik secara teknis, ekonomis maupun sosial. (Kusumo *et al.*, 2017). Salah satu kunci keberhasilan dari pola ini adalah tidak ada bahan yang terbuang, serta pemanfaatan inovasi secara benar dan efisien yang merupakan konsep pertanian terpadu. Limbah pertanian (pangan, sayuran, buah-buahan, perkebunan, dan tanaman lainnya) dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pengomposan atau produksi pupuk organik (kompos).

1. Limbah peternakan dimanfaatkan sebagai pupuk organik (bentuk padat maupun cair), bahan baku dalam produksi biogas atau bioenergi. Limbah padat dan cairnya dari proses produksi biogas dapat digunakan sebagai pupuk organik.
2. Limbah pertanian dalam bentuk segar dapat langsung digunakan sebagai pakan ternak. Misalnya jerami, berangkasan jagung, sisa sayuran, sisa pangkasan tanaman dan sisa tanaman lainnya.

LEISA dan zero waste dengan integrasi ternak-tanaman. Bentuk integrasi ini sejalan dengan konsep pembangunan berkelanjutan yang ramah lingkungan. LEISA dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Pemenuhan pakan dari limbah tanaman perkebunan maupun tanaman pangan atau agroindustri tidak memerlukan lahan khusus sehingga menghemat penggunaan sumber daya lahan maupun air. Penanaman tanaman pakan maupun tanaman pangan yang diperuntukkan bagi ternak akan menambah penggunaan lahan baru dan air.

B. Langkah-Langkah Sistem Pertanian Terpadu Bebas Limbah

Salah satu upaya untuk mewujudkan sistem pertanian berkelanjutan adalah dengan pengembangan pola bertani dengan memperhatikan ekosistem lahan dan memperhatikan potensi suatu wilayah. Sistem pertanian yang ramah lingkungan ini dapat dipandang sebagai sistem pertanian antara menuju sistem pertanian organik yang pada saat ini telah mendapat perhatian besar oleh pemerintah. Keberlanjutan sistem pertanian terpadu lebih cepat dicapai pada komoditi yang diusahakan merupakan komoditi yang dapat beradaptasi di daerah setempat. Oleh karena itu sistem pertanian terpadu merupakan sistem spesifik lokasi yang berkelanjutannya dapat dicapai oleh berbagai agroekosistem yang berbeda komponennya. Gambar 11 menyajikan langkah-langkah yang dapat digunakan sebagai panduan normatif dalam pembangunan sistem pertanian terpadu bebas limbah.



Gambar 11. Tahapan pembangunan pertanian terpadu berbasis limbah

1. Penetapan lokasi

Strategi yang penting juga dalam mengembangkan sistem pertanian terpadu adalah dengan melakukan survei lokasi kegiatan usaha dan menentukan lokasi dengan memperhatikan berbagai faktor. Hal yang harus diperhatikan tergantung pada komoditas yang akan diintegrasikan. Contoh untuk pertanian terpadu sawit-sapi maka yang harus diperhatikan adalah akses ke pasar atau konsumen, kedekatan dengan sumber pakan, ketersediaan lahan, infrastruktur, transportasi, tenaga kerja, dan status penyakit hewan. Dengan menetapkan lokasi yang tepat, akan memudahkan melihat peluang usaha yang dapat dikembangkan secara berkelanjutan.

2. Penentuan ragam jenis komoditas

Seleksi dan penetapan komoditi dilakukan dengan mempertimbangkan perlunya petani sesering mungkin mendapatkan penghasilan dari lahannya. Sebagai contoh peternakan ayam dapat membarikan penghasilan harian bagi petani, pemeliharaan ikan memberikan penghasilan setiap 20-30 hari atau 3 bulan, pertanaman semusim (padi, jagung, kedelai) memberikan penghasilan setiap 3-4 bulan, penggemukan domba memberikan penghasilan setiap 4 bulan, pertanaman tahunan (tanaman buah-buahan dan tanaman perkebunan) memberikan penghasilan dalam jangka panjang. Selain itu, pengusahaan tanaman dan hewan ternak juga ditunjukkan untuk melaksanakan fungsi pendaurulangan hara di dalam sistem agar dapat mengurangi penggunaan.

3. Implementasi pembangunan industri secara terpadu

Salah satu bentuk sistem pertanian terpadu yang telah berjalan adalah Low External Input Sustainable Agriculture (LEISA) dan *zero waste* dengan integrasi ternak-tanaman. Bentuk integrasi ini sejalan dengan konsep pembangunan

berkelanjutan yang ramah lingkungan. LEISA dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Pemenuhan pakan dari limbah tanaman perkebunan maupun tanaman pangan atau agroindustri tidak memerlukan lahan khusus sehingga menghemat penggunaan sumber daya lahan maupun air. Penanaman tanaman pakan maupun tanaman pangan yang diperuntukkan bagi ternak akan menambah penggunaan lahan baru dan air. Pola LEISA dan zero waste harus dioptimalkan dengan memanfaatkan biomassa yang terdapat di perkebunan kelapa sawit, karet, dan kelapa maupun hasil samping tanaman kopi, kakao, tebu, tanaman pangan, hortikultura dan hasil samping industri pertanian sebagai sumber pakan dan bahan pakan. Volume biomassa dapat diperkirakan dari luas panen atau luas tanam dan produksi tanaman pangan maupun perkebunan. Volume biomassa yang cukup besar sangat mendukung pembangunan peternakan yang hemat lahan dan air, selain dapat mengatasi masalah limbah perkebunan, tanaman pangan maupun hortikultura.

4. Strategi penjualan dan pemasaran

Produk dari pertanian terpadu dari pemasaran dan harga masih cenderung sama dengan produk pertanian konvensional. Padahal, produk pertanian terpadu dihasilkan dari proses terintegrasi yang lebih ramah lingkungan sehingga layak untuk diapresiasi. Untuk mensosialisasikan ini perlu ekspos yang salah satunya dapat melalui strategi penjualan dan pemasaran. Penjualan dan pemasaran produk agribisnis ini membutuhkan survei konsumen tentang informasi pasar. Seperti komoditas apa yang diminta pasar; berapa jumlahnya yang diminta; bagaimana kualitas yang diminta; di mana komoditas tersebut dikonsumsi; berapakah harga per satuan yang akan diperoleh; apakah

harga tersebut sudah layak, merupakan informasi yang penting dalam menentukan strategi pemasaran. Sumber informasi pasar diperoleh dari grosir, penjaja/ warung kecil, konsumen akhir dan lembaga keuangan, baik pemerintah atau swasta (bank, dan lainlain). Strategi penjualan dan pemasaran produk ternak-ternak yang umumnya dilakukan melalui pasar hewan, dapat juga dengan melakukan kontes ternak, serta penjualan dan pemasaran produk secara online.

BAB III

LIMBAH PERTANIAN

Kata limbah sering dimaknai juga sebagai sampah. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) limbah dapat diartikan sebagai :

1. Sisa proses produksi.
2. Bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga untuk maksud biasa atau utama dalam pembuatan atau pemakaian.
3. Barang rusak atau cacat dalam proses produksi; sedangkan pengertian sampah merupakan material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses.

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga) atau sampah perkotaan, sedangkan pengertian sampah adalah barang atau benda yang dibuang karena tidak terpakai lagi. Undang Undang No. 18 tahun 2008, mendefinisikan sampah sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau residual dari proses. Berdasarkan pengertian ini, limbah pertanian dapat diartikan sebagai sisa bahan panen atau residu, bagian tanaman atau buangan yang dihasilkan dari kegiatan pertanian, proses atau industri pertanian. Pertanian berasal dari kata tani yang berarti adalah mata pencaharian dalam bentuk bercocok tanam atau mata pencarian dalam bentuk mengusahakan tanah dengan tanam-menanam. Bertani adalah bercocok tanam atau mengusahakan tanah dengan tanam menanam (KBBI, 2015).

Pertanian dalam arti sempit adalah kegiatan bercocok tanam atau budidaya tanaman, sedangkan dalam arti luas pertanian merupakan kegiatan pemanfaatan sumber daya hayati atau makhluk hidup yang meliputi tanaman, hewan dan mikroba. Secara ringkas pertanian dapat diartikan sebagai kegiatan manusia untuk memanfaatkan sumber daya hayati (bioresources)

untuk menghasilkan bahan (1) pangan, papan, dan sandang, (2) baku industri, dan (3) sumber energi dan bahan lainnya. Ruang lingkup pertanian meliputi kegiatan mengusahakan (1) tanaman (pangan, hortikultura, perkebunan, dan tanaman keras atau tahunan lainnya), dan kehutanan, (2) peternakan (livestock atau animal husbandry), dan (3) perikanan (fishery atau aquaculture) (Nurmala *et al.*, 2012). Dalam konteks ini, produk pertanian bersifat dinamis dan dapat berubah menjadi limbah atau sampah setelah diangkut, dikemas atau diproses. Bahkan di perkotaan banyak produk pertanian menjadi limbah atau sampah karena tidak dimanfaatkan secara optimal atau terlambat dikonsumsi atau diproses.

Limbah pertanian diartikan sebagai bahan yang dibuang di sektor pertanian seperti jerami padi, jerami jagung, jerami kedelai, jerami kacang tanah, kotoran ternak, sabut dan tempurung kelapa, dedak padi, dan yang sejenisnya. Limbah pertanian dapat berbentuk bahan buangan tidak terpakai dan bahan sisa dari hasil pengolahan. sumber bahan organik sangat melimpah bahkan sebagian besar belum dimanfaatkan sehingga seringkali menjadi bahan polutan atau pencemar bagi lingkungan. Sebagian besar produk pertanian yang tidak dimanfaatkan menjadi limbah pertanian (pertanian tanaman pangan, sayuran, perkebunan, peternakan). Misalnya, limbah tanaman padi meliputi jerami dan sekam, jagung meliputi batang, daun, tongkol dan klobotnya. Proporsi limbah tersebut sangatlah besar, yakni sekitar 25–75%. Di lain pihak produk pertanian atau hasil panen yang diangkut ke perkotaan banyak yang terbuang dan menjadi limbah organik perkotaan.

Pemanfaatan limbah pertanian lebih difokuskan untuk keperluan yang berkaitan langsung kegiatan pertanian, bioenergi atau pemulihan kesuburan dan kesehatan tanah. Keberlanjutan pertanian Indonesia sangat tergantung pada pasokan bahan organik ke dalam tanah, tanpa pengembalian residu tanaman

(*recycling*) maka ketidaksuburan tanah akan semakin berlangsung cepat sehingga dapat menimbulkan bencana yang sangat serius di masa mendatang.

A. Jenis Limbah Pertanian

Pertanian pada umumnya dikenal hanya sebagai tanah dan tanaman yang dikelola. Namun pada kenyataannya, kegiatan budidaya pertanian yang berkualitas baik dan bernilai tinggi tidak terlepas dari cara pengelolaan lahan, pemilihan benih/bibit yang berasal dari varietas unggul, pemupukan dan pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) Selain itu, dalam budidaya tanaman, pertumbuhan dan perkembangan tanaman juga dipengaruhi dari faktor lingkungan, seperti tanah dan iklim, juga interaksi dari faktor-faktor tersebut.

Kegiatan pertanian budidaya menghasilkan potensi limbah yang dapat berasal dari sisa atau hasil ikutan dari produk utama. Limbah pertanian merupakan bagian dari tanaman pertanian yang berasal dari tanaman, berupa bagian pucuk, batang yang tersisa setelah dipanen ataupun setelah diambil hasil utamanya yang dapat dijadikan pakan alternatif bagi pakan ternak ruminansia maupun ternak unggas dan ternak ikan. Jenis limbah pertanian yang biasa digunakan sebagai sumber pakan antara lain limbah padi, limbah tanaman kedelai, limbah tanaman kacang tanah, limbah tanaman jagung, limbah tanaman jagung, limbah tanaman ubi kayu, limbah tanaman ubi jalar, dan lain-lain. Menurut Widayati dan Widalestari (1996), limbah pertanian lainnya yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan pendukung untuk ternak terutama ternak ruminansia antara lain kulit buah nanas, pucuk tebu, bungkil kacang tanah, jerami ketela rambat, jerami kedelai, jerami kacang tanah juga limbah berupa sayur-sayuran yang sudah tidak ter manfaatkan untuk manusia. Limbah-limbah

pertanian tersebut rata-rata memiliki kandungan serat kasar yang tinggi, namun ketersediaannya cukup melimpah di alam sehingga perlu adanya pemanfaatan yang lebih lanjut dengan sentuhan teknologi yang dapat mengubah bahan baku tersebut menjadi pakan bergizi dan sumber energi bagi ternak sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan terutama ternak ruminansia.

1. Tanaman padi

Pemanfaatan padi untuk pakan ternak terutama ternak unggas menyebabkan persaingan dengan kebutuhan manusia. Namun, limbah dari tanaman padi sangat berpotensi untuk dijadikan untuk pakan ternak. Limbah yang berasal dari tanaman padi berupa: jerami, dedak dan bekatul.

a) Jerami

Jerami padi merupakan limbah pertanian terbesar di Indonesia. Jumlah jerami padi yang dapat dimanfaatkan secara nasional pada tahun 2001 adalah 92 juta ton (Ditjen Bina Produksi Peternakan Deptan, 2004). Jerami dari tanaman padi dapat dimanfaatkan sebagai pakan untuk ternak ruminansia. Penggunaan jerami dari tanaman padi sebagai pakan ternak merupakan hal yang umum dilakukan di daerah tropis, terutama digunakan untuk makanan ternak ruminansia pada musim kemarau.

Pemanfaatan jerami padi sebagai pakan ternak baru mencapai 31-39 %, sedangkan yang dibakar atau dimanfaatkan sebagai pupuk 36-62 %, dan sekitar 7-16 % digunakan untuk keperluan industri. Fermentasi jerami (*mustard straw*) dengan fungi *G. lucidum* pada suhu 35°C selama 21 hari menghasilkan nilai pencernaan *in vitro* dan delignifikasi yang maksimal. Limbah tanaman padi, baik limbah lapangan maupun limbah pengolahan memberikan kontribusi yang paling besar dalam

penyediaan bahan baku pakan. Estimasi limbah yang dikeluarkan dari penanaman padi dengan produksi gabah pada tahun 2004 sebesar 54.088.468 ton adalah 2,2 juta ton beras pecah 4 juta ton dedak, 8,7 juta ton sekam dan 54 juta ton jerami. Jerami padi merupakan sisa dari pemanenan padi yang terdiri dari batang dan daun. Kualitas jerami padi sangat bervariasi, kandungan protein kasar berkisar antara 2-7%, ADF 41-56%, TDN (*Total Digestible Nutrient*) 43-54%, abu \pm 17%, Ca 0,2-0,7% dan P 0,07-0,16%. Jerami padi yang diberikan secara langsung tidak dapat memenuhi kebutuhan ternak karena hanya mempunyai pencernaan 35 - 37 % dengan kandungan protein kasar 3 - 4 % padahal untuk hidup pokok ternak ruminansia. Pada musim kemarau produksi hijauan kurang dan untuk menanggulangi masalah tersebut maka dimanfaatkan limbah pertanian berupa jerami padi dibutuhkan kecemasan 50 - 55 % dengan protein kasar 8 %.

b) Sekam

Kulit gabah adalah lapisan keras yang meliputi kariopsis, terdiri dari dua belahan yang disebut lemma dan palea yang saling bertautan. Sekitar 17% dari berat total gabah adalah kulit gabah atau sekam. Kulit gabah dapat digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain bahan energi alternatif, bahan baku industry kimia dan bahan baku industry bangunan dan bahan pakan ternak. Kulit gabah termasuk bahan pakan berkualitas rendah. Menurut Murni (2008) komposisi kimia kulit gabah adalah bahan kering 92%, protein kasar 3,0%, abu 19%, serat kasar 39,6%, dinding sel 76,0%, selulosa 30,0%, lignin 15% dan ADF 66,0%. Kulit gabah biasanya digiling terlebih dahulu sebelum dicampurkan dengan bahan pakan lain yang lebih palatable. Dedak dan bekatul yang merupakan limbah dari penggilingan padi, dapat

dimanfaatkan sebagai pakan ternak ruminansia dan ternak unggas. Banyaknya dedak yang dihasilkan pada proses penggilingan tergantung pada cara pengolahan. Tingginya kandungan serat kasar tersebut merupakan penyebab terbatasnya penggunaan dedak dalam ransum ternak, terutama ternak unggas.

