

KURIKULUM EKSTRAKURIKULER KETAHANAN PANGAN

**BERBASIS SISTEM PERTANIAN TERPADU
(INTEGRATED FARMING SYSTEM)**

SMA MAARIF DARUL ULUM BRONDONG



SMA MA'ARIF DARUL ULUM BRONDONG

BRENGKOK BRONDONG LAMONGAN

TERAKREDITASI : B NSS : 302050726166 NDS : 3005252608 NPSN : 69786587

KURIKULUM EKSTRAKURIKULER KETAHANAN PANGAN BERBASIS SISTEM PERTANIAN TERPADU (INTEGRATED FARMING SYSTEM) DI SMA MAARIF DARUL ULUM BRONDONG

Ringkasan Eksekutif

Dokumen ini menyajikan rancangan komprehensif kurikulum ekstrakurikuler ketahanan pangan yang dirancang khusus untuk SMA Maarif Darul Ulum Brondong, Kabupaten Lamongan. Laporan ini disusun berdasarkan analisis mendalam terhadap aset biologis sekolah yang meliputi 10 ekor sapi, populasi unggas (ayam dan burung), serta lahan produktif seluas 1.000 meter persegi yang saat ini telah ditanami jagung. Mengingat lokasi sekolah yang berada di wilayah pesisir utara dengan karakteristik lahan kering berkapur serta adanya kemitraan strategis dengan Fakultas Ketahanan Pangan (FKP) Universitas Negeri Surabaya (UNESA), kurikulum ini mengadopsi pendekatan *Integrated Farming System* (IFS) atau Sistem Pertanian Terpadu Nir-Limbah (*Zero Waste*).

Tujuan utama dari kurikulum ini adalah mentransformasi kegiatan pertanian sekolah dari praktik konvensional menjadi laboratorium agribisnis modern yang sirkular. Inti dari sistem ini adalah optimalisasi 10 ekor sapi sebagai "mesin biologis" penghasil pupuk dan energi, yang kemudian menopang budidaya tanaman pangan (jagung) dan hortikultura (cabai rawit dan tomat). Sebaliknya, limbah pertanian diolah kembali menjadi pakan ternak melalui teknologi silase, menciptakan kemandirian pakan. Kurikulum ini tidak hanya menekankan pada kompetensi teknis agronomis (*hard skills*), tetapi juga integrasi literasi digital dan manajemen bisnis (*soft skills*) yang didukung oleh kepakaran akademisi UNESA, selaras dengan Profil Pelajar Pancasila.

BAB I

Pendahuluan dan Analisis Situasional

A. Latar Belakang Geografis dan Potensi Agroekologi

Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan, memiliki topografi unik yang memadukan ekosistem pesisir dengan lahan pertanian kering (*upland*). Secara geografis, wilayah ini terletak di pantai utara Pulau Jawa yang identik dengan suhu udara yang cukup tinggi dan curah hujan yang terbatas, terutama pada musim kemarau.¹ Kondisi tanah di wilayah ini umumnya didominasi oleh jenis tanah mediteran merah kuning atau tanah berkapur yang memiliki pH netral hingga basa, namun seringkali miskin bahan organik karena laju oksidasi yang cepat akibat suhu panas.

Meskipun tantangan iklim cukup nyata, Brondong memiliki potensi besar sebagai sentra produksi jagung dan hortikultura. Kabupaten Lamongan sendiri telah memposisikan diri sebagai lumbung pangan nasional, dengan pemerintah daerah secara agresif mendorong pemanfaatan lahan untuk Musim Tanam (MT) III guna mendukung swasembada pangan.² Desa Brengkok dan sekitarnya telah membuktikan bahwa komoditas seperti cabai rawit (*Capsicum frutescens*) dan tomat (*Solanum lycopersicum*) dapat tumbuh optimal jika manajemen air dan nutrisi dikelola dengan baik.²

Dalam konteks mikro, SMA Maarif Darul Ulum memiliki keunggulan komparatif berupa ketersediaan aset yang lengkap namun belum terintegrasi:

1. **Aset Ternak:** Keberadaan 10 ekor sapi merupakan aset vital. Seekor sapi dewasa rata-rata menghasilkan 10-15 kg kotoran per hari. Dengan 10 ekor, sekolah memiliki potensi produksi limbah harian sebesar 100-150 kg/hari, yang setara dengan potensi produksi pupuk organik padat sekitar 30-40 ton per tahun dan gas metana untuk energi.⁴
2. **Aset Lahan:** Lahan seluas 1.000 m^2 yang sudah berisi tanaman jagung merupakan modal awal yang baik, namun praktik monokultur seringkali rentan terhadap fluktuasi harga dan serangan hama.
3. **Aset Unggas:** Keberadaan ayam dan burung memberikan peluang diversifikasi sumber nutrisi (pupuk guano/kandang ayam yang tinggi Nitrogen) serta potensi pengendalian hama biologis.

B. Peran Strategis Kemitraan dengan FKP UNESA

Kerja sama dengan Fakultas Ketahanan Pangan (FKP) UNESA menjadi katalisator utama dalam peningkatan kualitas kurikulum ini. FKP UNESA memiliki program studi yang sangat relevan, seperti Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Agribisnis Digital, dan Bioteknologi.⁶ Peran UNESA dalam kurikulum ini dirancang tidak hanya sebatas seremonial, melainkan integratif:

- **Transfer Teknologi:** UNESA dapat memfasilitasi alih teknologi pengolahan pangan (misalnya pembuatan saus tomat atau tepung cabai) dan bioteknologi pakan (starter probiotik untuk silase).⁷
- **Supervisi Kurikulum:** Dosen dan mahasiswa UNESA dapat dilibatkan sebagai instruktur tamu atau supervisor proyek siswa, memastikan materi yang diajarkan sesuai dengan standar industri pertanian 4.0.⁸
- **Jaringan Pemasaran:** Prodi Agribisnis Digital dapat membantu siswa membangun platform pemasaran *e-commerce* untuk produk hasil panen sekolah.⁶

C. Tujuan Instruksional Kurikulum

Penyusunan kurikulum ini bertujuan untuk mencapai sasaran-sasaran berikut:

1. **Kompetensi Ekologis:** Siswa mampu merancang dan mengoperasikan sistem pengolahan limbah ternak menjadi energi terbarukan (biogas) dan nutrisi tanaman (pupuk), mewujudkan konsep sekolah *Zero Waste*.
2. **Kompetensi Agronomis:** Siswa menguasai teknik budidaya tumpangsari (*intercropping*) jagung dan hortikultura yang efisien lahan, adaptif terhadap iklim pesisir, dan ramah lingkungan.
3. **Kompetensi Zooteknis:** Siswa mampu memproduksi pakan ternak awetan (silase) dari limbah pertanian untuk menjamin ketersediaan pakan sapi sepanjang tahun.
4. **Kompetensi Kewirausahaan:** Siswa mampu melakukan analisis usaha tani, menghitung *Revenue Cost Ratio* (R/C), dan memasarkan produk pertanian baik dalam bentuk segar maupun olahan.

