



DIKTISAINTEK
BERDAMPAK



MODUL PENGABDIAN MASYARAKAT

"Edukasi Pertanian Berkelanjutan melalui Penerapan Pestisida Nabati dan Peresapan Biopori di Lahan Pekarangan Kelurahan Tambak Wedi"



DISUSUN OLEH:

KKNT BELA NEGARA KELOMPOK 36

BERLOKASI DI:

KEL. TAMBAKWEDI, KEC. KENJERAN,
KOTA SURABAYA

20
25

MODUL PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
PERTANIAN BERKELANJUTAN MELALUI PENERAPAN
PESTISIDA NABATI DAN PERESAPAN BIOPORI DI
LAHAN PEKARANGAN KELURAHAN TAMBAK WEDI



Oleh:

Dr. A. Muammar Alawi, M.Pd.I.
NIDN 0010108706

- 1. Carrisa Irma Dehlia (22071010274)**
- 2. Tegar Khoirul Ni'am (22025010113)**

KELOMPOK 36 KKN-T BELA NEGARA SDGS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL
“VETERAN” JAWA TIMUR
SURABAYA
2025

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Modul : Pertanian Berkelanjutan Penerapan Pestisida Nabati dan Peresapan Biopori di Lahan Pekarangan Kelurahan Tambak Wedi
2. Pemanfaatan Iptek : Penerapan Ilmu dan Teknologi Tepat Guna yang Berbasis Kearifan Lokal, Ramah Lingkungan dan Berorientasi Pada Pemberdayaan Masyarakat
3. Nama Dosen Pembimbing Lapangan
 - a. Nama Lengkap : Dr. A. Muammar Alawi, M.Pd.I
 - b. NIDN : 0010108706
 - c. Jabatan Fungsional : Dosen
 - d. Program Studi : Pariwisata
 - e. Nomor HP : 0822-2773-3989
 - f. Alamat Email : a.muammar.par@upnjatim.ac.id
 - g. Perguruan Tinggi : UPN “Veteran” Jawa Timur
4. Lokasi Kegiatan : Kelurahan Tambak Wedi, Kecamatan Kenjeran Kota Surabaya

5. Anggota

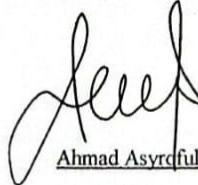
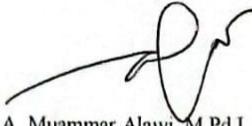
1. Nama Lengkap : Carrisa Irma Dehlia
NPM : 22071010274
Program Studi : Hukum
2. Nama Lengkap : Tegar Khoirul Ni'am
NPM : 22025010113
Program Studi : Agroteknologi
3. Nama Lengkap : Rizqi Mubarak
NPM : 22025010071
Program Studi : Agroteknologi
4. Nama Lengkap : Elsha Yuanita
NPM : 22025010257
Program Studi : Agroteknologi
5. Nama Lengkap : Kezia Pauline Rimadani
NPM : 22025010137
Program Studi : Agroteknologi
6. Nama Lengkap : Azzahra Rahmadani
NPM : 22082010255
Program Studi : Sistem Informasi

7. Nama Lengkap : Aliffatul Miskiyah
NPM : 22032010138
Program Studi : Teknik Industri
8. Nama Lengkap : Muhammad Afif Zaky Akmal
NPM : 22042010328
Program Studi : Adimistrasi Bisnis
9. Nama Lengkap : Rafi Nuh Aqmal
NPM : 22071010044
Program Studi : Hukum
10. Nama Lengkap : Muhammad Rayhan Ariya Putra
NPM : 22071010274
Program Studi : Hukum

Surabaya, 31 Juli 2025

Menyetujui DPL

Ketua Kelompok



Dr. A. Muammar Alawi, M.Pd I

Ahmad Asyraful Ibad

NIDN. 0010108706

NPM: 22014010037

Mengetahui,

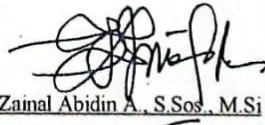
Ka. LPPM

Kapusdimas dan KKN



Prof. Dr. Ir. Rosyda Priyadarshini, MP

NIP. 196703191991032001



Dr. Zainal Abidin A., S.Sos., M.Si

NPT. 373059901701

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, kesehatan, dan kesempatan yang diberikan sehingga modul dengan judul *“Pertanian Berkelanjutan Penerapan Pestisida Nabati dan Peresapan Biopori di Lahan Pekarangan Kelurahan Tambak Wedi”* dapat disusun sebagai salah satu syarat luaran Kuliah Kerja Nyata (KKN) Bela Negara SDGs yang diselenggarakan oleh LPPM UPN Veteran Jawa Timur.

Modul ini disusun sebagai upaya nyata mahasiswa menjadi salah satu bagian dari kontribusi mahasiswa KKN SDGs Kelompok 36 dalam mendukung pemberdayaan masyarakat, khususnya di wilayah Kelurahan Tambak Wedi, dalam mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya pada poin 11 (Kota dan Permukiman Berkelanjutan), Melalui penerapan pestisida nabati dan biopori, masyarakat tidak hanya mempraktikkan pertanian yang ramah lingkungan, tetapi juga ikut berkontribusi dalam menjaga kualitas lingkungan untuk generasi mendatang.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu dalam penyusunan modul ini, termasuk dosen pembimbing, pihak Kelurahan Tambak Wedi, kelompok tani “Nandur Makmur”, Semoga modul ini memberikan manfaat bagi pembaca dan seluruh masyarakat.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	3
1.3 Manfaat	4
1.4 Sasaran	5
1.5 Landasan Teori	5
1. Pertanian Berkelanjutan	5
2. Pestisida Nabati.....	6
3. Biopori	7
4. Keterkaitan dengan SDGs	8
2. HASIL DAN PEMBAHASAN	9
2.1 Pelaksanaan Kegiatan Pestisida Nabati	9
2.2 Pelaksanaan Kegiatan Biopori.....	15
3. PENUTUP	26
3.1 Kesimpulan.....	26
3.2 Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pembuatan Pestisida Nabati.....	11
Gambar 2.2 Pengaplikasian Pestisida Nabati.....	12
Gambar 2.3 Pembuatan Alat Pipa Biopori.....	16
Gambar 2. 4 Pemasangan Biopori di Lahan	17

PERTANIAN BERKELANJUTAN PENERAPAN PESTISIDA NABATI DAN PERESAPAN BIOPORI DI LAHAN PEKARANGAN KELURAHAN TAMBAK WEDI

*Carissa Irma D, Tegar Khoirul I, Rizqi Mubarok, Elsha Yuanita,
Kezia Pauline R, Azzahra Rahmadani, Aliffatul Miskiyah,
Muhammad Afif Zaky, Rafi Nuh A, Muhammad Rayhan,
Muammar Alawi*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan pangan memiliki dampak yang luas, tidak hanya terbatas pada aspek konsumsi, tetapi juga memengaruhi sektor sosial, ekonomi, hingga stabilitas suatu negara. Ketahanan pangan nasional merupakan tanggung jawab bersama antara pemerintah dan masyarakat, karena kemandirian dan martabat suatu bangsa tercermin dari kemampuannya dalam mengelola masalah pangan secara berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan, yang menegaskan bahwa pencapaian ketahanan pangan merupakan kewajiban bersama seluruh elemen bangsa.

