



Langkah Hijau Menuju Swasembada Gula:

Menghidupkan Tanah Pasiran
Lewat By-product Pabrik

Dr. Anna Kusumawati, SP., M. Sc
Mohammad Syaiful Anam, S.P., M.M
Lintang Panjali Siwi Pambayun, S.P., M.Sc



Langkah Hijau

Menuju Swasembada Gula:

Menghidupkan Tanah Pasiran Lewat *By-product* Pabrik

UU No. 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan Sifat Hak Cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Langkah Hijau

Menuju Swasembada Gula:

Menghidupkan Tanah Pasiran Lewat *By-product* Pabrik

Dr. Anna Kusumawati, SP., M.Sc.

Mohammad Syaiful Anam, S.P., M.M.

Lintang Panjali Siwi Pambayun, S.P., M.Sc.

**LANGKAH HIJAU MENUJU SWASEMBADA GULA:
MENGHIDUPKAN TANAH PASIRAN LEWAT BY-PRODUCT PABRIK**

Penulis : Dr. Anna Kusumawati, SP., M.Sc.
Mohammad Syaiful Anam, S.P., M.M.
Lintang Panjali Siwi Pambayun, S.P., M.Sc.
Desain Cover : Syaiful Anwar
Sumber : <https://www.shutterstock.com> (rukawajung)
Tata Letak : Titis Y.
Proofreader : A. Timor

Ukuran:
x, 75 hlm., Uk.: 15.5x23 cm

ISBN:
978-634-01-1018-0

Cetakan Pertama:
Juli 2025

Hak Cipta 2025 pada Penulis
Copyright © 2025 by Deepublish Publisher
All Right Reserved

**PENERBIT DEEPUBLISH
(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)**

Anggota IKAPI (076/DIY/2012)
Jl. Rajawali, Gg. Elang 6, No. 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman
Jl. Kaliurang Km. 9,3 – Yogyakarta 55581
Telp./Faks : (0274) 4533427
Website : www.penerbitdeepublish.com
www.deepublishstore.com
E-mail : cs@deepublish.co.id

Hak cipta dilindungi undang-undang.

*Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari penerbit.*

Isi di luar tanggung jawab percetakan.

KATA PENGANTAR PENERBIT

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, buku *Langkah Hijau Menuju Swasembada Gula: Menghidupkan Tanah Pasiran lewat By-product Pabrik* dapat terwujud dan hadir di tengah-tengah masyarakat. Sebagai penerbit yang berkomitmen untuk mencerdaskan, membahagiakan, dan memuliakan umat manusia, kami merasa terhormat dapat berkontribusi dalam penyebaran ilmu pengetahuan dan pendidikan melalui penerbitan karya ini.

Buku ini menyajikan uraian mendalam mengenai sistem by-product sebagai langkah menyuburkan tanah pasiran agar dapat dimanfaatkan untuk pertanian tebu. Tanah pasiran, yang umumnya miskin unsur hara dan memiliki kapasitas menahan air yang rendah, sering kali dianggap tidak produktif untuk kegiatan pertanian.

Terima kasih dan penghargaan terbesar kami sampaikan kepada penulis yang telah memberikan kepercayaan, perhatian, dan kontribusi penuh demi kesempurnaan buku ini. Kami berharap karya ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam perkembangan keilmuan di Indonesia. Semoga buku ini tidak hanya menjadi sumber informasi yang berharga, tetapi juga menginspirasi pembacanya untuk terus berkembang dan berkontribusi dalam membangun bangsa yang lebih baik.

Hormat Kami,

Penerbit Deepublish

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR PENERBIT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I. POTENSI DAN ARTI PENTING TANAMAN	
TEBU DI INDONESIA	1
Deskripsi Tanaman Tebu	4
Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Kualitas Tebu	5
Teknik Penanaman dan Waktu Tanam Tanaman Tebu	7
Syarat Tumbuh Tanaman Tebu.....	8
Kondisi Industri Tebu di Indonesia.....	12
Strategi Pengembangan Tebu di Lahan Marjinal dan	
Kering	15
Meningkatkan Kesuburan Lahan Marjinal	16
BAB II. PENGGUNAAN <i>BY PRODUCT</i> PABRIK GULA	
SEBAGAI UPAYA PENGELOLAAN HARA	
LESTARI.....	17
Blotong (Filter Cake)	19
Ampas Tebu/Bagasse.....	23
Vinasse.....	25
BAB III. TRANSFORMASI FISIKA TANAH DENGAN	
PENAMBAHAN FILTER CAKE	29
3.1. Karakter Fisika Tanah.....	29
3.2. Modifikasi Sifat Fisika Tanah Melalui Penambahan	
Filter Cake	32

BAB IV. PERUBAHAN KARAKTER KIMIA TANAH	
AKIBAT APLIKASI FILTER CAKE.....	34
4.1. Karakter Kimia Tanah	34
4.2. Pemanfaatan Filter Cake dan Dampaknya terhadap Karakter Kimia Tanah	42
BAB V. APLIKASI FILTER CAKE DALAM	
MEMODIFIKASI KARAKTER BIOLOGI TANAH	45
5.1. Karakter Biologi Tanah	45
5.2. Respons Biologi Tanah terhadap Penambahan Filter Cake	46
BAB VI. MENINGKATKAN PERTUMBUHAN TEBU DAN	
KUALITAS DAUN MELALUI APLIKASI	
FILTER CAKE.....	56
Tinggi Tanaman.....	56
Diameter Batang	58
Jumlah Daun dan Panjang Daun.....	59
Panjang Akar dan Berat Segar Akar.....	60
Eksplorasi Kualitas Daun	61
DAFTAR PUSTAKA.....	64
PROFIL PENULIS	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Provinsi Sentra Produksi Gula di Indonesia 2023	4
Gambar 2.1.	Blotong (Filter Cake).....	20
Gambar 2.2a.	Tumpukan Blotong sebelum digunakan	21
Gambar 2.2b.	Tumpukan Blotong yang dijemur sebelum digunakan.....	21
Gambar 2.2c.	Tumpukan blotong yang dijemur sebelum digunakan.....	22
Gambar 2.3.	Bagasse Kering	24
Gambar 2.1.	Kolam Pengolahan Vinasse	28
Gambar 4.1.	Hubungan pH Tanah dan Ketersediaan Hara	35
Gambar 5.1.	Minipit Pengambilan Cacing Tanah	47
Gambar 5.2.	Pengukuran Sifat Fisik dan Kimia Tanah	47
Gambar 5.3.	Pengukuran Berat Cacing Tanah	48
Gambar 6.1.	Pertumbuhan tinggi tanaman dengan media tanam bahan organik dan media tanam tanpa bahan organik	57
Gambar 6.2.	Diameter batang tanaman dengan media tanam bahan organik dan media tanam tanpa bahan organik	58
Gambar 6.3.	Jumlah daun hijau tanaman dengan media tanam bahan organik dan media tanam tanpa bahan organik	59

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Perkembangan Luas Areal dan Produksi Gula Tebu di Indonesia	3
Tabel 1.2. Kelas Kesesuaian Lahan untuk Tebu.....	10
Tabel 1.3. Lahan Potensial untuk Intensifikasi dan Ekstensifikasi.....	15
Tabel 3.1. Pengaruh terhadap berat volume, berat jenis dan porositas tanah	32
Tabel 4.1. Unsur Hara Makro dan Bentuk Tersedia untuk Tanaman	37
Tabel 4.3. Pengaruh terhadap N total, P total, K total, NH_4 , P tersedia, NO_3 tanah	43
Tabel 4.4. Pengaruh terhadap Fe, Mn, Cu, Zn tersedia, Mg, Na dan Ca tanah	44
Tabel 5.1. Populasi dan Berat Cacing Tanah.....	50
Tabel 5.2. Identifikasi Spesies Cacing Tanah.....	51
Tabel 5.4. Kepadatan Cacing Tanah.....	53
Tabel 5.5. Nilai Indeks Keanekaragaman Cacing Tanah (H')	54
Tabel 6.1. Pengaruh pada tinggi, diameter, panjang batang dan jumlah daun tebu	56
Tabel 6.2. Pengaruh pada panjang daun dan panjang akar	60
Tabel 6.3. Pengaruh pada berat segar daun, batang dan akar	61
Tabel 6.4. Eksplorasi daun	62

BAB I.

POTENSI DAN ARTI PENTING TANAMAN TEBU DI INDONESIA

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan salah satu komoditas penting yang telah lama dibudidayakan di wilayah tropis dunia, termasuk Indonesia. Tebu diperkirakan berasal dari wilayah Papua Nugini, kemudian menyebar ke berbagai daerah tropis melalui jalur perdagangan dan migrasi budaya. Di Indonesia, tanaman ini mulai dikenal dan dibudidayakan sejak zaman kerajaan Hindu-Buddha, berperan tidak hanya sebagai bahan pangan tetapi juga sebagai obat tradisional (Power *et al.*, 2019). Catatan sejarah menunjukkan bahwa tebu sudah menjadi bagian penting dalam kegiatan ekonomi masyarakat sejak abad ke-8, khususnya pada masa Kerajaan Mataram Kuno. Hal ini menunjukkan bahwa komoditas ini tidak hanya memiliki nilai agronomis, tetapi juga historis dan kultural yang tinggi.

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan anggota keluarga Poaceae atau rumput-rumputan yang secara luas dibudidayakan sebagai sumber utama produksi gula. Selain nilai agronomisnya, tebu memiliki peran penting dalam perekonomian nasional Indonesia, baik sebagai komoditas strategis maupun sebagai mata pencaharian bagi jutaan petani. Produk utama dari tanaman ini adalah gula, yang berfungsi tidak hanya sebagai kebutuhan pokok rumah tangga, tetapi juga sebagai bahan baku penting dalam industri makanan dan minuman. Dengan terus meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan akan gula juga meningkat signifikan setiap tahun. Sayangnya, produksi gula dalam negeri masih belum mencukupi permintaan nasional, sehingga Indonesia harus mengandalkan impor untuk memenuhi kekurangan tersebut.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Gula Dalam Negeri adalah sebagai berikut;

- a) Luas dan Kualitas Lahan
Produktivitas tebu sangat bergantung pada luas serta tingkat kesuburan lahan pertanian. Degradasi lahan akibat praktik pertanian yang tidak berkelanjutan serta alih fungsi lahan menjadi area non-pertanian menjadi faktor utama dalam penurunan produksi tebu.
- b) Teknologi dan Manajemen Budidaya
Pemanfaatan teknologi modern dalam budidaya tebu, seperti penggunaan varietas unggul, sistem irigasi yang lebih efisien, dan mekanisasi pertanian, masih terbatas. Banyak petani masih mengandalkan metode tradisional yang kurang efektif dalam meningkatkan hasil panen.
- c) Ketersediaan Pupuk dan Sarana Produksi
Kelangkaan dan mahalnya harga pupuk serta keterbatasan sarana produksi lainnya menjadi kendala utama dalam meningkatkan hasil tebu. Penggunaan pupuk yang tidak sesuai juga dapat berdampak pada penurunan produksi dan kualitas tebu.
- d) Kendala Iklim dan Perubahan Cuaca
Kondisi iklim yang tidak stabil, seperti musim kemarau berkepanjangan atau curah hujan yang tinggi, dapat mempengaruhi pertumbuhan tebu serta kadar rendemen, yang pada akhirnya berdampak pada produksi gula nasional.
- e) Efisiensi Pabrik Gula
Sebagian besar pabrik gula di Indonesia masih menggunakan teknologi lama dengan tingkat efisiensi yang rendah. Proses ekstraksi dan pengolahan yang kurang optimal menyebabkan produksi gula yang lebih rendah dibandingkan dengan pabrik gula modern di negara lain.

Tanaman tebu memiliki peran strategis dalam berbagai aspek di Indonesia. Masyarakat Indonesia adalah salah satu konsumen gula terbesar di dunia. Tebu merupakan bahan baku utama dalam industri gula. Banyak petani kecil menggantungkan hidupnya pada budidaya tebu, terutama di daerah seperti Jawa Timur, Lampung, dan Sulawesi Selatan. Namun, saat ini Indonesia masih mengimpor gula dalam jumlah besar untuk memenuhi kebutuhan domestik. Peran pemerintah dan berbagai pihak diperlukan untuk meningkatkan produksi gula nasional agar Indonesia bisa mencapai swasembada gula.

Tabel 1.1. Perkembangan Luas Areal dan Produksi Gula Tebu di Indonesia

Tahun	Luas Areal (Ha)	Produksi Gula (Ton)
2019	413.465	2.123.000
2020	413.435	2.019.350
2021	413.435	2.244.280
2022	413.435	2.410.000
2023	504.776	2.271.009

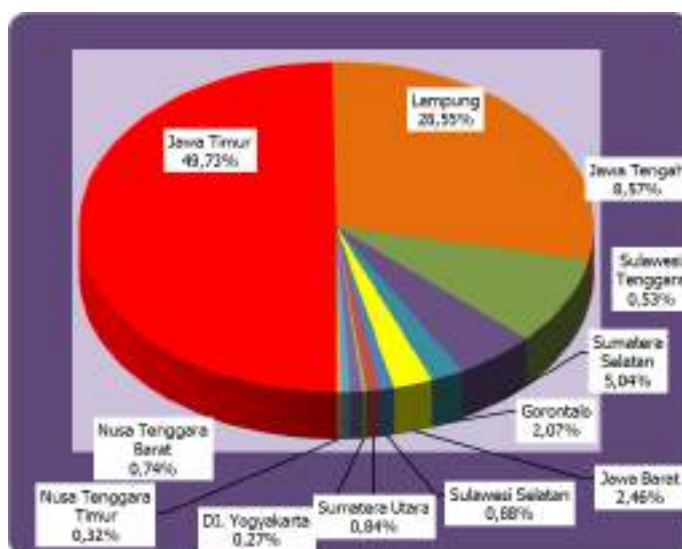
Sumber: (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2016)

Perkembangan luas areal tebu di Indonesia meningkat signifikan pada tahun 2023, dengan luas areal mencapai 504.776 hektare, meningkat sekitar 22% dibandingkan tahun-tahun sebelumnya yang relatif stabil di angka 413.435 hektare. Produksi gula menunjukkan fluktuasi selama periode 2019–2023. Setelah penurunan pada tahun 2020, produksi meningkat pada tahun 2021 dan 2022, namun kembali menurun pada tahun 2023.

Sentra produksi tebu dalam bentuk gula hablur di Indonesia tersebar di 12 provinsi, yaitu Jawa Timur, Lampung, Jawa Tengah, Sumatera Selatan, Gorontalo, Jawa Barat, Sulawesi Selatan, Sumatera Utara, DI Yogyakarta, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Tenggara, dan Nusa Tenggara Timur. Dari keseluruhan wilayah tersebut, Jawa Timur menjadi provinsi penghasil tebu terbesar, dengan produksi sekitar 1,13 juta ton pada tahun 2023, memberikan kontribusi dominan sebesar 49,73% terhadap total produksi gula nasional. Lampung, sebagai pusat produksi utama di Sumatera, berada di peringkat kedua dengan kontribusi sebesar 28,55%. Sementara itu, Jawa Tengah menempati posisi ketiga dengan sumbangan 8,57%. Provinsi lainnya berkontribusi kurang dari 5% terhadap produksi nasional. Sulawesi Tenggara dan Nusa Tenggara Timur, sebagai wilayah baru dalam budidaya tebu, masing-masing menyumbang produksi sebesar 0,53% dan 0,32%.

Tebu adalah tanaman musiman yang dipanen dengan sistem ratoon dan diolah menjadi gula kristal putih. Selama lima tahun terakhir (2017-2021), luas panen tebu di Indonesia mengalami peningkatan rata-rata sebesar 0,96% per tahun. Berdasarkan hasil taksasi awal giling dari Ditjen Perkebunan bersama seluruh perusahaan gula, luas panen tebu pada tahun

2021 mencapai 441.522 hektare. Angka ini menunjukkan kenaikan sebesar 5% dibandingkan dengan realisasi luas panen pada tahun 2020 yang tercatat sebesar 420.505 hektare.



Gambar 1.1. Provinsi Sentra Produksi Gula di Indonesia 2023
(Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2016)

Deskripsi Tanaman Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum* Linn) merupakan tanaman yang menjadi bahan baku utama dalam produksi gula. Termasuk dalam keluarga rumput-rumputan (*Gramineae*), tebu hanya dapat tumbuh optimal di daerah beriklim tropis. Dari masa tanam hingga siap dipanen, tanaman ini memerlukan waktu sekitar satu tahun. Di Indonesia, tebu banyak dibudidayakan terutama di Pulau Jawa dan Sumatera. Berikut merupakan klasifikasi botani tanaman tebu.

Kindom	: Plantae (tumbuhan)
Subkindom	: Tracheobionta
Kelas	: Liliopsida (berkeping satu atau monokotil)
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae (suku rumput-rumputan)
Genus	: <i>Saccharum</i>
Spesies	: <i>Saccharum officinarum</i> L.

4 Langkah Hijau Menuju Swasembada Gula: Menghidupkan Tanah Pasiran Lewat By-product Pabrik

Secara fisik, tanaman tebu memiliki ciri khas berupa bulu dan duri yang tumbuh di sekitar pelepah serta helaian daunnya. Kepadatan bulu dan duri ini bervariasi tergantung pada varietasnya. Saat bersentuhan dengan kulit, bagian ini dapat menimbulkan rasa gatal, yang terkadang menjadi alasan sebagian petani enggan membudidayakannya jika ada alternatif tanaman lain yang lebih nyaman untuk dikelola (Wibisono *et al.*, 2022).

Tinggi tanaman tebu sangat bervariasi, tergantung pada varietas dan kondisi lingkungan tempat tumbuhnya, dengan kisaran antara 2,5 hingga 4 meter. Batangnya berdiameter sekitar 2 hingga 4 cm dan memiliki anakan tunas yang tumbuh dari pangkal batang sehingga membentuk rumpun. Sebagai tanaman monokotil, tebu dapat tumbuh di berbagai jenis tanah, baik di dataran rendah maupun hingga ketinggian 1.400 meter di atas permukaan laut (mdpl).

Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Kualitas Tebu

Kualitas tebu sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim. Meskipun berasal dari varietas yang sama, perbedaan iklim di suatu daerah dapat menghasilkan kualitas tebu yang berbeda. Secara umum, beberapa faktor yang menentukan pertumbuhan optimal tebu antara lain:

a) Curah hujan

Curah hujan untuk tanaman tebu berbeda antara di dataran rendah dan tinggi. Curah hujan ideal pada dataran rendah adalah sekitar 2.000 mm per tahun. Sedangkan untuk dataran tinggi, curah hujan yang sesuai berkisar antara 1.500 hingga 3.500 mm per tahun.

b) Suhu udara

Tanaman tebu tumbuh dengan baik pada suhu udara antara 21°C hingga 32°C. Pengaruh suhu udara terhadap pertumbuhan tebu sangat signifikan karena tebu adalah tanaman tropis yang sangat sensitif terhadap perubahan suhu. Suhu udara sangat berpengaruh pada beberapa fase pertumbuhan diantaranya fase perkecambahan, fase pertumbuhan vegetatif, fase pemanfaatan fotosintat dan pembentukan gula.

c) pH tanah

Kisaran pH ideal untuk pertumbuhan tebu adalah pH 5 hingga 6. Pengaruh pH tanah terhadap pertumbuhan tebu juga sangat penting

karena pH memengaruhi ketersediaan unsur hara, aktivitas mikroba, dan pertumbuhan akar.

d) Ketinggian Lokasi

Pengaruh ketinggian lokasi terhadap pertumbuhan tebu sangat erat kaitannya dengan perubahan suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya. Tebu lebih optimal tumbuh pada ketinggian 0–900 mdpl.

Faktor lingkungan tidak hanya berperan dalam mendorong pertumbuhan tanaman, tetapi juga dapat menyebabkan penurunan kualitas tebu. Beberapa kondisi lingkungan yang dapat menurunkan kualitas tebu antara lain:

a) Iklim ekstrem

Pengaruh iklim ekstrem terhadap pertumbuhan tebu bisa sangat merugikan, karena tebu termasuk tanaman yang butuh kondisi tropis stabil. Baik kondisi yang terlalu kering maupun terlalu basah dapat berdampak buruk pada pertumbuhan tebu.

b) Kurangnya sinar matahari

Penyinaran yang kurang menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak optimal dan menurunkan produktivitas. Oleh karena itu, tebu sebaiknya ditanam di area terbuka dengan waktu tanam yang disesuaikan dengan jenisnya.

c) Curah hujan berlebihan

Curah hujan berlebihan bisa berdampak serius terhadap budidaya tebu, karena meskipun tebu butuh air dalam jumlah cukup besar, kelebihan air justru bisa menghambat pertumbuhan dan menurunkan hasil. Hujan yang terus-menerus dapat menurunkan kualitas tanaman tebu. Beberapa dampak yang dapat ditimbulkan dari curah hujan yang berlebihan antara lain menimbulkan genangan air sehingga oksigen di perakaran berkurang, menyebabkan pencucian unsur hara, meningkatkan risiko penyakit dan gangguan proses fotosintesis akibat dari kurangnya sinar matahari.

d) Suhu yang tidak sesuai

Suhu yang tidak sesuai sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan, rendemen, dan kualitas tanaman tebu, karena suhu mengendalikan banyak proses fisiologis tanaman, terutama fotosintesis, respirasi, dan akumulasi gula. Jika suhu terlalu rendah atau terlalu tinggi, pertumbuhan tebu menjadi kurang maksimal.

e) Kelembaban tinggi

Kelembapan udara yang tinggi juga punya pengaruh besar terhadap pertumbuhan dan kesehatan tebu, baik positif maupun negatif. Kondisi ini memudahkan pertumbuhan penyakit yang dapat merusak tanaman dan menurunkan kualitasnya.