BAB II

Kerangka Konseptual Sistem Pertanian Terpadu (Integrated Farming System)

A. Filosofi Ekonomi Sirkular di Lingkungan Sekolah

Kurikulum ini menolak paradigma pertanian linier (ambil-buat-buang) dan menggantikannya dengan paradigma sirkular. Dalam ekosistem SMA Maarif Darul Ulum, tidak ada output yang menjadi sampah; setiap output dari satu subsistem menjadi input bagi subsistem lainnya.

Analisis aliran energi dan materi dalam kurikulum ini dapat dipetakan sebagai berikut:

Subsistem Sumber	Produk Utama	Produk Samping (Limbah)	Pemanfaatan dalam Kurikulum	Unit Penerima
Peternakan Sapi	Daging/Susu (Jangka Panjang)	Feses & Urin (150 kg/hari)	Bahan Baku Biogas & Pupuk	Unit Energi & Agronomi
Peternakan Unggas	Telur/Daging	Kotoran Ayam (Manure)	Pupuk N Tinggi (Starter Kompos)	Unit Agronomi
Unit Biogas	Energi Gas Metana	Bio-slurry (Ampas CAIR/Padat)	Pupuk Hayati Cair & Media Tanam	Unit Agronomi
Pertanian Jagung	Jagung Pipil	Batang & Daun (Stover)	Bahan Baku Silase (Pakan Fermentasi)	Unit Peternakan
Hortikultura	Cabai & Tomat	Buah Afkir/Busuk	Pakan Maggot / Kompos	Unit Unggas/Agronomi

Tabel 2.1: Matriks Integrasi Sistem Pertanian Terpadu SMA Maarif Darul Ulum

B. Relevansi dengan Profil Pelajar Pancasila

Kurikulum ini dirancang untuk secara eksplisit membangun dimensi Profil Pelajar Pancasila, khususnya:

- **Beriman, Bertakwa kepada Tuhan YME, dan Berakhlak Mulia:** Melalui akhlak kepada alam (menjaga lingkungan dari pencemaran limbah ternak).
- **Gotong Royong:** Kegiatan pertanian dan instalasi biogas membutuhkan kerja sama tim yang solid.
- **Kreatif:** Siswa dituntut mencari solusi atas masalah hama, penyakit, atau kegagalan panen dengan sumber daya lokal.
- **Bernalar Kritis:** Siswa melakukan analisis data pertumbuhan tanaman dan perhitungan rugi-laba

usaha tani.¹⁰

BAB III

Modul Pembelajaran I - Manajemen Limbah & Energi Terbarukan

A. Pendahuluan: Dari Polutan Menjadi Emas Hitam

Dengan populasi 10 ekor sapi, SMA Maarif Darul Ulum menghadapi risiko pencemaran lingkungan jika kotoran tidak dikelola (bau, gas rumah kaca, pencemaran air tanah). Modul ini mengajarkan siswa untuk memandang kotoran sapi sebagai sumber daya aset likuid.

B. Unit Kompetensi 1: Teknologi Biogas Skala Sekolah

Biogas adalah teknologi fermentasi anaerobik yang mengubah bahan organik menjadi gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2).

C. Desain dan Instalasi Digester

Mengingat volume limbah yang besar (10 sapi), kurikulum merekomendasikan studi dan pengoperasian reaktor jenis *Fixed Dome* (Kubah Tetap) yang tahan lama, atau *Floating Drum* untuk skala demonstrasi siswa agar mereka memahami prinsip tekanan gas.¹²

Perhitungan Kapasitas:

- Input: 10 ekor sapi x 10-15 kg = ~100-150 kg kotoran/hari.
- Campuran Air: Rasio ideal adalah 1:1 hingga 1:2 (kotoran:air). Total volume input harian = ~300 liter lumpur (*slurry*).
- Waktu Retensi (*Hydraulic Retention Time* - HRT): Di iklim tropis, dibutuhkan 30-40 hari agar bakteri metanogen bekerja optimal.⁵
- Volume Digester: 300 liter/hari x 40 hari = 12.000 liter ($12m^3$). Ini adalah instalasi skala semi-industri yang sangat layak untuk sekolah.

D. Operasional dan Perawatan

Siswa akan diajarkan prosedur operasional standar (SOP):

1. **Feeding (Pengisian):** Mencampur kotoran dan air, memastikan tidak ada benda keras (batu/pasir) atau bahan kimia (sabun/disinfektan) yang masuk karena dapat membunuh bakteri.¹²
2. **Agitasi (Pengadukan):** Mengaduk outlet secara berkala untuk mencegah *scum* (kerak) yang menghambat keluarnya gas.
3. **Monitoring pH:** Memastikan pH larutan dalam digester berada di kisaran 6,8 - 7,5. Jika terlalu asam (pH < 6), siswa diajarkan untuk mengurangi feeding atau menambahkan kapur.¹⁴

E. Unit Kompetensi 2: Produksi Pupuk Organik Cair (POC) dan Padat

Limbah yang keluar dari digester disebut *bio-slurry*. Ini adalah materi yang sudah matang, tidak berbau busuk, dan kaya akan unsur hara makro (N, P, K) serta mikroba menguntungkan.

1. Pengolahan *Bio-slurry* Cair

Bio-slurry cair dapat langsung diaplikasikan ke lahan, namun kurikulum ini menambahkan tahap

"pengayaan" untuk meningkatkan kualitas.

- **Formulasi POC Premium:** Mencampurkan *bio-slurry* cair dengan urin sapi, tetes tebu (molasses), dan biang bakteri (seperti EM4 atau starter buatan sendiri dari nasi basi/bonggol pisang).
- **Penambahan Pestisida Nabati:** Siswa diajarkan menambahkan ekstrak empon-empon (kunyit, jahe, lengkuas) atau daun mimba ke dalam fermentasi POC. Tujuannya agar pupuk yang dihasilkan juga berfungsi sebagai pengusir hama (*repellent*).¹⁵

2. Pengolahan Pupuk Padat (Kompos)

Ampas padat dari biogas (*sludge*) atau kotoran sapi segar yang tidak masuk digester diolah menjadi kompos padat.