Sebagai negara agraris, Indonesia memiliki potensi lahan pertanian yang luas dan mendukung berbagai kegiatan budidaya. Namun, seiring dengan pesatnya perkembangan industri dan urbanisasi, banyak lahan pertanian yang beralih fungsi menjadi kawasan permukiman maupun industri, terutama di wilayah

perkotaan. Alih fungsi lahan pertanian ini memicu munculnya berbagai permasalahan baru yang saling berkaitan, seperti efek domino yang berdampak pada aspek lingkungan, sosial, dan ketahanan pangan nasional. Di kota-kota besar, termasuk Surabaya, ketersediaan lahan pertanian semakin terbatas dan terdesak oleh pembangunan. Kota Surabaya sebagai pusat aktivitas ekonomi dan kependudukan menghadapi tantangan serupa. Oleh karena itu, dalam modul ini akan dibahas pengelolaan lahan pertanian yang masih tersedia di Kelurahan Tambak Wedi sebagai salah satu bentuk penerapan pertanian berkelanjutan di kawasan urban.

Kelurahan Tambak Wedi terletak di wilayah pesisir Pantai Kenjeran, Kota Surabaya. Kondisi tanah di kawasan ini cenderung kering dan memiliki kadar garam yang cukup tinggi, sehingga hanya tanaman tertentu seperti umbi-umbian dan jagung yang dapat tumbuh dengan baik. Tantangan ini menunjukkan perlunya penerapan Teknologi Tepat Guna (TTG) yang mampu menjawab permasalahan terkait karakteristik tanah dan lingkungan di lahan pertanian Kelurahan Tambak Wedi.

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan dalam mewujudkan pertanian berkelanjutan di lahan pesisir adalah penggunaan pestisida nabati sebagai alternatif ramah lingkungan dari pestisida kimia. Selain itu, teknologi lubang resapan biopori juga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan daya serap air tanah dan menjaga kelembaban lahan. Kedua metode ini merupakan bagian dari Teknologi Tepat Guna (TTG) yang sesuai diterapkan pada kondisi lahan di Kelurahan Tambak Wedi.

Keberhasilan implementasi modul ini sangat bergantung pada partisipasi aktif masyarakat petani dan dukungan berkelanjutan dari berbagai pihak terkait, termasuk pemerintah daerah, akademisi, dan lembaga swadaya masyarakat. Pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan dan pendampingan teknis merupakan kunci utama dalam transfer teknologi dan adopsi inovasi pertanian yang berkelanjutan. Program monitoring dan evaluasi secara berkala diperlukan untuk mengukur efektivitas penerapan teknologi, mengidentifikasi kendala di lapangan, dan melakukan penyesuaian strategi sesuai dengan dinamika kondisi lokal. Dengan demikian, modul ini diharapkan tidak hanya menjadi panduan teoritis, tetapi juga dapat menjadi instrumen praktis yang dapat diadaptasi dan dikembangkan lebih lanjut sesuai dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan masyarakat di masa mendatang.

Penyusunan modul ini bertujuan untuk memberikan panduan praktis dan aplikatif terkait penerapan pestisida nabati dan biopori bagi para petani serta masyarakat di Kelurahan Tambak Wedi. Selain itu, modul ini diharapkan dapat mendorong penerapan pertanian berkelanjutan melalui pemanfaatan teknologi tepat guna yang sesuai dengan kondisi pertanian di wilayah perkotaan.

1.2 Maksud dan Tujuan

Penyusunan modul ini dimaksudkan untuk memberikan panduan praktis kepada masyarakat Kelurahan Tambak Wedi dalam menerapkan pertanian berkelanjutan di lingkungan pekarangan rumah mereka. Melalui modul ini, diharapkan masyarakat dapat memahami pentingnya memanfaatkan ruang

pekarangan untuk budidaya tanaman pangan secara ramah lingkungan, serta mampu menerapkan pestisida nabati sebagai alternatif pengendalian hama yang aman bagi kesehatan dan lingkungan sekitar. Modul ini juga bertujuan untuk memperkenalkan praktik pembuatan lubang biopori di pekarangan sebagai salah satu upaya memperbaiki kualitas tanah, membantu penyerapan air hujan, serta mengelola sampah organik rumah tangga secara sederhana dan efektif. Lebih jauh, tujuan penyusunan modul ini adalah untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan, memperkuat ketahanan pangan keluarga, serta mendukung tercapainya pembangunan berkelanjutan melalui penerapan pertanian ramah lingkungan di wilayah padat penduduk seperti Tambak Wedi.

1.3 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari adanya modul ini adalah terciptanya pemahaman dan keterampilan baru di kalangan masyarakat Tambak Wedi dalam mengelola pekarangan rumah secara produktif. Dengan memanfaatkan pestisida nabati yang dapat dibuat dari bahan alami di sekitar lingkungan, masyarakat dapat mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia yang dapat merusak lingkungan dan membahayakan kesehatan. Selain itu, masyarakat dapat memperoleh manfaat dengan menerapkan biopori yang membantu menjaga kualitas tanah dan meningkatkan penyerapan air, sehingga pekarangan menjadi lebih subur dan bebas genangan air. Melalui modul ini, diharapkan masyarakat juga akan terdorong untuk mulai memanfaatkan sampah organik rumah tangga sebagai bahan pengomposan alami dalam biopori, sehingga lingkungan menjadi lebih bersih dan sehat. Modul ini diharapkan

memberikan manfaat berkelanjutan bagi masyarakat dalam membangun pola hidup yang ramah lingkungan sekaligus mendukung ketahanan pangan keluarga.

1.4 Sasaran

Sasaran dari modul ini meliputi berbagai lapisan masyarakat yang memiliki perhatian terhadap pertanian berkelanjutan di wilayah perkotaan. Secara khusus, modul ini ditujukan bagi warga Kelurahan Tambak Wedi, terutama para ibu rumah tangga, pemuda karang taruna, serta kelompok tani “Nandur Makmur” yang telah aktif memanfaatkan pekarangan rumah untuk budidaya tanaman pangan dan hortikultura. Selain itu, mahasiswa peserta Kuliah Kerja Nyata (KKN) berbasis *Sustainable Development Goals* (SDGs) juga menjadi sasaran utama, mengingat mereka akan berperan dalam memberikan pendampingan dan edukasi kepada masyarakat terkait penerapan pestisida nabati dan teknologi biopori sebagai bagian dari kegiatan pengabdian. Tak hanya terbatas pada wilayah tersebut, modul ini juga relevan bagi kelompok masyarakat lainnya yang memiliki ketertarikan dan komitmen untuk menerapkan konsep pertanian berkelanjutan secara mandiri di lingkungan perkotaan.