Di perkebunan penanganan limbah masih sangat ekstensif. Sementara luas perkebunan rakyat adalah 2,1 juta ha dan menghasilkan 75% dari produksi karet Indonesia, dan luas area kelapa adalah 3,0 juta ha, serta 99% merupakan perkebunan rakyat. Menurut lokasi pembentukannya, limbah hasil perkebunan dapat digolongkan menjadi 2 (dua) kelompok, yaitu :

- 1) Limbah di lapangan, berupa sisa tanaman yang ditinggalkan pada waktu panen, peremajaan atau pembukaan areal perkebunan baru. Contoh: kayu, ranting, dan daun karet, pucuk, dan daun tebu, batang tembakau, pelepah dan biji karet, serta gulma hasil penyiangan kebun. Setiap pembukaan perkebunan baru menghasilkan kayu tebangan hutan antara 40-50 m³ /ha.
- 2) Limbah di tempat pengolahan, yaitu hasil ikutan yang terbawa pada waktu panen, hasil utama panen dan kemudian dipisahkan dari produk utama dalam proses pengolahan. Menurut penggunaannya, jenis limbah ini dapat dibagi dalam 3 (tiga) kategori, yaitu:
 - diolah menjadi produk tersendiri, karena memiliki arti ekonomis yang besar, misalnya tetes, inti sawit, lateks skim dari pengolahan lateks pekat, tempurung kelapa, tangkai buah mete dan kulit buah mete (bahan CNSL = Cashew Nut Shell Liquid).
 - Didaur ulang untuk menghasilkan energi dalam pengolahan dan sebagai pupuk, misalnya: tandan

kosong, cangkang dan sabut buah sawit, tempurung dan sabut kelapa, bagas tebu, kayu karet untuk pengasapan RSS. Sebagai contoh, ampas tebu basah (kadar air 50%) memiliki nilai kalor pembakaran 1900 kkal/kg, sedangkan ampas tebu kering (kadar air 15%) nilai kalornya 3800 kkal/kg. Nilai kalor pembakaran 1 kg bahan bakar minyak dapat digantikan oleh 2,2 kg bahan biomassa kering.

- Dibuang sebagai sampah pengolahan. Contoh limbah ini menurut wujudnya adalah: a. Bahan padat: pulp buah kopi dan coklat, kulit ari biji kopi dan coklat, "sludge" lateks dan sawit, blotong gula, serta tatal kulit sadap karet. b. Bahan cair: serum lateks, air buangan (sewage) pabrik sawit, air cucian buah kopi dan coklat, serta air kelapa. c. Bahan gas: gas cerobong, uap air buangan pabrik sawit dan gula, amoniak dari pabrik lateks pekat, serta karbondioksida hasil fermentasi tetes. Sebuah pabrik alkohol dari tetes dengan kapasitas 60 kl/hari menghasilkan 21,6 ton karbondioksida per hari.

2. Tanaman jagung

Hasil ikutan dari produk utama tanaman jagung yang sudah dipanen dan dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak ruminansia. Hasil ikutan ini dapat menyediakan bahan baku sumber serat/pengganti baku sumber serat/pengganti hijauan yaitu berupa: jerami, tongkol jagung, klobot, yang bagus digunakan sebagai bahan pakan, baik sebelum dilakukan pengolahan maupun sesudah melalui proses pengolahan.

3. Tanaman ubi kayu

Tanaman ubi kayu (Cassava) merupakan makanan pokok ketiga setelah padi dan jagung di Indonesia. Tanaman

ini merupakan tanaman tropis yang potensial dan sangat penting sebagai pakan ternak sumber energi (umbi) dan protein (daun) dalam jumlah besar. Limbah tanaman ubi kayu yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak berupa daun ubi kayu setelah masa panen. Produksi biomassa hijauan ubi kayu terdiri atas daun, tangkai daun dan batang. Selain itu, hasil lain dari limbah tanaman ubi kayu yang merupakan hasil sampingan dari industri tapioka adalah onggok. Onggok dapat digunakan sebagai bahan baku pakan ternak sebagai sumber energi, meskipun memiliki nilai gizi sedikit lebih rendah dari ubi kayu. Tanaman Lainnya dengan melimpahnya ketersediaan hasil ikutan yang memiliki kandungan serat kasar yang tinggi dari limbah-limbah pertanian, perlu kajian dan sentuhan teknologi yang dapat merubah bahan baku menjadi pakan bergizi agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi ternak. Terutama untuk pakan ternak ruminansia.

4. Kulit buah coklat

Kulit buah kakao dimanfaatkan sebagai sebagai pupuk, pembuatan gas bio atau sebagai bahan pembuat pektin. Selain itu pulp dari limbah fermentasi biji berguna dalam pembuatan alcohol. Buah coklat terbagi atas kulit buah, pulp, placenta, dan biji. Kulit buah adalah kulit bagian terluar yang menyelubungi buah kakao dengan tekstur kasar, tebal, dan agak keras. Menurut Laconi (1998) bahwa kulit buah kakao merupakan hasil dari proses pengolahan buah kakao yang telah dipisahkan dari buahnya dan merupakan salah satu limbah yang sangat potensial untuk dijadikan bahan makanan ternak ruminansia. Kulit buah kakao dapat menjadi salah satu bahan dalam sistem pakan ternak. Kulit buah kakao merupakan bahan makanan ternak yang berserat tinggi dan mengandung bahan lignoselulotik (Roesmanto, 1991). Bahan yang demikian umumnya sudah

mengalami proses lignifikasi lanjut dan selulosanya sudah berbentuk kristal dan tidak lagi berbentuk amorf (Jackson, 1978).

Selanjutnya dikatakan bahwa buah kakao yang masak mempunyai kulit buah yang tebal dan di dalam setiap buah terdapat 30-50 biji, tergantung pada varietasnya. Bijinya dikelilingi oleh pulp yang berlendir seperti getah. Penggunaan kulit kakao untuk ternak sapi bisa 30±40% dari kebutuhan pakan, dengan demikian pemanfaatan kulit buah kakao dapat mengantisipasi masalah kekurangan pakan ternak serta menghemat tenaga kerja dalam penyediaan pakan hijauan (Anas *et al.*, 2011).

5. Kulit buah kopi

Kopi termasuk tanaman yang menghasilkan limbah hasil sampingan yang cukup besar dari hasil pengolahan. Limbah sampingan tersebut berupa kulit kopi yang jumlahnya berkisar antara 50 - 60 persen dari hasil panen. Bila hasil panen sebanyak 1000 kg kopi segar berkulit, maka yang menjadi biji kopi sekitar 400-500 kg dan sisanya adalah hasil sampingan berupa kulit kopi. Limbah kulit kopi belum dimanfaatkan petani secara optimal. Padahal kulit kopi bisa dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk kompos (Puslitkoka, 2005) dan bisa digunakan sebagai pakan karena kulit kopi mempunyai pencernaan protein sebesar 65% dan 51,4% untuk kulit biji (Azmi dan Gunawan, 2006). Kulit kopi cukup potensial untuk digunakan sebagai bahan pakan ternak ruminansia baik itu ruminansia kecil maupun ruminansia besar. Kandungan nutrisi kulit kopi non fermentasi seperti protein kasar sebesar 8,49%, Hasil analisa proksimat relatif sebanding dengan kandungan zat nutrisi rumput. Kulit kopi diberikan langsung dalam bentuk basah, kadar air yang cukup tinggi sehingga mudah rusak dan kurang disukai ternak. Namun

selain itu tingginya kandungan serat kasar dan adanya kandungan tanin, cafein dan lignin pada kulit kopi non fermentasi yang dapat mengganggu pencernaan ternak jika diberikan dalam jumlah banyak. Salah satu cara untuk meminimalkan faktor pembatas tersebut, kulit kopi diolah terlebih dahulu sebelum diberikan kepada ternak. Salah satu proses pengolahan yang dapat dilakukan adalah teknologi fermentasi (Azmi dan Gunawan, 2006).

6. Limbah perkebunan kelapa sawit

Limbah industri kelapa sawit adalah limbah yang dihasilkan pada saat proses pengolahan kelapa sawit. Limbah ini digolongkan dalam tiga jenis yaitu limbah padat, limbah cair, dan gas. Salah satu jenis limbah padat industri kelapa sawit adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Limbah padat mempunyai ciri khas pada komposisinya. Komponen terbesar dalam limbah padat tersebut adalah selulosa, disamping komponen lain meskipun lebih kecil seperti abu, hemiselulosa dan liqnin. Limbah cair juga dihasilkan pada proses pengolahan kelapa sawit terutama dari centrifuge waste dan claybath waste. Limbah cair ini apabila dibuang keperairan akan mengakibatkan perubahan sifat fisika, kimia, dan biologi perairan sehingga akan merusak lingkungan. Oleh karena itu industri kelapa sawit melakukan suatu perlakuan terhadap limbah cairnya sebelum dibuang ke badan air sehingga mengurangi pencemaran limbah cair PKS pada badan air.

Industri kelapa sawit selain menghasilkan limbah padat dan cair, juga menghasilkan limbah bahan gas. Limbah bahan gas ini antara lain dari gas buangan uap air pada saat perebusan. Pengolahan limbah Pada Kelapa Sawit pada dasarnya terdiri dari dua aspek, yaitu penanganan dan pemanfaatan limbah cair. Proses pengolahan limbah cair kelapa sawit ini terdiri dari perlakuan awal dan

pengendalian pengutipan minyak (fat-pit). Penurunan suhu limbah dari 70°C-80°C menjadi 40°C-45°C Selanjutnya limbah cair dialirkan ke kolam pengasaman. Air limbah di dalam kolam ini akan mengalami asidifikasi, yaitu terjadinya kenaikan konsentrasi asam-asam mudah menguap (volatile fatty acid) dari 1000 mg/l menjadi 5000 mg/l sehingga air limbah yang mengandung bahan organik lebih mudah mengalami biodegradasi dalam suasana anaerobik. Sebelum diolah di unit C melalui menara atau bak pendingin. Hampir seluruh buangan pabrik kelapa sawit mengandung bahan organik yang dapat terdegradasi.

7. Limbah industri karet

Proses pengolahan karet menghasilkan limbah cair yang banyak mengandung senyawa organik. Pengendalian pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah karet perlu mendapat perhatian yang serius untuk dipelajari dan diteliti agar tingkat pencemaran limbah yang dibuang ke perairan limbah yang terbentuk pada industri karet dapat berupa limbah cair, limbah padat.

Limbah cair karet merupakan air sisa produksi dari pengolahan karet menjadi benang karet dan air dari pembersihan alat/area. Limbah karet mengandung amoniak dan nitrogen total yang berbahaya apabila melewati batas standar yang telah ditetapkan sehingga dapat mencemari air sungai dan lingkungan sekitarnya. Pengolahan limbah cair tersebut dilakukan dengan menampungnya pada bak penampungan limbah untuk kemudian diendapkan, dsaring dan sisanya dialirkan ke lingkungan.

Limbah padat yang dihasilkan berupa busa lateks dan sisa slab. Limbah padat hasil pengolahan dari IPAL berasal dari proses koagulasi kimia dengan Ferosulfat dikeringkan di drying bed ditampung di bak penampung.

8. Limbah tebu

Tebu adalah bahan baku dalam pembuatan gula (gula kristal putih, white sugar plantation) di pabrik gula. Dalam operasionalnya setiap musim giling (setahun), pabrik gula selalu mengeluarkan limbah yang berbentuk cairan, padatan dan gas. Limbah cair meliputi cairan bekas analisa di laboratorium dan luberan bahan olah yang tidak disengaja. Limbah padat meliputi ampas tebu, abu dan debu hasil pembakaran ampas di ketel, padatan bekas analisa laboratorium, blotong dan tetes. Limbah gas meliputi gas cerobong ketel dan gas SO₂ dari cerobong reaktor pemurnian cara sulfitasi. Pengelolaan limbah pabrik tebu berupa pembuatan bioetanol, pemanfaatan pucuk tebu sebagai bahan pakan ternak, ampas tebu untuk pakan ternak dan pembuatan senyawa furfural beserta turunannya, serta pembuatan pupuk kompos dari blotong. Sedangkan untuk limbah berupa asap dapat dikelola dengan jalan menekan pengeluarannya diudara bebas. Limbah dari pabrik gula yaitu tetes, dapat dipakai sebagai bahan baku pabrik alcohol. Limbah cair yang dikeluarkan pabrik merupakan limbah organik dan bukan Limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya). Limbah cair ini dikelola melalui dua tahapan. Limbah padat berupa ampas tebu (bagasse) dapat dapat dijadikan bubur pulp dan dipakai untuk pabrik kertas, untuk makanan ternak; bahan baku pembuatan pupuk, particle board, bioetanol, dan sebagai bahan bakar ketel uap (boiler) sehingga mengurangi konsumsi bahan-bakar minyak oleh pabrik. (Salamah *et al.*, 2009).

B. Pengelolaan Limbah Pertanian

Tujuan pengolahan limbah adalah menurunkan kandungan bahan organik dan bahan lainnya di dalam limbah, baik dalam bentuk cair maupun gas sehingga diperoleh

konsentrasi yang aman untuk dibuang. Limbah seyogyanya dapat dianggap sebagai sumber daya tambahan yang dapat dimanfaatkan. Pemanfaatan limbah di samping mempunyai nilai ekonomis juga mempunyai arti penting bagi lingkungan. Metode yang paling efektif untuk menangani limbah adalah mengaitkan fasilitas untuk proteksi lingkungan dan untuk pengolahan lebih lanjut dari limbah ke dalam produk-produk yang berguna. Penanganan dan pengendalian limbah merupakan masalah yang semakin lama semakin kompleks dan rumit. Semakin maju pembangunan industri (termasuk industri hasil pertanian), maka akan semakin banyak limbah yang dibuang. Sampai saat ini masih banyak limbah buangan yang belum tertangani dengan baik dan tepat. Limbah padat masih terlihat terbengkalai di manamana dan menimbulkan bau yang tidak sedap dan perasaan kotor serta merusak pandangan mata.

Pertanian tanaman pangan pada dasarnya merupakan suatu proses biologis yang menyadap energi surya dan hara yang terdapat dalam tanah, sejak biji ditanam sampai waktu panen tiba. Sesudah panen pun energi masih perlu diberikan. Keseluruhan produk hasil biologis tersebut disebut biomassa. Karena berbagai alasan sebagian besar dari biomassa tersebut berakhir menjadi limbah. Suatu contoh pada tanaman padi, di samping gabah, dihasilkan juga biomassa dalam bentuk jerami padi yang diperkirakan jumlahnya sama dengan gabah yang diproduksi. Dari 100 kg tanaman padi kering hanya diperoleh 28,9 kg beras, sedangkan yang berbentuk limbah yaitu 55,6 kg jerami, 8,9 kg sekam dan 3,6 kg bekatul, belum mendapat perhatian dan dimanfaatkan menjadi jenis komoditi yang lebih ekonomis.