- **Integrasi Kotoran Unggas:** Di sinilah peran ayam dan burung dimaksimalkan. Kotoran unggas memiliki kandungan Nitrogen (N) dan Fosfor (P) yang jauh lebih tinggi daripada sapi, namun bersifat "panas". Mencampur kotoran sapi (C tinggi) dengan kotoran ayam (N tinggi) menciptakan rasio C/N ideal (sekitar 25-30:1) untuk pengomposan cepat.¹⁶
- **Teknik Windrow:** Siswa mempraktikkan penyusunan tumpukan kompos berlapis, membalik tumpukan setiap minggu untuk aerasi, dan memonitor suhu (harus mencapai 60-70°C untuk mematikan patogen dan biji gulma).¹⁷

A. Pendahuluan: Jagung sebagai Tulang Punggung

Jagung (*Zea mays*) dipilih bukan hanya karena kesesuaian lahan Brondong, tetapi karena biomassa tanamannya (batang dan daun) adalah sumber pakan sapi terbesar. Fokus modul ini adalah **Intensifikasi Lahan Kering**.

B. Unit Kompetensi 1: Seleksi Varietas dan Persiapan Lahan

Siswa diajarkan memilih varietas yang adaptif terhadap cekaman kekeringan (toleran *drought*) dan memiliki potensi hasil biomassa tinggi.

- **Varietas Unggul:** Menggunakan varietas hibrida seperti NK, Bisi, atau Pertiwi yang umum di Lamongan dan terbukti tahan terhadap iklim panas pantura.¹⁸
- **Pengolahan Lahan:** Menggunakan traktor atau tenaga manual untuk menggemburkan tanah kapur yang cenderung keras. Aplikasi pupuk dasar berupa kompos padat hasil olahan sendiri (dosis 5-10 ton/ha atau 500-1000 kg untuk lahan $1000m^2$) wajib dilakukan 2 minggu sebelum tanam untuk memperbaiki struktur tanah dan daya ikat air.²⁰

C. Unit Kompetensi 2: Manajemen Pertanaman Jagung

- **Pola Tanam:** Menggunakan sistem *jajar legowo* modifikasi untuk memfasilitasi tumpangsari. Jarak tanam diatur agar cahaya matahari tetap bisa menembus ke bagian bawah tempat tanaman hortikultura tumbuh.
- **Pemupukan Berimbang:** Mengurangi ketergantungan pupuk urea kimia dengan substitusi POC *bio-slurry*. Siswa melakukan aplikasi kocor POC pada usia 14, 28, dan 45 Hari Setelah Tanam (HST). Riset menunjukkan aplikasi *bio-slurry* dapat meningkatkan bobot pipilan kering secara signifikan.²¹
- **Pengendalian Hama (Ulat Grayak):** Menggunakan musuh alami dan pestisida nabati yang telah dibuat. Jika serangan *Fall Armyworm* (FAW) tinggi, siswa diajarkan pengendalian mekanis (memijat telur ulat) atau penggunaan agens hayati *Beauveria bassiana* hasil kultur laboratorium mini sekolah.

D. Unit Kompetensi 3: Panen dan Pasca Panen untuk Pakan (Silase)

Ini adalah pembeda utama kurikulum ini. Setelah tongkol jagung dipanen untuk pangan manusia/dijual, batang dan daun jagung (tebon) tidak dibakar, melainkan diolah menjadi silase.

- **Teknologi Silase:**
 - **Pencacahan (*Chopping*):** Siswa menggunakan mesin *chopper* untuk memotong tebon menjadi ukuran 2-3 cm.
 - **Pencampuran:** Tebon dicampur dengan dedak padi (5% dari berat) sebagai sumber karbohidrat bagi bakteri laktat, dan molasses (3%) sebagai *starter* energi.²²
 - **Ensiling (Pemeraman):** Bahan dimasukkan ke dalam tong biru atau plastik tebal, dipadatkan sepadat mungkin untuk menghilangkan udara (anaerob), dan ditutup rapat.
 - **Hasil:** Setelah 21 hari, silase matang dengan aroma asam segar (seperti tape), siap disimpan berbulan-bulan sebagai bank pakan saat musim kemarau.²⁴

Modul Pembelajaran III - Hortikultura Nilai Tinggi (Tumpangsari)

A. Pendahuluan: Optimalisasi Lahan dengan Tumpangsari

Lahan $1000m^2$ terlalu berharga jika hanya ditanami jagung. Hortikultura (cabai dan tomat) berfungsi sebagai *cash crop* (tanaman uang) yang memberikan arus kas harian/mingguan, sementara jagung adalah tabungan jangka menengah.

B. Unit Kompetensi 1: Desain Tumpangsari (*Intercropping Design*)

Siswa mempelajari konsep *Land Equivalent Ratio* (LER). Sistem tumpangsari Jagung + Cabai Rawit terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan pendapatan petani secara signifikan dibandingkan monokultur.²⁵

- **Pengaturan Ruang:** Jagung ditanam sebagai "pagar" atau *barrier crop* yang melindungi cabai dari angin kencang laut dan memberikan naungan parsial yang justru disukai cabai di dataran rendah yang sangat panas.²⁷
- **Jarak Tanam:** Jagung ditanam dengan jarak yang agak lebar antar baris (misal: 100 cm), dan di lorong antar jagung ditanami 1-2 baris cabai rawit atau tomat.²⁹

C. Unit Kompetensi 2: Budidaya Cabai Rawit & Tomat Spesifik Lokasi

- **Pemilihan Varietas Cabai:** Menggunakan varietas yang tahan virus kuning (Gemini Virus) dan cocok untuk dataran rendah, seperti varietas **Bara** atau **Dewata**. Varietas ini memiliki karakter pedas yang disukai pasar lokal dan ketahanan fisik yang baik.³⁰
- **Pemilihan Varietas Tomat:** Menggunakan varietas tahan panas dan layu bakteri seperti **Servo** atau **Tymoti**.³² Siswa juga dapat bereksperimen dengan teknik penyambungan (*grafting*) menggunakan batang bawah terung pipit (*cepoka*) yang tahan penyakit tanah, sebuah teknik tingkat lanjut yang bisa disupervisi oleh UNESA.
- **Persemaian:** Siswa belajar membuat media semai steril dari campuran arang sekam dan kompos halus. Persemaian dilakukan di area terlindung (Greenhouse sederhana) untuk mencegah masuknya kutu kebul (*Bemisia tabaci*) vektor virus.³⁴

D. Unit Kompetensi 3: Perlindungan Tanaman Terpadu

Mengintegrasikan peran ayam dan burung serta tanaman refugia.