1.5 Landasan Teori

1. Pertanian Berkelanjutan

Pertanian berkelanjutan didefinisikan sebagai pendekatan sistem pertanian yang memenuhi kebutuhan pangan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan serupa, melalui pengelolaan sumber daya

alam secara efisien dan mempertimbangkan aspek sosial-ekonomi serta ekologi. Landasan teoritisnya berakar pada konsep pembangunan berkelanjutan yang menekankan pada tiga pilar utama: produktivitas ekonomi yang stabil dan efisien, kesejahteraan sosial yang adil dan inklusif, serta pelestarian lingkungan dan keanekaragaman hayati. Prinsip ekologis menjadi landasan penting, di mana pertanian harus memelihara keselarasan antara organisme tanaman, hewan, manusia, dan lingkungan dengan memanfaatkan siklus biologis alami seperti pengelolaan tanah, konservasi air, dan rotasi tanaman untuk meminimalkan degradasi ekosistem. Secara teknis, praktik pertanian berkelanjutan mencakup penggunaan pupuk organik, diversifikasi tanaman atau polikultur, penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT), serta penggunaan varietas lokal yang tahan terhadap hama dan kondisi setempat. Dimensi sosial-ekonomi pertanian berkelanjutan menitikberatkan pada pemberdayaan petani melalui akses yang adil terhadap sumber daya, pasar, pendidikan, serta peningkatan pendapatan yang berkelanjutan dan distribusi manfaat yang inklusif. Pendekatan ini juga mendorong keterlibatan masyarakat dan kebijakan partisipatif untuk memastikan penerapan praktik pertanian berkelanjutan di tingkat lokal secara diterima dan berkelanjutan.

2. Pestisida Nabati

Pestisida nabati merupakan solusi alami berbasis bahan tanaman yang menggunakan metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, terpenoid, dan minyak atsiri untuk mengendalikan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)

dengan mekanisme kerja yang beragam: racun kontak, antifeedant, repelan, serta penghambatan reproduksi dan perkembangan hama. Tanaman memproduksi metabolit tersebut secara alamiah sebagai bagian dari sistem pertahanan terhadap serangan, dan bahan nabati ini diolah menjadi ekstrak yang mampu menggantikan pestisida sintetis yang sering menimbulkan residu berbahaya serta dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Keunggulan utama pestisida nabati mencakup keberlanjutan ekologis karena mudah terurai (*biodegradable*), aman buat manusia maupun organisme non-target, murah, dan mudah dibuat dari bahan lokal seperti daun pepaya, bawang putih, cabai, sirsak, tembakau, atau serai wangi, sesuai konteks lokal di pekarangan atau kebun masyarakat. Namun demikian, efektivitasnya cenderung lebih rendah dibanding pestisida kimia sehingga aplikasi perlu lebih sering dan volume lebih besar; juga tantangan dalam standarisasi dan variasi kualitas tergantung jenis bahan dan teknik ekstraksi yang digunakan. Pestisida nabati ideal diterapkan sebagai bagian dari sistem Pengelolaan Hama Terpadu (PHT), memperkuat pendekatan pencegahan dengan metode mekanik, sanitasi, serta varietas tahan hama, sehingga kadar pestisida sintetis dapat dikurangi secara signifikan tanpa mengorbankan produktivitas pertanian.

3. Biopori

Biopori merupakan teknologi lubang resapan vertikal yang terinspirasi dari aktivitas organisme tanah seperti cacing, rayap, semut, dan akar tanaman yang secara alami membentuk rongga-rongga dalam tanah. Lubang biopori dibuat vertikal dengan

diameter 10–30 cm dan kedalaman sekitar 70–100 cm sehingga memungkinkan air hujan meresap lebih dalam ke dalam tanah, menurunkan limpasan permukaan, serta memperkuat cadangan air tanah lokal. Selain mempercepat infiltrasi, lubang ini juga digunakan sebagai tempat mengolah sampah organik rumah tangga; sampah yang masuk diurai oleh mikroorganisme dan fauna tanah menjadi kompos alami yang menyuburkan tanah dan membangun struktur tanah yang lebih gembur. Secara teknis, lubang biopori dibangun dengan prosedur sederhana menggunakan linggis, bor tanah, atau pipa PVC sebagai pelapis mulut lubang dan membutuhkan pemeliharaan minimal berupa pengisian sampah organik secara berkala. Dengan demikian, biopori merupakan solusi tepat guna dan hemat biaya untuk konservasi air tanah, pengendalian banjir lokal, pengolahan sampah organik, serta perbaikan kualitas tanah di berbagai lingkungan perkotaan dan pedesaan.

4. Keterkaitan dengan SDGs

Penerapan pestisida nabati dan pembuatan biopori mendukung pencapaian SDGs poin 11 (Kota dan Permukiman Berkelanjutan), sehingga modul ini juga menjadi sarana edukasi untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan pada level komunitas.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Pelaksanaan Kegiatan Pestisida Nabati

Penggunaan pestisida nabati berbahan utama daun pepaya (*Carica papaya*) dan serai wangi (*Cymbopogon nardus*) merupakan alternatif ekologis yang sangat menjanjikan untuk mengendalikan ulat grayak (*Spodoptera litura*) pada tanaman jagung. Ekstrak daun pepaya tinggi akan *papain* dan *kimopapain* enzim proteolitik yang merusak membran usus dan protein tubuh hama serta alkaloid seperti karpain yang bersifat neurotoksik, flavonoid dan saponin yang bekerja sebagai antifeedant dan racun kontak pada sistem saraf dan pencernaan ulat. Di sisi lain, minyak atsiri dari serai wangi, yang kaya akan senyawa seperti citronellal (~36 %), geraniol (~17 %), sitronellol, limonene, elemmol, dan geranyl acetate, memiliki efek repellent, antifeedant, dan racun kontak yang bekerja terhadap berbagai serangga pengganggu tanaman. Minyak ini diketahui mengganggu sistem saraf serangga, menekan nafsu makan, dan menimbulkan kematian baik melalui inhalasi uap maupun kontak langsung, serta menurunkan kemampuan reproduksi hama dan memperlambat pertumbuhan larva hama seperti *Sitophilus zeamais* dan ulat grayak.