Di pusat-pusat penggilingan padi, sekam merupakan bahan limbah padi dan menjadi masalah besar. Untuk mengatasinya, yang biasa dilakukan adalah membakarnya di

tempat yang terbuka. Sekam merupakan sumber energi panas yang penting, dengan pembakaran tersebut sesungguhnya terjadi pembuangan energi sebanyak 3000 kkal per kg. Limbah padi tersebut tersebar di seluruh Indonesia khususnya di tempat-tempat penggilingan padi yang berukuran besar, sedang, dan kecil. Karena itu bila limbah-limbah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan industri maka berbagai faktor harus dipertimbangkan, di antaranya mengenai masalah pengumpulan, pengangkutan limbah serta penyimpanannya. Di tempat pengolahan, ketersediaan limbah yang akan diolah harus betul-betul diperhatikan supaya dapat diperoleh bahan mentah dalam jumlah yang diperlukan dan pada waktu yang tepat secara kontinyu. Selain limbah padi ada juga limbah pertanian hasil pengolahan singkong. Dalam pengolahan singkong menjadi tepung tapioka, selalu dihasilkan limbah dalam jumlah besar yang disebut ongkok. Disamping itu juga dihasilkan sisa cairan buangan yang meliputi 20% dari berat singkong mentah. Dalam laboratorium ternyata limbah singkong yang tinggi kandungan karbonnya tersebut dapat dimanfaatkan sebagai substrat untuk pembuatan atau produksi enzim pektinase, dengan suplementasi beberapa zat atau bahan lain.

Cara-cara pembuangan limbah yang kurang produktif dapat diganti dengan cara-cara yang dapat membantu meningkatkan produktivitas hasil pertanian, menghemat energi, memperbaiki lingkungan, dan memperkuat ketidaktergantungan petani dari desa. Dalam melakukan suatu proyek pemanfaatan limbah, dari segi kesehatan, jumlah dan mutu limbah serta analisa penggunaan akhir harus dipertimbangkan. Tersedianya limbah tanaman pada musim tertentu serta residu yang mudah rusak secara biologis mungkin lebih menguntungkan bila dibuat kompos atau ensilage. Langkah-langkah pengolahan limbah harus

dipertimbangkan dengan benar bila ingin memanfaatkan limbah manusia dan kotoran ternak, karena dapat membahayakan kesehatan umum. Hal yang paling penting adalah bahwa setiap usaha atau proyek yang mengolah limbah dan menyerap sebagian besar limbah pertanian dari suatu daerah pertanian, harus mempertimbangkan ancaman erosi hara potensial atau jenis kerusakan lahan.

1. Limbah untuk pangan

Limbah pertanian dapat diubah menjadi beberapa jenis bahan pangan melalui proses bioteknologi. Di berbagai negara telah dikembangkan pemanfaatan jerami dan serbuk gergaji dalam kegiatan produksi jamur pangan. Pengembangan jamur pangan (*common mushroom*) pada substrat jerami yang telah dikomposkan telah menjadi usaha besar di Taiwan. Beberapa jenis jamur pangan lain dapat ditumbuhkan pada sisa-sisa industri tekstil atau kapas, baik bagas (ampas tebu), sisa-sisa kertas dan daun pisang. Beberapa jenis jamur pangan dipanen hanya dalam waktu 9 hari setelah ditanam. Khamir (yeast) yang dapat dikonsumsi oleh manusia (food grade) dapat ditumbuhkan pada tetes atau molases pada ampas kentang serta ampas singkong.

2. Limbah untuk pakan

Kebutuhan industri pakan ternak, ternyata belum dapat dipenuhi secara optimal. Hal ini disebabkan oleh bahan baku yang kurang mencukupi. Di pihak lain masih banyak limbah hasil pertanian yang belum dimanfaatkan. Nilai gizi dari limbah pertanian seperti jerami dan sekam dapat diperbaiki melalui pengolahan, baik secara kimia, fisika, ataupun biologis. Pada tahun 1984 jumlah kebutuhan pakan ternak unggas sebesar 1.381.000 ton. Seperti diketahui sebagian besar pakan ternak, kecuali dedak dari padi masih menggunakan bahan pertanian utama, sama seperti yang dikonsumsi manusia. Teknik penanganan

limbah menjadi makanan ternak dapat dilakukan dengan teknologi sederhana, dan karenanya hanya memerlukan waktu serta modal yang relatif sedikit dan hasilnya dapat meningkatkan tambahan berat yang nyata. Di samping itu berbagai limbah dapat pula difermentasi di luar lambung ruminansia dengan proses simulasi aktivitas rumen. Dengan teknik tersebut dapat ditingkatkan daya cerna bahan limbah baik untuk pakan ruminansia maupun pakan nonruminansia.

3. Limbah untuk energi

Limbah pertanian dapat diolah menjadi sumber energi. Limbah mempunyai komposisi, densitas, nilai kalor dan sifat lain yang berbeda-beda. Kandungan kalor limbah pertanian sama seperti bahan bakar konvensional lainnya. Prospek nilai limbah sebagai bahan energi sangat tergantung dengan harga, kemudahan tersedianya, dan konversinya. Pada prinsipnya, energi baik dalam bentuk gas, cair maupun padat dapat diproduksi dari limbah pertanian. Di dalam laboratorium dapat diproduksi 40 gram minyak dari 1 kg kayu dengan proses yang menggunakan reaksi suhu tinggi dan tekanan tinggi. Setiap ton jerami (gandum) bila dipanaskan sampai 500-600 0C akan mampu menghasilkan 300 kg arang, 30 liter ter, dan 280 m² gas (15.000 kg/m³). Kini dengan proses biofermentasi, berbagai limbah pertanian dapat digunakan sebagai sumber energi baru dalam bentuk biogas.

Pengelolaan limbah padi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pengelolaan secara padat dan pengelolaan secara cair.

- a. Pengelolaan secara padat ; Dalam pengelolaan secara padat, limbah tanaman padi bisa di hasilkan antara lain sekam kasar, dedak, dan menir. Sekam banyak dimanfaatkan sebagai bahan pengisi untuk pembuatan

bata merah, dipakai sebagai bahan bakar, media tanaman hias, diarangkan untuk media hidroponik, diekstrak untuk diambil silikanya sebagai bahan empelas dan lain-lain. Dedak halus digunakan sebagai pakan ternak ayam, bebek atau kuda, sementara menirnya dimanfaatkan sebagai campuran makanan bayi karena kandungan vitamin B1 nya tinggi, makanan burung.

- b. Pengelolaan secara cair ; Salah satu pengelolaan limbah tanaman padi adalah sekam padi. Sekam padi merupakan salah satu limbah pertanian yang pemanfaatannya masih sedikit. Limbah sekam padi dapat dimanfaatkan dalam proses pembuatan asap cair dengan proses pirolisa. Asap cair yang dihasilkan dari proses pirolisa ini dapat digunakan sebagai insektisida organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase asap cair yang dihasilkan setiap kilogram sekam padi, melakukan pengujian asap cair sebagai insektisida dan mengetahui pengaruh variasi lama waktu pirolisa terhadap volume asap cair yang dihasilkan. Variasi lama waktu pirolisa yang dilakukan yaitu 1, 1.5, dan 2 jam dengan massa sekam padi 2 kg pada setiap ulangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama pirolisa yang optimum adalah 2 jam pada suhu berada dalam interval 380-430 °C, dimana rata-rata volume asap cair yang dihasilkan sebanyak 25,83 ml, rata-rata sekam padi setelah pirolisa 83,3 %, kinerja alat 1,24 gr/jam.m kondensor, dan komponen yang hilang sebesar 13,45 %. Asap cair dapat membunuh serangga yang ada pada pohon kakao. Lama pirolisa berpengaruh terhadap asap cair yang dihasilkan. Semakin lama waktu pirolisa, maka semakin banyak asap cair yang dihasilkan. Untuk dapat memanfaatkan limbah secara optimal perlu dikaji beberapa aspek teknis, ekonomis, sosial dan lingkungan yaitu :

1. Jumlah, waktu pengadaan, dan lokasi limbah, serta fluktuasinya sepanjang tahun atau musim.
2. Pemungutan di lapangan: jumlah biomassa, kebutuhan tenaga kerja, peralatan, energi, kondisi, dan topografi lapangan serta fasilitas penampungan.
3. Transportasi: “bulk density” limbah, kadar air, jarak sampai tempat tujuan, kondisi jalan, bahaya (hazard), resiko kerusakan atau pelapukan.
4. Struktur fisik dan komposisi kimia serta kandungan energi (nilai kalor pembakaran) bahan limbah.
5. Berbagai alternatif pemanfaatan limbah, teknologi pengolahan yang tersedia dan biaya pengolahan serta nilai dari produk yang dihasilkan.
6. Tingkat pencemaran lingkungan dan teknologi penanganan bahan buangan yang tersedia untuk menjamin kelestarian lingkungan hidup.
7. Pengorganisasian pengumpulan, pengolahan dan pemasaran produk dari limbah tersebut.

BAB IV

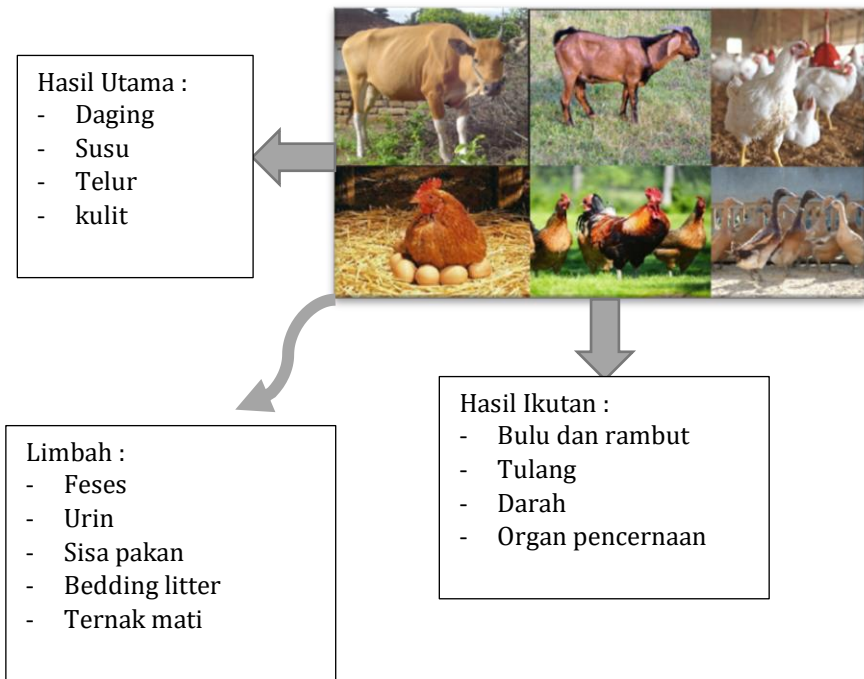
LIMBAH PETERNAKAN

A. Jenis Limbah Peternakan

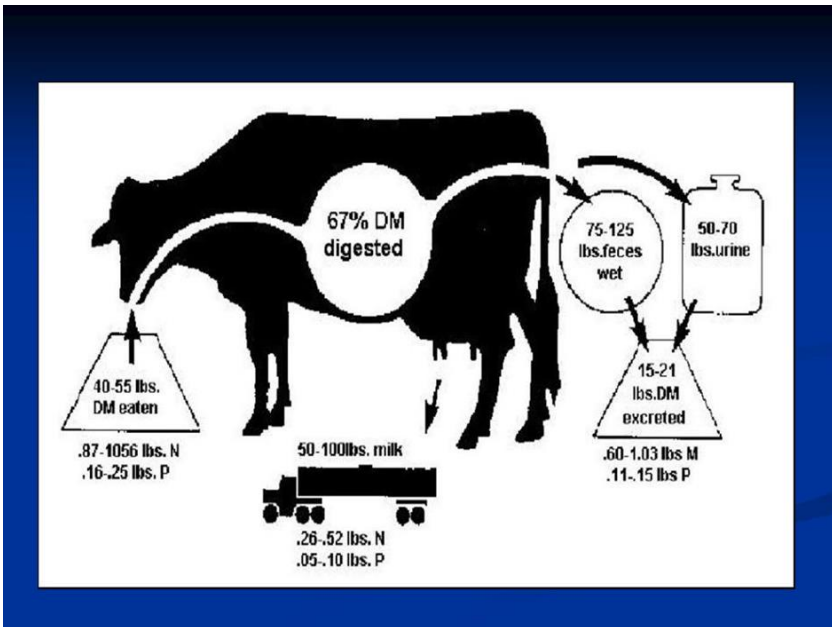
Limbah ternak yaitu sisa buangan dari suatu kegiatan usaha peternakan seperti usaha pemeliharaan ternak, pengolahan produk ternak, rumah potong hewan, dan lainnya. Semakin berkembangnya usaha peternakan, maka limbah peternakan yang dihasilkan semakin meningkat. Sedangkan Pariera berpendapat, bahwa limbah peternakan adalah semua buangan yang meliputi semua kotoran yang dihasilkan dari usaha peternakan yang bersifat padat, cair, gas dan sisa pakan. Limbah peternakan merupakan salah faktor yang harus diperhatikan pada usaha peternakan, selain faktor bibit ternak, pakan, kandang, penyakit ternak dan panen. Dikatakan demikian karena tidak jarang suatu peternakan diminta untuk menutup usahanya oleh warga masyarakat sekitar karena limbahnya dituding telah mencemari lingkungan. Total limbah yang dihasilkan peternakan tergantung dari spesies ternak, besar usaha, tipe usaha dan lantai kandang. Limbah ternak meliputi limbah padat dan limbah cair seperti feses, urine, sisa makanan, embrio, kulit telur, lemak, darah, bulu, kuku, tulang, tanduk, isi rumen, dan lain-lain

Limbah peternakan meliputi semua kotoran yang dihasilkan dari suatu kegiatan usaha peternakan baik berupa limbah padat dan cairan, gas, maupun sisa pakan. Limbah padat merupakan semua limbah yang berbentuk padatan atau dalam fase padat (kotoran ternak, ternak yang mati, atau isi perut dari pemotongan ternak). Limbah cair adalah semua limbah yang berbentuk cairan atau dalam fase cairan (air seni atau urine, air dari pencucian alat-alat). Sedangkan limbah gas adalah semua limbah berbentuk gas atau dalam fase gas.

Kotoran sapi yang terdiri dari feces dan urine merupakan limbah ternak yang terbanyak dihasilkan dan sebagian besar manure dihasilkan oleh ternak ruminansia seperti sapi, kerbau kambing, dan domba. Kotoran ternak merupakan sumber protein, kalsium, fosfor, dan mineral. Selain itu asam aminonyapun sangat beragam. Namun, dalam penggunaannya, kotoran ternak harus melalui proses terlebih dahulu. Bila tidak diproses, selain baunya yang menyengat, dikhawatirkan pula penggunaan kotoran ternak akan menjadi sumber penyakit. Jenis produk usaha peternakan dapat dilihat pada gambar 12 dan 13.



Gambar 12. Jenis produk usaha peternakan



Gambar 13. Produk yang dihasilkan ternak sapi

Secara umum sifat dan karakteristik limbah ternak dikelompokkan dalam bentuk dan sifat limbah. Berdasarkan bentuk limbah dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Padat ; semua limbah yang berbentuk padatan atau dalam feses padat. Contohnya feses, bedding, isi perut/rumen, ternak mati, dll.
2. Cair ; semua limbah dalam bentuk cair atau berada dalam feses cair. Contohnya urine, air cucian ternak, dll.
3. Gas ; semua limbah dalam bentuk gas atau berada dalam fese gas. Contohnya NH₃, H₂S, CH₄, dan gas lainnya yang berkaitan dengan bau.

Berdasarkan sifat limbah ternak dibagi menjadi 3 yaitu sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologis :

1. Sifat fisik ; jumlah limbah dan kandungan padatnya tersuspensi dengan larut, selain itu temperatur, warna, bau, berat jenis dan ukuran partikel.