Teknik Penanaman dan Waktu Tanam Tanaman Tebu

Persiapan bibit untuk lahan kering maupun lahan sawah pada dasarnya serupa. Namun, pada kondisi lahan yang sangat kering, sering kali digunakan bibit berupa *bagal* dengan empat mata tunas.

Waktu tanam tebu di lahan kering umumnya dibagi menjadi dua periode:

1. Periode I (Mei–Agustus)
 - Cocok untuk daerah dengan curah hujan tinggi, yaitu yang memiliki 5–7 bulan basah dalam setahun.
 - Umumnya dilakukan di daerah yang tanahnya cukup lembab, tetapi bisa juga dibantu dengan tambahan irigasi jika diperlukan.
2. Periode II (Oktober–November)
 - Dilakukan di daerah dengan curah hujan sedang hingga rendah, yaitu yang hanya memiliki sekitar 3–4 bulan basah dalam setahun.

Bibit yang digunakan dalam setiap meter juringan sebaiknya memiliki 11 mata tumbuh agar tanaman dapat berkembang dengan baik dan mengurangi kebutuhan penyulaman, yang sering kali memerlukan biaya besar. Bibit ditanam dengan posisi mata tunas menghadap ke samping dan disusun secara *end to end* untuk memaksimalkan pertumbuhan.

Dalam kondisi lahan kering yang sangat bergantung pada curah hujan, ada risiko tinggi tunas mati akibat kekurangan air. Oleh karena itu, metode tanam *overlapping* atau *double row* sering diterapkan, di mana tunas yang tumbuh di sebelahnya dapat menggantikan tunas yang mati. Dengan memahami karakteristik tebu dan teknik budidaya yang tepat, hasil panen yang optimal dapat dicapai, mendukung produksi gula sebagai komoditas penting dalam industri pangan.

Syarat Tumbuh Tanaman Tebu

Syarat tumbuh tanaman tebu Menurut (Indrawanto *et al.*, 2010) adalah sebagai berikut:

1) Tanah

a) Sifat Fisik Tanah

Struktur tanah yang ideal untuk pertumbuhan tebu adalah tanah yang gembur, karena memungkinkan sirkulasi udara yang baik dan mendukung perkembangan akar secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan proses pengolahan tanah untuk memecah bongkahan besar atau agregat tanah menjadi partikel-partikel kecil agar akar dapat menembus tanah dengan mudah. Tekstur tanah yang sesuai bagi tanaman tebu berkisar dari ringan hingga agak berat, dengan kemampuan menahan air yang seimbang serta tingkat porositas sekitar 30%.

b) Sifat Kimia Tanah

Tanaman tebu dapat tumbuh dengan optimal pada tanah dengan pH antara 6 hingga 7,5. Namun, tanaman ini masih dapat bertahan pada kondisi tanah dengan pH tidak lebih tinggi dari 8,5 dan tidak lebih rendah dari 4,5. Unsur hara esensial seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), serta unsur mikro seperti magnesium (Mg) dan seng (Zn) sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan optimal.

2) Iklim

a) Curah Hujan

Tanaman tebu membutuhkan perbedaan yang jelas antara musim kemarau dan musim hujan untuk mendukung proses pertumbuhan dan pemasakan batang tebu. Tanaman ini tumbuh dengan optimal di daerah yang memiliki curah hujan sekitar 1000-1300 mm per tahun. Penyebaran hujan harus sesuai dengan fase vegetatif dan generatif, atau fase pertumbuhan dan pemasakan tanaman tebu. Pada fase vegetatif, tanaman tebu membutuhkan curah hujan yang tinggi, sekitar 200 mm per bulan, selama 5-6 bulan berturut-turut. Selanjutnya, pada fase transisi, curah hujan yang dibutuhkan adalah 125 mm per bulan, dan pada fase generatif, tanaman tebu memerlukan hujan kurang dari 75 mm per bulan selama 4-5 bulan.

b) Suhu

Suhu memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan dan pembentukan sukrosa pada tanaman tebu. Suhu yang ideal untuk tanaman tebu berkisar antara 24°C hingga 34°C, dengan perbedaan suhu antara siang dan malam tidak lebih dari 10°C. Pembentukan sukrosa berlangsung pada siang hari dan akan lebih optimal pada suhu 30°C. Sukrosa yang terbentuk akan disimpan di batang, dimulai dari ruas bagian bawah. Proses penyimpanan sukrosa ini akan berjalan paling efektif dan optimal pada suhu 15°C.

c) Sinar Matahari

Sinar matahari memainkan peran yang sangat penting dalam proses pertumbuhan tebu, terutama dalam fotosintesis yang mengatur pertumbuhan tunas dan pemanjangan batang, serta membantu dalam fase pemasakan tanaman tebu. Ketika cuaca berawan dan sinar matahari berkurang, pertumbuhan anakan pada setiap rumpunan akan terhambat karena proses fotosintesis terganggu. Tanaman tebu membutuhkan kondisi yang cukup sinar matahari, dan tumbuh optimal di daerah yang menerima lebih dari 1800 jam sinar matahari per tahun. Tanaman tebu berkembang dengan baik di bawah sinar matahari yang berlangsung 12-14 jam per hari, dengan durasi minimal 7-9 jam per hari.

d) Angin

Kecepatan angin memiliki pengaruh besar terhadap pertumbuhan tanaman tebu. Angin dengan kecepatan tinggi, lebih dari 10 km/jam pada siang hari, dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman tebu, seperti tanaman yang roboh atau patah. Hal ini dapat menurunkan rendemen tebu dan menghambat pertumbuhan anakan pada ruas batang yang terpengaruh oleh kerobohan, terutama pada fase generatif. Angin kering yang disertai suhu tinggi juga dapat meningkatkan penguapan air. Sebaliknya, kecepatan angin yang sedang atau cukup, yaitu kurang dari 10 km/jam, membantu menjaga keseimbangan kelembaban udara dan kadar CO₂ di sekitar tanaman tebu, yang pada gilirannya mendukung proses fotosintesis.

e) Kelembaban Udara

Pertumbuhan tanaman tebu tidak terlalu dipengaruhi oleh kelembaban udara, selama kelembaban atau ketersediaan air di dalam tanah tetap mencukupi. Tanaman tebu dapat tumbuh dan beradaptasi dengan baik di daerah yang memiliki kelembaban udara dengan rH 40-60%, dan masih dapat tumbuh optimal pada kelembaban udara dengan rH mencapai 70%. Kelembaban ideal untuk pertumbuhan tanaman tebu sekitar 70%.

Tabel 1.2. Kelas Kesesuaian Lahan untuk Tebu

Persyaratan penggunaan/karakteristik lahan	S1 (sangat sesuai)	S2 (cukup sesuai)	S3 (sesuai marginal)	N (tidak sesuai)
Temperatur		30–32	32–34	> 34
Temp. Rata-rata (°C)	24–25	22–24	21–22	> 21
Ketersediaan Air				
Curah Hujan (mm) 10 harian	> 60	50–60	30–50	<30
Kelembaban Udara (%)	≤ 70	>70		
Sinar Matahari (jam/tahun)	>1.800	1.400–1.800	1.200–1.400	<1.200
Ketersediaan Oksigen Drainase	Baik, Sedang	Agak	Terhambat	Sangat
Media Perakaran Tekstur Bahan Kasar (%) Kedalaman Tanah	Halus, agak halus, sedang <15 >75	- 15 – 35 >75	Agak kasar 35 – 55 50-75	Kasar >55 <50
Gambut Ketebalan (cm)	< 60	60 – 140	140–200	>200
Ketebalan (cm), jika ada	< 140	140 – 200	200–400	>200
sisipan mineral/pengkayaan	saprik	Saprik, hemik	Hemik, fibrik	fibrik
Kematangan				

Persyaratan penggunaan/karakteristik lahan	S1 (sangat sesuai)	S2 (cukup sesuai)	S3 (sesuai marginal)	N (tidak sesuai)
Retensi hara (nr)				
KTK liat (cmol)	>16	≤ 16	<35	
Kejenuhan basa (%)	>50	35 – 50	<5.0	
pH H ₂ O	5.5–7.5	5.0–5.5, 7.5–8.0	>8.0	
C-Organik (%)	> 0.4	≤ 0.4		
Toksisitas (xc)				
Salinitas (dS/m)	< 5	5–8	8–10	>10
Sodisitas (xn)				
Alkalinitas/ESP (%)	< 10	10–15	15–20	>10
Bahaya Sulphidik (xs)				
Kedalaman Sulphidik (cm)	> 125	100-125	60-100	<60
Bahaya Erosi (Eh)				
Lereng (%)	< 8	8 – 16	16 – 30	> 30
Bahaya Erosi	Sangat rendah	Rendah, sedang	Berat	Sangat berat
Bahaya Banjir				
Genangan	F0	-	F1	>F1
Penyiapan lahan				
Batuan di permukaan (%)	<5	5–15	15–40	>40
Singkapan batuan (%)	<5	5–15	15–25	>25

Sumber: (Ritung *et al.*, 2011)

Secara umum karakteristik tanah yang cocok untuk tebu harus dilihat dari sudut fisika tanah dan kimia tanah. Sifat fisik tanah yang harus diperhatikan adalah kemiringan 0-3 %, ketinggian tempat 270-325 m, drainase baik, erosi terbatas, tanpa batuan di permukaan, kedalaman tanah 75-120 cm, struktur tanah tidak remah, warna tanah coklat keabuan 10 YR 3/3. Sifat kimia tanah yang cocok untuk tebu adalah pH 5,5-7,3, C-Organik 0,32-1,7%, N-total 0,07-2,5%, P₂O₅ 2,88-24,72 mg kg⁻¹, K₂O 0,41-1,12 cmol kg⁻¹, Na 0,77-2,5 cmol kg⁻¹, Ca 4,09-8,17 cmol kg⁻¹, Mg

0,32-1,96 Cmol kg⁻¹, KTK 16,79-30,58 cmol kg⁻¹, KB 25-50 % (Ritung, 2013).

Ada beberapa persyaratan dalam pemanfaatan lahan untuk berbagai jenis tanaman, termasuk tebu tentu saja. Persyaratan di atas terutama terdiri dari energi radiasi, suhu, kelembaban relatif, oksigen, dan nutrisi. Persyaratan suhu dan kelembaban digabungkan, dan selanjutnya disebut sebagai masa pertumbuhan (FAO, 1983 *dalam* (Ritung *et al.*, 2011)). Kesesuaian lahan untuk pertanaman tebu (Tabel 2) merupakan kombinasi dari suhu, curah hujan, udara, tekstur tanah, kesuburan tanah, keracunan, konservasi tanah dan lain-lain. Memang dari total lahan yang tersedia, hanya beberapa yang cocok untuk penanaman tebu, tapi itu lebih dari cukup jika hanya untuk swasembada gula.

Kondisi Industri Tebu di Indonesia

Industri gula nasional Indonesia hingga saat ini masih menghadapi berbagai tantangan serius, yang secara langsung berdampak pada ketahanan pangan dan daya saing komoditas gula dalam negeri. Salah satu permasalahan utama adalah menurunnya produktivitas tanaman tebu, khususnya di Pulau Jawa yang merupakan sentra utama produksi gula nasional. Setidaknya terdapat tiga isu pokok yang membelenggu kinerja industri gula nasional. Pertama, rendahnya harga gula domestik akibat kebijakan impor yang tidak tepat sasaran dan dilakukan pada saat panen raya, sehingga menekan harga jual petani. Kedua, rendahnya produktivitas lahan tebu yang disebabkan oleh penerapan teknis agronomi yang tidak optimal, mulai dari pemilihan varietas, manajemen pemupukan, hingga irigasi. Ketiga, sebagian besar pabrik gula di Indonesia masih menggunakan teknologi lama yang kurang efisien, baik dalam hal konversi bahan baku maupun konsumsi energi.

Pada tahun 2023, total konsumsi gula nasional mencapai sekitar 3,65 juta ton. Secara keseluruhan, rata-rata kebutuhan gula setiap tahunnya berada di angka 7,3 juta ton, yang terdiri dari 3,2 juta ton gula konsumsi (gula kristal putih/GKP) dan 4,1 juta ton gula industri (gula kristal rafinasi/GKR). Bahkan, angka ini belum mencakup permintaan untuk produksi monosodium glutamat dan pakan ternak, yang semakin menegaskan tingginya kebutuhan gula di Indonesia.

Gula merupakan salah satu komoditas pangan strategis yang memiliki peran vital dalam kehidupan masyarakat. Sebagai sumber kalori terbesar kedua setelah beras, gula menjadi bagian penting dalam pola konsumsi harian (Yunitasari *et al.*, 2015). Seiring dengan meningkatnya permintaan, ketidakseimbangan antara konsumsi dan produksi dalam negeri sering kali mendorong pemerintah untuk mengandalkan impor sebagai solusi jangka pendek. Namun, ketergantungan yang berlarut-larut terhadap impor dapat melemahkan ketahanan pangan nasional. Oleh karena itu, upaya menuju swasembada gula perlu terus digalakkan.

Sebagai langkah konkret, pemerintah telah menetapkan target dalam Peraturan Presiden Nomor 40 Tahun 2023, yang mencanangkan perluasan lahan tebu hingga mencapai 1,2 juta hektare pada tahun 2030. Kebijakan ini diharapkan dapat meningkatkan produksi gula dalam negeri sekaligus mengurangi ketergantungan pada impor. Selain itu, pemerintah juga mendorong pengembangan industri bioetanol berbasis tebu, yang tidak hanya membantu menekan defisit gula, tetapi juga memperkuat ketahanan energi nasional.

Kementerian Pertanian, melalui Direktorat Jenderal Perkebunan, terus berupaya meningkatkan produksi gula nasional dengan memperluas areal perkebunan tebu. Menurut Direktur Perbenihan Perkebunan, Gunawan, pemerintah telah menyusun peta jalan guna mempercepat pencapaian swasembada gula. Strategi ini mencakup peningkatan produktivitas tebu hingga 93 ton per hektare melalui penerapan praktik agrikultur yang lebih baik, perluasan lahan perkebunan hingga 700.000 hektare, serta optimalisasi kinerja pabrik gula agar mencapai tingkat rendemen sebesar 11,2%. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan produksi gula dalam negeri dapat memenuhi kebutuhan nasional tanpa harus bergantung pada impor. Strategi Peningkatan Produksi Gula Dalam Negeri, antara lain:

- a) Ekstensifikasi dan Intensifikasi Pertanian Tebu
Diperlukan upaya perluasan lahan pertanian tebu serta peningkatan produktivitas lahan yang sudah ada dengan menerapkan sistem pertanian yang berkelanjutan, seperti pemupukan yang tepat dan rotasi tanaman.
- b) Penggunaan Varietas Unggul
Pengembangan dan penerapan varietas tebu dengan rendemen tinggi serta ketahanan terhadap kondisi lingkungan ekstrem akan membantu meningkatkan hasil panen dan produksi gula nasional.

- c) **Peningkatan Infrastruktur dan Teknologi**
Investasi dalam mekanisasi pertanian serta modernisasi pabrik gula akan meningkatkan efisiensi produksi, baik dalam proses budidaya maupun pengolahan gula.
- d) **Kebijakan dan Dukungan Pemerintah**
Diperlukan kebijakan yang mendukung petani tebu, seperti subsidi pupuk, insentif harga gula, serta regulasi terhadap impor gula yang berlebihan agar industri gula dalam negeri tetap kompetitif.
- e) **Diversifikasi Produk Berbasis Tebu**
Selain produksi gula, pemanfaatan tebu untuk produk turunan seperti bioetanol, pupuk organik, dan produk berbasis serat dapat meningkatkan nilai tambah serta kesejahteraan petani tebu. Indonesia memiliki potensi besar dalam mengembangkan sektor pertanian, khususnya dalam budidaya tanaman tebu. Dengan adanya variasi iklim dan topografi yang mendukung, terdapat berbagai lahan potensial yang dapat dimanfaatkan untuk intensifikasi dan ekstensifikasi tanaman tebu. Lahan-lahan ini tersebar di berbagai wilayah, baik di dataran rendah maupun daerah dengan ketinggian tertentu yang sesuai dengan kebutuhan suhu dan curah hujan tanaman tebu. Untuk intensifikasi, peningkatan hasil produksi tebu per satuan luas dapat dicapai melalui penerapan teknologi pertanian modern, pemupukan yang tepat, dan manajemen irigasi yang efisien. Sementara itu, ekstensifikasi dapat dilakukan dengan memperluas area tanam di lahan-lahan marginal yang sebelumnya belum dimanfaatkan secara optimal, seperti lahan bekas pertanian atau lahan-lahan yang memiliki potensi alamiah untuk mendukung pertumbuhan tebu. Melalui pendekatan ini, Indonesia dapat meningkatkan produksi tebu secara signifikan, memperkuat ketahanan pangan, serta mendukung industri gula nasional yang semakin berkembang (Hakim, 2010).

Tabel 1.3 Lahan Potensial untuk Intensifikasi dan Ekstensifikasi

Provinsi	Baik	Sedang	Rendah	Baik	Sedang	Rendah
Aceh	-	-	1.000	37.000	4.500	128.000
Sumatra Utara	5.800	24.500	6.000	12.500	1.900	82.400
Riau	11.100	35.600	119.300	500	4.800	26.100
Sumatra Selatan	43.000	-	-	483.000	197.000	250.500
Lampung	33.500	10.000	3.000	302.000	75.500	63.000
Jawa Timur	13.100	-	1.000	1.238.800	-	262.400
Kalimantan Selatan	6.000	-	-	119.500	-	218.500
Kalimantan Tengah	20.000	-	829.000	16.900	-	223.300
Sulawesi Selatan	21.000	-	7.400	7.700	-	19.200
NTB	-	-	-	8.100	-	-
Maluku	-	-	-	42.000	5.500	118.900
Irian Jaya	-	-	-	817.000	123.100	508.800
Total	153.500	70.100	966.700	3.085.000	412.300	1.901.100

Sumber: (Hakim, 2010)

Strategi Pengembangan Tebu di Lahan Marjinal dan Kering

Terbatasnya lahan berpengairan dan meningkatnya persaingan dengan tanaman lain mendorong pengembangan tebu di lahan marjinal maupun kering sebagai alternatif solusi. Saat ini, luas lahan tebu di Indonesia mencapai 488.982 hektare, namun jumlah tersebut masih belum mampu memenuhi kebutuhan gula nasional.

Lahan marjinal atau suboptimal adalah wilayah dengan kualitas tanah yang rendah akibat berbagai faktor pembatas, salah satunya adalah ketersediaan air. Air sendiri memegang peranan penting dalam setiap fase pertumbuhan tebu karena berdampak langsung pada rendemen yang dihasilkan. Sebagai gambaran, untuk memproduksi satu gram bahan kering, tanaman tebu membutuhkan sekitar 250gram air. Oleh karena itu, penyediaan irigasi menjadi langkah krusial dalam budidaya tebu di lahan kering.

Lingkungan lahan kering memiliki berbagai faktor yang berpengaruh terhadap fisiologi dan pertumbuhan tebu. Beberapa di antaranya meliputi ketersediaan air, radiasi sinar matahari, kondisi topografi, kedalaman tanah yang efektif, sistem drainase, tekstur dan reaksi tanah, serta kadar hara yang tersedia. Curah hujan ideal bagi tanaman tebu di lahan kering berkisar antara

1.500 hingga 3.000 mm per tahun. Namun, pada wilayah dengan curah hujan lebih rendah, yakni 1.200 hingga 1.500 mm per tahun, perkebunan tebu masih dapat diusahakan dengan dukungan suplesi air atau sistem irigasi tambahan, terutama karena musim kering di daerah tersebut bisa berlangsung hingga 6–7 bulan.

Meningkatkan Kesuburan Lahan Marjinal

Untuk mengoptimalkan pertumbuhan tebu di lahan marjinal, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah (Puspitasari & Winarsih, 2023). Bahan organik tidak hanya memperbaiki pasokan hara, tetapi juga berperan penting dalam meningkatkan sifat fisik, biologi, dan kimia tanah. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan kompos dapat meningkatkan kadar bahan organik tanah, sehingga memperbaiki kapasitas tukar kation serta meningkatkan serapan unsur hara, bahkan pada tanah yang bersifat masam.

Selain itu, bahan organik juga berkontribusi terhadap peningkatan kesuburan tanah dengan menyediakan unsur hara makro dan mikro, meskipun dalam jumlah terbatas. Tidak hanya itu, keberadaan bahan organik dapat mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dan fauna tanah yang berperan dalam ekosistem pertanian. Penggunaan bahan organik, aplikasi mikoriza dan pelembab sintetis seperti *hydrogel* juga menjadi alternatif dalam memperbaiki manajemen air dan mendukung pertumbuhan tanaman. *Hydrogel* yang diaplikasikan di sekitar akar tanaman mampu mempertahankan kelembaban tanah serta menjaga ketersediaan nutrisi. Sementara itu, mikoriza memiliki kemampuan bersimbiosis dengan tanaman tebu, membantu meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara terutama fosfor yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan di lahan marjinal.