Ketika kedua ekstrak ini digabungkan, terjadi sinergi antar senyawa bioaktif papain dari pepaya menghancurkan jaringan internal hama, sedangkan minyak serai wangi menciptakan ketidaknyamanan sensorik yang membuat hama menjauh atau menolak makan (efek antifeedant dan repellent). Studi menunjukkan bahwa kombinasi ini efektif dalam menekan populasi *S. litura*, meningkatkan mortalitas dan mengurangi intensitas

serangan hama pada tanaman jagung dan cabai lebih signifikan daripada penggunaan ekstrak satu bahan saja

Berdasarkan observasi di Kelurahan Tambak Wedi, hama ulat grayak menjadi kendala utama yang signifikan pada tanaman jagung. Di sisi lain, bahan lokal seperti daun pepaya dan serai wangi tersedia secara melimpah, menjadikan keduanya pilihan ideal untuk formulasi pestisida nabati. Prosedur pembuatannya dimulai dengan pencincangan daun pepaya dan serai masing-masing sebanyak 1 kg, dicampur dengan sekitar 5 liter air kemudian diblender hingga halus. Cairan hasil blender disaring dan dibiarkan melalui proses fermentasi selama 24 jam sebelum digunakan lewat sprayer. Kombinasi dua bahan ini digunakan karena adanya potensi sinergis dalam meningkatkan efektivitas pengendalian. Penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun pepaya dengan konsentrasi antara 20-80 g/L mampu secara dramatis menurunkan tingkat serangan ulat grayak, dimana konsentrasi optimal 20–40 % (setara 20–40 g/L) telah menghasilkan mortalitas hingga 91,7 % dalam waktu relatif singkat. Konsentrasi 80 g/L bahkan mencapai mortality 100 % dan waktu kematian (LT_{50}) hanya sekitar 6 jam pada *Spodoptera frugiperda* (mirip spesies ulat grayak) pada tanaman jagung.

Metode ini tidak hanya menunjukkan efektivitas tinggi dalam menekan populasi hama, tetapi juga ramah lingkungan dan murah karena menggunakan bahan lokal yang mudah diperoleh. Tidak seperti pestisida sintetis, pestisida nabati ini tidak meninggalkan residu berbahaya dan dapat terurai secara alami. Dengan penerapan yang tepat dan konsentrasi optimal, pestisida

nabati daun pepaya-serai merupakan solusi berkelanjutan dan efektif bagi petani jagung di Tambak Wedi dan sekitarnya.



Gambar 2.1 Proses Pembuatan Pestisida Nabati

Pengaplikasian pestisida nabati sebaiknya dilakukan dengan menyemprotkan ekstrak ke bagian bawah daun tanaman, terutama pada pagi dan sore hari, serta diulang dua kali dalam seminggu tergantung pada tingkat keparahan serangan hama. Daun pepaya (*Carica papaya*) mengandung enzim proteolitik seperti *papain* dan *kimopapain* yang mampu memecah protein tubuh serangga hama, menyebabkan kematian cepat fenomena yang telah terbukti efektif membunuh ulat dan kutu daun dalam waktu singkat, dengan tingkat mortalitas hingga 95 % dalam beberapa kasus. Selain enzim aktif, daun pepaya juga kaya akan senyawa golongan alkaloid, terpenoid, flavonoid, dan asam amino non-protein yang bekerjasama sebagai antiserangga dan antijamur, efektif menghambat perkembangbiakan jamur serta mengurangi intensitas penyakit tanaman. Sementara itu, daun serai wangi (*Cymbopogon nardus*) mengandung minyak atsiri yang kaya akan komponen aktif

seperti citronellal ($\approx 30\%$), geraniol ($\approx 24\%$), elemol, geranyl acetate, dan germacrene D, yang secara sinergis memberikan efek *repellent* (pengusir), *antifeedant* (menurunkan nafsu makan), hingga efek antinematoda terhadap hama tanaman unggulan seperti kutu kebul dan thrips.

Kombinasi ekstrak daun pepaya dan serai wangi terbukti lebih efektif daripada penggunaan tunggal, baik terhadap ulat grayak (*S. litura*) maupun kutu daun (*A. gossypii*), seperti yang ditemukan dalam studi mortalitas tinggi dan penurunan intensitas serangan hama pada tanaman cabai serta kapas. Dengan demikian, perpaduan kedua ekstrak ini memberikan mekanisme ganda: papain dan kimopapain dari pepaya menghancurkan protein tubuh hama, sementara senyawa minyak atsiri serai menciptakan efek repelan dan antifeedant yang mengganggu perilaku makan hama. Protokol aplikasi yang direkomendasikan adalah penyemprotan pagi dan sore setiap 2–3 hari untuk menjamin paparan berkala yang cukup untuk mempertahankan tekanan terhadap populasi hama, terutama pada fase awal serangan sebelum populasi berkembang pesat.



Gambar 2.2 Pengaplikasian Pesticida Nabati

Minyak ini dapat mengacaukan aroma tanaman inang sehingga hama enggan mendekat, sekaligus mengiritasi integumen serangga hingga menyebabkan dehidrasi dan kematian (Rustam dan Cinthia, 2021). Dengan demikian, daun pepaya unggul sebagai agen pembunuh hama lewat enzim dan sifat antijamur, sedangkan daun serai wangi kuat sebagai pengusir alami (*repellent*) dan antifeedant berspektrum luas. Kombinasi keduanya memberikan keunggulan sinergis dalam pestisida nabati yang efektif, ramah lingkungan, dan aman digunakan. Selain itu, efektivitas dari pestisida nabati ini juga dipengaruhi oleh cara penyimpanan dan penggunaannya di lapangan. Hasil fermentasi dari campuran ekstrak daun pepaya dan serai wangi sebaiknya disimpan di tempat yang sejuk dan terhindar dari sinar matahari langsung untuk menjaga stabilitas senyawa aktifnya. Sebelum diaplikasikan, pestisida ini perlu dikocok terlebih dahulu agar senyawa aktif terdistribusi merata. Dalam praktiknya, pengendalian hama dengan pestisida nabati memang memerlukan frekuensi penyemprotan yang lebih sering dibandingkan pestisida kimia. Namun, manfaat jangka panjang berupa tanah yang tetap sehat dan tidak tercemar, serta tidak menimbulkan resistensi hama yang tinggi, menjadi nilai tambah yang sangat signifikan bagi keberlangsungan pertanian organik.

Faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya matahari juga berpengaruh signifikan terhadap efektivitas pestisida nabati daun pepaya dan serai wangi (Sari et al., 2020). Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pada suhu 25-30°C dengan kelembaban relatif 70-80% memberikan hasil optimal dalam hal penetrasi dan absorpsi senyawa aktif oleh serangga target (Widyastuti dan Pramono, 2019). Kondisi cuaca yang terlalu panas

atau hujan dapat mengurangi persistensi pestisida nabati di permukaan daun, sehingga timing aplikasi menjadi sangat krusial. Oleh karena itu, monitoring kondisi cuaca dan penyesuaian jadwal penyemprotan sangat diperlukan untuk memaksimalkan efektivitas pengendalian (Rahman et al., 2021). Penggunaan adjuvant alami seperti sabun cair atau surfaktan organik juga dapat meningkatkan daya sebar dan daya lekat pestisida nabati pada permukaan daun tanaman.

Aspek ekonomi dan sosial dari penerapan pestisida nabati berbahan daun pepaya dan serai wangi menunjukkan potensi yang sangat menguntungkan bagi petani skala kecil (Handayani et al., 2022). Biaya produksi pestisida nabati tercatat 60-70% lebih murah dibandingkan pestisida sintetis komersial, dengan ketersediaan bahan baku yang mudah diperoleh di lingkungan pedesaan (Sutrisno et al., 2020). Selain itu, proses pembuatan yang sederhana memungkinkan petani untuk memproduksi sendiri tanpa ketergantungan pada distributor eksternal (Pratama dan Wijaya, 2021). Dampak positif terhadap kesehatan petani juga signifikan karena minimnya paparan bahan kimia berbahaya selama proses aplikasi. Pemberdayaan kelompok tani dalam pembuatan pestisida nabati juga dapat menjadi sumber pendapatan tambahan melalui produksi skala komunitas.

Resistensi hama terhadap pestisida nabati berbahan daun pepaya dan serai wangi menunjukkan tingkat yang relatif rendah dibandingkan pestisida sintetis (Maharani et al., 2021). Hal ini disebabkan oleh kompleksitas senyawa bioaktif alami yang bekerja melalui multiple target sites pada sistem fisiologi serangga, sehingga sulit bagi hama untuk mengembangkan mekanisme

detoksifikasi yang spesifik (Nuraini et al., 2020). Penelitian jangka panjang selama tiga musim tanam menunjukkan bahwa efektivitas pestisida nabati ini tetap konsisten tanpa penurunan yang signifikan, bahkan pada populasi hama yang telah mengalami paparan berulang (Firmansyah et al., 2022). Rotasi dengan biopestisida lain seperti ekstrak nimba atau bakteri *Bacillus thuringiensis* dapat lebih memperkuat strategi pengelolaan resistensi (Kusuma et al., 2019). Integrasi dengan metode pengendalian hayati menggunakan musuh alami juga terbukti dapat memperpanjang durasi efektivitas pestisida nabati dalam ekosistem pertanian.

2.2 Pelaksanaan Kegiatan Biopori

Biopori merupakan lubang resapan vertikal berbentuk silindris dengan diameter sekitar 10–30 cm dan kedalaman hingga sekitar 70–100 cm (atau hingga melampaui muka air tanah) yang dirancang untuk meningkatkan daya resap air ke dalam tanah; konsep ini diperkenalkan oleh Dr. Kamir R. Brata dari IPB dan terinspirasi dari aktivitas alami organisme tanah seperti cacing, rayap, semut, serta akar tanaman yang menciptakan pori-pori di dalam tanah untuk mempercepat infiltrasi air. Lubang tersebut diisi dengan sampah organik, seperti daun kering, kulit buah, sisa sayur, atau rumput yang kemudian diurai oleh mikroba dan fauna tanah menjadi kompos alami yang memperkaya kesuburan tanah serta mengurangi emisi gas rumah kaca seperti CO₂ dan metana. Secara ekologis, biopori efektif mengurangi genangan dan banjir karena mampu memperluas area resapan air hingga puluhan kali lipat dibanding tanah tanpa lubang, serta menjaga cadangan air tanah yang sangat penting terutama di lahan perkotaan dengan

permukaan resap minim. Selain itu, biopori membantu pengolahan sampah organik rumah tangga secara lokal tanpa perlu dibuang ke TPA, dan hasil komposnya dapat digunakan sebagai pupuk atau dibiarkan menjadi humus di dalam tanah lubang tersebut.



Gambar 2.3 Pembuatan Alat Pipa Biopori

Pembuatan biopori memerlukan alat dan bahan dengan desain sederhana namun efektif. Alat yang dibutuhkan meliputi pipa PVC berdiameter sekitar 20 cm ($\pm 8''$) yang telah dilubangi sebagai tabung resapan, tutup pipa yang juga dilubangi untuk memudahkan aliran udara dan air, gergaji besi untuk memotong pipa sesuai panjang, bor tanah atau bor biopori untuk membuat lubang vertikal, serta linggis dan cetokan sebagai alat bantu jika tanah terlalu keras atau berbatu. Sedangkan bahan yang digunakan terdiri dari daun-daun kering serta limbah organik rumah tangga seperti sisa sayuran, kulit buah, dan dedaunan semua berfungsi mempercepat proses penguraian dan meningkatkan resapan air.

Prosedurnya dimulai dengan memotong pipa PVC sepanjang sekitar 50 cm menggunakan gergaji besi. Setelah itu,

semua sisi pipa serta tutupnya dilubangi dengan bor agar air hujan dan udara dapat masuk. Selanjutnya, lokasi yang rawan genangan dipilih dan tanah dibor dengan linggis atau bor hingga mencapai kedalaman ± 30 cm. Pipa yang telah dipersiapkan lalu dipasang ke dalam lubang tersebut, memastikan pipa stabil dan tegak lurus. Setelah itu, biosampah organik seperti daun kering dan limbah dapur dimasukkan ke dalam pipa hingga penuh.

Metode ini memanfaatkan proses alami sampah organik di dalam lubang dikonsumsi oleh mikroorganisme tanah dan fauna sehingga secara bertahap membentuk saluran-saluran resapan tambahan serta menghasilkan kompos ringan di dalam tanah. Hasilnya: laju infiltrasi air meningkat, genangan di permukaan berkurang, dan kualitas struktur tanah diperbaiki secara alami. Desain yang modular dan penggunaan bahan lokal menjadikan teknik ini murah, mudah diadaptasi di lahan perkotaan maupun pedesaan, serta berpotensi memberikan manfaat ganda sebagai sistem resapan air sekaligus pengelola sampah organik secara ramah lingkungan.