2. Sifat kimia ; banyak berkaitan dengan kandungan nutrisi/hara seperti unsur makro hara yaitu N, P, K maupun unsur hara mikro yaitu Ca, Zn, dll. (tabel 2).
3. Sifat biologis ; berkaitan erat dengan kandungan mikroorganisme dalam limbah seperti oksigen terlarut, oksigen biokimi, dan pH.

Tabel 2. Kandungan unsur hara pada beberapa jenis kotoran ternak

Jenis kotoran ternak	Jenis unsur hara (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Domba	2,4	1,1	3,5	1,5	0,7	0,5
Sapi	2,0	1,5	2,0	4,0	1,0	0,5
Unggas	5,0	3,0	1,5	4,0	1,0	2,0
Kuda	2,0	1,5	1,5	1,5	1,0	0,5
Kelinci	2,6	2,5	1,9	2,1	0,5	0,4

(Mulyatun, 2016)

Kandungan unsur hara N dari ternak pemakan hijauan berkisar antara 2,0- 2,6%. Selain unsur N, kotoran kelinci juga mengandung unsur P yang cukup tinggi (2,5%) yang hampir menyamai kotoran unggas (3,0%). Dibandingkan dengan ternak lainnya, kotoran ternak domba dan sapi mengandung lebih banyak unsur K. Kotoran ternak sapi memiliki kandungan unsur Ca yang sama dengan kotoran ternak unggas (4,0%), dan jauh lebih banyak dibandingkan dengan ternak lainnya. Sementara itu, kandungan unsur Mg dan S yang kurang lebih serupa terdapat dalam kotoran ternak yang berkisar antara 0,5-1,0% (Mg) dan 0,4-2,0% (S).

B. Pengelolaan Limbah Peternakan

Beberapa alasan limbah ternak harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan, yaitu :

1. Penguraian bahan organik secara cepat akan mengganggu pertumbuhan tanaman.

2. Pasokan unsur hara yang tersedia untuk tanaman sangat sedikit.
3. Struktur bahan organik pada limbah segar sangat kasar daya serapnya rendah sehingga akan mengganggu proses penyerapan air oleh tanah.
4. Ketersediaan limbah ternak tidak kontinu sepanjang waktu sehingga menyimpan dalam bentuk kompos merupakan solusi yang baik sebelum digunakan sebagai pupuk.

Dalam mengelola peternakan apa pun sistem yang digunakan perlu direncanakan sejak awal bagaimana cara pengelolaan limbahnya. Dalam pengelolaan limbah, yang perlu dipikirkan adalah hal-hal yang berhubungan dengan lingkungan dan produksi limbah, yaitu:

1. Lingkungan di dalam kandang

Lingkungan dalam kandang adalah lingkungan yang ada di dalam kandang. Yang termasuk dalam lingkungan dalam kandang adalah kesehatan pekerja dan kesehatan hewan, terutama bila limbah yang dihasilkan disimpan di bawah kandang. Walaupun ada kecenderungan dimana penyimpanan manur (campuran kotoran dan material yang sudah tidak digunakan atau limbah) diletakkan di luar kandang, namun sebagian besar peternakan dalam kandang (intensif) dewasa ini masih memiliki tempat penyimpanan manur berupa pit atau lubang saluran di bawah kandang. Lingkungan dalam kandang dapat merupakan ancaman bagi kesehatan peternak maupun ternaknya, apabila tidak dirancang dan dikelola dengan baik, misalnya dengan membuat atap khusus agar kandang dapat memperoleh sinar matahari yang cukup dan memiliki ventilasi yang dapat mengalirkan pergantian udara dengan baik, sehingga kandang tidak gelap, pengap dan bau tidak sedap. Ancaman kesehatan dalam kandang dapat berasal dari kurang lebih 60

macam gas berbahaya karena beracun atau zat-zat yang bersifat iritan yang terbebaskan sebagai hasil samping dari pencernaan anaerobik yang terjadi pada manur dalam kandang.

2. Lingkungan di luar kandang

Lingkungan di luar kandang adalah lingkungan yang ada di sekeliling luar kandang. Yang penting diperhatikan di sini adalah bau yang kurang sedap dan polusi yang terjadi bila limbah yang ada diaplikasikan dari tempat penyimpanan ke lahan pertanian (Miller, 1975; Spoeltra, 1980). Gas-gas yang berbau dihasilkan oleh bakteri anaerob yang memetabolisme produk-produk limbah. Bila penanganan limbah tidak direncanakan dari awal, hasilnya dapat membahayakan, tidak hanya lingkungan di dalam kandang, namun juga lingkungan di sekeliling kandang, bahkan dapat lebih meluas menjadi lingkungan di sekitar peternakan. Pembuangan air limbah sisa pencucian kandang bila tidak ditangani terlebih dahulu, dan langsung dibuang di sekeliling kandang dapat menyebabkan penurunan kualitas air tanah. Polusi air dapat disebabkan oleh runoff (luapan) dari manur atau kontaminasi permukaan.

Kemajuan industri peternakan dengan tersebarnya peternakan besar (di negara-negara maju), maupun peternakan menengah ke bawah (di negara berkembang) meningkatkan banyak problema yang berkaitan dengan cara pengelolaan untuk menjaga kandang, gudang, atau perumahan agar tetap bersih. Banyak usaha yang dilakukan untuk menjaga agar peternak, ternak dan lingkungannya tidak terancam oleh masalah penyakit akibat limbah yang dihasilkan. Jadi, dengan membuat perencanaan pengelolaan limbah diharapkan dapat mengurangi masalah yang mungkin ditimbulkan oleh adanya limbah yang dihasilkan. Perencanaan Pengelolaan limbah dapat mencakup

bagaimana menangani limbah agar tidak mengganggu kesehatan peternak, ternak dan masyarakat di sekitarnya, serta bagaimana memanfaatkan limbah menjadi sesuatu yang tidak membahayakan lingkungan bahkan dapat digunakan sebagai sesuatu yang bermanfaat baik oleh ternak, peternak, maupun lingkungan.

Salah satu contoh penanganan limbah adalah dengan mengatur kemiringan dan kepadatan lantai, drainase, tempat penampungan makanan, penanaman rumput-rumput pencegah erosi dan beberapa hal lain dapat diusahakan secara optimum untuk dapat mengurangi atau menghilangkan problem tentang manur di sekitar feedlot tersebut. Usaha lain untuk memperbaiki efisiensi penanganan limbah dan pembuangannya secara umum adalah dengan cara menggunakan kolam penampung limbah (retention basin atau lagoon atau beberapa model penampungan limbah dengan struktur perlakuan yang serupa) dimana limbah dapat diisolasi dalam kolam penampungan dan dapat mengurangi tersebarnya limbah ke wilayah dalam dan di sekitar kandang. Isolasi limbah dalam kolam penampungan ini dapat menurunkan frekuensi dampak negatif dari limbah bahkan dapat meniadakannya. Akan tetapi masih ada beberapa masalah yang dapat timbul dengan pembuatan kolam penampung seperti berikut ini :

- a) Bau yang ditimbulkan sehubungan dengan aktivitas biologis dalam kolam tersebut.
- b) Isi kolam (padatan dan lumpur) juga harus diangkat/dikeluarkan apabila kolam tersebut penuh sebab akan terjadi luapan yang dapat berakibat pada penurunan kualitas air tanah.

BAB V

PENGOLAHAN LIMBAH PERTANIAN DAN PETERNAKAN

A. Biochar

1. Manfaat biochar

Biochar atau arang adalah produk yang dihasilkan ketika limbah biomassa (diutamakan limbah pertanian) dipanaskan tanpa udara atau dengan udara yang sangat sedikit. Proses pembuatan arang ini sering disebut *pyrolysis*. Bahan baku yang bisa digunakan untuk pembuatan biochar adalah sampah biomassa yang tidak dimanfaatkan seperti sekam padi, tongkol jagung, kulit buah kakao atau cokelat, cangkang kemiri, kulit kopi, limbah gergaji kayu, ampas daun minyak kayu putih, ranting kayu seperti pada limbah sisa pakan ternak, tempurung kelapa, dan lain sejenisnya. Biochar dalam hasil penelitian sudah terbukti bermanfaat sebagai bahan pembenah tanah dan meningkatkan kualitas lahan pertanian, mampu mengurangi sampah biomassa, dapat digunakan sebagai bahan bakar seperti briket, dan dapat meningkatkan pH tanah atau mengurangi tingkat keasamaan tanah. Selain penggunaan biochar secara langsung, aplikasi di lahan pertanian dapat meningkatkan pendapatan petani dengan hasil panen yang meningkat dan mengurangi pencemaran tanah dan air akibat pencucian pupuk di tanah. Penggunaan biochar sebagai bahan bakar briket dapat mengurangi risiko gangguan kesehatan akibat asap pembakaran kayu bakar dan mengurangi penggunaan kayu yang digunakan pada tungku tradisional.

Pemanfaatan biochar sebagai pembenah tanah dan sumber energi, yang perlu dikembangkan secara lebih luas untuk meningkatkan kesuburan tanah dengan perbaikan

kapasitas tukar kation (KPK) dan retensi hara sehingga terjadi peningkatan produktivitas lahan (Amanda., 2018). Aplikasi biochar ke tanah dapat meningkatkan penyerapan C dan kualitas tanah (Adam., 2009). Bahan baku pembuatan merupakan residu biomasa yang kaya jaringan lignin termasuk potongan kayu, tempurung kelapa, tandan kelapa sawit, tongkol jagung, sekam padi atau kulit buah kacang-kacangan, kulit-kulit kayu, sisa-sisa usaha perkerajinan, serta bahan organik yang berasal dari sampah dan kotoran hewan. Manfaat biochar diantaranya sebagai berikut :

- a. Meningkatkan ketersediaan kation tanah dan posfor, total N dan kapasitas tukar kation tanah (KPK).
- b. Mengurangi risiko pencucian hara khususnya kalium dan N-NH₄.
- c. Meningkatkan C dan kapasitas pertukaran kation tanah sedangkan pengomposan dapat menurunkan C organik tanah.
- d. Meningkatkan berbagai fungsi tanah tak terkecuali retensi dari berbagai unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman.
- e. Pembena tanah dan meningkatkan kualitas lahan pertanian.
- f. Mengurangi sampah biomassa.
- g. Sebagai bahan bakar seperti briket.
- h. Dapat meningkatkan pH tanah atau mengurangi tingkat keasamaan tanah.

Teknologi penambahan input biochar dalam perlakuan tanaman tidak menambah jenuhnya kondisi tanah, namun sebaliknya, tanah akan mengalami pembenahan, karena aplikasi biochar akan dikombinasikan dengan pupuk organik yang ramah lingkungan. Biochar sendiri terdiri dari biomassa yang berasal dari lingkungan. Pemakaian biochar terbukti telah meningkatkan produksi

tanaman padi sebesar 1,3 ton/ha untuk studi kasus di lahan pertanian Kampung Rawasari, Distrik Malind, Kabupaten Merauke. Pemakaian biochar di lahan pertanian dapat meningkatkan simpanan karbon dalam tanah, karena biomassa yang dibakar mengandung karbon tinggi. Beberapa negara telah menetapkan suatu kebijakan untuk mengembangkan biochar dalam skala industri guna meningkatkan simpanan karbon di dalam tanah. Jika dikaitkan dengan kepedulian terhadap pemanasan global yang disebabkan oleh emisi CO₂ dan sumber gas rumah kaca lainnya, maka pemanfaatan biochar sebagai bahan amelioran tanah memiliki prospek yang cukup baik. Dengan kata lain, teknologi pemanfaatan (pengolahan) biochar merupakan salah satu solusi cepat untuk mengurangi pengaruh pemanasan global yang berasal dari lahan pertanian dan juga merupakan salah satu alternatif untuk mengelola limbah pertanian dan kehutanan

2. Bahan baku biochar

Bahan baku yang bisa digunakan untuk pembuatan biochar adalah sampah biomassa yang tidak dimanfaatkan seperti i: sekam padi, tongkol jagung, kulit buah kakao atau cokelat, cangkang kemiri, kulit kopi, limbah gergaji kayu, ampas daun minyak kayu putih, ranting kayu seperti pada limbah sisa pakan ternak, tempurung kelapa, dan lain sejenisnya (gambar 14).



Gambar 14. Bahan baku biochar

3. Sistem pirolisis

Pirolisis berasal dari kata Pyro (Fire/api) dan Lyo (*Loosening*/pelepasan). Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi biomassa secara termal dengan kondisi sedikit atau tanpa oksigen sama sekali. Gambar 2.2 memperlihatkan produk-produk hasil dari proses pirolisis. Produk utama yang dihasilkan dari pirolisis adalah arang (char), tar dan gas. Zat-zat yang dihasilkan dari pembakaran bahan organik umumnya merupakan campuran tar (C_xH_yO), senyawa fenol ($C_xH_yO_z$), methanol (CH_3OH), aseton (CH_3COCH), asam asetat (CH_3COOH), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO_2), gas hydrogen (H_2), metana (CH_4), serta juga dihasilkan minyak hidrokarbon dan bahan padat berupa arang.

4. Proses pembuatan biochar

Bahan baku biochar yang berupa sekam dijemur terlebih dahulu hingga kering. Karena dengan berkurangnya kadar air dalam sekam akan mempercepat proses pirolisis (gambar 15).



Gambar 15. Sekam yang dikeringkan

Alat pirolizer yang kita gunakan disini adalah Drum Pyrolizer (DP) atau piroliser dengan sistem pembakaran dalam tong. Keunggulan dari alat ini adalah panas pembakaran yang merata disemua sisi dinding tong. Dengan

adanya pemanasan yang merata maka waktu pirolisis akan relatif singkat dan hasil dari biochar yang didapat akan lebih sempurna. Terdapat pula alat pembuat biochar sederhana dan konvensional yang dipakai masyarakat desa untuk menanggulangi limbah penggilingan gabah (gambar 16).



Gambar 16. Gambar tong pirolizer ; tong pirolizer sederhana (kiri) dan pirolizer konvensional (kanan)

Untuk sumber pembakaran/api menggunakan kompor gas dengan pengapian yang horizontal merata, sehingga sisi di sepanjang dinding tong akan terkena api. Proses pembakaran berlangsung + 5 jam dengan suhu + 300 – 500 °C. Adapun proses pembuatan arang sekam biochar dapat dilakukan dengan menggunakan drum pilorizer atau dengan sistem terbuka. Langkah-langkah pembuatan arang sekam adalah sebagai berikut (Djaenudin 2007) :

- a. Sekam dimasukkan ke dalam drum setengah bagian sambil dipadatkan dan beri sedikit minyak tanah lalu bakar dengan memasukkan api kedalam pipa yang berada di dalam drum.
- b. Masukkan kembali sekam sampai drum terisi penuh.
- c. Kemudian sekam dibakar melalui lubang silindris dengan menggunakan pematik seperti koran bekas/ranting daun, pembakaran dapat dengan mudah berlangsung karena sekam dalam keadaan kering, di samping itu karena udara yang masuk ke dalam drum

melalui mulut tungku naik ke atas sehingga proses pembakaran menjadi cepat.

- d. Sekam yang terbakar sedikit demi sedikit akan jatuh ke bawah sambil dibalik-balik sehingga menjadi arang sekam.
- e. Arang sekam yang telah berwarna hitam dikeluarkan menggunakan sekop.
- f. Arang sekam tersebut disiram dengan air bersih, supaya arang sekam tadi tidak menjadi abu.
- g. Jemur arang sekam supaya kering, kemudian masukkan ke dalam karung/plastik dan siap digunakan.
- h. Setelah arang terbentuk merata, harus dilakukan penyiraman dengan air supaya pembakaran tidak berlangsung terus yang dapat berpotensi menjadi abu.
- i. Sekam yang berhasil menjadi biochar memiliki ciri bentuk sekam yang masih terlihat jelas dan berwarna hitam, sedangkan pembakaran sekam yang gagal menjadi biochar karena pembakarannya sempurna akan menjadi abu sekam yang memiliki ciri seperti abu dan berwarna pudar atau terang (gambar 17).