Dengan penerapan strategi ini, pengembangan tebu di lahan marjinal dan kering tidak hanya menjadi solusi atas keterbatasan lahan berpengairan, tetapi juga berkontribusi dalam mendukung swasembada gula nasional melalui peningkatan produktivitas lahan yang sebelumnya kurang optimal.

BAB II.

PENGUNAAN *BY PRODUCT* PABRIK GULA SEBAGAI UPAYA PENGELOLAAN HARA LESTARI

Konsep pengelolaan hara berkelanjutan atau *sustainable nutrient management* berangkat dari prinsip pembangunan berkelanjutan. Pembangunan berkelanjutan didefinisikan sebagai proses pemenuhan kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya. Dalam konteks ini, keberlanjutan produksi pangan juga menjadi landasan penting, yakni bagaimana sistem pangan dirancang agar tidak merusak lingkungan dan tetap menghasilkan produk berkualitas (Robèrt *et al.*, 2002). Untuk mewujudkan sistem produksi pangan yang berkelanjutan, pengelolaan hara secara lestari menjadi keharusan. Dalam praktiknya, pengelolaan ini mempertimbangkan keseimbangan unsur hara (*element balances*) sebagai alat ukur untuk menilai kesesuaian praktik pertanian terhadap kelestarian lingkungan (Born *et al.*, 2003).

Pada budidaya tebu, pengelolaan hara lestari bertujuan untuk mencapai produktivitas yang optimal dan menguntungkan, tanpa memberikan tekanan berlebih pada lingkungan. Salah satu langkah strategis adalah meminimalkan kehilangan hara akibat aplikasi pupuk, yang secara tidak langsung akan menekan biaya produksi sekaligus menjaga kesehatan tanah. Efisiensi pemberian hara dapat ditingkatkan melalui pendekatan rekomendasi pemupukan spesifik lokasi. Ketidakefisienan sering terjadi akibat generalisasi rekomendasi pemupukan untuk semua jenis tanah, rendahnya pemahaman terhadap kehilangan hara, serta ketidakseimbangan antara unsur yang diberikan dan kebutuhan tanaman, seperti kelebihan N dan P tetapi kekurangan K. Tahapan untuk mewujudkan manajemen hara berkelanjutan, yakni (Schroeder *et al.*, 2005):

1. Identifikasi jenis tanah yang digunakan
2. Pemahaman dan pengelolaan proses kehilangan hara;

3. Pengujian tanah secara rutin;
4. Adopsi pemupukan berbasis rekomendasi spesifik lokasi;
5. Analisis daun untuk mengetahui kecukupan hara;
6. Pencatatan perubahan atau modifikasi dalam program pemupukan.

Konsep keberlanjutan, selain dengan pendekatan berbasis kesesuaian lahan, terdapat pula konsep keberlanjutan yang menitikberatkan pada siklus hara. Dalam hal ini, pertumbuhan tanaman mengambil hara dari tanah, sementara proses panen menjadi titik utama hilangnya hara. Maka, jika siklus kehilangan ini dapat dikendalikan, maka keberlanjutan sistem hara akan tercapai. Beberapa praktik aplikatif yang mendukung pengelolaan hara lestari pada lahan tebu seperti pemanfaatan limbah industri gula sebagai sumber hara dan bahan organik; aplikasi bahan humat untuk memperbaiki struktur dan kesuburan tanah; kombinasi pupuk organik dan anorganik untuk meningkatkan efisiensi pemupukan; inokulasi mikroorganisme, termasuk penggunaan jamur mikoriza dan bakteri pelarut hara; pengembalian biomassa tebu ke lahan untuk mempertahankan kandungan C-organik tanah. Dengan menerapkan pendekatan-pendekatan tersebut, diharapkan sistem pertanaman tebu dapat terus memberikan hasil yang tinggi secara berkelanjutan tanpa mengorbankan kondisi lingkungan maupun kesuburan lahan dalam jangka panjang.

Pada konsep upaya pemanfaatan limbah industri gula sebagai sumber hara dan bahan organik (juga pembenah tanah), beberapa limbah tersebut antara lain blotong atau *filter cake*, bagasse dan vinasse. Selain mengurangi beban limbah, pemanfaatan hasil samping ini juga berperan dalam meningkatkan kualitas tanah serta menurunkan ketergantungan terhadap pupuk kimia (Dotaniya *et al.*, 2016). Menurut Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 02/Pert/HK.060/2/2006, *bahan pembenah tanah* didefinisikan sebagai: “Bahan-bahan sintetis atau alami, organik atau mineral, berbentuk padat maupun cair yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta meningkatkan kemampuan tanah dalam mengendalikan hara sehingga dapat dimanfaatkan dengan baik oleh tanaman.”. Definisi ini juga tercantum dalam Peraturan Menteri Pertanian Nomor 28/Permentan/SR.130/5/2009 dan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011.

Blotong (Filter Cake)

- Asal: Sisa hasil klarifikasi jus tebu
- Kandungan: Kaya akan bahan organik Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalsium (Ca) dan mikroorganisme
- Manfaat:
 - Memperbaiki struktur dan kesuburan tanah
 - Meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK)
 - Menyediakan hara makro dan mikro bagi tanaman

Blotong tebu atau dikenal dengan *filter cake* atau *filter press mud* dihasilkan dari proses pemurnian nira pabrik gula yang sebelumnya dimasak dan dikristalkan menjadi gula pasir dan disaring di *rotary vacuum filter* sehingga menghasilkan endapan berupa limbah padat. Blotong berbentuk menyerupai tanah berpasir yang memiliki warna hitam dan jika ditumpuk dalam keadaan basah, akan menyebarkan bau busuk, dan mencemari lingkungan (Dharma *et al.*, 2017). Di dalam blotong terdapat bahan koloid organik yang menyebar secara merata pada nira tebu dan menyatu dengan anion organik dan anorganik lainnya (Muhsin, 2011). Industri gula secara rutin menghasilkan residu dalam jumlah besar yang memerlukan tempat pembuangan. Dengan pendekatan pemanfaatan kembali, bahan-bahan tersebut dapat digunakan untuk memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kandungan karbon organik, dan mengurangi pemadatan serta risiko erosi (Cherubin *et al.*, 2016).

Berikut adalah manfaat utama Blotong untuk pertanian tebu:

1. Sumber Bahan Organik
Blotong kaya akan bahan organik yang membantu memperbaiki struktur dan tekstur tanah pertanian. Terutama lahan yang telah diusahakan pertanian secara terus menerus berlangsung lama dalam 1 komoditas. Misal lebih dari 10 tahun. Karena blotong kaya akan bahan organik seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) dan juga mikroorganisme sehingga pemanfaatannya mampu memperbaiki kesuburan tanah.
2. Perbaikan Struktur Tanah
Bahan ini (Filter cake) mengandung bahan organik tinggi yang bisa memperbaiki porositas dan aerasi tanah, serta menaikkan kapasitas menahan air.

3. Aktivator Mikroorganisme Tanah
Blotong menyediakan lingkungan yang baik untuk perkembangan mikroorganisme tanah yang membantu proses dekomposisi dan ketersediaan unsur hara.
4. Mensuplesi Penggunaan Pupuk Kimia
Blotong menyediakan tambahan unsur hara Makro dan menyediakan lingkungan organisme penambat unsur hara makro yang penting, sehingga bisa dipakai untuk mensuplesi pemakaian pupuk Kimia. Sehingga bersama sama dapat berpotensi meningkatkan produktivitas produksi pertanian tebu.
5. Mengurangi Erosi dan kekeringan
Struktur tanah yang lebih baik berkat Blotong mengurangi erosi serta meningkatkan retensi air saat musim kering.
6. Potensial sebagai Kompos
Blotong bisa dicampur dengan sisa hasil produksi industri gula yang lain seperti Abu boiler, atau vennase yang bisa dijadikan kompos yang berkualitas tinggi.



Gambar 2.1. Blotong (Filter Cake)



Gambar 2.2a. Tumpukan Blotong sebelum digunakan



Gambar 2.2b. Tumpukan Blotong yang dijemur sebelum digunakan



Gambar 2.2c. Tumpukan blotong yang dijemur sebelum digunakan

Blotong juga mengandung kadar bahan organik yang tinggi dan mampu memperbaiki kapasitas tukar kation (KTK) tanah. Penggunaan blotong secara tepat dapat meningkatkan kualitas tanah, produktivitas tebu, serta mutu nira tebu yang dihasilkan (Vipin & Jha, 2016). Penggunaan hasil samping industri gula sebagai amandemen tanah menjadi strategi yang efisien dan ramah lingkungan untuk mendukung keberlanjutan pertanian tebu. Kandungan pada tiap blotong memiliki sedikit perbedaan yang disebabkan karena adanya perbedaan pada jenis tebu, proses budidaya tebu maupun efisiensi pada proses penggilingan dan pemurnian di pabrik (Elykurniati, 2009 dalam Juradi *et al.*, 2020). Pemanfaatan blotong sebagai bahan pembenah tanah dapat bermanfaat untuk meningkatkan kemampuan menahan air, proses pertukaran kation yang berpengaruh terhadap proses penyerapan hara oleh tanaman, meningkatkan aktivitas mikrobiologi tanah yang berpengaruh terhadap proses fiksasi nitrogen dan transfer hara, meminimalisir laju kehilangan hara dalam tanah, dan memulihkan struktur tanah sehingga produktivitas tanah juga dapat meningkatkan (Jenira *et al.*, 2018).

Ampas Tebu/Bagasse

Selain menghasilkan gula sebagai produk utama, industri tebu juga memproduksi sejumlah besar limbah dan produk samping, salah satunya adalah ampas tebu atau bagasse. Bagasse merupakan residu berserat yang tersisa setelah nira diekstrak dari batang tebu. Bahan ini umumnya memiliki kandungan tinggi selulosa (47–52%), hemiselulosa (25–28%), dan lignin (20–21%), serta sejumlah kecil abu dan senyawa lain (Dotaniya *et al.*, 2016). Bagasse berpotensi besar sebagai bahan organik untuk perbaikan tanah. Aplikasinya pada sistem budidaya pertanian dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik. Selama proses dekomposisi, bagasse menghasilkan asam organik yang mampu melarutkan fosfat yang tidak tersedia, sehingga meningkatkan ketersediaan fosfor dalam tanah. Untuk efektivitas yang optimal, bagasse sebaiknya dicincang halus dan diaplikasikan satu bulan sebelum penanaman agar proses penguraian berlangsung maksimal. Tingkat dekomposisinya dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, serta aktivitas dan keberagaman mikroorganisme tanah. Produksi bagasse cukup melimpah. Diperkirakan satu ton tebu menghasilkan sekitar 300 kilogram bagasse. Dengan asumsi kapasitas penggilingan nasional, potensi produksi bagasse mencapai lebih dari 10 juta ton per tahun di Indonesia (Ariningsih, 2014). Pemanfaatan bahan ini tidak hanya memberikan manfaat agronomis, tetapi juga mendukung pengelolaan limbah industri gula secara berkelanjutan.



Gambar 2.3. Bagasse Kering

Bagasse ini, jika digunakan menjadi bahan bakar, akan menghasilkan abu bioler, dan abu bolier ini juga dapat berfungsi juga sebagai pembenah tanah.

- Asal: Sisa pembakaran ampas tebu (Bagase) di Boiler
- Kandungan: Mengandung Kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan Silika (Si).
- Manfaat:
 - Menambah unsur hara sekunder dan mikro
 - Dapat menetralkan pH tanah asam

Vinasse

Vinasse merupakan limbah cair yang dihasilkan dari proses pembuatan bioetanol dalam industri pengolahan gula. Vinasse mengandung berbagai mineral. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan mineral terbesar dalam 100 gram vinasse adalah kalium (K), dengan persentase berkisar antara 6,36–7,2%. Kandungan ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan mineral lainnya seperti natrium (Na) sebesar 1,58–1,84%, dan fosfor (P) sebesar 0,24–0,28% (Putra *et al.*, 2024).

Vinasse memiliki berbagai manfaat, terutama dalam bidang pertanian dan industri, karena kandungan nutrisinya yang tinggi (Arrodli *et al.*, 2011). Berikut adalah beberapa manfaat utama vinasse:

1. Sebagai Pupuk Organik/Cair (Biofertilizer): Vinasse kaya akan kalium, natrium, fosfor, serta sejumlah unsur mikro lainnya yang dibutuhkan tanaman. Oleh karena itu, vinasse sering dimanfaatkan sebagai:
 - Pupuk cair untuk meningkatkan kesuburan tanah.
 - Pengganti pupuk kimia, terutama sebagai sumber kalium.
 - Pupuk organik padat, setelah dicampur dengan bahan organik lain dan dikomposkan.
2. Sebagai Bahan dalam Pembuatan Kompos: Vinasse dapat dicampurkan dengan limbah organik lainnya (seperti jerami atau ampas tebu) untuk mempercepat proses dekomposisi, meningkatkan nilai hara kompos, dan memperbaiki struktur tanah saat diaplikasikan.

3. Untuk Produksi Biogas: Karena masih mengandung bahan organik dan senyawa fermentabel, vinasse bisa digunakan sebagai substrat dalam reaktor biogas untuk menghasilkan biometana.
4. Untuk Rehabilitasi Tanah Terdegradasi: Aplikasi vinasse dapat membantu meningkatkan kadar bahan organik dan memperbaiki struktur tanah, khususnya pada lahan marginal atau yang rusak akibat erosi dan penggunaan pupuk kimia berlebih.
5. Sebagai Bahan Baku Industri Lain: Beberapa studi juga mengeksplorasi pemanfaatan vinasse sebagai bahan baku untuk produksi:
 - Mikroalga
 - Asam amino atau protein sel Tunggal
 - Produk bioteknologi lainnya

Limbah cair pabrik gula, memiliki sejumlah manfaat potensial untuk pertanian jika diolah dengan benar. Berikut adalah beberapa manfaat utamanya:

1. Sumber Nutrisi Tanaman: Limbah cair mengandung unsur hara seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), serta mikronutrien lain yang berguna untuk pertumbuhan tanaman.
2. Peningkat Kesuburan Tanah: Kandungan bahan organik dalam limbah cair dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, dan merangsang aktivitas mikroba tanah.
3. Irigasi Lahan: Dalam kadar yang aman, limbah cair bisa dimanfaatkan untuk Irigasi lahan. Terutama di lahan kering atau yang tandus, sambil memberikan nutrisi tambahan.
4. Pupuk Organik Cair (POC): Dengan pengolahan yang tepat, limbah cair dapat diformulasikan menjadi pupuk organik cair yang lebih ramah lingkungan dibandingkan pupuk kimia.
5. Pengendalian Debu dan Erosi: Penggunaan limbah cair di lahan terbuka bisa membantu mengikat partikel tanah dan mengurangi debu serta risiko erosi.

Penggunaan limbah cair harus melalui proses pengolahan atau pengenceran yang sesuai untuk menghindari risiko pencemaran, karena bisa saja mengandung senyawa toksik atau bahan pencemar lainnya

(misalnya BOD, COD tinggi). Kepekatan limbah cair pabrik gula tidak sama antara limbah permulaan masa giling tebu (Mei) dengan limbah masa puncak giling tebu (Agustus). Hal ini terjadi karena volume air yang digunakan dalam proses pembuatan gula untuk menggelontorkan sisa hasil industri itu pada masa puncak giling tebu lebih besar daripada permulaan masa giling sehingga sisa hasil yang dikeluarkan pada masa puncak giling tebu lebih encer dibandingkan sisa hasil industri yang keluar pada permulaan giling.

Pengayaan limbah berpengaruh terhadap penurunan pH (derajat kemasaman). Pengayaan sisa hasil industri di bulan Mei dengan aerasi dan penambahan dolomit dan TSP dapat meningkatkan pH limbah $> 0,5 - 1$ poin, sedangkan pengayaan sisa hasil industri gula yang diambil bulan Agustus dengan Dolomit dan TSP dapat, meningkatkan pH $> 1,5$ poin.

Pengendapan limbah dengan kolam di pabrik gula juga dapat menurunkan pH limbah. Limbah pada kolam 2 mempunyai pH limbah lebih tinggi dari pH limbah asli, demikian pula pH limbah kolam 3 mempunyai pH limbah lebih tinggi dari pH limbah kolam 2 maupun limbah asli. Selisih derajat kemasaman (pH) dari limbah kolam asli dengan pH limbah kolam 3 mencapai satu poin, sedangkan dengan limbah yang telah diperkaya dengan kapur dolomit dan fosfat mencapai $1 - 1,5$ poin.



(a)



(b)

Gambar 2.1. Kolam Pengolahan Vinasse

BAB III.

TRANSFORMASI FISIKA TANAH DENGAN PENAMBAHAN FILTER CAKE

Tanah masih berperan penting sebagai media tanam untuk tanaman, bertanggung jawab dalam penyediaan air dan hara untuk pertumbuhan tanaman. Selain itu, tanah memiliki peran dalam menjaga tegaknya atau kokohnya tanaman. Hal ini semua tergantung pada kondisi atau sifat tanah, baik sifat fisika, kimia dan biologi.

3.1. Karakter Fisika Tanah

Sifat fisika tanah merupakan karakteristik penting yang menentukan fungsi dan produktivitas tanah dalam berbagai aspek, seperti pertanian, teknik sipil, dan pengelolaan lingkungan. Sifat fisika tanah berpengaruh pada pertumbuhan serta produksi tanaman karena memiliki peran dalam penetrasi akar, drainase, kemampuan tanah dalam menahan air, aerasi tanah dan ketersediaan unsur hara tanah untuk tanaman (Holilullah *et al.*, 2015).

Sifat fisik ini mencakup kemampuan tanah menahan air, memudahkan penetrasi akar, sirkulasi udara, serta kapasitas menyerap hara. Pemahaman terhadap sifat fisik tanah sangat penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman dan aktivitas organisme tanah yang sehat. Sifat fisik tanah sangat penting dalam menentukan kualitas dan fungsi tanah dalam berbagai sistem penggunaan lahan. Sifat tanah yang dapat mempengaruhi persediaan air dan udara di dalam tanah serta unsur hara untuk tanaman (Delsiyanti *et al.*, 2016). Selain itu juga berpengaruh dalam siklus perakaran tanaman, dalam proses penyerapan unsur hara, air maupun oksigen serta membatasi aktivitas perakaran tanaman (Kurnia dkk, 2006 dalam Delsiyanti *et al.*, 2016). Sifat fisik tanah dapat diidentifikasi berdasarkan tekstur, struktur, kepadatan, porositas, kekuatan, kadar air, warna tanah, dan temperatur tanah (Utomo, 2016). Menilai sifat fisik,

kimia dan biologi tanah dapat digunakan sebagai salah satu upaya untuk mengidentifikasi kesuburan tanah (Hartanti *et al.*, 2022).

Pemahaman yang baik mengenai kadar lengas, tekstur, struktur, berat volume, porositas, dan karakteristik lainnya akan sangat membantu dalam praktik pengelolaan tanah yang berkelanjutan. Beberapa sifat fisika tanah antara lain:

Kadar Lengas Tanah

Kadar lengas tanah adalah kandungan air dalam pori-pori tanah. Air ini sangat vital bagi tanaman karena menjadi media utama pengangkutan unsur hara ke akar. Bentuk air dalam tanah meliputi air gravitasi yang tidak tersedia bagi tanaman, air kapiler yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman, serta air higroskopis yang terikat kuat pada partikel tanah dan tidak dapat diserap oleh tanaman. Kandungan lengas dalam tanah dipengaruhi oleh iklim, bahan organik, tekstur tanah, dan penutup permukaan tanah.

Tekstur Tanah

Tekstur tanah adalah perbandingan relatif antara fraksi pasir, debu, dan lempung. Tekstur ini memengaruhi kehalusan atau kekasaran tanah, dan berpengaruh terhadap tata air, kemudahan pengolahan, erodibilitas, dan penetrasi akar. Penentuan tekstur dapat dilakukan secara kualitatif di lapangan maupun kuantitatif di laboratorium. Tekstur tanah juga berperan dalam menentukan kapasitas tanah menahan air dan hara. Perbandingan relatif dari fraksi pasir, debu dan lempung akan membentuk tekstur tanah (Qi *et al.*, 2018). Tekstur tanah hanya sedikit berubah karena sangat ditentukan oleh proses pembentukan tanah. Untuk jenis tanah tertentu, periode tanam yang lama tidak mempengaruhi tekstur tanah (McLauchlan, 2006). Tanaman tebu akan tumbuh baik pada tekstur ringan sampai agak berat dengan kemampuan menahan air yang cukup (Ikhtiyanto, 2010). Tekstur tanah penting mempengaruhi sifat fisika, kimia dan biologi tanah.

Berat Volume, Berat Jenis, dan Porositas

Berat volume tanah adalah massa tanah per satuan volume total, termasuk padatan, air, dan udara. Sementara itu, berat jenis hanya mencakup massa padatan tanah. Porositas total adalah proporsi ruang pori dalam tanah. Tanah yang padat memiliki berat volume tinggi dan porositas

rendah. Kandungan bahan organik sangat memengaruhi berat volume; semakin tinggi bahan organik, semakin rendah berat volumenya. Porositas sangat penting untuk pergerakan air dan udara di dalam tanah. Porositas tanah merupakan kemampuan tanah dalam menyerap air dan berkaitan dengan tingkat kepadatan tanah. Tanaman tebu menghendaki tanah yang gembur sehingga aerasi udara baik dan perakaran berkembang sempurna. Tebu akan tumbuh optimal pada porositas 30% (Ardiyansyah & Purwono, 2015).