Gambar 2. 4 Pemasangan Biopori di Lahan

Pemasangan tutup pada mulut pipa biopori sangat penting untuk mencegah masuknya sampah anorganik atau benda asing lain yang dapat menyumbat saluran resapan. Penggunaan tutup pipa yang dirancang dengan lubang ventilasi juga menjaga keamanan lingkungan sekitar, menghindari risiko cedera bagi pejalan kaki atau anak kecil yang mungkin menginjak lubang biopori. Selain itu, pengisian limbah organik seperti daun kering dan sisa rumah tangga perlu dilakukan secara rutin dan berkala untuk menjamin kontinuitas proses dekomposisi oleh mikroorganisme tanah hal ini penting agar lubang biopori senantiasa aktif bekerja dan tidak kosong. Dalam jangka panjang, penerapan biopori di kawasan pemukiman tidak hanya memberikan manfaat ekologis seperti pengurangan genangan, peningkatan resapan air, serta penyuburan tanah, tetapi juga berfungsi sebagai media edukatif yang kuat. Kegiatan biopori sering dikemas dalam program penyuluhan dan pelatihan masyarakat, yang terbukti meningkatkan kesadaran lingkungan serta membangun pemahaman kolektif tentang pentingnya pengelolaan sampah organik dan konservasi air tanah. Penerapan biopori secara kolaboratif di komunitas perumahan telah terbukti memberdayakan warga, memperkuat rasa memiliki terhadap lingkungan, serta mempercepat terbentuknya ekosistem masyarakat yang proaktif terhadap isu lingkungan lokal.

Lubang biopori juga memiliki keuntungan ekologis lain: mencegah erosi tanah, menjaga biodiversitas tanah, meminimalkan risiko penyakit akibat genangan (seperti demam berdarah, malaria, dan kaki gajah), serta membantu mitigasi perubahan iklim lokal dengan mengurangi kelimpahan sampah dan emisi gas rumah kaca. Teknologi ini dapat diterapkan luas di perkotaan maupun pedesaan: di halaman rumah, taman, area sekolah, pertanian kecil, hingga

taman kota. Sistem ini sangat fleksibel dan memerlukan perawatan minimal cukup menambahkan sampah organik saat lubang menyusut dan memanen kompos di akhir musim kemarau. Secara keseluruhan, biopori menawarkan solusi terpadu yang ramah lingkungan: menyerap air hujan lebih baik, mengolah sampah organik secara alami, menyuburkan tanah, memperkuat cadangan air tanah, serta menurunkan dampak lingkungan negatif dengan cara murah, mudah dibuat, dan dapat diterapkan oleh siapa saja di berbagai kondisi lingkungan.

Efektivitas lubang resapan biopori dalam meningkatkan laju infiltrasi air telah terbukti secara empiris melalui berbagai penelitian di Indonesia. Penelitian menunjukkan bahwa laju resapan (infiltrasi) biopori dengan variasi umur sampah organik mengalami peningkatan signifikan setelah proses dekomposisi berlangsung selama 7-28 hari. Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa laju infiltrasi pada biopori dengan perlakuan sampah organik mencapai 1129,91 ml/menit, sementara biopori tanpa perlakuan hanya 86,66 ml/menit. Peningkatan kemampuan resapan ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme tanah yang mengurai bahan organik dan menciptakan saluran-saluran mikro yang mempermudah pergerakan air ke dalam tanah. Studi komparatif menunjukkan bahwa sebelum adanya biopori, laju infiltrasi rata-rata hanya 1,69 mm/menit, namun setelah penerapan biopori terjadi kenaikan yang signifikan (Juliandari, 2013).

Pengaruh jenis bahan organik yang digunakan dalam lubang biopori sangat menentukan tingkat efektivitas sistem resapan air. Penelitian tentang laju infiltrasi lubang resapan biopori berdasarkan jenis bahan organik menunjukkan bahwa pemilihan

material organik yang tepat berperan penting dalam upaya konservasi air dan tanah. Bahan organik seperti kulit buah, daun kering, dan sisa sayuran memiliki karakteristik dekomposisi yang berbeda-beda, sehingga mempengaruhi pembentukan pori-pori tanah dan aktivitas mikroorganisme. Teknologi biopori dengan pengolahan sampah organik terbukti efektif untuk meningkatkan laju infiltrasi tanah (Badu et al., 2023). Kombinasi berbagai jenis sampah organik dalam satu lubang biopori dapat mengoptimalkan proses dekomposisi dan menciptakan struktur tanah yang lebih baik untuk resapan air.

Implementasi lubang resapan biopori sebagai solusi teknologi sederhana untuk pengendalian banjir telah menunjukkan hasil yang menggembirakan di berbagai wilayah Indonesia. Teknologi lubang resapan biopori berfungsi untuk mengurangi limpasan air hujan dengan meresapkan lebih banyak volume air ke dalam tanah sehingga mampu meminimalkan kemungkinan terjadinya banjir (Hafizh & Terunajaya, 2014). Implementasi drainase ramah lingkungan berupa pemanfaatan lubang resapan biopori terbukti efektif sebagai solusi untuk mengatasi banjir di daerah yang sering dilanda genangan (Eka Cipta et al., 2023). Keberhasilan penerapan biopori tidak hanya bergantung pada aspek teknis, tetapi juga memerlukan dukungan masyarakat dan pemahaman yang baik tentang cara pemeliharaan sistem. Pembuatan biopori sebagai upaya peningkatan laju infiltrasi dan cadangan air tanah serta pengendalian banjir memerlukan perencanaan yang matang dan partisipasi aktif masyarakat (Hidayat et al., 2021).

Salah satu wilayah yang cukup berhasil menerapkan teknologi ini adalah Kota Surabaya. Pemerintah Kota Surabaya, melalui Dinas Lingkungan Hidup, telah menginisiasi program pembuatan biopori sejak awal 2010-an. Lubang-lubang biopori dibuat di berbagai tempat seperti halaman rumah, sekolah, kantor pemerintahan, taman kota, hingga masjid. Hingga tahun 2022, tercatat lebih dari 10.000 lubang biopori telah dibuat. Efek langsung dari program ini adalah menurunnya intensitas genangan air di beberapa kawasan rawan banjir seperti daerah Rungkut, Karangpilang, dan Wonokromo. Dengan semakin banyaknya air hujan yang meresap ke dalam tanah melalui biopori, volume air limpasan permukaan (*run-off*) berkurang drastis. Ini juga membantu menyeimbangkan kembali cadangan air tanah kota yang terus menurun akibat urbanisasi.

Tidak hanya mengatasi banjir, warga Surabaya juga memanfaatkan biopori sebagai tempat pengomposan sampah rumah tangga. Sisa makanan, sayuran, kulit buah, dan daun-daunan tidak lagi dibuang ke tempat sampah, melainkan langsung dimasukkan ke dalam lubang biopori. Setelah terurai, kompos digunakan untuk memupuk tanaman hias, sayuran pekarangan, dan kebun kecil komunitas.

Selain itu, Universitas Brawijaya (UB) di Malang melalui kegiatan KKN tematiknya telah membantu penerapan biopori di beberapa desa mitra. Salah satu contohnya adalah Desa Gading Kulon, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. Desa ini sebelumnya memiliki masalah limpasan air dan sampah organik yang menumpuk di saluran air. Mahasiswa KKN UB bersama warga membangun lebih dari 100 lubang biopori di titik-titik strategis.