Gambar 17. Gambar biochar ; biochar sekam (kiri) dan abu sekam (kanan)

5. Pemberian Biochar di lahan pertanian

Biochar dapat digunakan tunggal, tanpa campuran bahan selain biochar dan dapat pula diberi campuran kompos atau kotoran hewan yang telah dikomposkan. Biochar dapat diberikan pada saat pengolahan tanah

terakhir baik di lahan sawah atau lahan kering. Biochar dapat diaplikasikan untuk tanaman pangan (padi, jagung, kedelai, kacang tanah), tanaman sayuran, dan tanaman tahunan. Pemberian biochar dilakukan 1-2 minggu sebelum tanam untuk memberi kesempatan biochar berinteraksi dengan tanah. Aplikasi biochar ke lahan dapat dilakukan dengan cara :

- a. Disebar secara merata di permukaan tanah, lalu diaduk sampai kedalaman 5 cm.
- b. Diberikan dalam larikan atau jalur tanaman lalu ditutup dengan tanah.
- c. Dibenamkan dilubang tanam, selanjutnya ditutup dengan tanah.

Efektivitas pemberian biochar tergantung pada jenis tanaman yang diusahakan. Pada tanaman jagung, di lahan kering masam aplikasi biochar pada larikan tanaman lebih efektif dibandingkan dengan cara disebar, sedangkan di lahan kering iklim kering, aplikasi dalam lubang tanam lebih efektif dibandingkan dengan cara dilarik. Aplikasi biochar pada tanaman sayuran dilakukan dengan cara disebar di bedengan sebelum penanaman dengan dosis 5 ton/ha atau menyesuaikan dengan kondisi tanah. Aplikasi biochar pada tanaman tahunan dengan cara dibenamkan pada kedalaman 10 cm disekitar kanopi atau sekitar 90 cm dari batang tanaman. Biochar diberikan dengan dosis 10 kg/tanaman.

B. Bakaran Jerami

1. Manfaat bakaran jerami

Jerami padi merupakan salah satu bahan yang dapat dan mudah digunakan untuk pembuatan pupuk organik, hal ini karena banyaknya jerami padi ketika musim panen tiba. Abu jerami merupakan hasil dari pembakaran jerami, yang didalamnya terkandung unsur hara kalsium (Ca), besi (Fe),

fosfor, Magnesium (Mg), silicon (Si) dan beberapa unsur lain dalam jumlah kecil. Unsur kalium (K) dalam abu jerami merupakan unsur yang paling banyak.

Selama ini abu jerami padi belum dimanfaatkan dan merupakan limbah padat pertanian. Untuk meningkatkan nilai guna dari limbah ini, dapat dimanfaatkan menjadi suatu produk yang berguna dan memiliki nilai mutu yang tinggi. Hal ini didasarkan jerami padi memiliki kadar kalium, sehingga dapat dijadikan sebagai sumber bahan baku utama pada proses pembuatan pupuk kalium sulfat.

Berdasarkan hasil penelitian para ahli menyatakan bahwa unsur kalium (K) banyak terdapat pada abu tanaman, sedangkan didalam tanah persediaannya relatif sedikit, jadi keadaannya sama sekali tidak seimbang. Kadar rata-rata kalium (K) pada abu tanaman 4 kali lebih besar dari pada yang terdapat dalam tanah, maka dari itu para peneliti mencari alternatif lain untuk mendapatkan unsur K dengan cara memanfaatkan abu tanaman.

2. Proses pembuatan bakaran jerami

Jerami padi yang akan digunakan dikeringkan dengan sinar matahari selama 3 hari, kemudian jerami padi yang telah kering dibakar sehingga menjadi abu jerami padi. Komposisi sebagai berikut: 20 kg jerami, 1 cerobong almini, karung, kertas, korek api, sekop. Cara pembuatan bakaran jerami sebagai berikut (gambar 18):

- a. Siapkan jerami lalu tumpuklah jerami tersebut dengan membentuk lingkaran.
- b. Bagian tengah dari tumpukan jerami tersebut diletakkan plat almini yang dijadikan lingkaran membentuk silinder menyerupai cerobong asap sepanjang 1 meter.
- c. Lubangi ke semua bagian sisi dari pipa tersebut yang berfungsi sebagai ventilasi udara.
- d. Bakar dengan merata sampai benar benar jadi seperti ab.

- e. Ketika selesai pembakaran tunggu sampai dingin lalu ambil abu bakaran jerami tersebut terus masukan kedalam wadah yang telah disiapkan.



Gambar 18. Proses pembakaran Jerami

3. Pemberian bakaran/abu jerami ke lahan pertanian

Abu jerami dapat berfungsi sebagai amelioran. Pemberian abu jerami digunakan untuk memperbaiki tanah agar akar dapat mudah menyerap hara. Hal itu dikarenakan adanya kandungan pH berkisar 7-10, memiliki kation basah Mg, K, Na dan Ca, serta memiliki kandungan hara makro berupa Na, N, P, K Mg, dan Ca, serta kandungan hara mikro berupa Mn, Zn, Cu dan Si. Abu jerami atau abu sekam padi diberikan pada lahan pra-tanam. Dosis yang diberikan yaitu minimal 1 ton/hektar atau bisa mencapai 5 ton/hektar tergantung kondisi tanah pada lahan budidaya. Hasil penelitian Teguh *et al.* (2008) menyatakan bahwa pemberian abu bakaran limbah padi dengan takaran 2,8 ton/hektar dapat meningkatkan P dan Si tersedia dalam tanah sehingga meningkatkan pertumbuhan dan produksi padi.

C. Pupuk Organik

1. Manfaat pupuk organik

Pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri dari bahan organik yang berasal dari tanaman dan atau hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair. Secara umum, manfaat pupuk organik adalah memperbaiki struktur dan kesuburan tanah, meningkatkan daya simpan dan daya serap air, memperbaiki kondisi biologi dan kimia tanah, memperkaya unsur hara makro, dan mikro. Pupuk organik tidak mencemari lingkungan dan aman bagi manusia.

Kompos dan pupuk kandang merupakan bahan-bahan organik (sampah organik) yang telah mengalami proses pelapukan karena adanya interaksi antara mikroorganisme (bakteri pembusuk) yang bekerja di dalamnya, kompos berbahan dasar dari sisa tanaman. Pupuk kompos baik digunakan karena berbagai alasan seperti tidak merusak lingkungan, tidak memerlukan biaya yang banyak, proses pembuatan yang mudah dan bahan yang tidak sulit ditemukan. Kandungan hara kotoran ternak dan limbah pertanian sangat beragam, dan begitu juga perbandingan antara karbon dan nitrogen (C/N ratio). Bahan organik yang optimal untuk pembuatan kompos atau pupuk organik secara aerobik memiliki C/N ratio 25-30.

Limbah pertanian yang dapat dijadikan sumber pupuk organik adalah jerami padi, sekam, arang sekam, brangkas kacang tanah dan kedelai, daun dan batang jagung, serbuk gergaji, kulit kopi dan kakao, sampah kota. Selain itu, dapat juga berbahan baku tandan kosong kelapa sawit juga dapat digunakan sebagai sumber bahan organik dan juga kotoran hewan ternak.

2. Bahan baku pupuk organik

Prinsip dasar dari pengomposan adalah mencampur bahan organik kering yang kaya karbohidrat dengan bahan organik basah yang banyak mengandung N. Pencampuran kotoran ternak dan karbo kering seperti serbuk gergaji atau jerami ternyata dapat menghasilkan kompos yang berguna untuk memperbaiki struktur tanah. Bahan baku kompos harus memiliki karakteristik yang khas agar dapat dibuat kompos. Idealnya bahan baku kompos dipilih dan dicampur dalam proporsi tepat untuk menghasilkan kompos yang berkualitas. Karakteristik bahan baku pupuk organik tersaji pada tabel 3.

Tabel 3. Persyaratan karakteristik bahan baku pupuk organik

Karakteristik	Kategori	
	Baik	Ideal
C/N rasio	20 : 1 - 40 : 1	25 : 1 - 30 : 1
Kandungan air	40 - 65%	50 - 60%
Konsentrasi oksigen	>5%	≥5%
Konsentrasi oksigen	1/8 - 1/2	Bervariasi
pH	5,5 - 9	6,5 - 8,5
Densitas (kg/m ³)	< 0,7887	
Temperatur	< 0,7887	54 - 60

(Djaja, 2010)

3. Proses pembuatan kompos

Proses pembuatan kompos berlangsung dengan menjaga keseimbangan kandungan, kadar air, pH dan temperatur yang optimal melalui penyiraman dan pembalikan. Pada tahap awal proses pengomposan, temperatur kompos akan mencapai 65-75°C sehingga organisme patogen, seperti bakteri, virus dan parasit, bibit penyakit tanaman serta bibit gulma yang berada pada limbah yang dikomposkan akan mati. Proses pengomposan

yaitu proses biologis yang memanfaatkan mikroorganisme (bakteri pembusuk) untuk mengubah material organik seperti kotoran ternak, sampah daun dan sayuran menjadi kompos. Selain itu pengomposan juga bisa diartikan sebagai proses penguraian senyawa yang terkandung dalam sisa bahan organik dengan suatu perlakuan khusus. Tujuannya agar lebih mudah dimanfaatkan oleh tanaman. Pengomposan berdasarkan ketersediaan udara terbagi menjadi dua yaitu aerobik dan anaerobik.

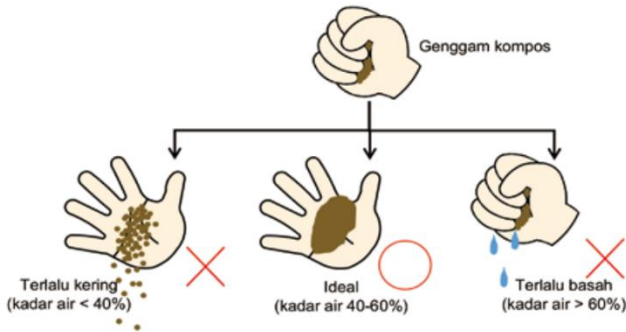
- a. Proses pengomposan aerobik membutuhkan udara dari luar. Karena itu proses ini perlu dilakukan aerasi dan aerasi ini bisa dengan dua acara yaitu aktif dan pasif. Aerasi pasif adalah cara pengaliran udara tanpa menggunakan alat bantu jadi udara masuk ke dalam proses pengomposan melalui beda tekanan antara luar dan dalam ditimbun bahan baku kompos, aerasi aktif dilakukan dengan menggunakan tekanan yang umumnya berasal dari mesin.
- b. Proses pengomposan secara anaerobik merupakan modifikasi biologis pada struktur kimia dan biologi bahan organik tanpa kehadiran oksigen (hampa udara). Proses ini merupakan proses yang dingin dan tidak terjadi fluktuasi temperatur seperti yang telah terjadi pada proses pengomposan secara aerobik. Namun, pada proses anaerobik perlu tambahan panas dari luar sebesar 30°C.

Proses pengomposan dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

- a. Siapkan petakan untuk pengomposan ukuran 1 m x 1 m x 1,2 m atas tanah.
- b. Tumpuk jerami, selapis demi selapis hingga ketebalan 20 cm.

- c. Setiap lapisan dibasahi dengan air secukupnya hingga lembab.
- d. Siram dengan mikroorganisme starter seperti EM4 dan cairan gula tetes.
- e. Tutup tumpukan jerami yang sudah diberi mikroorganisme dengan plastik atau terpal warna gelap untuk mempertahankan kelembaban.
- f. Lakukan pembalikan dan atau penyiraman seminggu sekali.
- g. Lakukan pengecekan tekstur kompos seperti gambar 19.
- h. Proses pengomposan yang berlangsung ± 1 bulan.
- i. Kompos yang sudah matang dicirikan dengan warna coklat kehitam-hitaman.

Metode pengomposan petani dibuat dengan komposisi dua macam, yaitu; (1) Jerami, serasah, rumput campur gulma, kotoran kelinci, dan kambing dengan perbandingan 3:2:1:1; dan (2) Serasah, sekam hampan ayam, dan kotoran ayam dengan perbandingan 2:3:1. Dalam pengomposan metode petani kotoran kelinci dan kambing dihancurkan dengan air kemudian dibiarkan selama tiga hari. Selain itu, jerami, serasah, rumput, dan gulma yang sudah dipotong-potong menjadi ukuran yang lebih kecil dicampur dan dibasahi dengan rendaman kotoran kelinci dan kambing kemudian dimasukkan ke dalam bak pengomposan yang ber ukuran 1 x 1 x 1,2 m sampai penuh, lalu ditutup dengan karung plastik. Kompos matang selama satu bulan.



Gambar 19. Pengecekan tekstur kompos

4. Pemberian pupuk organik ke lahan pertanian

Telah banyak penelitian tentang aplikasi pupuk organik terhadap tanaman. Menurut Iswati dan Indriyari (2015) Kompos yang terbuat dari jerami, serasah, hamparan ayam, dan kotoran ayam dengan perbandingan 3:2:1:1 memiliki hasil yang terbaik. Kompos dengan bahan ini mengandung unsur hara makro (N total 0,56%, P2O5 1,09%, K2O 1,44%, Ca 5,72%, Mg 0,43%, dan Na 0,08%), unsur mikro (Fe 5.309 ppm, Mn 342 ppm, Cu 42 ppm, Zn 69 ppm, dan B 33 ppm), dan logam berat Pb 4,8 ppm dan Cd 0,04 ppm. Pemberian kompos 3–4 ton/ha pada tanaman padi mengurangi 50% dosis pupuk kimia yang diberikan. Pemberian kompos 3 ton/ha pada tanaman jagung manis memberikan hasil yang tidak berbeda dengan pemberian bahan organik yang berupa hamparan ayam atau kotoran kambing. Pemberian pupuk organik baik kompos maupun kotoran ternak dilakukan pada saat pengolahan lahan sebelum penanaman tanaman.

D. Asap Cair

1. Manfaat asap cair

Asap cair merupakan suatu hasil kondensasi dari uap pembakaran bahan-bahan yang banyak mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa, serta senyawa karbon lainnya. Asap

cair memiliki karakter yaitu berwarna pekat, berbau sangat, mengandung zat-zat aktif, asam, senyawa karbonil, dan hidrokarbon.

Di bidang pertanian, asap cair digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah, membunuh hama tanaman, dan mempercepat pertumbuhan tanaman. Cairan asap cair yang diencerkan dengan air dan disiramkan di sekitar tanaman akan membantu metabolisme tanaman. Bau menyengat yang dihasilkan oleh asap cair dapat berfungsi sebagai penolak hama. Aplikasi asap cair tempurung kelapa dapat menurunkan kepadatan populasi tujuh jenis hama utama yang ditemui pada tanaman padi.

Pada tahun 2011, peneliti dari Korea yaitu Dong Hun Kim dan timnya melakukan penelitian yang berjudul "*Effect of wood vinegar mixed with insecticide on the mortalities of Nilaparvata lugens and Idodiphax striatellus*" (Kim et al., 2008). Hasil dari penelitian tersebut adalah asap cair berpotensi untuk meningkatkan efektifitas insektisida karbosulfan dalam pengendalian *Nilaparvata lugens* dan *Idodiphax striatellus*. Persamaan dengan penelitian ini adalah hama yang dikendalikan yaitu wereng coklat. Perbedaannya adalah bahan yang digunakan untuk pengendalian hama yaitu campuran asap cair dengan beberapa jenis insektisida kimia.