Faktor yang mempengaruhi nilai BV suatu tanah antara lain bahan organik, tekstur tanah dan pengelolaan tanah. Jika tanah semakin bertekstur lepas (pasiran), maka nilai BV semakin rendah. Budidaya tebu secara monokultur dalam jangka panjang akan menyebabkan penurunan kandungan hara tersedia dan penurunan kualitas sifat fisika-kimia tanah (Qongqo & Antwerpen, 2000). BV mencapai optimum rata-rata sebesar $1,30 \text{ g/cm}^3$. Pada BV optimum tersebut diperoleh jumlah anakan tebu rata-rata paling banyak sebesar 3 batang/rumpun dan kondisi ini menyebabkan produktivitas tinggi (Pramuhadi, 2009).

Struktur Tanah

Struktur tanah menggambarkan susunan partikel tanah yang membentuk agregat. Struktur ini berperan dalam mengatur sirkulasi air, udara, dan panas di dalam tanah serta memengaruhi pertumbuhan akar. Struktur tanah diklasifikasikan menjadi struktur granular, blocky, platy, prismatic, columnar, dan struktur tidak beraturan seperti *massive* dan *single grained*. Faktor-faktor yang memengaruhi struktur tanah antara lain bahan induk, kandungan liat, bahan organik, akar tanaman, dan organisme tanah.

Konsistensi Tanah

Konsistensi tanah adalah kemampuan tanah untuk mempertahankan bentuknya saat diberi tekanan. Sifat ini dipengaruhi oleh kadar air, jenis mineral lempung, dan bahan organik. Konsistensi tanah penting dalam menentukan metode pengolahan tanah dan memengaruhi kemampuan akar tanaman menembus lapisan bawah tanah.

Warna Tanah

Warna tanah merupakan salah satu indikator visual utama dalam karakterisasi tanah. Warna tanah ditentukan oleh kandungan bahan organik, tingkat pelindian, dan tingkat perkembangan tanah. Penilaian warna dilakukan menggunakan Soil Munsell Color Chart di bawah pencahayaan tertentu dan kelembaban standar untuk mendapatkan hasil yang akurat.

3.2. Modifikasi Sifat Fisika Tanah Melalui Penambahan Filter Cake

Telah dilakukan penambahan *filter cake* atau blotong pada lahan tebu di Dusun Kiaran, Kecamatan Cangkringan, Kelurahan Wukirsari seluas kurang lebih 3 ha dan varietas tebu yang digunakan merupakan Bululawangan. Desain penelitian ini menggunakan rancangan penelitian RAK 1 faktor yaitu penambahan blotong, dengan dua taraf yaitu B0 (tanpa diberi blotong) dan B1 (diberi blotong). Aplikasi blotong pada lahan sebesar 11,25 ton/ha blotong.

Tabel 3.1. Pengaruh terhadap berat volume, berat jenis dan porositas tanah

Perlakuan	BV (g.cm ⁻³)	BJ (g.cm ⁻³)	n (%)
Blotong	1,092 a	2,568 a	57,5 b
Tanpa blotong	0,944 b	2,406 b	60,8 a

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji *t-student* taraf 5%. BV=berat volume, BJ= berat jenis, n=porositas.

Pada hasil pengamatan pada tahun kedua setelah perlakuan, menunjukkan bahwa pada perlakuan pemberian blotong menghasilkan nilai BV dan BJ lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan tanpa blotong. Nilai porositas (n) pada lahan yang diberi blotong lebih rendah berbeda nyata dibandingkan tanpa pemberian blotong. Hal ini dapat menunjukkan bahwa pada tanah pasiran, dengan porositas tinggi, penambahan blotong dapat menurunkan tingkat porositas, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam mengikat air dan hara (Minasny & McBratney, 2018). Blotong sebagai sumber bahan organik memiliki peran dalam mempengaruhi sifat fisika tanah seperti

agregasi tanah yang akan memberikan dampak tidak langsung pada sifat fisika tanah lain seperti porositas, aerasi, drainase dan ketersediaan air yang memiliki peran dalam menentukan hasil tanaman tanah salah satu cara untuk menjaga keberadaan BO dalam tanah dari waktu ke waktu dan akan meningkatkan kualitas tanah dan fungsinya untuk menopang pertumbuhan tanaman (Cherubin *et al.*, 2018).

BAB IV.

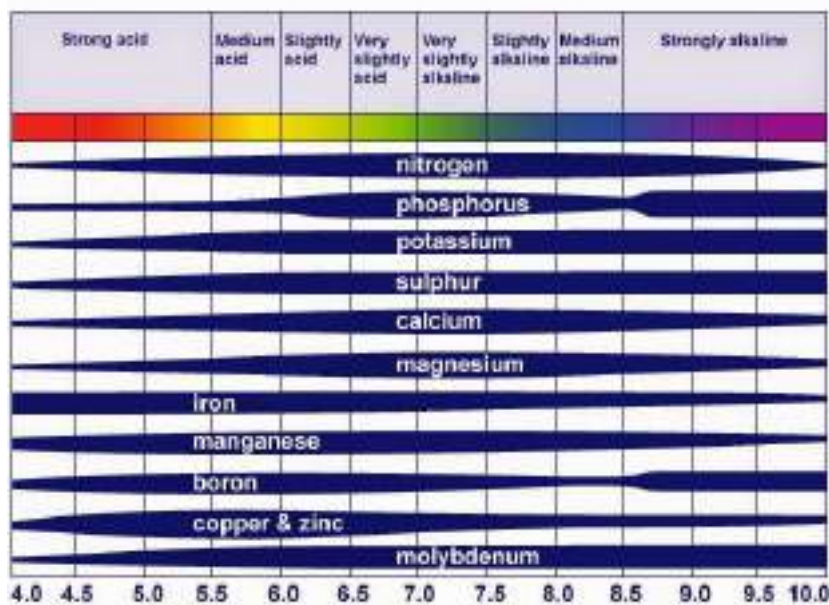
PERUBAHAN KARAKTER KIMIA TANAH AKIBAT APLIKASI FILTER CAKE

4.1. Karakter Kimia Tanah

pH tanah

Analisis pH tanah bertujuan untuk menentukan tingkat keasaman atau kebasaan tanah, yang merupakan salah satu parameter penting dalam evaluasi kesuburan tanah dan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Reaksi asam-basa dalam tanah menunjukkan sifat kemasaman dan alkalinitas suatu tanah yang dinyatakan dalam nilai pH. Kemasaman tanah ditentukan oleh kadar atau kepekatan ion hidrogen di dalam tanah. Apabila kepekatan ion hidrogen di dalam tanah terlalu tinggi maka tanah akan bereaksi asam. pH tanah secara alami dipengaruhi oleh bahan induk dan tingkat perkembangan tanah (Augusto *et al.*, 2017). Pada tanah-tanah tersebut konsentrasi ion H^+ melebihi konsentrasi OH^- dan mengandung Al, Fe, dan Mn terlarut dalam jumlah besar. Umumnya tanah-tanah masam tersebut dijumpai di daerah yang beriklim basah. Sebaliknya, apabila kepekatan ion hidrogen terlalu rendah maka tanah akan bereaksi basa.

pH di dalam tanah memberikan pengaruh besar terhadap aneka macam proses biogeokimia yang terjadi di dalam tanah, bahkan disebut sebagai “*master soil variable*”. Karakter dari pH tanah memberikan pengaruh terhadap kesehatan tanah, ketersediaan hara, pencemaran, dan potensi bahaya dalam rantai makanan (Neina, 2019). Gambar 4.1. menunjukkan hubungan antara pH tanah dan ketersediaan hara. Terlihat bahwa baik hara makro maupun mikro, ketersediaan haranya dipengaruhi oleh pH tanah, di mana pada tanah netral (sekitar 6-7) ketersediaan hara makro tinggi, dan hara mikro tersedia dalam jumlah yang sesuai dengan kebutuhan tanaman.



Gambar 4.1. Hubungan pH Tanah dan Ketersediaan Hara

Prosedur dimulai dengan pengambilan contoh tanah yang representatif dari lapangan, kemudian contoh tersebut dikeringanginkan dan diayak menggunakan ayakan berdiameter 2 mm untuk memperoleh sampel homogen. Sebanyak 10 gram tanah dimasukkan ke dalam gelas beaker, kemudian ditambahkan 25 mL air suling untuk pengukuran pH aktual, atau larutan KCl 1 N untuk pengukuran pH potensial, sesuai dengan tujuan analisis. Campuran tanah dan larutan diaduk selama beberapa menit agar tercampur merata, lalu didiamkan selama kurang lebih 30 menit untuk mencapai keseimbangan antara fase padat dan cair. Setelah waktu tersebut, larutan kembali diaduk secara perlahan sebelum dilakukan pengukuran. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi terlebih dahulu dengan larutan buffer standar pH 4,00; 7,00; dan 10,00. Elektroda pH meter dicelupkan ke dalam larutan tanah, dan pembacaan dilakukan setelah nilai yang ditampilkan pada layar pH meter menunjukkan angka yang stabil. Nilai yang terbaca dicatat sebagai nilai pH tanah. Untuk meningkatkan akurasi hasil, pengukuran dilakukan sedikitnya dua kali dan nilai rata-ratanya digunakan sebagai hasil akhir.

Kapasitas Pertukaran Kation (KTK) Tanah

Kapasitas Pertukaran Kation (KPK) adalah kemampuan tanah untuk menyerap dan menukarkan kembali kation dari dan ke dalam lapisan tanah. Besarnya KPK tanah dipengaruhi oleh tekstur tanah, jenis mineral lempung, kandungan bahan organik dan pH tanah (Takoutsing *et al.*, 2016). KPK tanah dipengaruhi oleh mineralogi, kandungan bahan organik, dan laju pelapukan (Pincus *et al.*, 2017). Kandungan lempung dalam tanah juga mempengaruhi KPK sehingga tekstur sangat berperan dalam menentukan nilai KPK (Hepper *et al.*, 2006). Vertisol memiliki bahan induk yang memiliki KPK tinggi dan kandungan bahan organik tinggi (Iturri & Buschiazso, 2014). Tanah yang memiliki banyak lempung akan memiliki nilai KPK tinggi karena sifat dasar mineraloginya (Caravaca *et al.* 1999). KPK tanah dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain mineralogi tanah, bahan organik dan tingkat pelapukan (Pincus *et al.* 2017). Bahan organik akan mempengaruhi nilai KPK, dengan semakin banyak bahan organik, maka nilai KPK akan makin tinggi. Tanah yang memiliki lempung tinggi seperti Vertisol akan dapat mempertahankan bahan organik di dalam tanah (Eleftheriadis *et al.* 2018) sehingga nilai KPK tinggi (Caravaca *et al.* 1999).

Bahan Organik Tanah

Bahan organik dapat berperan sebagai penyangga (*buffering*) pH tanah, karena dengan semakin banyaknya bahan organik, semakin tinggi nilai KPK tanah sehingga menyebabkan lebih besar kemampuan untuk mengkonsumsi H^+ . Hal ini akhirnya akan dapat menyebabkan kapasitas yang lebih kuat untuk mengikat kation. Bahan organik juga akan dapat mengikat Al^{2+} yang menyebabkan kemasaman tanah, sehingga pemasaman akan dapat di sangga (Jiang *et al.*, 2018).

Pupuk organik sebaiknya diaplikasikan dalam kondisi matang. Aplikasi pupuk organik yang belum matang memiliki beberapa dampak. Rasio C/N yang tinggi (>30:1) pada kompos yang belum matang menyebabkan dekomposisi yang lambat dan menghambat pertumbuhan tanaman karena kekurangan nitrogen tersedia. Sedangkan rasio C/N yang rendah menyebabkan nitrat-N yang dapat mengurangi mutu tanaman pertanian. Penggunaan kompos yang belum matang dapat menyebabkan ketersediaan hara N, P, dan K tanah menurun, karena diserap dan

digunakan oleh mikroba dekomposer untuk aktivitas penguraian bahan organik (Putro *et al.*, 2016). Mikroorganisme yang terdapat dalam kompos yang belum matang masih aktif mengurai bahan kompos sehingga ketika diaplikasikan pada tanaman mikroorganisme akan mengambil nitrogen dari tanah. Hal ini akan menyebabkan tanaman menjadi bersaing dengan mikroorganisme pengurai dalam memperoleh nitrogen dalam tanah. Mikroorganisme dapat menjadi lebih cepat mengambil nitrogen dari pada tanaman sehingga tanaman akan kekurangan nitrogen (Laviendi *et al.*, 2013).

Unsur Hara Makro Tanah

Unsur hara makro merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar, karena hara makro ini menyusun jaringan tanaman dengan konsentrasi $> 0,1\%$ bahan kering. Dalam klasifikasi hara makro, dapat dibagi dua yaitu unsur hara makro primer (N,P,K) dan unsur hara makro sekunder (Ca, Mg, S). Unsur hara makro dan bentuk hara yang diserap tanaman terdapat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1. Unsur Hara Makro dan Bentuk Tersedia untuk Tanaman

No	Unsur Hara		Bentuk yang diserap tanaman (available nutrient for plant)
1	N	Nitrogen	NH_4^+ , NO_3^-
2	P	Fosfor	HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-
3	K	Kalium	K^+
4	Ca	Calcium	Ca^{+2}
5	Mg	Magnesium	Mg^{+2}
6	S	Sulfur	SO_4^{-2}

Unsur hara Nitrogen (N) merupakan hara makro esensial bagi tanaman (mutlak harus ada) dan dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak. Hara ini mobile dalam tanaman dan tanah (mudah bergerak dan berpindah tempat). Unsur ini diserap tanaman dalam bentuk ion nitrat (NO_3^-) atau amonium (NH_4^+) dari tanah. N umumnya menjadi faktor pembatas pada tanah-tanah yang tidak dipupuk. Kadar N dalam berat kering tanaman: sekitar 1-5 %, tergantung spesies dan fase pertumbuhan tanaman. Konsentrasi N lebih tinggi pada jaringan tanaman muda, kandungan N total dalam tanaman menurun dengan bertambahnya umur tanaman. N berasal dari dekomposisi bahan organik, tidak ada N yang

berasal dari pelapukan mineral dalam tanah. Karena N hanya berasal dari BO tanah, maka jumlah N dalam tanah sangat dipengaruhi oleh jumlah BO dalam tanah dan kecepatan dekomposisinya. Terdapat beberapa peran dari Nitrogen. Bersama dengan hara Mg, sebagai bahan pembentuk inti molekul klorofil, berperan dalam sintesis (pembentukan) protein, penyusun asam amino, bersama dengan hara P menyusun asam nukleat, dan memacu pertumbuhan vegetatif tanaman. Jika kekurangan hara N, maka gejala kekurangan/defisiensinya yaitu Tanaman terhambat pertumbuhannya, kerdil, Daun berwarna hijau cerah sampai kuning pucat, Daun rontok/kering, Tanaman mengalami kematangan dini dan menurunkan kualitas

Unsur hara Fosfor (P) dan Kalium (K) merupakan juga Hara makro esensial bagi tanaman dan dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak. Hara P merupakan hara mobile dalam tanaman, immobile dalam tanah. Unsur ini diserap tanaman dalam bentuk ion fosfat $H_2PO_4^-$ dan HPO_4^{2-} dari tanah. Kadar P dalam berat kering tanaman: sekitar 0,1-0,5 %, tergantung spesies dan fase pertumbuhan tanaman. Dalam tanah berasal dari pelapukan mineral tanah yang mengandung P (contoh: apatit) dan dekomposisi bahan organik. Peran hara P untuk tanaman antara lain komponen enzim dan protein tertentu, ATP (transfer energi), RNA dan DNA (pembawa sifat genetik/keturunan), Penyusun asam-asam amino tertentu, merangsang pertumbuhan dan aktif dalam pembelahan sel, Metabolisme karbohidrat, Pembentukan bunga, buah dan biji, Memperkokoh tegaknya tanaman dan Meningkatkan ketahanan terhadap penyakit. Sumber hara P adalah Pupuk buatan dan pupuk organik, Mineralisasi: Fosfat primer terbentuk dari pembekuan magma alkali yang bersusunan mineral fosfat apatit, terutama fluor apatit $\{Ca_5(PO_4)_3F\}$ dalam keadaan murni mengandung 42 % P_2O_5 , perombakan bahan organik: menyumbang 20-80% dari total P dalam tanah.

Unsur hara Kalium (K) memiliki karakter yang dinamis di dalam sistem tanah. Reaksi yang dinamis tersebut melibatkan bentuk-bentuk K di dalam larutan tanah, K tertukar, K terfiksasi (K yang terikat) dan mineral K. Reaksi-reaksi tersebut selanjutnya mempengaruhi nasib hara K; akan diserap oleh tanaman, hilang terlindi ke bagian bawah tanah atau diubah dalam bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman. K dalam tanah berasal dari pelapukan mineral tanah yang mengandung K (contoh: feldspar, mika) dan dekomposisi bahan organik.

K merupakan hara utama yang dibutuhkan untuk meningkatkan pertumbuhan akar dan ketahanan terhadap kerebahan tanaman dan hama penyakit. Peran dan fungsi hara K antara lain: Mengaktifkan enzim, berperan dalam fotosintesis, Berperan dalam translokasi karbohidrat (gula), Berperan dalam pembentukan protein, Berperan dalam fiksasi nitrogen pada tanaman legume, Terlibat dalam pembentukan ATP dan ADP (transfer energi untuk proses metabolisme dalam tanaman), Meningkatkan ketahanan tanaman, Meningkatkan pertumbuhan akar dan Berperan dalam pernafasan. Gejala kekurangan hara K antara lain: Daun cepat menua, Pertumbuhan terhambat, Ruas batang memendek, Klorosis (tanaman menguning), Nekrosis (tanaman berwarna kecoklatan lalu mati), Perkembangan akar terhambat, Tanaman mudah rebah, Pada tanaman padi, gabah menjadi hampa, dan bobot gabah menjadi ringan, Pada tanaman jagung, ujung tongkol bagian atas tidak penuh berisi biji.

Unsur hara Calcium (Ca), merupakan Unsur hara makro esensial sekunder. Ca dalam tanah berasal dari mineral di mana tanah tersebut terbentuk, umumnya dalam fraksi pasir dan debu. Contoh: anortit, batu kapur, piroksin, amfibol, kalsit, dll. Kandungan Ca di dalam tanah beragam, pada tanah- tanah masam di tropika basah mengandung 0.1-0.3%, sedangkan pada tanah kapur pada iklim kering mengandung lebih dari 25%. Kalsium diserap oleh tanaman dalam bentuk ion Ca^{2+} . Fungsi Ca dalam tanaman: Menjadi bagian dari struktur sel yaitu penyusun dinding dan membran sel, Diperlukan dalam proses pembentukan atau pembelahan sel-sel baru, pemanjangan sel dan menjaga struktur membran di dalam tanaman, Terlibat dalam pengaturan sejumlah proses metabolisme, termasuk respon tanaman terhadap lingkungan dan zat pengatur tumbuh, Penting dalam translokasi karbohidrat dan hara dan Berperan dalam proses perkecambahan biji dan fotosintesis..). Ketersediaan Ca dipengaruhi salah satunya oleh mineral lempung, di mana Ca dapat dijerap oleh mineral lempung sehingga ketersediaannya rendah. Hal lain yang mempengaruhi ketersediaan Ca adalah pH tanah serta ketersediaan hara Mg dan K (Taufiq *et al.*, 2007). Ca memainkan fungsi biokimia penting dan mendukung banyak proses metabolisme, selain mengaktifkan beberapa sistem enzimatik berkontribusi pada perkembangan tanaman dan Ca berperan penting dalam stabilitas integritas membran dan sel (El Habbasha & Ibrahim, 2015)

Unsur hara Magnesium (Mg) merupakan unsur hara makro esensial sekunder, diperlukan tanaman dalam jumlah relatif banyak, lebih sedikit dibanding N dan K, serupa jumlahnya dengan P, S dan Ca; umumnya $Mg < Ca$. Mg dalam tanah berasal dari dekomposisi batuan yang mengandung mineral biotit, hornblende, serpentin, epsomit, dan olivin. Selain itu, Mg juga dijumpai pada mineral liat sekunder seperti klorit, illit, montmorillonit, dan vermiculit. Seperti halnya unsur hara yang lain, Mg di dalam tanaman berada dalam bentuk Mg^{2+} yang dapat dipertukarkan. ($Mg\text{-dd}$) dan Mg^{2+} yang ada dalam larutan tanah ($Mg\text{ larut}$). Mg diserap oleh tanaman dalam bentuk ion Mg^{2+} . Fungsi hara Mg antara lain Komponen penyusun klorofil, Berperan penting pada hampir seluruh metabolisme tanaman dan sintesis protein, Di dalam sistem enzim, Mg sebagai ko-faktor yang aktif di dalam proses fosforilasi, sebagai jembatan antara struktur pirofosfat pada ATP atau ADP dengan molekul enzim, Menstabilkan partikel ribosom dalam konfigurasi sintesis protein.