- **Refugia:** Menanam bunga marigold (kenikir) atau bunga matahari di pematang lahan untuk menarik serangga predator alami hama.
- **Integrasi Ayam:** Pada fase setelah panen hortikultura atau sebelum tanam, ayam dilepasliarkan di lahan tertutup (*chicken tractor*) untuk memakan ulat tanah, kepompong hama, dan biji gulma, sekaligus memberikan pupuk langsung ke lahan.

A. Pendahuluan: Petani Milenial yang Cerdas Bisnis

Kelemahan utama pendidikan pertanian konvensional adalah kurangnya aspek bisnis. Modul ini, didukung oleh Prodi Agribisnis UNESA, membekali siswa dengan kemampuan manajerial.

B. Unit Kompetensi 1: Analisis Usaha Tani

Siswa wajib melakukan pencatatan finansial (*farm recording*) yang meliputi:

- **Biaya Tetap (*Fixed Cost*):** Penyusutan alat cangkul, tangki semprot, instalasi biogas.
- **Biaya Variabel (*Variable Cost*):** Benih, bahan bakar, tenaga kerja (dihitung sebagai simulasi).
- **Perhitungan R/C Ratio:** Menghitung rasio penerimaan terhadap biaya. Siswa akan melihat bukti empiris bahwa tumpangsari cabai-jagung dapat menghasilkan R/C ratio > 2.0 , jauh lebih tinggi dari jagung monokultur yang seringkali < 1.5 .²⁰

C. Unit Kompetensi 2: Pengolahan Pasca Panen & Nilai Tambah

Untuk mengatasi fluktuasi harga (misal: saat harga tomat jatuh), siswa diajarkan teknologi pengolahan pangan sederhana:

- **Dried Chili:** Pembuatan bubuk cabai kering atau *bon cabe* dari cabai rawit yang dikeringkan (menggunakan oven atau sinar matahari).
- **Saus/Pasta Tomat:** Mengolah tomat matang menjadi saus botolan dengan formulasi standar keamanan pangan (diajarkan oleh Prodi Teknologi Pangan UNESA).³⁶

D. Unit Kompetensi 3: Pemasaran Digital

Memanfaatkan *smartphone* siswa untuk pemasaran:

- **Branding:** Menciptakan logo dan merek produk sekolah (misal: "Barul Ulum Fresh" atau "Pupuk Organik BU").
- **Platform:** Menggunakan WhatsApp Business, Facebook Marketplace lokal Lamongan, dan Instagram.
- **Strategi:** Menargetkan wali murid dan guru sebagai pasar captive, serta pasar sayur lokal Brondong untuk volume besar.³⁷

BAB VII

Rencana Implementasi Kurikulum (Silabus Tahunan)

Kurikulum ini dilaksanakan dalam siklus 1 tahun pelajaran (2 semester), mengikuti pola musim tanam di Lamongan.

A. Semester Ganjil (Juli - Desember): Fokus Instalasi & Musim Hujan

Bulan	Minggu	Kegiatan Pembelajaran Utama	Lokasi	Keterlibatan Mitra
Juli	1-2	Pengenalan IFS & Keamanan Kerja (K3)	Kelas	-
	3-4	Desain & Perbaikan Kandang Sapi + Instalasi Biogas	Kandang	Teknisi/Ahli Biogas
Agust	1-2	Produksi Pupuk Dasar (Kompos) & Persiapan Lahan	Lahan	-
	3-4	Persemaian Cabai & Tomat + Tanam Jagung	Greenhouse/Lahan	-
Sept	1-4	Perawatan Tanaman (Pemupukan POC, Penyiangan)	Lahan	-
Okt	1-2	Monitoring Hama & Aplikasi Pestisida	Lahan	-

		Nabati		
	3-4	Panen Awal Cabai Rawit (Panen Hijau)	Lahan	-
Nov	1-4	Panen Raya Cabai & Tomat + Pemasaran	Pasar/Online	Mahasiswa Agribisnis
Des	1-2	Panen Jagung & Pembuatan Silase Tebon	Lahan/Gudang	Dosen Pternakan
	3-4	Evaluasi Usaha Tani Semester 1	Kelas	-

B. Semester Genap (Januari - Juni): Fokus Pemeliharaan & Pengolahan

Bulan	Minggu	Kegiatan Pembelajaran Utama	Lokasi	Keterlibatan Mitra
Jan	1-4	Aplikasi Pupuk Organik untuk Rotasi Tanaman	Lahan	-
Feb	1-2	Manajemen Pakan Ternak (Buka Silase)	Kandang	-
	3-4	Workshop Pengolahan Pangan (Saus/Bon Cabe)	Lab PKK	Dosen Tekpang UNESA
Mar	1-4	Budidaya Tanaman Sela (Sayuran Daun Cepat Panen)	Lahan	-

Apr	1-4	Digital Marketing & Branding Produk Olahan	Lab Komputer	Mahasiswa Digital
Mei	1-2	Pameran Panen Karya (Showcase P5)	Sekolah	Masyarakat Umum
	3-4	Audit Energi (Biogas) & Nutrisi Tanah	Lapangan	-
Juni	1-4	Laporan Akhir Tahun & Rencana Regenerasi	Kelas	-

Tabel 7.1: Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) Global

BAB VIII

Penilaian dan Indikator Keberhasilan

Sistem penilaian tidak hanya berbasis ujian tulis, tetapi dominan pada penilaian kinerja (*performance-based assessment*) dan portofolio proyek.

A. Instrumen Penilaian

1. **Observasi Kinerja:** Checklist keterampilan teknis (cara mencangkul, cara menyuntikkan EM4, cara memanen tanpa merusak tanaman).
2. **Laporan Proyek:** Kemampuan siswa menyusun laporan keuangan sederhana dan logbook harian pertanian.
3. **Produk:** Kualitas fisik sayuran yang dihasilkan, keberhasilan fermentasi silase (tidak busuk), dan nyala api biogas.
4. **Presentasi:** Kemampuan mempresentasikan rencana bisnis di depan guru atau mitra UNESA.