Pada tahun 2013, Siti Qomariyah melakukan penelitian tentang pemberian asap cair dari limbah tempurung kelapa sebagai pencegah hama pada tanaman cabai besar (Qomariyah, 2003). Hasil dari penelitian tersebut adalah konsentrasi asap cair yang paling efektif dan efisien untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai besar dan mencegah hama adalah 1:15. Pada tahun 2015, Renny Eka Putri, Mislaini, dan Lisa Silvia Ningsih melakukan penelitian dengan judul "Pengembangan alat penghasil asap

cair dari sekam padi untuk menghasilkan insektisida organik” (Putri *et al.*, 2015). Hasil dari penelitian tersebut serangga pada pohon kakao mati setelah disemprot asap cair.

2. Bahan dan proses pembuatan asap cair.

Bahan baku yang banyak digunakan antara lain berbagai macam jenis kayu, bongkol kelapa sawit, tempurung kelapa, sekam, ampas dan lain sebagainya. Bahan yang pada umumnya digunakan untuk asap cair adalah sekam padi. Sekam padi adalah lapisan keras yang membungkus kariopsis butir gabah. Pada proses penggilingan gabah, sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah pertanian. Pemilihan sekam padi sebagai bahan baku asap cair karena tidak mudah terbakar, dan mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap penetrasi cairan dan dekomposisi yang disebabkan oleh jamur. Apabila sekam dibakar pada temperatur tinggi dalam ruangan yang tidak berhubungan dengan udara maka akan terjadi rangkaian proses penguraian sekam dan akan menghasilkan arang selain destilat, tar dan gas. Destilat ini merupakan komponen yang sering disebut sebagai asap cair (gambar 20).

Asap cair dapat diproduksi dengan metode pirolisis. Pirolisis adalah proses pemanasan suatu zat tanpa adanya oksigen sehingga terjadi penguraian komponen-komponen bahan baku. Asap terbentuk karena pembakaran yang tidak sempurna, yaitu pembakaran dengan jumlah oksigen terbatas yang melibatkan reaksi dekomposisi bahan polimer menjadi komponen organik dengan bobot yang lebih rendah, karena pengaruh panas. Untuk memperoleh asap cair dapat dilakukan proses pirolisis bahan yang mengandung hemiselulosa pada suhu 220-400°C, selulosa pada suhu 320-420°C, dan lignin pada suhu di atas 400°C.



Gambar 20. Proses pembuatan asap cair

E. Biogas

1. Definisi dan manfaat biogas

Dalam sebuah industri peternakan, salah satu efek samping yang tidak bisa dihindari adalah timbulnya limbah berupa feses, urine, dan sisa pakan. Kotoran ternak yang akan digunakan sebagai pupuk sebaiknya diolah lebih dahulu agar bahan organik tersebut dapat diubah menjadi senyawa organik dan anorganik yang siap digunakan oleh tanaman.

Ada dua proses yang dapat digunakan untuk menstabilkan bahan organik. Pertama, fermentasi anaerob untuk menghasilkan gas metan dan sludge yang dapat digunakan sebagai pupuk. Kedua, fermentasi aerob yang dikenal dengan pengomposan untuk menstabilkan bahan organik dan menghasilkan produk yang mirip humus. Produk tersebut dapat digunakan untuk memupuk tanah dan tanaman. Dengan mengolah limbah ternak secara anaerob akan dihasilkan gas metan yang dapat digunakan untuk memasak, penerangan, atau menghasilkan listrik.

Pengolahan dan pemanfaatan limbah ternak dengan fermentasi anaerob sangat bermanfaat bagi daerah terpencil yang belum terjangkau oleh listrik. Pengolahan gas metan juga dapat membuat lingkungan menjadi bersih karena gas ini langsung dibakar dan tidak terbuang percuma di atmosfer.

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh aktivitas mikrobia secara anaerobik pada bahan-bahan organik meliputi kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), dan sampah biodegradable atau setiap limbah organik yang biodegradable. Kandungan utama dalam biogas adalah 55—75% metan dan 22—45% CO₂. Biogas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik sangat populer digunakan dalam pengolahan limbah biodegradable karena dapat menghasilkan bahan bakar sambil menghancurkan bakteri patogen dan mengurangi volume limbah buangan. Metan dalam biogas bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batu bara dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbondioksida yang lebih sedikit (Zhang *et al.*, 2014). Prinsip pembuatan biogas adalah dekomposisi bahan organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) untuk menghasilkan gas yang sebagian besar adalah gas metan (yang memiliki sifat mudah terbakar) dan karbondioksida. Proses dekomposisi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri metan. Suhu yang baik untuk proses fermentasi adalah 30—55o C karena pada suhu tersebut mikroorganisme mampu merombak bahan bahan organik secara optimal.

2. Bahan baku biogas

Pembuatan biogas dari limbah peternakan dapat berasal dari kotoran sapi, kerbau, babi, kuda, kelinci, ayam, itik, burung puyuh, dan ternak lainnya. Proses pembuatan

biogas dari bahan tersebut hampir sama. Tabel 4 menyajikan jenis ternak dan potensi gas yang dihasilkan.

Tabel 4. Jenis ternak dan potensi gas yang dihasilkan

Jenis ternak	Bobot ternak (kg/ekor)	Produksi kotoran (kg/hari)	Potensi gas yang dihasilkan (m ³ /kg kotoran)
Sapi	500-600	30-50	0,023-0,040
Ayam	1,5-2,0	0,10	0.065-0.116
Babi	80-90	7,00	0,040-0.059

(DPPHP, 2015)

3. Pembuatan Biogas

Proses pembuatan metan ini terbagi ke dalam tiga tahap, yaitu :

- a. Hidrolisis secara enzimatik, bahan-bahan organik tak larut menjadi bahan-bahan organik dapat larut. Enzim utama yang terlibat adalah selulase yang menguraikan selulosa.
- b. Perubahan bahan-bahan organik dapat larut menjadi asam organik. Pembentukan asam organik ini terjadi dengan bantuan bakteri non methanogenik, protozoa dan jamur.
- c. Perubahan asam organik menjadi gas metan dan karbondioksida. Proses perubahan ini dapat terjadi karena adanya bantuan bakteri Metanogenik (Methanobacterium dan Methanobacillus).

Alat dan bahan yang dibutuhkan yaitu sebagai berikut :

- a. Drum volume 200 liter
- b. Drum volume 120 liter
- c. Sepotong pipa 10 cm yang berdiameter 2 cm
- d. Selang untuk penyalur gas
- e. Kran penyalur gas
- f. Ember

- g. Jerigen volume 5 liter
- h. Martil
- i. Pahat.

Bahan yang dibutuhkan sebagai berikut :

- a. Kotoran sapi, kerbau, unggas atau hewan lainnya
- b. Limbah hasil panen dan atau sampah organik lainnya
- c. Air

Proses pembuatan sebagai berikut :

- Membuat pembangkit atau starter
 1. Campurkan 2 liter kotoran sapi dan dua liter air ke dalam ember, aduk hingga merata
 2. Tambahkan ke dalam campuran tadi cacahan rumput secukupnya dan aduk kembali hingga merata
 3. Masukkan campuran bahan-bahan tadi ke dalam jerigen yang bervolume 5 liter. Biarkanlah jerigen tersebut terbuka
 4. Simpanlah jerigen yang telah berisi campuran bahan-bahan tadi pada tempat yang aman dan terlindung selama 2 bulan.
 5. Selama penyimpanan, lakukanlah pengguncangan pada jerigen tersebut sebanyak 3 atau 4 kali dalam satu minggu
- Persiapan limbah yang akan digunakan
 1. Kumpulkan kotoran sapi atau hewan ternak lainnya
 2. Kumpulkan bahan-bahan organik yang berupa limbah pertanian, limbah pasar, limbah ternak, atau limbah-limbah organik lainnya.
 3. Bila bahan-bahan organik yang akan digunakan telah kering, hancurkan terlebih dahulu dengan cara mencacahnya hingga halus.
 4. Bila bahan-bahan organik yang akan digunakan masih basah (masih segar), lakukan pencabikan untuk memudahkan pembusukan, kemudian simpanlah

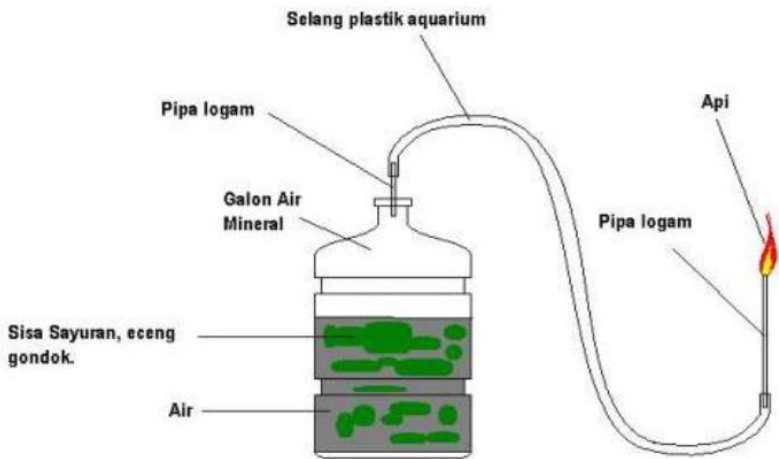
ditempat terbuka selama sekitar 10 hari agar mengalami pembusukan.

➤ Penempatan limbah dalam biogas

1. Masukkan 3 ember bahan-bahan organik yang telah disiapkan di atas bersama-sama dengan 3 ember air kedalam drum yang bervolume 200 liter, kemudian aduk hingga merata.
2. Lakukan hal yang sama hingga mencapai volume sekitar $\frac{2}{3}$ volume drum 200 liter atau hingga setinggi volume drum 120 liter.
3. Masukkan starter yang telah disiapkan di atas ke dalam drum 200 liter yang telah diisi bahan-bahan organik, kemudian aduklah hingga merata.
4. Masukkan drum yang bervolume 120 liter dengan kran dalam keadaan terbuka. Tekanlah drum kecil tersebut hingga mencapai dasar drum besar. Usahakan tidak ada udara dalam drum kecil tersebut.
5. Jika permukaan drum bervolume 120 liter tidak terbenam, keluarkan kembali drum tersebut dan tambahkan kembali bahan-bahan organik dan air ke dalam drum bervolume 200 liter sampai mencukupi untuk membenamkan drum bervolume 120 liter.
6. Bila sudah diyakini bahwa drum bervolume 120 liter terbenam seluruhnya dalam campuran bahan-bahan organik yang terdapat di dalam drum bervolume 200 liter dan bagian dalam drum bervolume 120 liter tersebut telah penuh berisi bahan-bahan organik, tutuplah keran yang terdapat pada drum bervolume 120 liter tadi (lihat gambar).
7. Biarkanlah drum-drum tadi selama 3 - 4 minggu. Selama waktu ini proses fermentasi akan berlangsung dan gas yang dihasilkan akan terjebak di dalam drum bervolume

120 liter. Gas ini akan menyebabkan drum bervolume 120 liter terdorong ke atas.

8. Sambil menunggu proses fermentasi berlangsung, periksalah apakah ada kebocoran gas dari drum bervolume 120 liter. Bila terjadi kebocoran segera di tambal dengan cat atau aspal. Untuk mengetahui adanya kebocoran dapat dilakukan dengan cara membasahi permukaan drum bervolume 120 liter dengan air sabun. Kebocoran akan terlihat dengan adanya buih pada daerah yang bocor tersebut.
9. Setelah diketahui drum bervolume 120 liter berisi gas, periksalah gas tersebut untuk meyakinkan bahwa gas yang terbentuk merupakan gas yang dapat digunakan untuk bahan bakar. Pemeriksaan dapat dilakukan dengan membuka kran dan menyalakan api di atas pipa penyalur gas. Instalasi biogas sederhana dapat dilihat pada gambar 21.



Gambar 21. Gambar instalasi biogas sederhana

F. Biourine

1. Manfaat Biourine

Pemanfaatan limbah cair ternak sebagai pupuk organik cair dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif pengolahan bahan buangan menjadi produk yang berguna dan mempunyai daya jual cukup menjanjikan. Pupuk organik cair yang berasal dari urin sapi segar dinamakan biourine. Penggunaan biourine sebagai salah satu alternatif pupuk organik cair dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik yang efeknya terhadap tanah pertanian sangat berbahaya bila digunakan dalam jangka panjang dan dosis berlebih.

Biourine diperoleh dari fermentasi anaerobik dari urine hewan ternak dengan nutrisi tambahan menggunakan mikroba pengikat nitrogen dan mikroba dekomposer. Urine hewan ternak utama yang dimanfaatkan sebagai biourine adalah sapi dan kambing. Biourine sapi mengandung unsur hara makro (N, P, K) dan mikro (Ca, Mg, Na) yang dibutuhkan oleh tanaman. Hasil penelitian Purnamasari dan Zulfarosda (2019) menyatakan bahwa aplikasi biourine kambing dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen tanaman buncis. Biourine juga dapat menekan serangan penyakit. Aplikasi biourine dapat menurunkan serangan penyakit moler pada bawang merah. Asap cair dan biourine adalah olahan organik dalam bentuk pupuk cair. Kelebihan pupuk cair biourine adalah mudah diserap oleh akar maupun daun tanaman secara langsung sedangkan pupuk organik padat yang bersifat lambat dalam pelepasan unsur hara.

2. Proses pembuatan biourine

- a. Pembuatan Biourine ; Disiapkan urin sapi segar yang telah diberikan perlakuan aerasi guna menghilangkan kandungan amoniak pada urin menggunakan mesin

aerator hingga kencing sapi tidak tercium amoniak. Kemudian 10 liter urin dimasukkan dalam jirigen dan diinokulasikan dengan bakteri EM4,. Selanjutnya jirigen 18 ditutup dan difermentasi selama 2 minggu. Setelah itu akan didapatkan bio urine yang dapat digunakan sebagai bahan baku biopestisida.

- b. Pembuatan biopestisida nabati dengan biourin ; Sebanyak 10 liter biourin hasil fermentasi, dimasukkan dalam jerigen ukuran 20 liter, kemudian kedalam jerigen tersebut juga dimasukkan 1 kg hancuran tanaman yang berfungsi sebagai biopestisida nabati dan 2 liter air kelapa sebagai nutrisi mikroba, jerigen ditutup dan difermentasi selama 1 minggu. Setelah fermentasi campuran disaring dan air saringan dapat digunakan sebagai biopestisida nabati dengan dosis aplikasi sebanyak 10% larutan. Pembuatan Biopestisida mikroba musuh alam dengan media biourin sebanyak 10 liter biourin hasil fermentasi dengan *A. chroococcum*, dimasukkan dalam jerigen ukuran 20 liter, kemudian kedalam jerigen tersebut juga dimasukkan 1 liter mikroba musuh alam sesuai dengan perlakuan konsentrasi 10^5 CFU, setelah di kocok merata, kemudian dimasukkan lagi 5 liter air kelapa sebagai nutrisi mikroba dan diperam selama 1 minggu, setelah fermentasi akan diperoleh larutan biopestisida mikroba dari biourin yang dapat di aplikasikan langsung ketanaman dengan dosis 10% larutan.
- c. Pembuatan biopestisida mikroba musuh alam dengan media biourin ; Sebanyak 10 liter biourin hasil fermentasi dengan *A. chroococcum*, dimasukkan dalam jerigen ukuran 20 liter, kemudian kedalam jerigen tersebut juga dimasukkan 1 liter mikroba musuh alam sesuai dengan perlakuan konsentrasi 10^5 CFU, setelah dikocok merata, kemudian dimasukkan lagi 5 liter air kelapa sebagai nutrisi

mikroba dan diperam selama 1 minggu, setelah fermentasi akan diperoleh larutan biopestisida mikroba dari biourin yang dapat di aplikasikan langsung ketanaman dengan dosis 10% larutan. Bahan untuk biourine dapat dilihat pada gambar 22.