Unsur hara Sulfur (S) merupakan Unsur hara makro esensial yang diperlukan tanaman dalam jumlah yang hampir sama banyaknya dengan unsur P (Tisdale *et al.* 1990). Beberapa fungsi dari S antara lain, Penyusun penting protein tanaman (sebagai asam amino sistin, metionin, sistein), beberapa hormon tanaman, vitamin (tiamin dan biotin), enzim proteolitik, Berperan dalam pembentukan protein (pembentukan ikatan formaldehida antara rantai polipeptida di dalam protein), Sintesis co-enzim A yang terlibat dalam oksidasi dan sintesis asam lemak, sintesis asam amino dalam daur asam sitrat.

Unsur Hara Mikro Tanah

Hara mikro (micronutrients) merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah sedikit karena terdapat dalam jaringan tanaman dalam konsentrasi 0,01%. Unsur hara mikro tersebut antara lain:

No	Unsur Hara Mikro	Bentuk yang diserap
1	Fe	Fe^{+2} , Fe^{+3}
2	Mn	Mn^{+2} , Mn^{+4}
3	B	BO_3^{-3}
4	Mo	MoO_4^{-2}
5	Cu	Cu^{+} , Cu^{+2}
6	Zn	Zn^{+2}
7	Cl	Cl^{-}

Unsur mikro logam seperti Fe (besi), Mn (mangan), Cu (tembaga), dan Zn (seng) sangat penting dalam kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Fe dalam kerak bumi berkisar sekitar 50.000 ppm dan tersedia cukup pada tanah-tanah merah seperti Oxisol, Alfisol, dan Ultisol. Konsentrasi Fe dalam tanaman sekitar 100 ppm, namun pada tanah gambut kandungan Fe dapat sangat tinggi sehingga berpotensi meracuni tanaman. Pada tanah berkapur, kandungan Fe total cukup tinggi antara 20.000 – 40.000 ppm, tetapi tidak tersedia bagi tanaman karena berubah bentuk menjadi tidak tersedia, terutama dalam suasana alkalis di mana Fe bereaksi dengan unsur fosfor (P).

Fe tersedia dalam bentuk ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} , serta dalam bentuk khelat. Pupuk Fe biasanya berbentuk khelat seperti Fe-EDTA dan Fe-DTPA. Mineral tanah yang mengandung Fe antara lain olivin, pirit, marcasit, siderit, hematit, dan goetit. Ketersediaan Fe dalam tanah dapat meningkat melalui pemupukan, pelapukan mineral, dan dekomposisi bahan organik, sementara kehilangan Fe terjadi akibat serapan tanaman, pelindian, dan panen. Fe berperan penting dalam sintesis klorofil, pembentukan protein dan enzim, serta proses fotosintesis dan respirasi. Kekurangan Fe menyebabkan klorosis, penghambatan pembentukan klorofil, dan penurunan aktivitas enzim. Kelebihan Fe tidak meningkatkan kualitas tanaman, bahkan bisa menyebabkan toksisitas dan menurunkan hasil.

Mn dalam kerak bumi berkisar 900 ppm, dengan kadar dalam tanah antara 20 hingga 3000 ppm. Kelarutan Mn sangat dipengaruhi oleh pH tanah, di mana semakin tinggi pH maka semakin rendah ketersediaannya. Pada pH netral hingga alkalis, Mn mengendap sebagai karbonat, oksida, atau hidroksida. Tanah yang terlalu masam justru menyebabkan tanaman menyerap Mn berlebihan. Mn diserap dalam bentuk Mn^{2+} atau dalam bentuk khelat, dan terdapat dalam mineral seperti pyrolusit, manganit, rhodochrosit, dan rhodonit. Penambahan Mn berasal dari pupuk dan pelapukan mineral, sementara kehilangan terjadi karena pencucian, volatilisasi, dan absorpsi. Mn berperan penting dalam aktivitas enzim, dan kekurangannya menyebabkan klorosis interveinal pada daun muda, pertumbuhan kerdil, serta pembentukan biji yang buruk. Kelebihan Mn menyebabkan toksisitas yang ditandai dengan daun mengkerut dan noda coklat pada daun tua. Pengelolaan Mn yang baik seperti penambahan

bahan organik sangat dianjurkan untuk menjaga ketersediaannya dalam tanah.

Unsur Cu dalam kerak bumi berkisar 55 ppm dan di tanah berkisar 10–80 ppm. Dalam tanaman, kandungan Cu sekitar 7–30 ppm. Cu biasanya bergabung dengan senyawa organik membentuk khelat. Bentuk tersedia bagi tanaman adalah Cu^+ dan Cu^{2+} , serta bentuk kompleks seperti Cu-EDTA dan Cu-DTPA. Cu umumnya berasal dari mineral sekunder seperti kalkosit, kovelit, kalkopirit, dan lainnya, serta dari pupuk organik maupun kompos. Tanah berpasir sering kekurangan Cu. Fungsi Cu meliputi pembentukan klorofil, sintesis protein, respirasi, serta sebagai bagian dari enzim tanaman. Defisiensi Cu ditandai dengan klorosis pada daun muda, tanaman kerdil, keterlambatan pematangan, dan produksi biji yang buruk atau hampa. Pemupukan foliar (lewat daun) dinilai lebih efektif, terutama bila digabungkan dengan unsur mikro lain seperti Fe, Mn, dan Zn.

Zn merupakan unsur penting dengan kandungan dalam kerak bumi sekitar 80 ppm dan dalam tanah 10–300 ppm. Zn tidak tersedia bebas, melainkan dalam bentuk terikat dalam mineral seperti kalaminit, franklinit, smithsonit, willenit, dan zinkit. Zn diserap tanaman dalam bentuk Zn^{2+} dan ZnOH^+ pada pH tinggi. Penyerapan Zn dapat terganggu oleh keberadaan ion divalen lain seperti Ca^{2+} . Ketersediaan Zn sangat dipengaruhi oleh pH tanah, kadar fosfor, kandungan lempung, genangan air, dan bahan organik. Zn berperan dalam pembentukan hormon pertumbuhan. Defisiensi Zn menyebabkan klorosis interveinal, pucat, kematian cabang, serta gangguan metabolisme. Pada kadar tinggi, Zn dapat menyebabkan klorosis pada tanaman yang peka terhadap Fe. Seperti unsur mikro lain, aplikasi foliar Zn dianggap paling efisien dan efektif terutama bila diberikan bersamaan dengan unsur mikro lain.

4.2. Pemanfaatan Filter Cake dan Dampaknya terhadap Karakter Kimia Tanah

Blotong merupakan bahan organik yang harapannya dapat sebagai pembenah tanah dan juga dapat sebagai sumber hara untuk tanah dan tanaman. Tabel 4.3 menunjukkan bahwa pada media yang diberi blotong memiliki P total, NH_4 dan P tersedia yang lebih tinggi berbeda nyata dibandingkan tanpa pemberian blotong. Hal ini menunjukkan memang

blotong sebagai sumber bahan organik, setelah aplikasi satu tahun, memberikan peningkatan ketersediaan hara, terutama dalam data ini adalah ketersediaan P dan ammonium (hara N).

Tabel 4.3. Pengaruh terhadap N total, P total, K total, NH₄, P tersedia, NO₃ tanah

Perlakuan	N total (%)	P total (%)	K total (%)	NH ₄ (%)	P tersedia (%)	NO ₃ (%)
Blotong	0,227 a	0,198 a	0,029 a	0,016 a	0,036 a	0,008 a
Tanpa blotong	0,229 a	0,175 b	0,031 a	0,012 b	0,012 b	0,009 a

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji *t-student* taraf 5%.

Jika dibandingkan antara ammonium dan nitrat untuk tanaman, ammonium lebih mudah diserap dan tersedia untuk tanaman. Hal ini bisa terjadi karena beberapa hal, yaitu (Hachiya & Sakakibara, 2017):

1. Muatan dan Retensi Tanah: Amonium (NH₄⁺) adalah ion bermuatan positif (kation), yang memungkinkannya mengikat partikel tanah bermuatan negatif (lempung dan bahan organik). Hal ini mengurangi pelindiannya dan membuatnya lebih tersedia di zona akar. Nitrat (NO₃⁻) bermuatan negatif (anion), sehingga tidak mengikat partikel tanah dan mudah terlindi bersama air, terutama di tanah berpasir atau tanah dengan curah hujan tinggi.
2. Asimilasi Langsung: Tanaman dapat langsung mengambil amonium dan menggunakannya dalam sintesis asam amino tanpa perlu mereduksinya terlebih dahulu, yang menghemat energi. Sebaliknya, nitrat harus direduksi menjadi nitrit (NO₂⁻) dan kemudian menjadi amonium di dalam tanaman sebelum dapat digunakan, yang membutuhkan energi (ATP dan daya reduksi).
3. Konsentrasi Zona Akar: Karena daya serapnya yang lebih kuat terhadap partikel tanah, amonium terakumulasi lebih banyak di rizosfer (area di sekitar akar), sehingga lebih tersedia secara konsisten di zona tersebut. Di tanah aerobik, amonium dengan cepat diubah menjadi nitrat oleh bakteri nitrifikasi (nitrifikasi), yang dapat mengubah keseimbangan bentuk N yang tersedia.

Tabel 4.4. Pengaruh terhadap Fe, Mn, Cu, Zn tersedia, Mg, Na dan Ca tanah

Perlakuan	Fe tsd (ppm)	Mn tsd (ppm)	Cu tsd (ppm)	Zn tsd (ppm)	Mg (%)	Na (%)	Ca (%)
Blotong	47,2 b	6,0 a	1,8 b	5,5 a	0,16 a	0,29 a	0,12 b
Tanpa blotong	67,2 a	4,0 b	2,0 a	6,9 a	0,14 b	0,27 b	0,14 a

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji *t-student* taraf 5%.

Unsur hara mikro merupakan hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah kecil, tetapi pertumbuhan kurang maksimal tanpa keberadaan hara mikro. Pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa hara Fe, Mn, Cu tersedia memiliki nilai yang berbeda nyata pada kedua perlakuan, tetapi tidak berbeda nyata untuk hara Zn tersedia. Keberadaan hara Mg dan Na pada perlakuan blotong memberikan nilai yang lebih tinggi berbeda nyata dibandingkan tanpa blotong, tetapi untuk Ca lebih tinggi pada perlakuan tanpa blotong (berbeda nyata) dibandingkan pada perlakuan penambahan blotong. Penambahan blotong sebagai bahan organik, dapat menurunkan Fe di dalam tanah, karena pH pada lahan yang diberi blotong meningkat. Penurunan jumlah Fe dalam tanah, menyebabkan kandungan hara mikro Mn, Mg dan Na meningkat (Tabel 4.4.). Hal ini juga berpengaruh dengan hara P. Keberadaan fosfor anorganik di dalam tanah dipengaruhi oleh tingkat pelapukan kimiawi tanah tersebut. Pada tanah-tanah yang telah mengalami pelapukan intensif, seperti tanah Podsolik Merah Kuning, sebagian besar fosfor berada dalam bentuk yang kurang tersedia bagi tanaman karena terikat oleh oksida besi dan aluminium. Bentuk fosfat di dalam tanah juga dipengaruhi oleh tingkat keasaman tanah; semakin asam tanah, senyawa fosfat yang awalnya berbentuk Ca-P akan bertransformasi menjadi Al-P dan Fe-P. Fosfat memiliki peran penting dalam mendorong pertumbuhan akar, pengembangan sistem perakaran, serta merangsang fase pertumbuhan generatif tanaman (Syofiani *et al.*, 2020).

BAB V.

APLIKASI FILTER CAKE DALAM MEMODIFIKASI KARAKTER BIOLOGI TANAH

5.1. Karakter Biologi Tanah

Sifat biologi tanah mencakup aktivitas organisme hidup yang ada dalam tanah, yang memengaruhi kesuburan tanah, struktur tanah, dan proses-proses ekosistem lainnya. Aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan actinomycetes sangat berperan dalam siklus hara, dekomposisi bahan organik, serta pembentukan agregat tanah. Sifat-sifat biologi tanah ini mempengaruhi kemampuan tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman, melalui proses-proses biologis yang berkelanjutan (Harefa & Lase, 2024).

Keanekaragaman hayati tanah, terutama mikroba, sangat penting dalam mempertahankan fungsionalitas ekosistem tanah. Keberagaman mikroorganisme dalam tanah meningkatkan efisiensi daur ulang nutrisi dan memberikan ketahanan terhadap gangguan. Keanekaragaman ini berperan dalam meningkatkan ketahanan tanah terhadap perubahan iklim dan proses degradasi tanah.

Mikroorganisme dalam tanah berfungsi untuk mendekomposisi bahan organik, yang mengubah karbon dan nitrogen dalam bahan organik menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman. Aktivitas mikroba ini mendukung keseimbangan ekosistem tanah dan mendongkrak produktivitas pertanian (Zendrato *et al.*, 2024).

Makroorganisme tanah, seperti cacing tanah, semut, tikus, dan marmut, memainkan peran penting dalam mempengaruhi struktur dan kualitas tanah. Makroorganisme ini berkontribusi terhadap pembentukan rongga dalam tanah, yang meningkatkan porositas tanah dan memperbaiki aliran air, meningkatkan infiltrasi dan perkolasi air. Pembentukan rongga ini mempermudah akar tanaman dalam mencari air dan nutrisi, yang pada gilirannya meningkatkan pertumbuhan tanaman. Selain itu,

makroorganisme juga berperan dalam memperbaiki struktur tanah melalui aktivitas fisiknya, yang mendukung penyebaran akar dan memfasilitasi siklus hara dalam tanah (Febriana, 2024).

Mikroorganisme tanah terdiri dari dua kelompok utama, yaitu kelompok eukariot (terdiri dari protozoa dan jamur) dan kelompok prokariot (terdiri dari bakteri, aktinomisetes, dan ganggang hijau biru). Mikroorganisme tanah memiliki peran penting dalam siklus hara dan proses dekomposisi. Mikroba ini mendegradasi sisa-sisa organik dari tanaman dan hewan menjadi senyawa yang lebih sederhana yang dapat diserap oleh tanaman sebagai unsur hara.

Beberapa jenis mikroorganisme tanah, seperti bakteri dekomposer, berfungsi mempercepat perombakan bahan organik dan menghasilkan enzim-enzim tanah yang memecah bahan organik menjadi senyawa yang lebih mudah diserap oleh tanaman. Bakteri dan jamur tanah juga berperan dalam mengikat dan melepaskan nutrisi yang diperlukan tanaman melalui proses seperti fiksasi nitrogen dan mineralisasi fosfor.

5.2. Respons Biologi Tanah terhadap Penambahan Filter Cake

Telah dilakukan penambahan *filter cake* atau blotong pada lahan tebu di Kelurahan Wukirsari, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman. Desain penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Non Faktorial yaitu lahan tebu dengan aplikasi blotong dan lahan tebu tanpa pengaplikasian blotong (kontrol). Pengamatan biologi tanah dilakukan dengan cara membuat minipit seluas 90 cm x 90 cm dan kedalaman tanah 30 cm. Pada pengambilan cacing dilakukan dengan metode *hand sortir* secara manual dan menggunakan alkohol 70%.

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode survey yaitu dengan mengambil sampel tanah untuk menganalisis sifat biologi tanah pada lahan tebu. Minipit yang digunakan seluas 90 cm x 90 cm dan kedalaman tanah 30 cm. Dengan demikian pada penelitian ini terdapat 2 perlakuan dan terdapat 6 kali ulangan minipit pada tiap perlakuannya, sehingga terdapat 12 minipit pengamatan. Pada pengambilan cacing dilakukan dengan metode *hand sortir* secara manual. Untuk tahapan pelaksanaannya adalah:

a. Pengambilan Cacing Tanah



Gambar 5.1. Minipit Pengambilan Cacing Tanah

Metode *hand sortir* digunakan saat pengambilan cacing tanah dengan cara membuat minipit seluas 90 x 90 cm dan kedalaman 30 cm. Cacing dan tanah dipisahkan secara manual (dengan tangan) lalu dimasukkan ke dalam wadah plastik untuk selanjutnya diidentifikasi.

b. Pengukuran Sifat Fisik dan Kimia Tanah



Gambar 5.2. Pengukuran Sifat Fisik dan Kimia Tanah

Sifat fisik dilakukan dengan mengukur kelembapan tanah dan suhu tanah, sedangkan sifat kimia diukur menggunakan pH tanah pada minipit sebanyak 5 kali tiap lubangnya yang dilakukan pada tiap sudut dan tengah minipit dengan menggunakan soil meter.

c. Analisis Cacing Tanah



Gambar 5.3. Pengukuran Berat Cacing Tanah

Cacing tanah yang didapatkan dikumpulkan berdasarkan tiap titik pengambilan sampel dan dibersihkan dengan air, jumlahnya dihitung secara manual, kemudian ditimbang untuk mengetahui berat cacing.

d. Identifikasi Jenis Cacing Tanah

Mengamati karakteristik morfologi seperti panjang, bentuk, dan warna tubuh dilakukan untuk mengidentifikasi jenis cacing. Proses identifikasi dilakukan dengan menggunakan bantuan buku pustaka dari Hanafiah *et al* (2019) dan referensi lain seperti Mambrasar *et al* (2018).

e. Menghitung Jumlah Cacing: Jumlah cacing dihitung berdasarkan total keseluruhan cacing yang terdapat pada tiap lubang.

f. Mengevaluasi Spesies cacing: Spesies cacing diamati berdasarkan dengan panduan Hanafiah *et al* (2019).

g. Mengevaluasi Kepadatan cacing

a) Kepadatan dihitung berdasarkan rumus:

$$K = \frac{\text{Jumlah individu tiap jenis}}{\text{Luas}}$$

b) Keterangan: K = Kepadatan (individu/m²) (Suin, 2003 dalam Akbarirrahman & Budijastuti, 2018)

- h. Mengevaluasi Keanekaragaman jenis cacing tanah (Indeks H')
Indeks keanekaragaman (H') ditentukan berdasarkan jumlah individu suatu jenis dibagi dengan keseluruhan individu menggunakan rumus berikut: $H' = - \sum P_i \ln P_i$ (Riani, 2014 dalam Fathurrahman, 2021)

$$\text{Di mana } P_i = \frac{\text{Jumlah individu dalam setiap jenis}}{\text{Jumlah total individu}}$$

Keterangan:

H' = Indeks keanekaragaman

$\sum$ = Jumlah spesies

$\ln$ = Logaritma natural

Kriteria indeks keanekaragam ditentukan berdasarkan perhitungan nilai (H'). Keanekaragaman rendah bila didapatkan nilai $H' \leq 1$, keanekaragaman sedang bila didapatkan $1 > H' \leq 3$, dan keanekaragaman tinggi bila didapatkan $H' \geq 3$ (Rahmawati & Budjiastuti, 2021).

Populasi cacing tanah merujuk pada jumlah individu cacing yang menempati suatu wilayah tertentu dan dapat mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu. Sebagai bagian dari kelompok makroorganisme, keberadaan cacing tanah berperan penting dalam memperbaiki kualitas tanah. Salah satu faktor yang memengaruhi dinamika populasi cacing tanah adalah kandungan bahan organik. Blotong tebu, limbah padat dari industri pengolahan gula, mengandung unsur-unsur seperti nitrogen, fosfor, kalsium, dan humus yang bermanfaat untuk kesuburan tanah (Supari *et al.*, 2013). Penelitian oleh Haqi *et al* (2016) menunjukkan bahwa blotong memiliki kandungan N sebesar 2,04%, P sebesar 8,76%, K sebesar 0,7%, dan C-organik sebesar 8,22%. Aplikasi blotong di lahan tebu dapat meningkatkan kandungan bahan organik, yang pada gilirannya berdampak positif terhadap peningkatan populasi cacing tanah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Fonte *et al* (2009), yang menyatakan bahwa penambahan bahan organik tanah berpengaruh terhadap jumlah cacing tanah.

Tabel 5.1. Populasi dan Berat Cacing Tanah

Perlakuan	Populasi (ind)	Berat (gr)
Blotong	279 a	0,46 a
Tanpa Blotong	168 a	0,43 a

Keterangan: Angka diikuti notasi yang sama pada baris yang sama berdasarkan uji T-Test taraf 5% menyatakan tidak beda nyata.