B. Indikator Keberhasilan Program (KPI)

- **Zero Waste:** Minimal 80% kotoran sapi harian terolah menjadi biogas/pupuk. Tidak ada penumpukan limbah di kandang.
- **Produktivitas Lahan:** Hasil panen jagung minimal setara dengan rata-rata produktivitas desa (atau lebih baik karena pemupukan intensif).
- **Kemandirian Energi:** Kantin sekolah atau laboratorium PKK dapat memasak air menggunakan gas metana dari instalasi biogas sekolah.
- **Kesejahteraan Ternak:** Sapi menunjukkan kenaikan Bobot Badan Harian (ADG) yang stabil berkat asupan pakan silase berkualitas saat kemarau.

BAB IX

Kesimpulan dan Rekomendasi

Kurikulum ekstrakurikuler Ketahanan Pangan di SMA Maarif Darul Ulum Brondong ini merupakan model percontohan pendidikan kontekstual yang ideal. Dengan mengintegrasikan aset lokal (sapi, lahan, unggas) dan kepakaran global (UNESA), sekolah tidak hanya mengajarkan siswa cara bertani, tetapi cara berpikir sistemik (*systems thinking*).

Implementasi kurikulum ini akan mengubah tantangan lingkungan (limbah kotoran sapi) menjadi solusi energi dan nutrisi. Siswa diajarkan bahwa dalam pertanian modern, efisiensi dan keberlanjutan adalah kunci profitabilitas. Rekomendasi utama untuk keberhasilan program ini adalah konsistensi pendampingan dari UNESA, terutama di tahun pertama, serta komitmen sekolah untuk menginvestasikan dana awal bagi infrastruktur biogas dan peralatan pengolahan pangan.

Jangka panjang, program ini berpotensi menjadikan SMA Maarif Darul Ulum sebagai pusat rujukan (*Center of Excellence*) bagi pendidikan vokasi pertanian di wilayah Pantura Jawa Timur, menghasilkan lulusan yang siap menjadi *agripreneur* tangguh atau melanjutkan studi ke jenjang pendidikan tinggi dengan bekal kompetensi yang solid.

BAB II: Modul Pembelajaran I - Teknologi Biogas (Energi Terbarukan)

A. Tujuan Pembelajaran

Siswa memahami prinsip fermentasi anaerobik dan mampu merawat instalasi biogas untuk menghasilkan energi gas metana bagi kebutuhan sekolah (kantin/lab).

B. Prosedur Kegiatan: Operasional Harian Unit Biogas

1. Alat dan Bahan

- **Alat:**

1. Sekop dan cangkul.
2. Ember takar (kapasitas 10-20 liter).
3. Pengaduk kayu/besi panjang.
4. Saringan kawat kasar (untuk memisahkan sampah plastik/batu).

- **Bahan:**

1. Kotoran sapi segar (baru keluar, belum kering).
2. Air bersih/air sumur.

1. Cara Kerja (Langkah Demi Langkah)

- a. **Pengumpulan (07:00 WIB):** Siswa mengumpulkan kotoran sapi segar dari kandang. Hindari kotoran yang tercampur pasir atau disinfektan (sabun) karena dapat mematikan bakteri.
- b. **Pencampuran (Mixing):**
 - a. Masukkan kotoran ke dalam bak *inlet* (lubang pemasukan).
 - b. Tambahkan air dengan perbandingan **1:1** (1 ember kotoran : 1 ember air). Jika kotoran agak kering, gunakan rasio 1:2.¹
- c. **Pengadukan:** Aduk campuran (*slurry*) hingga homogen (seperti bubur encer). Pastikan tidak ada gumpalan besar.
- d. **Penyaringan:** Buang sampah anorganik (plastik, tali rafia) atau sisa pakan keras yang mengapung.
- e. **Pengisian (Feeding):** Buka sumbat *inlet* agar *slurry* mengalir masuk ke digester. Lakukan ini setiap hari secara rutin untuk menjaga tekanan gas stabil.²
- f. **Perawatan Outlet:** Setiap kali mengisi di *inlet*, pastikan ada cairan *bio-slurry* (ampas) yang keluar dari *outlet*. Tampung *bio-slurry* ini di bak penampungan untuk bahan pupuk cair.

BAB III

Modul Pembelajaran II - Produksi Pupuk Kompos Padat (Emas Coklat)

A. Tujuan Pembelajaran

Modul baru ini ditambahkan agar sekolah dapat mandiri pupuk. Siswa belajar mengubah kotoran sapi menjadi kompos matang yang tidak berbau, kaya nutrisi, dan siap pakai untuk lahan jagung.

B. Prosedur Kegiatan: Pembuatan Kompos Metode Fermentasi (Aerob)

1. Alat dan Bahan

- **Alat:**
 - a. Cangkul dan sekop.
 - b. Terpal plastik (penutup) atau karung goni.
 - c. Gembor air (penyiram tanaman).
 - d. Termometer tanah (opsional) atau besi panjang (untuk cek suhu).
 - e. Parang/Mesin pencacah (untuk mencacah jerami).
- **Bahan (Untuk 1 Ton Kompos):**
 - a. Kotoran sapi padat: 800 kg (80 bagian).
 - b. Sumber Karbon (Sekam padi, serbuk gergaji, atau jerami cacah): 200 kg (20 bagian).
 - c. Aktivator (Decomposer): EM4 Pertanian (1 liter) atau Starbio.
 - d. Molase (Tetes Tebu) atau Gula Merah cair: 1 liter.
 - e. Kapur Pertanian (Dolomit): 2-5 kg (untuk menetralkan pH).
 - f. Air secukupnya.