Gambar 22. Bahan biourine dan biourine yang telah matang

G. Briket

Kotoran sapi menghasilkan kalor sekitar 4000 kal/g dan gas metan (CH_4) yang cukup tinggi. Gas metan merupakan salah satu unsur penting dalam briket yang berfungsi sebagai penyulut, yaitu agar briket yang dihasilkan diharapkan mudah terbakar. Limbah pertanian dapat menghasilkan energi kalor sekitar 6000 kal/g. Limbah pertanian yang terdiri dari sekam memiliki kadar karbon 1,33 %, jerami mempunyai kadar karbon 2,71 %, dan tempurung kelapa memiliki kadar karbon yang tinggi sebesar 18,80 % (Pancapalaga, 2008). Briket dari kotoran ternak terdapat pada gambar 23.

Pemanfaatan kotoran sapi dan limbah pertanian berupa sekam, jerami, dan tempurung kelapa sebagai bahan baku dalam pembuatan briket merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang tepat sebagai sumber bahan bakar untuk mengurangi penggunaan minyak tanah. Alat yang dibutuhkan

untuk membuat briket antara lain : pencetak, penghalus, timbangan, dan ember.

Pemanfaatan kotoran sapi menjadi briket, kotoran sapi yang mengandung gas metan tidak terjadi lagi proses anaerobik sehingga pada saat pembakaran menghasilkan CO². Dengan dijadikan bahan bakar padat seperti briket, maka gas metan yang merupakan memiliki dampak negatif terhadap global warming, maka pada saat terjadi pembakaran gas metan (CH₄) tersebut akan berubah menjadi gas CO² dan energi panas yang dapat dimanfaatkan sebagai pemanas untuk memasak ataupun kebutuhan skala industri.

Bahan yang digunkakan yaitu tepung kanji, kotoran ternak, dan arang. Cara pembuatan sebagai berikut ; keringkan feses sapi, menumbuk arang kayu dan ayak, menumbuk feses kering lalu ayak, memuat ukuran perbandingan campuran arang dan feses dengan perbandingan 1 : 1, tambahkan larutan tepung kaji hingga homogen, mencetak dengan cetakan, jemur hingga kering kemudian briket siap digunakan.



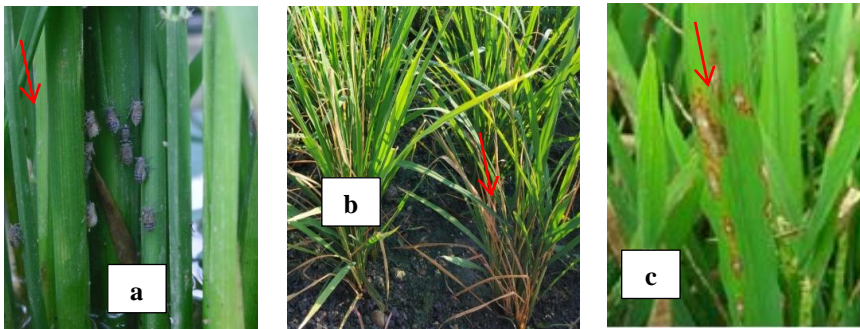
Gambar 23. Briket dari kotoran sapi

BAB VI

HASIL PENELITIAN PERTANIAN TERPADU BERBASIS LIMBAH

A. Asap Cair untuk Menekan Serangan Hama dan Penyakit Pada Padi

Hasil penelitian yang dilakukan Istiqomah dan Kusumawati (2022) menunjukkan bahwa hama yang ditemukan di lahan padi yang akan dikendalikan dengan asap cair adalah WBC (Wereng Batang Coklat) atau dikenal dengan nama latin *Nilaparvata lugens*. Penyakit yang ditemukan adalah penyakit kresek akibat serangan bakteri *Xanthomonas oryzae* serta penyakit blas ditimbulkan oleh *Pyricularia oryzae*. Gambar 24 adalah dokumentasi yang ditemukan di lahan penelitian.



Gambar 24. Hama dan penyakit yang ditemukan di lahan penelitian: a. WBC (*Nilaparvata lugens*), b. Penyakit kresek/hawar daun, c. Penyakit blas

Data yang diperoleh dari hasil uji t menunjukkan bahwa rata-rata populasi WBC di lahan konvensional dan lahan aplikasi agens hayati dan asap cair menunjukkan hasil yang signifikan atau berbeda nyata ($p= 0.11$). Data rata-rata kelompok WBC dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rerata populasi wereng batang coklat (WBC)

Perlakuan	Rerata Jumlah WBC per Rumpun
	$\bar{x} \pm SE$
Agens Hayati + asap cair	15,4 ± 1,8
Konvensional	31,5 ± 6,2
P	0,11

Rerata populasi WBC pada lahan yang diaplikasikan agens hayati dan asap cair (15,4) memiliki nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan rata-rata kelompok WBC di lahan konvensional yaitu 31,5. Adanya perbedaan populasi WBC di kedua lahan ini diduga disebabkan oleh metode pengendalian hama di antara keduanya. Metode pengendalian hama konvensional mengacu pada kebiasaan petani setempat, penyemprotan insektisida dilakukan saat tanaman telah rusak oleh serangan WBC. Menurut Pujiharti *et al.* (2008) ambang ekonomi WBC adalah jika jumlahnya telah mencapai 15 ekor per rumpun. Lokasi penelitian merupakan lokasi endemic WBC. Rerata populasi WBC 31,5 ekor per rumpun telah menimbulkan gejala kerusakan yaitu menguningnya daun dan kelayuan pada batang. Tingginya aktivitas hama WBC menyebabkan rusaknya tumbuhan (*hooperburn*). Hal ini karena gangguan WBC menimbulkan terjadinya pengurangan zat hijau daun dan protein yang terkandung dalam daun, serta menghambat terjadinya proses fotosintesis.

Selain itu, terjadi perbedaan pula pada masa inkubasi dan keparahan penyakit. Berdasarkan hasil uji t terhadap rerata masa inkubasi dan persentase keparahan penyakit hawar daun dan blas pada lahan konvensional dan lahan aplikasi agens hayati dan asap cair menunjukkan hasil persentase yang berbeda. Data rerata inkubasi dan keparahan penyakit disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rerata masa inkubasi dan presentase keparahan penyakit pada padi

Penyakit hawar daun/kresek (<i>Xanthomonas oryzae</i>)		
Perlakuan	Rerata Masa Inkubasi	Rerata Persentase
	(MST)	Keparahan Penyakit (%)
	$x \pm SD$	$x \pm SD$
Agens Hayati +		
asap cair	3,0 ± 0,6	21,2 ± 1,3
Konvensional	2,3 ± 0,6	34,6 ± 5,1
p	0,06	0,00
Penyakit blas (<i>Pyricularia oryzae</i>)		
Perlakuan	Rerata Masa Inkubasi	Rerata Persentase
	(MST)	Keparahan Penyakit (%)
	$x \pm SD$	$x \pm SD$
Agens Hayati +		
asap cair	3,2 ± 0,6	19,6 ± 1,3
Konvensional	2,5 ± 0,6	31,5 ± 5,1
p	0,06	0,00

Rerata masa inkubasi penyakit hawar dan penyakit blas dan memiliki kisaran lama hari antara 2-3 minggu setelah tanam (MST). Gejala paling awal diamati pada 2 MST (14 HST/hari setelah tanam). Gejala penyakit kresek (HDB) pada 2 MST di lahan konvensional dan 3 HST di lahan aplikasi agensia hayati dan asap cair yaitu daun tanaman padi berwarna pucat dan menguning dimulai dari tepi daun kemudian daun dan batang menguning dan layu (Gambar 1b). Gejala serangan bakteri patogen *Xanthomonas oryzae* terjadi pada fase vegetatif awal (kurang dari 30 HST) disebut kresek dan serangan pada fase vegetatif lanjut hingga memasuki fase generatif disebut HDB. Gejala yang timbul adalah bagian ujung daun berwarna hijau kusam kemudian menguning memanjang di seluruh tepi daun dan diseluruh helai daun.

Serangan penyakit blas pada lahan penelitian mulai muncul dengan gejala berupa bintik-bintik dengan bentuk

belah ketupat yang berujung runcing dengan warna abu-abu di bagian tengah sedangkan di bagian pinggir terdapat bintik-bintik berwarna coklat hingga coklat kemerahan pada daun. Gejala blas mulai muncul pada saat padi berumur 40 HSS (Hari Setelah Semai) atau sekitar 2 MST. Bahaya serangan blas ini mengancam mulai dari fase awal vegetatif (blas daun) hingga pengisian bulir (blas leher malai). Adanya serangan blas (*Pyricularia oryzae*) dapat menyebabkan penyusutan hasil panen hingga mencapai 100% sehingga dapat disebut gagal panen atau fuso.

Rerata persentase keparahan penyakit HDB mencapai 34,6% pada lahan konvensional dan 21,2% pada lahan dengan aplikasi agensia hayati dan asap cair. Sedangkan keparahan penyakit blas mencapai 19,6% (konvensional) dan 31,5% (agensia hayati dan asap cair). Perbedaan hasil ini diduga disebabkan oleh metode pengendalian yang diterapkan pada kedua lahan tersebut. Pada lahan konvensional pengendalian patogen dilakukan dengan penyemprotan pestisida bakterisida kimia sintetis. Penyemprotan dilakukan jika sudah terlihat gejala yang menyebar pada beberapa titik lahan tanaman padi. Aplikasi PGPR pada lahan perlakuan agensia hayati dan asap cair terbukti dapat menurunkan keparahan penyakit hingga 13,4%. Pengendalian hayati menggunakan PGPR dan beberapa bakteri antagonis lainnya dan juga aplikasi asap cair dilakukan mulai awal penyemaian hingga memasuki masa generatif tanaman padi. Hal ini diduga penyebab terkendalinya keparahan serangan patogen pada kedua penyakit tersebut.

Kombinasi pemberian agens hayati dan asap cair memberikan efek nyata penekanan keparahan penyakit. Asap cair mengandung fenol yang bersifat toksik/racun bagi patogen tanaman, maka fungsinya sesuai sebagai insektisida nabati yang bertujuan mengurangi pertumbuhan OPT dan memiliki sifat *biodegradable* (mudah diurai oleh alam). Kesimpulan

penelitian ini adalah aplikasi agens hayati dan asap cair pada tanaman padi dapat menekan populasi *Nilaparvata lugens*, menekan serangan penyakit kresek/HDB, dan penyakit blas.

B. Pupuk Organik Pada Tanaman Sawi

Pupuk anorganik yang digunakan petani pada umumnya berasal dari pabrik yang siap pakai, sedangkan pupuk organik dapat berasal dari berbagai bahan dasar, diantaranya yaitu kotoran sapi dan kotoran ayam. Kombinasi diantara keduanya belum diketahui secara pasti efektifitasnya terhadap peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman sawi. Penelitian ini dilakukan oleh Istiqomah dan Serdani (2018). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pupuk anorganik, pupuk kandang sapi, dan pupuk kandang ayam, serta kombinasi keduanya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan pengaruh yang tidak nyata pada tinggi tanaman sawi terhadap perlakuan. Rata-Rata tinggi tanaman sawi terdapat pada tabel 7.

Tabel 7. Rata-rata tinggi tanaman sawi

Perlakuan	Rata-rata tinggi tanaman (cm)	Rata-Rata Jumlah Daun Tanaman Sawi	Rata-rata bobot segar tanaman sawi
Tanpa pemupukan	16	7,15	14,25 a
Pupuk anorganik	20,6	8,15	19,25 b
Pupuk kandang sapi	20,6	8,00	21,75 bc
Pupuk kandang ayam	19,2	8,00	19,00 b
Pupuk anorganik dan pupuk kandang sapi	21,2	8,15	23,50 c
Pupuk anorganik dan pupuk kandang ayam	20	8,00	23,00 c

Keterangan : Bilangan yang didampingi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan 5%.

Perlakuan pupuk kombinasi anorganik dan pupuk kandang sapi menunjukkan nilai yang paling tinggi, sedangkan perlakuan tanpa pemupukan menunjukkan nilai yang paling rendah. Proses pertambahan tinggi terjadi karena pembelahan sel, peningkatan jumlah sel dan pembesaran ukuran sel. Faktor yang mempengaruhi kondisi tanaman dipengaruhi oleh gen bawaan oleh jenis varietas. Selain itu juga disebabkan karena asupan hara.

Pada perlakuan tanpa pemupukan hanya mengandalkan hara yang terdapat pada media tanam yaitu tanah, sedangkan pada perlakuan kombinasi, sumber hara berupa pupuk anorganik (NPK) dan pupuk kandang sapi. Pemberian pupuk kandang sapi dan pupuk kandang ayam dapat meningkatkan tinggi tanaman. Pupuk organik mempunyai fungsi mampu menggemburkan tanah, meningkatkan populasi jasad renik, memperbaiki sifat fisik tanah yang secara keseluruhan dapat meningkatkan kesuburan tanah. Pemberian pupuk anorganik berupa NPK juga meningkatkan tinggi tanaman.

Hasil penelitian Istiqomah dan Kusumawati (2017) menunjukkan bahwa pemberian pupuk urea dengan dosis yang tepat mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kenaf. Dosis yang tepat adalah dalam kisaran jumlah yang dibutuhkan tanaman, tidak berlebih atau kurang. Pemberian pupuk NPK terhadap tanah dapat meningkatkan kandungan hara tanah dan pertumbuhan tanaman karena unsur N, P dan K diperlukan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pada perlakuan kombinasi, tinggi tanaman sawi menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan tanpa pemupukan. Selain mendapat asupan nutrisi dari pupuk kimia NPK, tanah juga mengalami perbaikan dari pemberian pupuk kandang. Hal ini diduga memberikan efek positif bagi pertambahan tinggi tanaman sawi.

Perlakuan pemupukan anorganik, pemupukan kombinasi pupuk anorganik dan pupuk kandang sapi menunjukkan nilai yang paling tinggi, sedangkan perlakuan tanpa pemupukan menunjukkan nilai yang paling rendah. Nilai yang sama terdapat pada perlakuan pupuk kandang sapi, pupuk kandang ayam, dan kombinasi pupuk anorganik dan kandang ayam. Produksi jumlah daun yang berbeda dipengaruhi oleh frekuensi pemberian pupuk dengan dosis yang berbeda pula. Frekuensi pemberian pupuk yang tepat akan mempercepat laju pembentukan daun. Selanjutnya hasil penelitian Putra (2013) menunjukkan hasil bahwa pemberian pupuk NPK dapat meningkatkan tinggi tanaman, luas daun, volume akar dan berat segar tanaman sawi.

Pemupukan NPK sesuai dosis anjuran akan memenuhi kebutuhan hara tanaman sehingga tanaman sawi tumbuh dengan baik. Pemberian pupuk kombinasi berupa kimia NPK dan pupuk kandang pada dosis yang tepat dapat mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Hal ini dikarenakan pupuk kimia NPK memberikan asupan yang tersedia secara cepat oleh tanaman dan pupuk kandang memiliki dampak positif jangka panjang terhadap tanah. Selain itu, pupuk kandang menjadi gudang makanan bagi tanaman yang tersedia secara berangsur-angsur.

Bobot segar sawi yang memiliki nilai paling tinggi terdapat pada kedua perlakuan pemupukan kombinasi. Nilai yang sama terdapat pada perlakuan pupuk anorganik, pupuk kandang sapi, dan pupuk kandang ayam. Bobot segar sawi yang paling rendah yaitu pada perlakuan tanpa pemupukan. Ketersediaan unsur hara sangat diperlukan tanaman untuk membentuk suatu senyawa yang diperlukan dalam pertumbuhan tanaman. Pembelahan dan perbesaran sel memerlukan bahan nutrisi untuk berlangsungnya metabolisme. Bobot segar sawi adalah berat total dari semua organ tanaman

sawi meliputi akar, batang bawah, dan daun. Pertumbuhan tanaman yang optimal terjadi karena tingginya daya dukung yang ada di sekitar tanaman tersebut.