Hasil analisis menggunakan uji *t* yang ditampilkan pada Tabel 5.1. menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara populasi cacing tanah pada lahan tebu yang diberi perlakuan blotong dan yang tidak. Meskipun demikian, jumlah individu cacing tanah pada perlakuan blotong tercatat lebih tinggi, yaitu 279 individu, dibandingkan dengan 168 individu pada lahan tanpa perlakuan. Perbedaan jumlah populasi yang tidak signifikan ini kemungkinan disebabkan oleh banyaknya vegetasi seperti ilalang dan rerumputan pada lahan tanpa blotong, yang berfungsi sebagai sumber seresah organik, dibandingkan dengan lahan perlakuan blotong yang justru minim vegetasi tetapi banyak mengandung sisa-sisa pangkal tanaman tebu. Gamasika *et al* (2017) menjelaskan bahwa jenis dan jumlah vegetasi yang tumbuh di permukaan tanah mempengaruhi ketersediaan bahan organik, yang merupakan sumber energi bagi fauna tanah, termasuk cacing tanah. Suplai makanan merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi populasi, spesies, kecepatan pertumbuhan, dan kesuburan cacing tanah. Selain itu, keberadaan semut yang ditemukan pada lahan tanpa blotong diduga turut memengaruhi penurunan populasi cacing tanah, mengingat semut termasuk dalam kelompok hama yang diketahui memangsa atau mengganggu cacing tanah (Anugrah & Alamsyah, 2021). Dalam pH tanah, C-organik, N total, rasio C/N dan kadar air tanah dapat dilakukan analisis untuk menilai kualitas tanah yaitu dengan menggunakan populasi dan berat cacing tanah (Purwaningrum, 2012). Berat cacing tanah sebagian besar terdiri dari air, yang mencakup 70 hingga 95 persen dari bobot hidupnya. Akibatnya, dengan mengonsumsi air, cacing tanah menyebabkan penambahan berat badan dan jika kehilangan air dapat mengancam aktivitas fungsi-fungsi tubuhnya salah satunya akan mengurangi nafsu makannya (Brata, 2006).

Berdasarkan Tabel 5.1, hasil uji *t* terhadap berat rata-rata cacing tanah menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara

perlakuan blotong dan tanpa blotong pada lahan tebu. Meskipun demikian, berat rata-rata individu cacing tanah pada lahan perlakuan blotong sedikit lebih tinggi, yaitu 0,46 gram per individu, dibandingkan dengan 0,43 gram per individu pada lahan tanpa perlakuan. Perbedaan yang tidak signifikan ini diduga disebabkan oleh tingginya jumlah populasi cacing pada lahan dengan blotong, di mana sebagian besar merupakan cacing yang belum dewasa.

Tabel 5.2. Identifikasi Spesies Cacing Tanah

Perlakuan	Spesies Cacing			
	<i>Lumbricus rubellus</i>	<i>Lumbricus terrestris</i>	<i>Eudrilus eugeniae</i>	<i>Pheretima hamayana</i>
Blotong	181	98	0	0
Tanpa Blotong	84	65	2	3

Tabel 5.2 menyajikan hasil identifikasi spesies cacing tanah pada lahan tebu yang diberi perlakuan blotong dan yang tidak. Diketahui bahwa pada lahan dengan perlakuan blotong ditemukan dua spesies cacing tanah, sedangkan pada lahan tanpa perlakuan ditemukan empat spesies berbeda. Salah satu spesies yang teridentifikasi adalah *Lumbricus rubellus*, anggota famili *Lumbricidae*, yang termasuk dalam kategori cacing epigeik. Spesies ini hidup di permukaan tanah atau lapisan seresah tanpa menggali ke dalam tanah, dan memperoleh makanannya dari bahan organik yang membusuk. Cacing *L. rubellus* memiliki ciri khas warna merah kecoklatan hingga merah keunguan dengan bagian ventral berwarna kuning, panjang tubuh berkisar antara 25 hingga 105 mm, dan jumlah segmen antara 95 hingga 120. Klitellum berwarna krem kecoklatan tampak jelas dan terletak pada segmen ke-26 hingga ke-32. Dalam penelitian ini, spesies *L. rubellus* ditemukan sebanyak 181 individu pada lahan dengan perlakuan blotong dan 84 individu pada lahan tanpa perlakuan.

Spesies *Lumbricus terrestris* yang termasuk dalam famili *Lumbricidae* merupakan cacing tanah bertipe endogeik, yaitu cacing yang menjalankan aktivitas hidupnya di dalam tanah, khususnya di lapisan dekat permukaan, dengan pola makan berupa tanah dan bahan organik. Ciri morfologis dari *L. terrestris* meliputi warna tubuh cerah dengan punggung berwarna coklat kemerahan dan bagian perut berwarna kuning. Panjang tubuh spesies ini berkisar antara 90 hingga 300 mm dengan jumlah segmen

antara 110 hingga 160. Klitelim tampak jelas berwarna krem kecoklatan dan terletak pada segmen ke-31 hingga ke-37 (Hanafiah, 2019). Dalam penelitian ini, jumlah *L. terrestris* yang ditemukan adalah sebanyak 98 individu di lahan perlakuan blotong dan 65 individu di lahan tanpa perlakuan.

Selain itu, juga teridentifikasi spesies *Eudrilus eugeniae* dari famili *Eudrilidae*, yang juga termasuk tipe cacing endogeik. Spesies ini hidup di tanah dekat permukaan dan memanfaatkan tanah serta bahan organik sebagai sumber makanan. Cacing ini memiliki warna merah kecoklatan dengan segmen tubuh yang jelas terlihat, terutama pada bagian klitelim. Ukuran tubuh berkisar antara 90 hingga 185 mm, dengan jumlah segmen antara 140 hingga 211. Dalam penelitian ini, *E. eugeniae* hanya ditemukan di lahan tanpa perlakuan blotong sebanyak dua individu.

Spesies *Pheretima hamayana*, yang termasuk dalam famili *Megascolecidae*, merupakan tipe cacing epigeik yang hidup di permukaan tanah atau pada lapisan seresah, serta memperoleh makanan dari bahan organik yang membusuk. Cacing ini tidak menggali tanah dan memiliki ciri khas warna coklat dengan garis berwarna violet di tubuhnya. Ukuran tubuhnya berkisar antara 25 hingga 125 mm, dengan klitelim terletak pada segmen ke-14,5 hingga ke-16,5 (Hanafiah, 2019). Dalam penelitian ini, *P. hamayana* hanya ditemukan di lahan tanpa perlakuan blotong sebanyak tiga individu.

Famili *Lumbricidae* teridentifikasi sebagai famili yang paling banyak ditemukan dalam penelitian ini, yang kemungkinan disebabkan oleh ketersediaan bahan organik dari perlakuan blotong di lahan tebu. Pernyataan ini diperkuat oleh Fathurrahman (2021), yang menjelaskan bahwa cacing tanah dari famili *Lumbricidae* mampu bertahan hidup di bawah tumpukan bahan organik, batang pohon yang telah roboh, serta di area yang mengandung kotoran hewan. Lebih lanjut, Kepadatan populasi cacing tanah sangat dipengaruhi oleh proses pelapukan seresah dan ketersediaan makanan organik yang berfungsi sebagai sumber energi utama bagi organisme tersebut (Dwiastuti *et al*, 2015).

Tabel 5.4. Kepadatan Cacing Tanah

Perlakuan	Kepadatan (individu/m ²)			
	<i>Lumbricus rubellus</i>	<i>Lumbricus terrestris</i>	<i>Eudrilus eugeniae</i>	<i>Pheretima hamayana</i>
Blotong	223	121	0	0
Tanpa Blotong	104	80	4	2

Tabel 5.4 menunjukkan hasil pengukuran kepadatan cacing tanah pada lahan tebu dengan dan tanpa perlakuan blotong. Hasilnya menunjukkan bahwa lahan yang diberi perlakuan blotong memiliki kepadatan cacing tanah yang lebih tinggi, yaitu 344 individu/m², dibandingkan dengan 190 individu/m² pada lahan tanpa perlakuan. Temuan ini sejalan dengan pernyataan Rahayu (2021) yang mengungkapkan bahwa tanah yang dikelola secara organik cenderung memiliki kepadatan cacing tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang dikelola secara konvensional. Di lahan pertanian, umumnya terjadi penurunan populasi cacing tanah yang turut memengaruhi tingkat kepadatannya. Hal ini juga diperkuat oleh Gamasika *et al* (2017), yang menjelaskan bahwa lahan pertanian tergolong sebagai ekosistem yang terganggu, sehingga mengalami penurunan dalam keanekaragaman vegetasi, berkurangnya seresah, serta perubahan pada sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Selain itu, gangguan tersebut berdampak pada penurunan jumlah mikroorganisme dan fauna tanah lainnya, serta perubahan iklim mikro yang menghambat pertumbuhan dan perkembangan organisme tanah, termasuk cacing tanah.

Keanekaragaman cacing tanah mengacu pada variasi spesies cacing tanah yang ditemukan di suatu lokasi, yang umumnya berkorelasi dengan tingkat kepadatan populasi di wilayah tersebut (Qudratullah *et al.*, 2013). Tingkat keanekaragaman ini dapat diukur menggunakan indeks Shannon-Wiener (H'), yang menghitung proporsi jumlah individu setiap spesies dibandingkan dengan total keseluruhan individu dari seluruh spesies yang ada (Minarsih *et al.*, 2021). Indeks H' tidak hanya mencerminkan keanekaragaman spesies, tetapi juga berguna sebagai alat evaluasi terhadap sistem pertanian yang diterapkan, termasuk dalam menilai kondisi kesehatan tanah yang dipengaruhi oleh aktivitas budidaya dan metode pengolahan lahan (Paoletti *et al.*, 1992).

Tabel 5.5. Nilai Indeks Keanekaragaman Cacing Tanah (H')

Spesies	Pi		ln Pi		Pi ln Pi	
	Blotong	Tanpa Blotong	Blotong	Tanpa Blotong	Blotong	Tanpa Blotong
<i>Lumbricus rubellus</i>	0,65	0,55	-0,43	-0,61	0,28	0,33
<i>Lumbricus terrestris</i>	0,35	0,42	-1,05	-0,86	0,37	0,36
<i>Eudrilus eugeniae</i>	0,00	0,02	0,00	-3,94	0,00	0,08
<i>Pheretima hamayana</i>	0,00	0,01	0,00	-4,34	0,00	0,06
Total					0,65	0,83

Tabel 5.5 menyajikan data mengenai indeks keanekaragaman (H') cacing tanah pada lahan tebu yang diberi perlakuan blotong dan tanpa perlakuan. Hasil analisis menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman pada lahan dengan perlakuan blotong adalah sebesar 0,65, lebih rendah dibandingkan dengan lahan tanpa perlakuan blotong yang memiliki nilai H' sebesar 0,83. Berdasarkan kriteria yang dikemukakan oleh Minarsih *et al* (2021), nilai $H' \leq 1$ dikategorikan sebagai keanekaragaman rendah, yang umumnya mencerminkan tingkat produktivitas tanah yang sangat rendah serta kondisi ekosistem yang tidak seimbang.

Keanekaragaman yang lebih tinggi pada lahan tanpa perlakuan blotong diduga disebabkan oleh jumlah spesies cacing tanah yang lebih beragam pada lahan tersebut. Hal ini sejalan dengan pendapat (Qudratullah *et al.*, 2013) yang menyatakan bahwa nilai indeks keanekaragaman jenis berbanding lurus dengan tingkat keragaman spesies yang ditemukan di suatu habitat.

Cacing tanah merupakan organisme invertebrata yang termasuk dalam filum *Annelida*, ordo *Oligochaeta*, dan kelas *Clitellata*. Organisme ini umumnya memiliki panjang tubuh lebih dari 2 meter dan menjalani seluruh aktivitas hidupnya di dalam tanah. Dalam ordo *Oligochaeta*, terdapat dua kelompok utama: kelompok *Microdrila* yang terdiri atas tujuh famili berukuran kecil dan hidup di perairan, serta kelompok *Megadrila* yang mencakup sepuluh famili berukuran lebih besar dan hidup di lingkungan daratan (terrestrial). Cacing tanah tergolong dalam kelompok *Megadrila*, yang distribusinya mencakup hampir seluruh wilayah dunia, dengan populasi yang paling banyak ditemukan di Eropa, Asia Barat, dan sebagian besar kawasan Amerika Utara.

Secara taksonomi, cacing tanah mencakup sekitar 20 famili dan 693 genus, dengan jumlah spesies yang pernah tercatat mencapai ± 6000 . Namun, seiring waktu, jumlah spesies yang diakui mengalami penurunan menjadi sekitar 3627 spesies. Keanekaragaman spesies cacing tanah sangat bergantung pada jenis habitatnya. Misalnya, pada habitat kebun buah, jumlah spesies tertinggi tercatat sebanyak 15 spesies, dan terendah sebanyak 6 spesies. Sementara itu, di lahan pertanian, jumlah spesies yang ditemukan jauh lebih sedikit, dengan kisaran antara 1 hingga 6 spesies.

Cacing tanah merupakan makroorganisme yang menjalani seluruh aktivitas kehidupannya di dalam tanah. Organisme ini umumnya berukuran kecil, tidak memiliki segmentasi yang jelas, tidak berwarna, dan memperoleh energi dari dekomposisi sisa-sisa tanaman yang telah mati. Salah satu peran penting cacing tanah dalam ekosistem tanah adalah kemampuannya mengangkut bahan organik dari permukaan tanah ke lapisan yang lebih dalam. Proses ini berkontribusi terhadap peningkatan kandungan bahan organik di dalam tanah.

Selain itu, cacing tanah juga mencerna tanah beserta bahan organik yang terkandung di dalamnya, lalu menghasilkan kasting yang merupakan hasil akhir dari proses pencernaannya. Kasting ini kemudian tercampur dengan partikel tanah dari berbagai lapisan, sehingga meningkatkan kesuburan tanah secara alami. Aktivitas pergerakan cacing tanah juga membentuk saluran atau liang yang relatif panjang dan berdiameter kecil hingga sedang. Struktur pori-pori ini berperan penting dalam memperbaiki sifat fisik tanah, terutama dalam meningkatkan laju infiltrasi dan perkolasi air.

Cacing tanah memiliki peran signifikan dalam memodifikasi struktur fisik tanah, khususnya dalam memengaruhi porositas. Aktivitas bioturbasi yang dilakukan oleh cacing tanah dapat mengubah tekanan tanah, memfasilitasi transportasi material di dalam tanah, serta membentuk pori-pori baru melalui pembuatan saluran. Sebaliknya, cacing tanah juga dapat menyebabkan penyumbatan pori-pori tanah dengan membawa material dari permukaan ke dalam tanah, yang pada akhirnya dapat mengurangi ukuran pori tersebut. Kontribusi cacing tanah terhadap kesuburan tanah tidak hanya berhenti pada masa hidupnya. Setelah mati, tubuh cacing mengalami proses dekomposisi yang memperkaya tanah dengan unsur hara tambahan.

BAB VI.

MENINGKATKAN PERTUMBUHAN TEBU DAN KUALITAS DAUN MELALUI APLIKASI FILTER CAKE

Pertumbuhan tanaman adalah peristiwa bertambahnya ukuran tanaman, yang dapat diukur dari bertambah besar dan tingginya organ tumbuhan, sedangkan perkembangan tanaman dapat dilihat dengan adanya perubahan pada bentuk organ batang, akar dan daun, munculnya bunga serta terbentuknya buah. Pertambahan ukuran tubuh tanaman secara keseluruhan merupakan hasil dari pertambahan jumlah dan ukuran sel. Pada penelitian ini untuk pertumbuhan tanaman dilakukan pengamatan tinggi tanaman, diameter batang dan jumlah daun, di mana pengamatan dilakukan dua minggu sekali.

Tabel 6.1. Pengaruh pada tinggi, diameter, panjang batang dan jumlah daun tebu

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Diameter Batang (cm)	Jumlah Daun
Blotong	57,1 a	0,6 a	4,0 a
Tanpa Blotong	31,9 b	0,5 b	3,1 a

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji *t-student* taraf 5%.

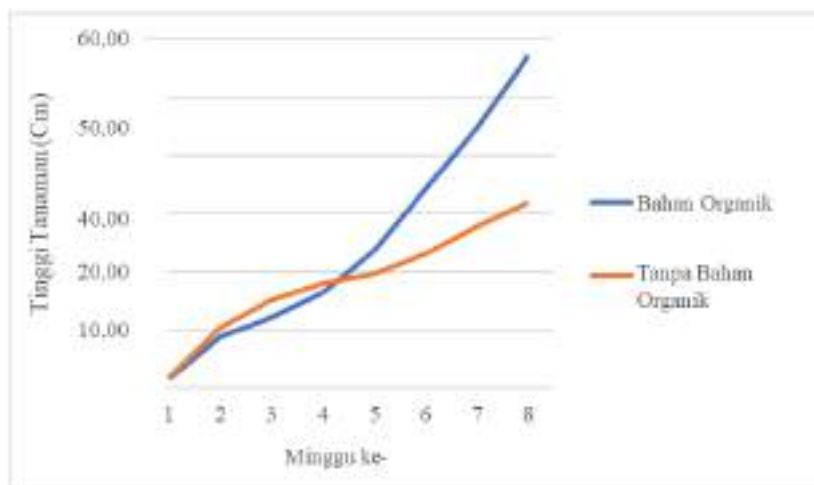
Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan salah satu parameter yang penting diamati untuk mengetahui pertumbuhan tanaman. Tinggi tanaman berhubungan dengan penyerapan unsur hara dan air serta kemampuan tanaman untuk berfotosintesis, penyerapan air dan unsur hara oleh akar akan diteruskan ke daun sebagai bahan fotosintesis. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan blotong memberikan tinggi tanaman yang lebih tinggi dan signifikan beda nyata dibandingkan tanpa pemberian

blotong (Tabel 6.1.) Untuk media tanam bahan organik menunjukkan hasil 57,11 cm sedangkan media tanam tanpa bahan organik menunjukkan hasil 31,95 cm. Perlakuan jenis media tanam menunjukkan hasil bahwa pada media tanam bahan organik memiliki tinggi tanaman lebih tinggi dibandingkan media tanam tanpa bahan organik. Tinggi tanaman media tanam bahan organik 2 MST tinggi tanaman 1,56 cm, 4 MST tinggi tanaman 8,81 cm, 6 MST tinggi tanaman 12,14 cm. 8 MST tinggi tanaman 16,43 cm, 10 MST tinggi tanaman 23,63, 12 MST tinggi tanaman 34,25 cm, 14 MST tinggi tanaman 44,70 cm, 16 MST tinggi tanaman 57,11 cm. Sedangkan tinggi tanaman media tanam tanpa bahan organik 2 MST 1,91 cm, 4 MST 10,53 cm, 6 MST 15,24 cm, 8 MST 18,09 cm, 10 MST 19,71 cm, 12 MST 23,17 cm, 14 MST 27,84 cm, 16 MST 31,95 cm.

Tinggi tanaman berhubungan dengan penyerapan unsur hara dan air serta kemampuan tanaman untuk berfotosintesis, penyerapan air dan unsur hara oleh akar akan diteruskan ke daun sebagai bahan fotosintesis (Muhammad *et al.*, 2000).

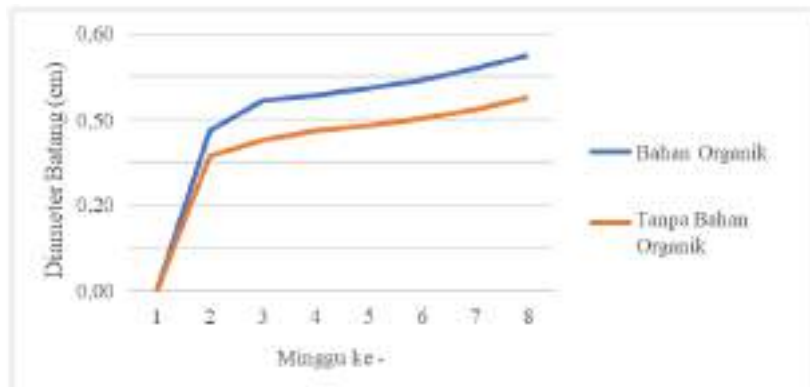
Pada tanah pasiran, pemberian bahan organik dapat meningkatkan daya ikat air, sehingga ketersediaan air untuk tanaman meningkat. Selain air, keberadaan bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara baik makro dan mikro, sehingga serapan hara tinggi dan pertumbuhan tanaman lebih baik (Cherubin *et al.*, 2018).



Gambar 6.1. Pertumbuhan tinggi tanaman dengan media tanam bahan organik dan media tanam tanpa bahan organik

Diameter Batang

Setelah dilakukan penelitian didapatkan hasil untuk besar diameter batang setiap perlakuan memiliki perbedaan. Adapun data diameter batang untuk media tanam bahan organik yaitu 2 MST 0,00 cm, 4 MST 0,38 cm, 6 MST 0,45 cm, 8 MST 0,46 cm, 10 MST 0,47 cm, 12 MST 0,49 cm, 14 MST 0,52 cm, 16 MST 0,55 cm. Sedangkan untuk data diameter batang media tanam tanpa bahan organik yaitu 2 MST 0,00 cm, 4 SMT 0,32 cm, 6 MST 0,35 cm, 8 MST 0,38 cm, 10 MST 0,39 cm, 12 MST 0,40 cm, 14 MST 0,43 cm, 16 MST 0,45 cm.