Setelah 2 bulan, hasilnya cukup signifikan. Daerah yang sebelumnya becek dan sering tergenang, terutama di sekitar rumah dan jalan desa, mulai mengering lebih cepat saat hujan. Warga juga merasa terbantu karena tidak perlu lagi membakar atau membuang sampah organik sembarangan. Sebagian besar rumah kini memiliki minimal satu lubang biopori sebagai tempat sampah organik mandiri. Mahasiswa juga mengedukasi warga tentang cara memanen kompos dari biopori. Kompos yang terbentuk setelah 1–2 bulan dapat diambil dan digunakan langsung untuk pupuk tanaman. Hasil panen tanaman seperti cabai, kangkung, dan bayam di pekarangan warga meningkat karena diberi pupuk alami yang berasal dari biopori mereka sendiri. Kegiatan ini kemudian dikembangkan menjadi program berkelanjutan oleh Karang Taruna Desa Gading Kulon. Mereka melanjutkan program biopori dengan mengadakan pelatihan mandiri, membentuk kelompok bank sampah organik, dan menjual kompos yang dihasilkan kepada petani lokal. Hasil penjualan digunakan untuk mendukung kegiatan sosial desa, seperti pengadaan bibit tanaman dan perbaikan jalan desa.

Contoh keberhasilan lain terjadi di Desa Taman Suruh, Kabupaten Banyuwangi, di mana kelompok tani desa bekerja sama dengan mahasiswa KKN dari Universitas Jember (UNEJ). Mereka membuat lubang-lubang biopori di sekitar area perkebunan dan pemukiman warga. Tujuannya adalah menjaga kelembapan tanah dan memanfaatkan limbah pertanian seperti daun jagung, batang pisang, dan sisa panen. Dalam kurun waktu satu musim tanam, tanah di sekitar lubang biopori menjadi lebih gembur dan subur. Petani melaporkan bahwa produktivitas sayuran seperti sawi dan tomat meningkat karena kualitas tanah yang membaik. Selain itu,

penggunaan pupuk kimia bisa dikurangi, sehingga biaya produksi pertanian menurun dan hasil panen lebih ramah lingkungan.

Di wilayah Sidoarjo, program biopori juga digalakkan di sekolah-sekolah dasar melalui kegiatan ekstrakurikuler. Setiap siswa diminta membuat minimal satu lubang biopori di rumah dan sekolah, serta mengisi lubang tersebut dengan sampah organik dari dapur. Hasilnya, para siswa menjadi lebih peduli terhadap lingkungan dan belajar cara mendaur ulang sampah secara alami.

Penerapan biopori di Jawa Timur tidak hanya membawa perubahan lingkungan, tetapi juga perubahan perilaku sosial. Warga mulai terbiasa memilah sampah, mengurangi pembakaran, dan memiliki kesadaran terhadap pentingnya resapan air. Program ini menciptakan budaya baru dalam menjaga keseimbangan ekosistem di lingkungan tempat tinggal mereka. Keberhasilan program biopori di berbagai wilayah Jawa Timur menunjukkan bahwa solusi sederhana bisa berdampak besar jika dilakukan secara kolektif dan konsisten. Mahasiswa sebagai agen perubahan memiliki peran strategis dalam memperkenalkan dan memantau implementasi teknologi ini. Melalui biopori, kita belajar bahwa pelestarian lingkungan tidak harus mahal atau rumit. Dengan gotong royong, edukasi, dan kepedulian, setiap desa bisa menciptakan lingkungan yang lebih sehat, subur, dan tahan terhadap perubahan iklim.

Biopori bukan hanya lubang, tapi pintu masuk menuju desa yang berdaya dan berkelanjutan. Pemerintah desa yang telah berhasil mengadopsi program ini bahkan menjadikan biopori sebagai bagian dari program ketahanan pangan dan konservasi

lingkungan dalam dokumen RPJMDes. Ini menunjukkan bahwa biopori bukan hanya proyek temporer mahasiswa KKN, tapi dapat menjadi bagian dari pembangunan desa jangka panjang.

Dari sisi biaya, pembuatan biopori sangat terjangkau. Cukup dengan bor tanah manual atau alat bor pipa sederhana, satu lubang bisa dibuat dalam waktu kurang dari 30 menit. Bahkan, alat bor biopori kini banyak dijual bebas atau dibuat sendiri oleh masyarakat menggunakan pipa paralon dan besi. Biaya pembuatan satu lubang biasanya di bawah Rp50.000.

Dari perspektif akademik, biopori menjadi contoh konkret penerapan teknologi tepat guna di tingkat desa. Kegiatan ini sangat relevan dengan program Kuliah Kerja Nyata (KKN), karena menggabungkan aspek pengabdian masyarakat, edukasi, pemberdayaan, serta dampak lingkungan secara langsung dan terukur. Oleh karena itu, dalam pelaksanaan KKN, mahasiswa sangat dianjurkan untuk tidak hanya membuat lubang biopori, tetapi juga melakukan pendataan lokasi, pelatihan warga, dan monitoring hasil. Hasil pengamatan tersebut bisa menjadi bahan laporan, sekaligus bukti konkret keberhasilan program yang dijalankan. Penting juga untuk melibatkan tokoh masyarakat, perangkat desa, serta kelompok ibu-ibu PKK dan remaja karang taruna agar program ini terus berlanjut meskipun KKN sudah selesai. Dengan demikian, biopori bukan hanya meninggalkan lubang di tanah, tetapi meninggalkan perubahan positif dalam kebiasaan warga.

Dengan demikian, pembuatan dan pemeliharaan biopori bukan hanya sarana teknik resapan air dan pengelolaan sampah,

tetapi juga sarana pendidikan lingkungan hidup bagi masyarakat. Hadirnya biopori dapat menjadi simbol tindakan kolektif yang memadukan aspek teknis, edukatif, dan sosial untuk menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan dan sehat.

3. PENUTUP

3.1 Kesimpulan

Penerapan pertanian berkelanjutan di wilayah urban seperti Kelurahan Tambak Wedi merupakan strategi penting dalam menghadapi keterbatasan lahan, degradasi lingkungan, dan tantangan ketahanan pangan. Modul ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi tepat guna seperti pestisida nabati dan biopori dapat mendatangkan dampak positif secara ekologis, ekonomis, dan sosial. Pestisida nabati dari daun pepaya dan serai wangi terbukti efektif menekan populasi ulat grayak secara alami tanpa menimbulkan dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan. Sementara itu, biopori berperan sebagai saluran resapan air yang mencegah genangan, meningkatkan daya serap tanah, serta mengolah limbah organik menjadi kompos alami yang menyuburkan tanah.