Pada perlakuan kombinasi, tanaman sawi mendapat suplai nutrisi yang mampu secara cepat diserap tanaman yaitu pupuk anorganik berupa NPK. Selain itu pemberian pupuk kandang mampu meningkatkan daya dukung dari media tanam tempat melekatnya perakaran sawi. Menurut Fahrudin (2009), besarnya biomassa suatu tanaman menunjukkan proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman berjalan baik. Kelebihan pupuk kandang sapi atau pupuk organik lainnya adalah dapat merubah kondisi struktur tanah menjadi lebih baik untuk perkembangan perakaran tanaman dan daya ikat air. Selain itu juga mampu memperbaiki kehidupan organisme. Hasil penelitian Sutejo (2002) menunjukkan bahwa pemberian pupuk NPK meningkatkan kandungan hara tanah dan pertumbuhan tanaman karena unsur N, P K adalah unsur hara makro yang diperlukan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanaman sawi yang dipupuk NPK memiliki tinggi tanaman, jumlah daun, lingkaran batang dan diameter tajuk lebih besar dibandingkan dengan tanpa pemupukan (Nawawi,2013).

Tidak adanya perbedaan yang nyata pada perlakuan terhadap tinggi dan jumlah daun tanaman sawi diduga karena kandungan tanah yang dijadikan sebagai media tanam telah memenuhi kebutuhan hara bagi tanaman. Tanah yang digunakan berasal dari *top soil* (tanah lapisan atas) yang memiliki tingkat kesuburan yang tinggi. Tanaman akan tumbuh dan berproduksi dengan baik jika unsur hara yang diberikan mencukupi. Jika kandungan hara dalam suatu media tanam telah mencapai kondisi yang optimal dalam mencukupi kebutuhan tanaman, walaupun dilakukan peningkatan dosis pupuk hasilnya tidak memberikan peningkatan yang terlalu

signifikan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Pengaruh yang nyata terdapat pada parameter bobot segar sawi.

Pengukuran bobot segar dilakukan pada semua organ tanaman sawi mulai dari akar, batang bawah dan daun. Adanya perbedaan yang nyata pada analisis statistik bobot sawi diduga karena pemberian perlakuan pemupukan memberikan efek penambahan volume pada organ tanaman. Penambahan volume ini diduga mampu menimbulkan kemantapan berat tanaman sawi, bukan hanya dari peningkatan volume vertikal (tinggi) dan jumlah daun namun juga dari segi kegemukan organ tanaman sawi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh pupuk anorganik, pupuk kandang sapi, pupuk kandang ayam, dan pupuk kombinasi tidak berpengaruh nyata pada tinggi tanaman, dan jumlah daun namun berpengaruh nyata pada bobot segar tanaman sawi. Bobot segar sawi yang memiliki nilai paling tinggi terdapat pada perlakuan pupuk kombinasi yaitu kombinasi pupuk anorganik dan kandang sapi, serta kombinasi pupuk anorganik dan pupuk kandang ayam.

C. Olahan Organik Jerami dan Jarak Tanam Sistem Jajar Legowo Pada Padi

Limbah pada budidaya padi terbesar adalah jerami. Pengolahan jerami dapat dilakukan dengan pengolahan menjadi bahan organik bagi tanah di antaranya adalah bokashi jerami dan bakaran jerami. Selain itu, metode kombinasi untuk meningkatkan produksi padi dengan menerapkan pola tanam sistem jajar legowo. Penelitian ini dilakukan oleh Istiqomah *et al.* (2021). Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara perlakuan macam olahan organik jerami dan jarak tanam sistem jajar legowo terhadap tinggi tanaman pada umur 14 dan 28 hst (Tabel 8).

Tabel 8. Rata-rata tinggi tanaman (cm) pada pengamatan umur 14 dan 28 hst

Perlakuan	Rata-rata Tinggi Tanaman (cm) Umur ke	
	14 Hst	28 Hst
Kontrol + Konvensional 20 cm	35,73 bc	68,53 a
Kontrol + 2:1 jajar legowo	35,80 bc	50,60 ab
Kontrol + 4:1 jajar legowo	34,67 c	66,73 ab
Bokashi Jerami + Konvensional 20 cm	35,27 bc	45,07 b
Bokashi Jerami + 2:1 jajar legowo	41,67 a	63,53 ab
Bokashi Jerami + 4:1 jajar legowo	34,67 c	58,07 ab
Bakaran Jerami+ Konvensional 20 cm	39,47 ab	66,87 a
Bakaran Jerami + 2:1 jajar legowo	34,67 c	58,73 ab
Bakaran Jerami + 4:1 jajar legowo	42,93 a	63,33 ab
BNT 5%	6,62	23,10

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata dengan uji BNT 5%

Terdapat interaksi antara kombinasi perlakuan penggunaan pupuk organik bakaran jerami dan jarak tanam 4:1. Hal ini disebabkan karena penambahan bakaran jerami pada lahan tanam, memberikan tambahan unsur hara N, dimana unsur hara N sangat membantu dalam tahap pertumbuhan tanaman khususnya pada fase vegetatif (tinggi tanaman).

Hasil analisa sidik ragam pengamatan, menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara perlakuan macam olahan organik jerami dan jarak tanam sistem jajar legowo terhadap berat kering 1000 biji. Hasil uji BNT seperti dibawah ini (tabel 9).

Tabel 9. Rata-rata berat kering 1000 biji

Perlakuan	Berat Gabah Kering (gr)
Tanpa pupuk organik	44,07 b
Bokashi jerami	44,62 ab
Bakaran jerami	46,09 a
BNT 5%	1,74
Jarak tanam konvensional	43,80 b
Jajar legowo 2:1	45,19 ab
Jajar legowo 4:1	45,78 a
BNT 5%	1,74

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata dengan uji BNT 5%

Pengamatan berat kering 1000 biji pada tabel 8 terjadi perbedaan sangat nyata pada perlakuan macam olahan organik jerami dan berbeda nyata terhadap perlakuan jarak tanam sistem jajar legowo. Perlakuan pemberian bakaran jerami pada lahan tanam memperoleh hasil tertinggi daripada perlakuan yang lainnya. Hasil uji BNT (Tabel 9) menunjukkan bahwa penggunaan pola jajar legowo 4:1 menghasilkan anakan lebih banyak dibandingkan dengan penggunaan sistem tanam yang lainnya.

Pada jarak tanam yang sempit diyakini pada awalnya inisiasi anakan berupa 4 tunas primer tumbuh normal dan berkembang menjadi 4 anakan primer, namun tunas berikutnya tidak sepenuhnya bisa berkembang menjadi anakan karena lemahnya dukungan makanan dari anakan primer yang berfungsi sebagai induk dan terjadinya persaingan antar anakan serumpun. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa analisis sidik ragam menunjukkan adanya interaksi pada perlakuan olahan jerami dan jarak tanam jajar legowo pada parameter tinggi tanaman 14 dan 28 hst, jumlah anakan 14 dan 28 hst dan jumlah malai 75 hst. Terdapat beda nyata pada

perlakuan olahan jerami dan jarak tanam jajar legowo terhadap parameter berat kering 1000 biji. Tidak berbeda nyata pada parameter pengamatan berat gabah kering dan hasil t/ha. Hasil terbaik pada penelitian ini diperoleh perlakuan bakaran jerami dan jarak tanam jajar legowo 4:1.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, J.C. (2009). Improved and more environmentally friendly charcoal production system using a low-cost retort-kiln (Eco-charcoal). *Renewable Energy* 34:1923-1925
- Ali, H. M., Yusuf, M., dan Syamsu, J. A. (2010). Prospek pengembangan peternakan berkelanjutan melalui sistem integrasi tanaman-ternak model zero waste di Sulawesi Selatan. Seminar Nasional Peningkatan Akses Pangan Hewani Melalui Integrasi Pertanian-Peternakan Berkelanjutan Menghadapi Era ACFTA.
- Amanda, U.D. (2018). Konservasi Produktivitas Lahan Pertanian dengan Aplikasi Biochar. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Banten. <http://banten.litbang.pertanian.go.id/new/index.php/infoteknologi/14-alsin/1516-konservasi-produktivitas-lahan-pertanian-dengan-aplikasi-biochar>.
- Anas, S., A. Zubair, D. Rohmadi. (2011). Study Of Gift Of Cocoa Husk Fermented Feed On Bali Cow Growth. Badan Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP). Gorontalo.
- Atria, P. (2017). Analisis Usahatani Perikanan dalam Sistem Integrasi Tanaman-Ternak-Ikan (SITTI). Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Azmi dan Gunawan. (2006). Hasil-hasil Penelitian Sistem Integrasi Ternak Tanaman. Prosiding Lokakarya Hasil Pengkajian Teknologi Pertanian, Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Balitbang Pertanian bekerja sama dengan Universitas Bengkulu. Halaman 91-95.
- Direktorat Pengolahan dan Pemasaran Hasil pertanian (DPPHP). (2015). Pedoman Pengolahan limbah Ternak. Jakarta.

- Djaenudin D. (2007). Potensi Sumber Daya Lahan untuk Perluasan Areal Tanaman Pangan di Kabupaten Merauke. *Jurnal Iptek Tanaman Pangan*. 2(2): 180–194.
- Djaja, W. (2010). Langkah Jitu Membuat Kompos dari Kotoran Ternak dan Sampah. Agromedia Pustaka. Jakarta Selatan.
- Harniati, H., dan Anwarudin, O. (2018). The interest and action of young agricultural entrepreneur on agribusiness in Cianjur Regency, West Java. *Jurnal Penyuluhan*, 14(1), 189–198.
<https://doi.org/10.25015/penyuluhan.v14i1.18913>.
- Istiqomah, I., dan Serdani, A. D. (2018). Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L. Var. Tosakan) Pada Pemupukan Organik, Anorganik dan Kombinasinya. *AGRORADIX: Jurnal Ilmu Pertanian*, 1(2), 1–8.
- Istiqomah, I., Wahyudin, A., dan Anam, C. (2021). Pengaruh Olahan Organik Jerami dan Jarak Tanam Sistem Jajar Legowo Terhadap Produksi Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.). *AGRORADIX: Jurnal Ilmu Pertanian*, 4(2), 36–41.
- Istiqomah, I., Kusumawati, D. E., dan Serdani, A. D. (2022). Inovasi Aplikasi Asap Cair dan Agens Hayati sebagai Upaya Pengendalian Serangan Hama dan Penyakit Pada Padi (*Oryza sativa* L.). *Buana Sains*, 22(1), 1–10.
- Jackson, M.G. (1978). Rice Straw as Livestock Feed. *World Animal Review, Food and Agriculture Organization of The United Nation, Rome*.
- Kim., D.H., Seo., S.E., Lee., S., and Lee.,K. (2008). Effects of wood vinegar mixed with insecticides on the mortalities of *Nilaparvata lugens* and *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae),” *Animal Cells Syst. (Seoul)*, vol. 12, no. 1, pp. 47–52.
- Kusumo, D., Priyanti, A., dan Saptati, R. A. (2017). Prospek Pengembangan Usaha Peternakan Pola Integrasi. *Sains Peternakan*, Vol. 5(2):26.

- Laconi, A. (1998). Penggunaan Kulit Buah Kakao sebagai Pakan Ternak. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mulyani, S. (2005). Pengantar Ilmu Tanah. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Ngadi. (2010). Menuju pertanian berkelanjutan pendayagunaan tenaga kerja pada pertanian terpadu di Bantul dan Temanggung. Impulse. Yogyakarta.
- Nurmala, T., Suyono, A.D., Rodjak, A., Suganda, T., Natasasmita, S., Simarmata, T., Salim, E.H., Yuwariah, Y., Sendjaya, T.P., Wiyono, S.N. dan S. Hasani. (2012). Pengantar Ilmu Pertanian. Graha Ilmu. Yogyakarta. ISBN 978-979-756-805-4. www.grahailmu.co.id
- Putra, D.E. (2013). Pengaruh Sisa Dolomit dan Pupuk Npk Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Caisim (*Brassica chinensis*) di Lahan Gambut. <http://repository.unri.ac.id:80/handle/123456789/1670>. (15 Mei 2018).
- Preston, T.R. (2000). Livestock Production from Local Resources in an Integrated Farming System; a Sustainable Alternative for the Benefit of Small Scale Farmers and the Environment. Workshop-seminar "Making better use of local feed resources" SAREC-UAF, January, 2000.
- Puslitkoka. (2005). Panduan Lengkap Budidaya Kakao. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Putri, R.E., Mislaini, M. and Ningsih, L.S. (2015). Pengembangan Alat Penghasil Asap Cair dari Sekam Padi untuk Menghasilkan Insektisida Organik. J. Teknol. Pertan. Andalas, vol. 19, no. 2, pp. 29-36.
- Qomariyah, S. (2013). Pengaruh Pemberian Asap Cair dari Limbah Tempurung Kelapa sebagai Pencegah Hama Pada Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annum* L.). Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.

- Roesmanto, J. (1991). *Kakao Kajian Sosial Ekonomi*. Aditya Media. Yogyakarta.
- Sahid, M. dan S. Riyadi. (2001). *Usaha tani kapas Kanesia 7 skala luas di Lamongan Jawa Timur*. Leaflet. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat. Malang.
- Sutejo, M. (2002). *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Widayati E dan Widalestari Y. (1996). *Limbah untuk Pakan Ternak*. Trubus Agrisarana. Surabaya.

TENTANG PENULIS



Nama : Istiqomah, S.P., M.P.

Medsos : IG @istiqomahisty

Email : istiqomah@unisda.ac.id

Pendidikan :

- S1 Agroekoteknologi Universitas Brawijaya
- S2 Ilmu Tanaman Universitas Brawijaya

Profil :

- Dosen Fakultas Pertanian UNISDA Lamongan
- Pengampu mata kuliah : fisiologi tanaman, konservasi sumberdaya tanah dan air, biokimia tanaman, irigasi dan drainase, metodologi penelitian agroteknologi, dll.



Nama : Dian Eka Kusumawati, S.P., M.P.

Medsos : IG @dianekakusuma

Email : dianeka@unisda.ac.id

Pendidikan :

- S1 Agroekoteknologi Universitas Brawijaya
- S2 Ilmu Tanaman Universitas Brawijaya

Profil :

- Dosen Fakultas Pertanian UNISDA Lamongan
- Pengampu mata kuliah : dasar ilmu tanah, hama dan penyakit tanaman, ekologi tumbuhan, analisa mengenai dampak lingkungan, dll.



Buku Ajar

PERTANIAN TERPADU BERBASIS BEBAS LIMBAH

Buku ajar ini berisi materi-materi terkait konsep pertanian terpadu yang berbasis pengolahan limbah pertanian dan peternakan. Kekhasan dari buku ajar ini adalah berisi konsep, teori, panduan praktik pembuatan olahan limbah pertanian dan ternak, serta diperkaya dengan hasil penelitian penulis yang mutakhir berkaitan dengan produk olahan limbah dan budidaya tanaman. Buku ajar ini ditulis secara sistematis dan disertai dengan gambar-gambar yang menarik. Melalui buku ajar ini diharapkan dapat melengkapi buku tentang sistem pertanian terpadu yang lain sekaligus sebagai bahan bacaan dan wawasan bagi mahasiswa maupun pembaca lainnya.



CV. DUTA MEDIA

🌐 dutamedia.id
 ✉ redaksi.dutamedia@gmail.com
 ☎ 0823 3306 1120
 📘 duta media publishing
 📱 @penerbit.dutamedia
 📍 Pamekasan Jawa Timur