Gambar 6.2. Diameter batang tanaman dengan media tanam bahan organik dan media tanam tanpa bahan organik

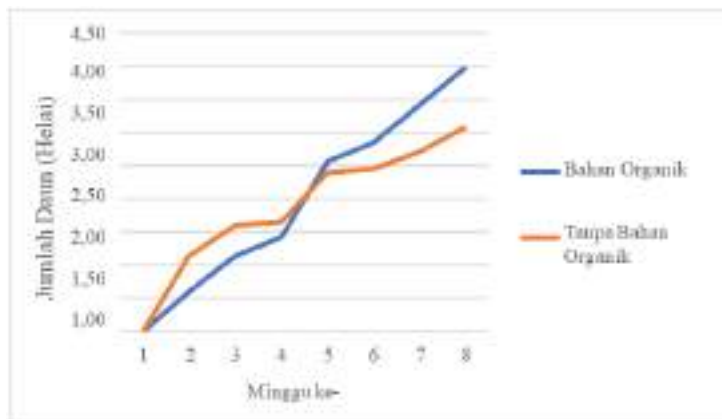
Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan blotong sebagai bahan organik memberikan diameter batang yang lebih besar dan signifikan beda nyata dibandingkan tanpa pemberian blotong (Tabel 6.1.). Semua varietas tebu pada dasarnya menghendaki akan media tanam yang gembur, subur dan dapat menyerap serta melepaskan air untuk memacu pertumbuhan. Dengan penggunaan komposisi blotong sebagai media tanam pada penelitian ini dapat dikatakan bahwa media tanam organik mampu memenuhi syarat yang diperlukan tanaman tebu untuk proses pertumbuhan dan perkembangan, penggunaan media tanam bahan organik dalam penelitian ini sendiri mempunyai tekstur yang gembur sehingga hasil pertumbuhan tanaman dari penelitian ini di mana hasil pertumbuhan tanaman dengan menggunakan media tanam bahan organik lebih besar dibandingkan dengan tanaman yang menggunakan media tanam tanpa

bahan organik karena jika media tanam yang digunakan memiliki kondisi yang gembur, aerasi udara serta perakaran tanaman mampu berkembang secara optimal dan sempurna.

Jumlah Daun dan Panjang Daun

Daun merupakan organ utama untuk fotosintesis tanaman, jumlah daun tebu pada fase vegetatif sangat berpengaruh terhadap produksi tanaman tebu. Semakin banyak daun yang tumbuh pada fase vegetatif, maka semakin besar pula kemampuan tanaman tebu dalam memproduksi karbohidrat melalui proses fotosintesis.

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, didapatkan hasil data jumlah daun setiap perlakuan yaitu perlakuan menggunakan media tanam bahan organik 2 MST 0,00 helai, 4 MST 0,60 helai, 6 MST 1,14 helai, 8 MST 1,43 helai, 10 MST 2,57 helai, 12 MST 2,86 helai, 14 MST 3,43 helai dan 16 MST 4,00 helai. Sedangkan untuk perlakuan menggunakan media tanam tanpa bahan organik didapatkan hasil 2 MST 0,00 helai, 4 MST 1,14 helai, 6 MST 1,60 helai, 8 MST 1,66 helai, 10 MST 2,40 helai, 12 MST 2,46 helai, 14 MST 2,71 helai, 16 MST 3,09 helai. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan blotong sebagai bahan organik memberikan jumlah daun hijau yang lebih besar tetapi tidak signifikan beda nyata dibandingkan tanpa pemberian blotong (Tabel 6.1.).



Gambar 6.3. Jumlah daun hijau tanaman dengan media tanam bahan organik dan media tanam tanpa bahan organik

Gambar 6.3 menunjukkan bahwa dengan pemberian blotong, hasil akhir dari jumlah daun lebih banyak, jika dibandingkan tanpa blotong. Untuk panjang daun, tabel 6.2. memberikan hasil bahwa tebu yang ditanam di lahan yang telah ditambahkan blotong, memiliki panjang daun yang signifikan lebih panjang dibandingkan daun tebu pada lahan tanpa blotong. Pada bab sebelumnya, penambahan blotong pada lahan pasiran telah memberikan perubahan pada karakteristik fisika dan kimia tanah. Hal ini yang kemudian menjadi alasan, bahwa serapan hara akan optimal dan pertumbuhan tanaman juga akan lebih baik. Daun tanaman memiliki peran utama dalam proses fotosintesis, yaitu proses biokimia yang mengubah energi cahaya menjadi energi kimia dalam bentuk glukosa. Daun adalah organ tumbuhan yang dirancang secara struktural untuk menangkap cahaya dan melakukan fotosintesis. Di dalam daun terdapat jaringan mesofil, yang kaya akan kloroplas, tempat berlangsungnya reaksi fotosintesis. Permukaan daun yang lebar dan tipis memaksimalkan penyerapan cahaya matahari. Di dalam kloroplas, terdapat klorofil, pigmen hijau yang menyerap energi cahaya (terutama cahaya biru dan merah) yang dibutuhkan untuk memulai reaksi fotosintesis. Pada permukaan bawah daun terdapat stomata, yaitu pori-pori kecil yang memungkinkan pertukaran gas.

Tabel 6.2. Pengaruh pada panjang daun dan panjang akar

Perlakuan	Panjang Daun (cm)	Panjang Akar (cm)
Blotong	50,4 a	16,2 a
Tanpa Blotong	31,1 b	8,6 b

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji *t-student* taraf 5%.

Panjang Akar dan Berat Segar Akar

Perakaran tanaman juga perlu untuk dianalisis karena akar merupakan bagian tanaman yang berperan dalam mengambil unsur hara. Tabel 6.2 menunjukkan bahwa pemberian blotong memberikan panjang akar dan berat segar akar (Tabel 6.3.) yang lebih tinggi berbeda nyata dibandingkan pada perlakuan tanpa blotong. Hal ini terkait dengan peran blotong sebagai pembenah tanah, baik memperbaiki karakter tanah (mengurangi porositas dan meningkatkan agregat tanah), sehingga kondisi

perakaran menjadi lebih baik. Akar tidak melakukan fotosintesis secara langsung, karena tidak mengandung klorofil dan umumnya berada di bawah tanah, jauh dari sumber cahaya. Namun, akar memiliki peran penting dan tidak bisa dipisahkan dari keberlangsungan fotosintesis, yaitu dengan mendukung pasokan bahan baku dan menjaga kondisi fisiologis tanaman. Air merupakan salah satu bahan utama fotosintesis. Akar menyerap air dari tanah melalui rambut akar, lalu mengalirkannya ke daun melalui jaringan xilem. Di daun, air digunakan dalam reaksi fotosintesis untuk menghasilkan glukosa dan oksigen. Unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg), dan lainnya diserap oleh akar dari tanah. Akar menambatkan tanaman ke tanah dan membantu menjaga posisi tegak daun, sehingga daun bisa menangkap cahaya matahari secara optimal.

Tabel 6.3. Pengaruh pada berat segar daun, batang dan akar

Perlakuan	Berat Segar Daun (gram)	Berat Segar Batang (kg)	Berat Segar Akar (gram)
Blotong	2,9 a	2,5 a	0,6 a
Tanpa Blotong	1,4 b	1,1 b	0,2 b

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji *t-student* taraf 5%.

Hasil uji T pada tabel 6.3, memberikan informasi bahwa pemberian blotong pada lahan pasiran, akan memberikan dampak yaitu berat segar daun, batang dan akar tanaman tebu yang ditanam, memiliki berat yang lebih besar, dibandingkan pada tanaman tebu yang ditanam di lahan pasiran tanpa penambahan blotong.

Eksplorasi Kualitas Daun

Produksi tanaman tebu sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman. Kondisi tanah merupakan faktor yang memiliki pengaruh besar dalam pertumbuhan dan hasil tanaman secara langsung (Liu *et al.*, 2018). Hal lain yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah ketersediaan hara, yang di mana salah satu cara meningkatkan ketersediaan hara dalam tanah adalah dengan pemberian pupuk. Padahal kondisi di lapangan sering terjadi inefisiensi pemupukan yang hal ini akan menyebabkan sebuah masalah besar dalam bisnis budidaya tanaman karena biaya pemupukan

memiliki persentase terbesar dalam biaya produksi (Wachjar *et al.*, 2002). Dalam upaya meningkatkan efisiensi pemupukan dan pengelolaan lahan budidaya tanaman, penentuan faktor pembatas pertumbuhan sangat diperlukan. Salah satu metode penentuannya adalah dengan analisis Leaf Sampling Unit (LSU). Metode ini merupakan sebuah metode dengan melihat status kecukupan hara dari daun tanaman yang dianalisis, sehingga dapat melihat kondisi atau faktor pembatas pertumbuhannya hingga dapat menjadi dasar sebuah rekomendasi pemupukan (Quiñones *et al.*, 2013).

Leaf Sampling Unit (LSU) dapat dilakukan pada saat tanaman tebu berumur 4 bulan setelah tebang sejumlah 30 tanaman (dapat disesuaikan dengan menyesuaikan luas lahan). Tanaman tebu sebagai contoh yang tidak boleh dekat jalan (2 baris), dekat parit, sungai, bangunan, rel, tanaman kosong, pokok sulaman, pokok sakit, abnormal, dan tumbang. Sampel daun yang diambil yaitu daun pelepah ke tiga hingga ke lima dengan dipisahkan dari tulang daunnya dan potongan helai daun tersebut dimasukkan kedalam kantong plastic yang bersih dari debu dan langsung dibawa ke laboratorium (Ezenwa *et al.*, 2019). Sampel daun tersebut kemudian dibersihkan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga mencapai berat konstan, kemudian digiling dengan mesin grinder hingga lolos saringan 0,5 mm dan dianalisis kadar nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), menggunakan metode pengabuan basah (Xu *et al.*, 2021).

Tabel 6.4. Eksplorasi daun

Parameter	Blotong	Tanpa Blotong	<i>Critical Level</i>	Keterangan
N total (%)	2,00 a	2,14 a	0,18	Sesuai
P total (%)	0,25 a	0,20 a	0,19	Sesuai
K total (%)	0,09 a	0,10 a	0,90	Sesuai

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji *t-student* taraf 5%.

Tabel 6.4 menunjukkan bahwa pada kedua perlakuan pemberian blotong, memiliki kadar N, P dan K daun yang sudah sesuai dengan kebutuhan tanaman. Nilai N total, P total dan K total daun tidak menunjukkan bedanya pada perlakuan blotong dan tanpa blotong. Nitrogen dibutuhkan tanaman karena memiliki peran dalam pembentukan klorofil, pertumbuhan batang, cabang dan daun, sehingga memiliki peran besar dalam proses fotosintesis. Untuk tanaman tebu, peran nitrogen

memiliki peran yang unik, karena pada masa pertumbuhan tanaman tebu, nitrogen memiliki peran dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman tebu, akan tetapi jika terlalu berlebihan maka akan menurunkan rendemen tebu (Saleem *et al.*, 2012). Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi pemupukan hara yang mengandung hara Nitrogen pada rekomendasi pemupukan sudah cukup memenuhi kebutuhan tanaman tebu. Tanaman menyerap nitrogen dalam bentuk ammonium dan nitrat, ion-ion ini berasal dari pemupukan dan dekomposisi bahan organik (Raviv *et al.*, 2004).

Hara Phospor (P) pada tanaman tebu berperan dalam pertumbuhan sel, pembentukan akar dan rambut akar, memperkuat batang agar tanaman tidak mudah rebah, memperbaiki kualitas tanaman, pembentukan bunga, buah dan biji (Pembengo *et al.*, 2012). Kalium berfungsi dalam hal penyerapan air oleh tanaman, pembukaan stomata, menjaga tekanan turgor sel dan yang paling penting untuk tanaman tebu adalah karena kalium berperan dalam translokasi gula (Gopalasundaram *et al.*, 2012). Penyerapan hara atau absorpsi P oleh tanaman dipengaruhi oleh ketersediaan hara P dalam tanah dan keberadaan hara lain di dalam media tanah. Umur tanaman dan varietas tanaman juga menjadi penentu absorpsi P (Lal & Singh, 1961). Kekurangan hara P menyebabkan penurunan akumulasi gula dalam tanaman tebu secara signifikan (Elamin *et al.*, 2007). Peningkatan rekomendasi takaran pupuk sumber hara P merupakan salah satu cara agar dapat meningkatkan ketersediaan hara P dalam tanah karena pada lokasi penelitian pemberian hara P melalui pupuk SP-36 sudah dilakukan. Alternatif lain selain meningkatkan rekomendasi pemupukan hara P adalah dengan pemberian bahan organik. BO merupakan salah satu parameter penting dalam tanah yang menentukan hasil tanaman dan ketersediaan hara seperti P (Nogueirol *et al.*, 2014). Pemberian bahan pembenah tanah dapat mengurangi kehilangan hara P akibat *leaching* dan *run off* sehingga diharapkan dapat meningkatkannya untuk tanaman (Yang *et al.*, 2007).

DAFTAR PUSTAKA

- Akbarirrahman, S. N., & Budijastuti, W. (2018). Hubungan jenis, kepadatan, dan morfometri tubuh cacing tanah dengan logam berat timbal (Pb) dan kromium (Cr) dalam tanah di Kabupaten Sidoarjo. *LenteraBio*, 7(3), 265–271.
- Anugrah, D., & Alamsyah, T. (2021). Pemanfaatan Kotoran Sapi Sebagai Pakan dalam Budidaya Cacing Lumbricus Rubellus di Kampung. *Proceedings UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, 1(38), 157–169.
- Ardiyansyah, B., & Purwono. (2015). Mempelajari Pertumbuhan dan Produktivitas Tebu (Saccharum Officinarum. L) dengan Masa Tanam Sama pada Tipologi Lahan Berbeda. *Bul. Agrohorti*, 3(3), 350–356.
- Ariningsih, E. (2014). Menuju Industri Tebu Bebas Limbah. *Pertanian-Bioindustri Berbasis Pangan Lokal Potensial*, 409–419.
- Arrodli, M. Z., Muhartini, M., & Taryono, T. (2011). Pemanfaatan Vinasse-Limbah Industri Alkohol-Untuk Perbaikan Sifat Fisik Tanah Dalam Pengembangan Tebu (Saccharum Officinarum L) Di Lahan Pasir Pantai. *Jurnal Sains &Teknologi Lingkungan*, 3(2), 108–114. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol3.iss2.art4>
- Augusto, L., Achat, D. L., Jonard, M., Vidal, D., & Ringeval, B. (2017). Soil parent material-a major driver of plant nutrient limitations in terrestrial ecosystems. *Global Change Biology*, 23(9), 3808–3824. <https://doi.org/10.1111/ijlh.12426>
- Born, I., Edwards, a. C., Witter, E., Oenema C, O., Ivarsson, K., Withers, P. J. a, Nilsson, S. I., & Richert Stinzing, A. (2003). Element balances as a tool for sustainable nutrient management: A critical appraisal of their merits and limitations within an agronomic and environmental context. *European Journal of Agronomy*, 20(1–2), 211–225. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(03\)00080-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00080-7)
- Brata, B. (2006). Pertumbuhan Tiga Spesies Cacing Tanah Akibat Penyiraman Air Dan Pengapuran Yang Berbeda. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 8(1), 69–75.

- Caravaca, F., Lax, A., & Albaladejo, J. (1999). Organic matter, nutrient contents and cation exchange capacity in fine fractions from semiarid calcareous soils. *Geoderma*, 161–176.
- Cherubin, M. R., Karlen, D. L., Franco, A. L. C., Cerri, C. E. P., Tormena, C. a., & Cerri, C. C. (2016). A Soil Management Assessment Framework (SMAF) Evaluation of Brazilian Sugarcane Expansion on Soil Quality. *Soil Science Society of America Journal*, 0(0), 0. <https://doi.org/10.2136/sssaj2015.09.0328>
- Cherubin, M. R., Oliveira, D. M. D. S., Feigl, B. J., Pimentel, L. G., Lisboa, I. P., Gmach, M. R., Varanda, L. L., Morais, M. C., Satiro, L. S., Popin, G. V., De Paiva, S. R., Dos Santos, A. K. B., De Vasconcelos, A. L. S., De Melo, P. L. A., Cerri, C. E. P., & Cerri, C. C. (2018). Crop residue harvest for bioenergy production and its implications on soil functioning and plant growth: A review. *Scientia Agricola*, 75(3), 255–272. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0459>
- Delsiyanti, Widjajanto, D., & Rajamuddin, U. A. (2016). Sifat Fisik Tanah Pada Beberapa Penggunaan Lahan di Desa Oloboju Kabupaten Sigi. *Jurnal Agrotekbis*, 4(3), 227–234.
- Dharma, U. S., Rajabiah, N., & Setyadi, C. (2017). Pemanfaatan Limbah Blotong Dan Bagase Menjadi Biobriket Dengan Perekat Berbahan Baku Tetes Tebu Dan Setilage. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(1). <https://doi.org/10.24127/trb.v6i1.472>
- Dotaniya, M. L., Datta, S. C., Biswas, D. R., Dotaniya, C. K., Meena, B. L., Rajendiran, S., Regar, K. L., & Lata, M. (2016). Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 5(3), 185–194. <https://doi.org/10.1007/s40093-016-0132-8>
- Dwiastuti, S. S. S. (2015). Hubungan Kepadatan Cacing Tanah dan Kascing pada Berbagai Penggunaan Lahan di Gondangrejo,. *Biologi, Sains, Lingkungan, Dan Pembelajarannya*, 12(1), 838–842.
- El Habbasha, S. F., & Ibrahim, F. M. (2015). Calcium: Physiological function, deficiency and absorption. *International Journal of ChemTech Research*, 8(12), 196–202.

- Elamin, E. A., El-Tilib, M. A., Elnasikh, M. H., Ibrahim, S. H., Elsheikh, M. A., & Babiker, E. E. (2007). The influence of phosphorus and potassium fertilization on the quality of sugar of two sugarcane varieties grown on three soil series of Sudan. *Journal of Applied Sciences*, 7(16), 2345–2350. <https://doi.org/10.3923/jas.2007.2345.2350>
- Eleftheriadis, A., Lafuente, F., & Turrión, M. (2018). Effect of land use, time since deforestation and management on organic C and N in soil textural fractions. *Soil & Tillage Research*, 183(January), 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2018.05.012>
- Ezenwa, I. V., McCray, J. M., Newman, P. R., & Rice, R. W. (2019). Sugarcane Leaf Tissue Sample Preparation for Diagnostic Analysis. *Edis*, 2005(15), 1–4. <https://doi.org/10.32473/edis-sc076-2005>
- Fathurrahman. (2021). Keanekaragaman Cacing Tanah (Oligochaeta) Didesa Tapuk Kecamatan Limpasu Kabupaten Hulu Sungai Tengah. *Jurnal Pendidikan Hayati*, 7(2), 60–69.
- Febriana, D. dan D. S. (2024). Pengaruh Keragaman Jenis Organisme Terhadap Kesuburan Tanah. *Agrosience*, 14(1), 5–24.
- Fonte, S. J., Winsome, T., & Six, J. (2009). Earthworm populations in relation to soil organic matter dynamics and management in California tomato cropping systems. *Applied Soil Ecology*, 41(2), 206–214. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.10.010>
- Gamasika, F., Yusnaini, S., Niswati, A., & Dermiyati, D. (2017). Populasi Dan Biomassa Cacing Tanah Pada Berbagai Vegetasi Di Setiap Kemiringan Lereng Serta Korelasinya Terhadap Kesuburan Tanah Di Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*, 5(3), 169–174. <https://doi.org/10.23960/jat.v5i3.1825>
- Gopalasundaram, P., A.Bhaskaran, & P.Rakkiyappan. (2012). Integrated Nutrient Management in Sugarcane. *Sugar Tech*, 14(1), 3–20. <https://doi.org/10.1007/s12355-011-0097-x>
- Hachiya, T., & Sakakibara, H. (2017). Interactions between nitrate and ammonium in their uptake, allocation, assimilation, and signaling in plants. *Journal of Experimental Botany*, 68(10), 2501–2512. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw449>

- Hakim, M. (2010). Potensi Sumber Daya Lahan untuk Tanaman Tebu di Indonesia. *Agrikultura*, 21(1), 5–12.
- Haqi, A. A. U., Barunawati, N., & Koesriharti. (2016). Respon pertumbuhan bibit bud set dua varietas tanaman tebu (*saccharum officinarum* L.) terhadap komposisi media tanam yang berbeda. *Plantropica Journal of Agricultural Science*, 1(2), 1–8.
- Harefa, L., & Lase, N. K. (2024). Kajian peran mikroorganisme tanah dalam pertanian berkelanjutan. *PENARI: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 01, 150–155.
- Hartanti, D. A. S., Nasirudin, M., Zuhria, S. A., Maghfiroh, C. N., Puspaningrum, Y., Khiftiyah, A. M., ‘Aini, N., Qomariyah, S. N., Widiyanto, N. A., & Suhadi, A. (2022). Pelatihan Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah Sederhana pada Warga Kecamatan Bandar Kedung Mulyo, Jombang sebagai Upaya Optimalisasi Pemanfaatan Lahan. *Jumat Pertanian: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1), 50–53. <https://doi.org/10.32764/abdimasper.v3i1.2552>
- Hepper, E. N., Buschiazzo, D. E., Hevia, G. G., Urioste, A., & Antón, L. (2006). Clay mineralogy, cation exchange capacity and specific surface area of loess soils with different volcanic ash contents. *Geoderma*, 135, 216–223. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.12.005>
- Holilullah, Afandi, & Novpriansyah, H. (2015). Karakteristik Sifat Fisik Tanah Pada Lahan Produksi Rendah. *Jurnal Agrotek Tropika*, 3(2), 278–282.
- Ikhtiyanto, R. E. (2010). *Pengaruh Pupuk Nitrogen dan Fosfor Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tebu*.
- Indrawanto, C., Purwono, Siswanto, Syakir, M., & Rumini, W. (2010). Budidaya dan Pasca Panen TEBU. In *ESKA Media*. <https://doi.org/10.1080/02589348408704834>
- Iturri, L. A., & Buschiazzo, D. E. (2014). Cation exchange capacity and mineralogy of loess soils with different amounts of volcanic ashes. *Catena*, 121, 81. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.04.021>
- Jenira, H., Sumarjan, & Armiani, S. (2018). Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik Dan Anorganik Terhadap Produksi Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Varietas Lokal Bima Dalam Upaya