Praktik urban *farming* atau pertanian perkotaan yang memanfaatkan lahan terbatas ini selaras dengan prinsip ekonomi sirkular: sampah rumah tangga dikelola menjadi pupuk, dan air hujan menjadi sumber irigasi, sehingga menghasilkan sistem produksi pangan yang efisien dan minim limbah. Pertanian urban seperti ini juga meningkatkan ketahanan pangan lokal, mengurangi ketergantungan pada distribusi dari daerah pedesaan, serta menggugah kesejahteraan masyarakat melalui akses pangan yang lebih baik dan peluang ekonomi mikro. Dengan demikian, integrasi pestisida nabati dan biopori dalam konteks pertanian perkotaan memberikan manfaat yang multidimensi mendukung ketahanan pangan, memperbaiki kualitas lingkungan, memperkaya modal

sosial masyarakat, serta mendekatkan Kelurahan Tambak Wedi pada cita-cita pembangunan berkelanjutan berbasis SIG (*Sustainable Integrated Green*).

Lebih dari sekedar solusi teknis, proyek ini memiliki misi edukatif yang kuat. Melalui pelibatan aktif warga, mahasiswa, dan kelompok tani, program ini membangun kesadaran kolektif akan pentingnya pengelolaan lingkungan dan pangan berkelanjutan. Kolaborasi lintas pemangku kepentingan ini membantu membentuk ekosistem komunitas yang berdaya dan peduli, serta membuka akses terhadap SDGs terutama pada poin ke-11 yaitu Kota dan Permukiman yang Berkelanjutan.

3.2 Saran

Untuk memastikan keberlanjutan penerapan pestisida nabati dan teknologi biopori di Kelurahan Tambak Wedi, disarankan agar masyarakat mendapatkan pelatihan lanjutan secara berkala guna memperkuat keterampilan teknis dan pengetahuan praktis yang telah dimiliki. Pelatihan ini dapat melibatkan akademisi, praktisi pertanian, serta pihak swasta yang peduli terhadap lingkungan. Selain itu, kolaborasi lintas sektor antara pemerintah daerah, perguruan tinggi, lembaga swadaya masyarakat, dan komunitas lokal perlu ditingkatkan agar program dapat berjalan lebih efektif dan berkesinambungan. Kegiatan monitoring dan evaluasi juga penting dilakukan secara rutin oleh tim yang terdiri dari perwakilan masyarakat dan mahasiswa, sehingga efektivitas penerapan dapat diukur dan kendala yang muncul dapat segera diatasi. Integrasi program pestisida nabati dan biopori dengan inisiatif lain seperti penghijauan, pengelolaan

sampah terpadu, dan urban *farming* akan memperluas manfaat, baik dari sisi lingkungan maupun ketahanan pangan lokal. Di samping itu, diperlukan upaya penguatan kesadaran lingkungan melalui sosialisasi kreatif, pemanfaatan media sosial, serta kegiatan berbasis komunitas agar penerapan teknologi tepat guna ini tidak hanya menjadi program temporer, tetapi berkembang menjadi budaya masyarakat yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badu, R. R., Lukum, W., Tahir, M. R., & SM, F. (2023). Efektivitas Teknologi Biopori dengan Pengolahan Sampah Organik untuk Meningkatkan Laju Infiltrasi Tanah. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, 8(2), 55–62. <https://doi.org/10.30869/jtpg.v8i2.1260>
- Eka Cipta, D. A., Ramadhani, R., Wahyu, M., & Sundari, T. (2023). Perencanaan Lubang Resapan Biopori Di Dusun Kebondalem Mojoagung Jombang. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(1), 522–533. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.01.044>
- Firmansyah, A., Suharto, B., & Dewi, R. (2022). *Long-Term Effectiveness Of Botanical Pesticides Against Armyworm Resistance Development. Journal of Sustainable Agriculture*, 18(3), 245-258.
- Hafizh, M., & Terunajaya. (2014). Kajian Efektivitas Lubang Resapan Biopori Dalam Mereduksi Debit Banjir Akibat Air Limpasan Hujan (Run-Off) Pada Kawasan Perumahan (Studi Kasus: Perumahan Classic 3, Medan). *Jurnal Teknik Sipil USU*.
- Handayani, S., Purnomo, A., & Raharjo, D. (2022). *Economic Analysis Of Botanical Pesticide Adoption Among Smallholder Farmers In Indonesia. Agricultural Economics Review*, 15(2), 89-102.
- Hidayat, A., Agung Wibowo, M., Utomo Dwi Hatmoko, J., Kistiani, F., Hermawan, F., Sentik Herman Merukh, S., & Zachari, M. (2021). Pembuatan Biopori Sebagai Upaya Peningkatan Laju Infiltrasi Dan Cadangan Air Tanah Serta Pengendalian Banjir. *Jurnal Pasopati*, 3(3), 129. <http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/pasopati>
- Juliandari, M. (2013). Efektivitas Lubang Resapan Biopori

- Terhadap Laju Resapan (Infiltrasi). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1–10.
<https://doi.org/10.26418/jtlb.v1i1.3441>
- Kusuma, I. W., Ardiansyah, M., & Pratiwi, N. (2019). *Integrated Pest Management Using Botanical Pesticides And Biological Control Agents. Indonesian Journal of Plant Protection*, 23(4), 412-425.
- Maharani, T., Sutrisno, H., & Wulandari, P. (2021). *Resistance Development Patterns In Spodoptera Litura To Synthetic And Botanical Insecticides. Entomological Research*, 47(6), 334-347.
- Nuraini, F., Hidayat, S., & Budiman, C. (2020). *Multiple Mode Of Action Of Botanical Pesticides In Insect Pest Management. Journal of Biopesticides*, 13(1), 56-69.
- Pratama, R., & Wijaya, K. (2021). *Community Empowerment Through Botanical Pesticide Production Training. Rural Development Quarterly*, 8(2), 178-189.
- Rahman, A., Susanti, L., & Harianto, D. (2021). *Environmental Factors Affecting Botanical Pesticide Efficacy In Field Conditions. Crop Protection Journal*, 29(4), 301-314.
- Sari, D. P., Kurniawan, E., & Mulyani, S. (2020). *Optimization Of Environmental Conditions For Botanical Pesticide Application. Agricultural Technology*, 12(3), 167-180.
- Sutrisno, B., Wahyuni, I., & Setiawan, A. (2020). *Cost-Benefit Analysis Of Botanical Pesticides In Vegetable Production Systems. Economic Agriculture*, 25(1), 23-36.
- Widyastuti, R., & Pramono, J. (2019). *Effect Of Temperature And Humidity On Botanical Pesticide Performance Against Crop Pests. Climate and Agriculture*, 14(2), 89-97.