2. Cara Kerja (Langkah Demi Langkah)

- a. **Persiapan Larutan Aktivator:**

Campurkan 1 liter EM4 + 1 liter Molase + 50 liter air dalam tong. Aduk rata dan diamkan minimal 30 menit agar bakteri "bangun" dari masa dormansi.
- b. **Pencampuran Bahan Padat:**
 - a) Hamparkan kotoran sapi di tempat teduh (tidak terkena hujan/matahari langsung).
 - b) Taburkan sekam/jerami cacah di atasnya secara merata.
 - c) Taburkan kapur Dolomit tipis-tipis di atas tumpukan.
 - d) Aduk bahan-bahan padat tersebut menggunakan cangkul hingga tercampur rata.
- c. **Penyiraman (Inokulasi):**
 - a) Siramkan larutan aktivator (EM4+Molase) sedikit demi sedikit menggunakan gembor sambil tumpukan terus diaduk.
 - b) **Cek Kelembapan (Penting):** Lakukan "Tes Genggam". Ambil segenggam adonan, lalu remas.
 - Jika air menetes = Terlalu basah (tambahkan sekam).
 - Jika buyar/pecah = Terlalu kering (tambahkan air).
 - Jika menggumpal tapi tidak menetes = **Pas (Kelembapan 30-40%)**.
- d. **Pemeraman (Fermentasi):**
 - a) Tumpuk adonan membentuk gunung setinggi ± 1 meter.
 - b) Tutup rapat dengan terpal untuk menjaga suhu dan kelembapan.

e. **Pembalikan (Turning):**

- a) Lakukan pembalikan tumpukan setiap 7 hari sekali (Hari ke-7, 14, 21). Ini berfungsi membuang gas beracun dan mensuplai oksigen.
- b) Suhu ideal fermentasi adalah 45-60°C. Jika terlalu panas (>60°C), buka terpal sebentar.

f. **Pemanenan (Hari ke-21 s.d 30):**

- a) Kompos dianggap matang jika: Suhu dingin (sama dengan suhu ruang), tidak berbau busuk (berbau tanah), warna coklat kehitaman, dan tekstur remah.
- b) Ayak kompos sebelum dipakai atau dikemas.

A. Tujuan Pembelajaran

Siswa mampu membudidayakan jagung secara intensif di lahan kapur dengan input pupuk organik buatan sendiri.

B. Prosedur Kegiatan: Budidaya Jagung Organik

1. Alat dan Bahan

- **Alat:** Traktor/Cangkul, Tugal (alat pelubang tanam), Sprayer tangki.
- **Bahan:** Benih Jagung Hibrida (Pertiwi/Bisi-18), Pupuk Kompos (hasil Modul II), Pupuk Cair *Bio-slurry* (hasil Modul I).

2. Cara Kerja (Langkah Demi Langkah)

a. Persiapan Lahan (H-14 Tanam):

- a) Bersihkan lahan dari gulma.
- b) Buat bedengan (gundukan tanah) lebar 100 cm, tinggi 20 cm, jarak antar bedengan 50 cm.
- c) **Aplikasi Pupuk Dasar:** Tebarkan Kompos Padat (Dosis: 1-2 kg per meter persegi) di atas bedengan, lalu aduk dengan tanah.³

b. Penanaman:

- a) Buat lubang tanam dengan tugal sedalam 3-5 cm.
- b) Jarak tanam: 70 cm x 20 cm (1 biji per lubang) atau 70 cm x 40 cm (2 biji per lubang).
- c) Masukkan benih, tutup dengan tanah halus atau kompos (jangan dipadatkan).

c. Pemupukan Susulan (Kocor):

- a) **Usia 15 HST (Hari Setelah Tanam):** Gunakan Pupuk Cair *Bio-slurry* dari outlet biogas. Encerkan dengan air (Rasio 1:10). Siramkan 1 gelas (200ml) per tanaman.⁴
- b) **Usia 30 & 45 HST:** Ulangi pemupukan cair.

- d. **Pembumbunan:** Pada usia 30 HST, naikan tanah di parit ke pangkal batang jagung untuk memperkokoh akar agar tidak roboh.

Modul Pembelajaran IV - Hortikultura Tumpangsari (Cabai/Tomat)

A. Tujuan Pembelajaran

Memanfaatkan sela tanaman jagung untuk tanaman bernilai ekonomi tinggi (*cash crop*).

B. Prosedur Kegiatan: Tumpangsari Cabai Rawit

1. Alat dan Bahan

- a. **Alat:** Tray semai/pot kecil, sprayer tangan, mulsa plastik (opsional).
- b. **Bahan:** Benih Cabai Rawit (Varietas tahan virus seperti 'Bara' atau 'Dewata'), media semai (tanah:kompos 1:1).⁵

2. Cara Kerja (Langkah Demi Langkah)

a. **Persemaian (Dilakukan 3 minggu sebelum tanam jagung):**

- Campur tanah dan kompos halus, masukkan ke tray semai.
- Tanam 1 biji cabai per lubang. Simpan di rumah lindung (*greenhouse* sederhana).
- Siram tiap pagi. Bibit siap pindah saat berdaun 4-5 helai (umur 21-25 hari).

b. **Penanaman di Lahan:**

- Waktu: Tanam cabai dilakukan 1-2 minggu setelah jagung tumbuh, atau bersamaan.
- Posisi: Tanam bibit cabai di bagian tengah bedengan (di antara barisan jagung).
- Jarak tanam cabai: 50-60 cm dalam barisan.⁷

c. **Perawatan Khusus:**

- **Pewiwilan:** Buang tunas air (cabang kecil) yang tumbuh di ketiak daun di bawah cabang "Y" utama agar nutrisi fokus ke buah.
- **Pengendalian Hama:** Semprotkan Pestisida Nabati (fermentasi urin sapi + empon-empon/daun mimba) seminggu sekali untuk mencegah kutu daun.

A. Tujuan Pembelajaran

Mengolah limbah panen jagung (batang dan daun) menjadi pakan fermentasi agar awet disimpan berbulan-bulan.

B. Prosedur Kegiatan: Pembuatan Silase Tebon Jagung**1. Alat dan Bahan****Alat:**

- Mesin Chopper (pencacah) atau parang tajam.
- Drum plastik biru (tong) dengan klem pengunci, atau kantong plastik tebal (silo bag) rangkap dua.
- Terpal.