- Pembuatan Brosur Bagi Masyarakat. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi "Bioscientist,"* 5(1), 1–12.
- Jiang, J., Wang, Y. P., Yu, M., Cao, N., & Yan, J. (2018). Soil organic matter is important for acid buffering and reducing aluminum leaching from acidic forest soils. *Chemical Geology*, 501, 86–94. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.10.009>
- Juradi, M. A., Tando, E., & Saida, S. (2020). Inovasi Teknologi Penerapan Kompos Blotong Untuk Perbaikan Kesuburan Tanah Dan Peningkatan Produktivitas Tanaman Tebu. *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 4(1), 24–36. <https://doi.org/10.33096/agrotek.v4i1.93>
- Lal, K. N., & Singh, J. N. (1961). Uptake of phosphorus and its accumulation in component parts of sugarcane as affected by age, phosphorus deficiency and levels of phosphorus. *Soil Science and Plant Nutrition*, 6(3), 120–126. <https://doi.org/10.1080/00380768.1961.10430937>
- Laviendi, A., Ginting, J., & Irsal. (2013). Pengaruh Perbandingan Media Tanam Kompos Kulit Biji Kopi dan Pemberian Pupuk NPK (15:15:15) Terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi (*Coffea arabica* L.) di Rumah Kaca. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, 10(1), 72–77.
- Liu, X., Rezaei Rashti, M., Dougall, A., Esfandbod, M., Van Zwieten, L., & Chen, C. (2018). Subsoil application of compost improved sugarcane yield through enhanced supply and cycling of soil labile organic carbon and nitrogen in an acidic soil at tropical Australia. *Soil and Tillage Research*, 180(March), 73–81. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.02.013>
- McLauchlan, K. K. (2006). Effects of soil texture on soil carbon and nitrogen dynamics after cessation of agriculture. *Geoderma*, 136(1–2), 289–299. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.03.053>
- Minarsih, S., Hanudin, E., & Nurudin, M. (2021). The earthworm's diversity and their relationship to the soil physicochemical properties under the stands of perennial plant at the mount merapi forest, Yogyakarta, Indonesia. *Biodiversitas*, 22(6), 3237–3244. <https://doi.org/10.13057/BIODIV/D220627>

- Minasny, B., & McBratney, A. B. (2018). Limited effect of organic matter on soil available water capacity. *European Journal of Soil Science*, 69(1), 39–47. <https://doi.org/10.1111/ejss.12475>
- Muhsin, A. (2011). Pemanfaatan Limbah Hasil Pengolahan Pabrik Tebu Blotong Menjadi Pupuk Organik. *Industrial Engineering Conference, November*, 1–9.
- Neina, D. (2019). The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. *Applied and Environmental Soil Science*, 2019(3). <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>
- Nogueirol, R. C., Cerri, C. E. P., Silva, W. T. L. da, & Alleoni, L. R. F. (2014). Effect of no-tillage and amendments on carbon lability in tropical soils. *Soil and Tillage Research*, 143, 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.05.014>
- Paoletti, M. G., Pimentel, D., Stinner, B. R., & Stinner, D. (1992). Agroecosystem biodiversity: matching production and conservation biology. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 40(1–4), 3–23. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(92\)90080-U](https://doi.org/10.1016/0167-8809(92)90080-U)
- Pembengo, W., Handoko, & Suwanto. (2012). Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari oleh Tebu pada Berbagai Tingkat Pemupukan Nitrogen dan Fosfor. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 40(3), 211–217. <https://doi.org/10.24831/jai.v40i3.6828>
- Pincus, L. N., Ryan, P. C., Huertas, F. J., & Alvarado, G. E. (2017). The influence of soil age and regional climate on clay mineralogy and cation exchange capacity of moist tropical soils: A case study from Late Quaternary chronosequences in Costa Rica. *Geoderma*, 308(August), 130–148. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.033>
- Power, R. C., Güldemann, T., Crowther, A., & Boivin, N. (2019). Asian Crop Dispersal in Africa and Late Holocene Human Adaptation to Tropical Environments. In *Journal of World Prehistory* (Vol. 32, Issue 4). Springer US. <https://doi.org/10.1007/s10963-019-09136-x>
- Pramuhadi, G. (2009). Mekanisasi Usahatani Budidaya Tebu Lahan Kering. *Pangan*, VIII(55), 60–65.
- Purwaningrum, Y. (2012). Peranan Cacing Tanah Terhadap Ketersedian Hara Di Dalam Tanah. *Agriland*, 1(2), 119–127.

- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2016). *Analisis Kinerja Perdagangan Gula*.
- Puspitasari, A. R., & Winarsih, S. (2023). Peningkatan Kualitas Fisik Dan Kimia Lahan Marjinal Tebu Melalui Penggunaan Kompos, Pelembab Sintetis Dan Mikoriza. *Indonesian Sugar Research Journal*, 3(1), 33–45. <https://doi.org/10.54256/isrj.v3i1.95>
- Putra, R. P., Dwawi, V. A. K., Ranomahera, M. R. R., Arini, N., & Haris, A. (2024). G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan. *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, 8(1), 186–195. <https://ejournal.uniramalang.ac.id/index.php/g-tech/article/view/1823/1229>
- Putro, B. P., Samudro, G., & Nugraha, W. D. (2016). Pengaruh Penambahan Pupuk NPK Dalampengomposan Sampah Organik Secara Aerobik Menjadi Kompos Matang dan Stabil Diperkaya. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(2), 1–10.
- Qi, F., Zhang, R., Liu, X., Niu, Y., Zhang, H., Li, H., Li, J., Wang, B., & Zhang, G. (2018). Soil particle size distribution characteristics of different land-use types in the Funiu mountainous region. *Soil & Tillage Research*, 184(July), 45–51. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2018.06.011>
- Qongqo, L., & Antwerpen, R. (2000). Effect of Long-Term Sugarcane Production on Physical and Chemical Properties of Soils in KwaZulu-Natal. *Proc S Afr Sug Technol Ass*, 1996, 114–121.
- Qudratullah, H., Setyawati, T. R., & Yanti, A. H. (2013). Keanekaragaman Cacing Tanah (Oligochaeta) pada Tiga Tipe Habitat di Kecamatan Pontianak Kota. *Protobiont*, 2(2), 56–62.
- Quiñones, A., Soler, E., & Legaz, F. (2013). Determination of Foliar Sampling Conditions and Standard Leaf Nutrient Levels To Assess Mineral Status of Loquat Tree. *Journal of Plant Nutrition*, 36(2), 284–298. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.739248>
- Rahayu, S. (2021). KEPADATAN POPULASI CACING TANAH PADA KEBUN KARET DI DESA SECURAI SELATAN DUSUN BATANG REJO KABUPATEN LANGKAT. *Jurnal Jeumpa*, 8(1), 478-482/. <https://doi.org/10.33059/jj.v8i1.3820>
- Rahmawati, W. A., & Budjiastuti, W. (2021). Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Indeks Keanekaragaman dan Morfologi Capung (Ordo: Odonata) di Kawasan Hutan Kota Surabaya.

- LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, 11(1), 192–201.
<https://doi.org/10.26740/lenterabio.v11n1.p192-201>
- Raviv, M., Medina, S., Krasnovsky, A., & Ziadna, H. (2004). Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Science and Utilization*, 12(1), 6–10.
<https://doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702151>
- Ritung, S. (2013). Karakteristik Tanah dan Kesesuaian Lahan Tanaman Tebu di Kecamatan Kunduran, Blora, Jawa Tengah. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 37(1), 57–68.
- Ritung, S., Nugroho, K., Mulyani, A., & Suryani, E. (2011). Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian (Edisi Revisi). In *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian*.
- Robert, K. H., Schmidt-Bleek, B., Aloisi De Larderel, J., Basile, G., Jansen, J. L., Kuehr, R., Price Thomas, P., Suzuki, M., Hawken, P., & Wackernagel, M. (2002). Strategic sustainable development-Selection, design and synergies of applied tools. *Journal of Cleaner Production*, 10(3), 197–214.
[https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(01\)00061-0](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00061-0)
- Saleem, M. A., Ghaffar, A., Anjum, S. A., Cheema, M., & Bilal, M. F. (2012). Effect of Nitrogen on Growth and Yield of Sugarcane. *Journal American Society of Sugar Cane Technologists*, 32, 75–93.
- Schroeder, B. L., Wood, A. W., Moody, P. W., & Panitz, J. H. (2005). Sustainable nutrient management-Delivering the message to the Australian sugar industry. *Proceedings of the South African Sugarcane Technologists*, 79, 206–219.
- Supari, Taufik, & Gunawan, B. (2013). Analisis Kandungan Kimia Pupuk Organik dari Blotong Tebu Limbah. *Prosiding SNST Ke-6 Tahun 2015*, 10–13.
- Syofiani, R., Putri, S. D., & Karjunita, N. (2020). KARAKTERISTIK SIFAT TANAH SEBAGAI FAKTOR PENENTU POTENSI PERTANIAN DI NAGARI SILOKEK KAWASAN GEOPARK NASIONAL. *Jurnal Agrium*, 17(1), 1–6.
- Takoutsing, B., Weber, J. C., Tchoundjeu, Z., & Shepherd, K. (2016). Soil chemical properties dynamics as affected by land use change in the

- humid forest zone of Cameroon. *Agroforestry Systems*, 90(6), 1089–1102. <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9885-8>
- Taufiq, A., Kuntastyuti, H., Prahoro, C., & Wardani, T. (2007). Pemberian kapur dan pupuk kandang pada kedelai di lahan kering masam. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 26(1), 78–85.
- Vipin, S. K. S., & Jha, K. C. K. (2016). Effect of Integrated use of Bio-Compost and Nitrogen on Productivity and Soil Properties of Sugarcane Plant – Ratoon System in Calcareous Soil. *Sugar Tech.* <https://doi.org/10.1007/s12355-016-0501-7>
- Wachjar, A., Setiadi, Y., & N., Y. (2002). Pengaruh Inokulasi Dua Species Cendawan Mikoriza Arbuskula dan Pemupukan Fosfor terhadap Pertumbuhan dan Serapan Fosfor Tajuk Bibit Kelapa Sawit (*Elae guineensis* Jacq.). *Jurnal Agronomy Indonesia*, 30, 69–74.
- Wibisono, V. B., Avivi, S., Ubaidillah, M., & Sri Hartatik. (2022). Karakteristik Morfologi, Fisiologi dan Molekuler Tanaman Tebu Toleran terhadap Cekaman Genangan. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 50(2), 217–224. <https://doi.org/10.24831/jai.v50i2.40760>
- Xu, N., Bhadha, J. H., Rabbany, A., Swanson, S., McCray, J. M., Li, Y. C., Strauss, S. L., & Mylavarapu, R. (2021). Crop nutrition and yield response of bagasse application on sugarcane grown on a mineral soil. *Agronomy*, 11(8), 1–15. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081526>
- Yang, J., He, Z., Yang, Y., Stoffella, P., Yang, X., Banks, D., & Mishra, S. (2007). Use of amendments to reduce leaching loss of phosphorus and other nutrients from a sandy soil in Florida. *Environmental Science and Pollution Research*, 14(4), 266–269. <https://doi.org/10.1065/espr2007.01.378>
- Yunitasari, D., Hakim, D. B., Juanda, B., & Nurmalinga, R. (2015). Menuju Swasembada Gula Nasional: Model Untuk Meningkatkan Produksi Gula dan Pendapatan Petani Tebu di Jawa Timur. *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, 6(1), 1–15.
- Zendrato, I. N., Lase, N. K., Nias, U., & Nias, U. (2024). Peran mikroorganisme dalam meningkatkan kualitas tanah dan toleransi tanaman terhadap cekaman abiotik. 01, 94–100.

PROFIL PENULIS



Dr. Anna Kusumawati, S.P., M.Sc., lahir di Surakarta, dan telah menyelesaikan Studi S1 pada Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada pada tahun 2009. Melanjutkan studi S2 pada Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada dan selesai pada tahun 2012 dengan beasiswa penuh dari program BPPDN. Telah menyelesaikan studi S3 pada Program Studi S3 Ilmu Pertanian Minat Ilmu Tanah di Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada pada tahun 2021 dengan beasiswa program BUDI-DN LPDP. Sejak 2013 penulis aktif sebagai dosen tetap pada program studi Pengelolaan Perkebunan di Politeknik LPP Yogyakarta. Telah banyak hasil karya ilmiah penulis baik tingkat nasional dan internasional, dengan judul diantaranya: **Composition of organic C fractions in soils of different texture affected by sugarcane monoculture** (Soil Science and Plant Nutrition Vol. 66 No.1: 206-213) dan **Respon kadar hara tanaman tebu di tiga ordo akibat budidaya monokultur tebu** (Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia Vol.24 No.1: 39-48). Saat ini menjadi *Editor in Chief* pada Jurnal Pengelolaan Perkebunan (JPP) dan menjadi *reviewer* pada beberapa jurnal nasional terakreditasi. Beliau juga aktif menulis buku, diantaranya Ilmu Tanah dan Nutrisi Tanaman (2021), Sistem Pertanian Berkelanjutan (2022), Potensi Kelapa Sawit pada Lahan Marginal (2024).



Mohammad Syaiful Anam, S.P., M.M. adalah seorang profesional di bidang manufaktur industri sawit dan Industri Gula. Saat ini penulis aktif berperan di bidang seksi khusus Pengembangan dan Pelayanan bagian tanaman sebagai pembimbing Penelitian Mahasiswa serta pembimbing lapangan Magang kerja mahasiswa (S1), D4, D3, SMK dan bekerja sama dengan instansi pemerintah terkait di Industri Gula PG/PS Maduksimo Yogyakarta. Lahir di Kota Banyuwangi, dan melanjutkan studi Sarjana (S1) di Kota Jember di bidang Pertanian jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan dan Pasca Sarjana (S2) di UNS Solo Surakarta di bidang Manajemen Sumber Daya Manusia. Sebagai praktisi, pada Tahun 2007 penulis bekerja di Perkebunan PT. Sinar Mas Tbk sebagai Asisten Perkebunan Kelapa Sawit dan pada Tahun 2009 ditugaskan menjadi Asisten Administrasi Regional Control (RC 1)

Selain di Perkebunan Kelapa Sawit, sekarang penulis juga aktif sebagai praktisi di Industri Gula PT. RNI (Id-Food) pada Tahun 2003, dimulai sebagai Staf Tanaman PT.PG. Rajawali I Surabaya, Tahun 2006 ditugaskan sebagai Sinder Kebun Wilayah di PG. Rejo Agung Baru Madiun. Selanjutnya pada Tahun 2010 penulis sebagai Kepala Bina Sarana Tani (BST) di PG. Madukismo. Tahun 2017 ditugaskan ke wilayah kerja menjadi Kepala Rayon Kulon Progo, Magelang, Temanggung (KMT). Tahun 2019 penulis ditugaskan menjadi partner petani wilayah Kabupaten Sleman, mengkoordinasikan kegiatan Budidaya Tanaman Tebu Rakyat kemitraan (Tanam-Panen) juga membina petani tebu wilayah Sleman (TR-Mandiri) yang bekerjasama dengan APTRI wilayah kerja Sleman sampai bulan Juni Th 2024. Sekarang penulis ditugaskan menjadi Kepala Seksi Pengembangan dan Pelayanan Bagian Tanaman PG/PS. Madukismo Yogyakarta.



Lintang Panjali Siwi Pambayun, S.P., M.Sc.

adalah dosen pada Program Studi Agroteknologi, Universitas Gunung Kidul. Ia merupakan ahli di bidang ilmu tanah, dengan latar belakang pendidikan Sarjana dari Program Studi Ilmu Tanah Universitas Sebelas Maret (UNS) dan Magister Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada (UGM). Sejak masa studi, beliau telah menunjukkan komitmen tinggi dalam bidang akademik melalui sejumlah publikasi artikel ilmiah di jurnal internasional, baik saat menempuh jenjang S1 maupun S2. Selama studi magister, ia juga memperoleh hibah publikasi dari Pusat Studi Lingkungan Hidup (PSLH) UGM, yang turut mendukung karya ilmiahnya dalam skala internasional. Sebagai seorang akademisi, beliau aktif dalam kegiatan penelitian yang relevan dengan bidang ilmu tanah, dengan berbagai publikasi dan hasil riset yang telah dipublikasikan. Selain itu, ia juga berperan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat sebagai bagian dari pelaksanaan tridarma perguruan tinggi.



Dr. Anna Kusumawati, S.P., M.Sc., lahir di Surakarta, dan telah menyelesaikan Studi S1 pada Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada pada tahun 2009. Melanjutkan studi S2 pada Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada dan selesai pada tahun 2012 dengan beasiswa penuh dari program BPPDN. Telah menyelesaikan studi S3 pada Program Studi S3 Ilmu Pertanian Minat Ilmu Tanah di Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada pada tahun 2021 dengan beasiswa program BUDI-DN LPDP. Sejak 2013 penulis aktif sebagai dosen tetap pada program studi Pengelolaan Perkebunan di Politeknik LPP Yogyakarta. Telah banyak hasil karya ilmiah penulis baik tingkat nasional dan Internasional, dengan judul diantaranya: *Composition of organic C fractions in soils of different texture affected by sugarcane monoculture* (Soil Science and Plant Nutrition Vol. 66 No. 1: 206-213) dan *Respon kadar hara tanaman tebu di tiga ordo akibat budidaya monokultur tebu* (Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia Vol.24 No.1: 39-48). Saat ini menjadi Editor in Chief pada Jurnal Pengelolaan Perkebunan (JPP) dan menjadi reviewer pada beberapa jurnal nasional terakreditasi. Beliau juga aktif menulis buku, diantaranya Ilmu Tanah dan Nutrisi Tanaman (2021), Sistem Pertanian Berkelanjutan (2022), Potensi Kelapa Sawit pada Lahan Marginal (2024).



Mohammad Syaiful Anam, S.P., M.M. adalah seorang profesional di bidang manufaktur Industri sawit dan Industri Gula. Saat ini penulis aktif berperan di bidang seksi khusus Pengembangan dan Pelayanan bagian tanaman sebagai pembimbing Penelitian Mahasiswa serta pembimbing lapangan Magang kerja mahasiswa (S1), D4, D3, SMK dan bekerja sama dengan instansi pemerintah terkait di Industri Gula PG/PS Madukismo Yogyakarta. Lahir di Kota Banyuwangi, dan melanjutkan studi Sarjana (S1) di Kota Jember di bidang Pertanian Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan dan Pasca Sarjana (S2) di UNS Solo di bidang Manajemen Sumber Daya Manusia. Sebagai praktisi, pada Tahun 2007 penulis bekerja di Perkebunan PT. Sinar Mas Tbk sebagai Asisten Perkebunan Kelapa Sawit dan pada Tahun 2009 ditugaskan menjadi Asisten Administrasi Regional Control (RC 1).

Selain di Perkebunan Kelapa Sawit, sekarang penulis juga aktif sebagai praktisi di Industri Gula PT. RNI (Id-Food) pada Tahun 2003, dimulai sebagai Staf Tanaman PT.PG. Rajawali I Surabaya, Tahun 2006 ditugaskan sebagai Sinder Kebun Wilayah di PG. Rejo Agung Baru Madiun. Selanjutnya pada Tahun 2010 penulis sebagai Kepala Bina Sarana Tani (BST) di PG. Madukismo. Tahun 2017 ditugaskan ke wilayah kerja menjadi Kepala Rayon Kulon Progo, Magelang, Temanggung (KMT). Tahun 2019 penulis ditugaskan menjadi partner petani wilayah Kabupaten Sleman, mengkoordinasikan kegiatan Budidaya Tanaman Tebu Rakyat kemitraan (Tanam-Panen) juga membina petani tebu wilayah Sleman (TR-Mandiri) yang bekerjasama dengan APTRI wilayah kerja Sleman sampai bulan Juni Th 2024. Sekarang penulis ditugaskan menjadi Kepala Seksi Pengembangan dan Pelayanan Bagian Tanaman PG/PS. Madukismo Yogyakarta.



Lintang Panjali Siwi Pambayun, S.P., M.Sc. adalah dosen pada Program Studi Agroteknologi, Universitas Gunung Kidul. Ia merupakan ahli di bidang ilmu tanah, dengan latar belakang pendidikan Sarjana dari Program Studi Ilmu Tanah Universitas Sebelas Maret (UNS) dan Magister Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada (UGM). Sejak masa studi, beliau telah menunjukkan komitmen tinggi dalam bidang akademik melalui sejumlah publikasi artikel ilmiah di jurnal internasional, baik saat menempuh jenjang S1 maupun S2. Selama studi magister, ia juga memperoleh hibah publikasi dari Pusat Studi Lingkungan Hidup (PSLH) UGM, yang turut mendukung karya ilmiahnya dalam skala internasional. Sebagai seorang akademisi, beliau aktif dalam kegiatan penelitian yang relevan dengan bidang ilmu tanah, dengan berbagai publikasi dan hasil riset yang telah dipublikasikan. Selain itu, ia juga berperan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat sebagai bagian dari pelaksanaan tridharma perguruan tinggi.