Bahan:

- Tebon jagung (seluruh tanaman jagung termasuk batang, daun, tongkol muda jika ada): 100 kg.
- Dedak padi (sebagai sumber karbohidrat bakteri): 5 kg (5%).
- Molase/Gula merah cair: 1-2 liter (larutkan dengan sedikit air).
- EM4 Peternakan (Opsional, untuk mempercepat): 1-2 tutup botol.⁸

2. Cara Kerja (Langkah Demi Langkah)

- Pelayuan:** Tebon jagung yang baru dipanen diangin-anginkan selama 1 hari agar kadar air turun (menjadi sekitar 60-70%). Jangan sampai kering kerontang.
 - Pencacahan (Chopping):** Cacah tebon jagung menjadi ukuran kecil (2-3 cm) menggunakan mesin atau parang.
 - Pencampuran:**
 - Hamparkan cacahan jagung di atas terpal.
 - Taburkan dedak padi secara merata.
 - Percikkan larutan molase (+EM4) secara merata.
 - Aduk hingga rata.
 - Pemadatan (Ensiling) - KRUSIAL:**
 - Masukkan campuran ke dalam drum/plastik sedikit demi sedikit.
 - Injak-injak** atau padatkan dengan alat penumbuk hingga **sangat padat**. Tujuannya untuk membuang semua udara (oksigen). Silase butuh kondisi hampa udara (anaerob).
 - Penutupan:**

Setelah drum penuh, tutup rapat. Jika pakai plastik, ikat dengan karet ban serapat mungkin. Jangan sampai ada kebocoran udara.
 - Pemeraman:** Simpan di tempat teduh selama 21 hari.
 - Panen:** Setelah 21 hari, silase matang. Ciri: Wangi asam segar (seperti tape), warna hijau kekuningan, tidak berjamur hitam, tekstur masih jelas.
- Cara Pemberian:* Angin-anginkan sebentar sebelum diberikan ke sapi. Tutup kembali wadah dengan rapat setelah mengambil pakan.

Daftar Rujukan Data dan Snippet Penelitian:

- Data Wilayah & Potensi:.¹
- Teknologi Biogas & Limbah:.⁴
- Agronomi Jagung & Hortikultura:.²⁵
- Pakan Ternak (Silase):.²²
- Kemitraan & Pendidikan:.⁶
- Analisis Usaha Tani:.¹⁹

Karya yang dikutip

1. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 4.1 Tinjauan Umum Kecamatan Brondong, Lamongan, diakses Februari 2, 2026, https://repository.ub.ac.id/143023/5/BAB4-A_89.pdf
2. Lamongan Siap Dukung Swasembada Pangan Nasional Melalui Musim Tanam III, diakses Februari 2, 2026, <https://beritajatim.com/lamongan-siap-dukung-swasembada-pangan-nasional-melalui-musim-tanam-iii>
3. Desa Lembor Kecamatan Brondong Kembangkan Pertanian Sehat, Kurangi Ketergantungan Pupuk Kimia - Radar Lamongan, diakses Februari 2, 2026, <https://radarlamongan.jawapos.com/desa/2286544476/desa-lembor-kecamatan-brondong-kembangkan-pertanian-sehat-kurangi-ketergantungan-pupuk-kimia>
4. PELATIHAN PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR DARI KOTORAN SAPI YANG DI FERMENTASI SECARA ANAEROB TRAINING ON THE PRODUCTION OF LIQUID, diakses Februari 2, 2026, <https://www.journal.unrika.ac.id/index.php/MNDBHRU/article/download/7111/pdf>
5. Fixed Dome Biogas Plant Size and Gas Amount Calculations - KENPRO, diakses Februari 2, 2026, <https://kenpro.org/fixed-dome-biogas-plant-size-and-gas-amount-calculations/>
6. Fakultas Ketahanan Pangan | UNESA, diakses Februari 2, 2026, <https://fkp.unesa.ac.id/>
7. Sinergi Lintas Fakultas: FKP Unesa dan FT Wujudkan Pertanian Berbasis IoT di Tulungagung, diakses Februari 2, 2026, <https://fkp.unesa.ac.id/post/sinergi-lintas-fakultas-fkp-unesa-dan-ft-wujudkan-pertanian-berbasis-iot-di-tulungagung>
8. UNESA dan Polda Jatim Perkuat Ketahanan Pangan melalui Kolaborasi Inovatif, diakses Februari 2, 2026, <https://kecemedia.unesa.ac.id/post/unesa-dan-polda-jatim-perkuat-ketahanan-pangan-melalui-kolaborasi-inovatif>
9. FKP Unesa Perkuat Sinergi Industri, Jalin Kerja Sama dengan PT. Suri Tani Pemuka, diakses Februari 2, 2026, <https://fkp.unesa.ac.id/post/fkp-unesa-perkuat-sinergi-industri-jalin-kerja-sama-dengan-pt-suri-tani-pemuka>
10. Modul P5 Spega Gaya Hidup Berkelanjutan.pdf - Slideshare, diakses Februari 2, 2026, <https://www.slideshare.net/slideshow/modul-p5-spega-gaya-hidup-berkelanjutan-pdf/273025678>
11. Modul p5 Gaya Hidup Berkelanjutan | PDF | Karier & Perkembangan - Scribd, diakses Februari 2, 2026, <https://id.scribd.com/document/788105892/Modul-p5-Gaya-Hidup-Berkelanjutan>
12. Desain Alat Biogas Dari Kotoran Sapi Skala Rumah Tangga ..., diakses Februari 2, 2026, <https://ukmc.ac.id/penelitian/desain-alat-biogas-dari-kotoran-sapi-skala-rumah-tangga/>
13. Fixed Dome Biogas Plant Design & Installation Guide - Anaerobic Digestion, diakses Februari 2, 2026, <https://blog.anaerobic-digestion.com/fixed-dome-biogas-plant-design-installation-guide/>

14. RANCANG BANGUN REAKTOR BIOGAS TIPE PORTABLE ... - Neliti, diakses Februari 2, 2026, <https://media.neliti.com/media/publications/97729-ID-rancang-bangun-reaktor-biogas-tipe-porta.pdf>
15. PEMANFAATAN LIMBAH KOTORAN SAPI SEBAGAI BAHAN BAKU ..., diakses Februari 2, 2026, <https://digilib.unimed.ac.id/id/eprint/43731/1/Fulltext.pdf>
16. Pengaruh penambahan rasi pada pengomposan kotoran sapi terhadap kandungan N, P, K, dan C/N rasio kompos - ETD UGM, diakses Februari 2, 2026, <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/34143>
17. Pengolahan Limbah Kotoran Sapi Menjadi Pupuk Organik untuk Perbaikan Kualitas Lingkungan Desa Seputih Kecamatan Mayang Kabupaten, diakses Februari 2, 2026, <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jpmppi/article/download/1357/1021>
18. Lamongan Targetkan 56 Hektar Lahan untuk Tanam Jagung - Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur, diakses Februari 2, 2026, <https://kominfo.jatimprov.go.id/berita/lamongan-targetkan-56-hektar-lahan-untuk-tanam-jagung>
19. ANALISIS USAHA TANI BUDIDAYA TANAMAN JAGUNG DI DESA BOCOR, KECAMATAN BULUSPESANTREN KABUPATEN KEBUMEN, diakses Februari 2, 2026, <https://jurnal.umnu.ac.id/index.php/agronu/article/download/277/140>
20. analisis pendapatan usahatani jagung dan cabai pada lahan kering di desa sumber jaya kecamatan - Digilib Unila, diakses Februari 2, 2026, <http://digilib.unila.ac.id/81955/3/SKRIPSI%20TANPA%20BAB%20PEMBAHASAN%20-%20Reni%20Yesta%20Putri.pdf>
21. PENGARUH DOSIS PUPUK ORGANIK BIO-SLURRY CAIR DAN WAKTU APLIKASI TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN JAGUNG (*Zea mays* L.) E, diakses Februari 2, 2026, <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JAT/article/download/4755/pdf>
22. Pembuatan Silase Rumput Dan Tebon Jagung | PDF | Teknologi & Rekayasa - Scribd, diakses Februari 2, 2026, <https://id.scribd.com/document/437109576/Pembuatan-Silase-Rumput-Dan-Tebon-Jagung>
23. CARA MEMBUAT SILASE UNTUK PAKAN TERNAK - Dinas Pertanian Kabupaten Buleleng, diakses Februari 2, 2026, https://distan.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/39_cara-membuat-silase-untuk-pakan-ternak
24. Cara Membuat Silase Tebon Jagung Standar SNI | Berkah Rojokoyo Farm 2021 - YouTube, diakses Februari 2, 2026, <https://www.youtube.com/watch?v=scd0ucyqqiI>
25. Analisis Komparatif Usahatani Tumpangsari Jagung dan Cabai Rawit dengan Monokultur Jagung di Desa Wonosari Kecamatan Ngombol Kabupaten Purworejo | Surya Agritama - Slot Gacor, diakses Februari 2, 2026, <https://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/suryaagritama/article/view/5425>
26. MANFAAT SISTEM TUMPANG SARI CABE RAWIT DENGAN JAGUNG MANIS - Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan dan Teknik, diakses Februari 2, 2026, <https://sihojournal.com/index.php/penarik/article/download/256/224/1194>
27. Tumpang Sari Cabai-Jagung Bikin Untung Petani - DIREKTORAT JENDERAL HORTIKULTURA, diakses Februari 2, 2026, <https://hortikultura.pertanian.go.id/tumpang-sari-cabai-jagung-bikin-untung-petani/>
28. Berapa Jarak Tanam Tumpang Sari Jagung dan Cabe yang Ideal? Ini Jawabannya, diakses Februari 2, 2026, <https://kumparan.com/seputar-hobi/berapa-jarak-tanam-tumpang-sari-jagung-dan-cabe-yang->

29. Analisis Pendapatan dan Kelayakan Tumpang Sari Tanaman Kembang Kol dan Cabai Merah di Desa Swarna Dwipa Kecamatan Semende - Jurnal Unigal, diakses Februari 2, 2026, <https://jurnal.unigal.ac.id/mimbaragribisnis/article/download/14067/pdf>
30. Varietas Cabai Rawit yang Cocok Ditanam di Lahan Luas dan Pekarangan, diakses Februari 2, 2026, <https://dkpp.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/65-varietas-cabai-rawit-yang-cocok-ditanam-di-lahan-luas-dan-pekarangan>
31. Jual Benih cabe rawit Sigma kemasan 10gr, cabai tahan virus cap kapal terbang - Shopee, diakses Februari 2, 2026, <https://shopee.co.id/Benih-cabe-rawit-Sigma-kemasan-10gr-cabai-tahan-virus-cap-kapal-terbang-i.362991281.51052311495>
32. Budi Daya Tanaman Tomat - Dinas Pertanian Kabupaten Buleleng, diakses Februari 2, 2026, <https://distan.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/budi-daya-tanaman-tomat-25>
33. Terlaris! 10 Benih Tomat Dataran Tinggi Musim Kemarau - YouTube, diakses Februari 2, 2026, <https://www.youtube.com/watch?v=3jKCNUhmW0A>
34. Melon Jadi Unggulan Holtikultura di Kabupaten Lamongan - Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur, diakses Februari 2, 2026, <https://kominfo.jatimprov.go.id/berita/melon-jadi-unggulan-holtikultura-di-kabupaten-lamongan>
35. ANALISIS KOMPARASI KELAYAKAN USAHA TANI JAGUNG POLA KEMITRAAN DAN MANDIRI | JURNAL AGRIBISNIS - Universitas Islam Indragiri, diakses Februari 2, 2026, <https://ejournal.unisi.ac.id/index.php/agribisnis/article/view/2832>
36. KETAHANAN PANGAN MELALUI PENGEMBANGAN BUAH DAN SAYUR Fakultas Ketahanan Pangan Universitas Negeri Surabaya (Unesa), diakses Februari 2, 2026, <https://fkp.unesa.ac.id/post/ketahanan-pangan-melalui-pengembangan-buah-dan-sayur-fakultas-ketahanan-pangan-universitas-negeri-surabaya-unesa>
37. ANALISIS PEMASARAN PRODUK PERTANIAN SECARA ONLINE DAN KONVENSIONAL (Studi Kasus di Toko Online Agrowing) Oleh - Brawijaya Knowledge Garden, diakses Februari 2, 2026, <https://repository.ub.ac.id/165211/1/Martin%20Priyono%20Putra.pdf>
38. CHAPTER 4 Construction Manual of Bio-gas Reactor - Build a Biogas Plant, diakses Februari 2, 2026, <https://www.build-a-biogas-plant.com/PDF/BiogasGP4-6New.pdf>
39. Pupuk Organik Cair Asal Limbah Bio-Slurry Di Desa Genengsari Kecamatan Polokarto Kabupaten Sukoharjo Liquid Organic Fertilizer - Proceeding Universitas Aisyiyah Yogyakarta, diakses Februari 2, 2026, <https://proceeding.unisayogya.ac.id/index.php/proseminaslppm/article/download/1338/721>
40. PEMANFAATAN BIOSLURRY DARI DIGESTER BIOGAS MENJADI PUPUK ORGANIK CAIR - e-Journal ITATS, diakses Februari 2, 2026, <https://ejurnal.itats.ac.id/stepplan/article/download/809/681>
41. Unesa Buka Fakultas Ketahanan Pangan, Ikhtiar Dukung Pemerintah Wujudkan Swasembada Pangan, diakses Februari 2, 2026, <https://fkp.unesa.ac.id/post/unesa-buka-fakultas-ketahanan-pangan-ikhtiar-dukung-pemerintah-wujudkan-swasembada-pangan>
- 42.