

**APLIKASI PUPUK ANORGANIK DAN BIO-KOMPOS (*Tea waste*)
TERHADAP KELIMPAHAN BAKTERI *AZOTOBACTER* SERTA MUTU
PUCUK TANAMAN TEH (*Camellia sinensis*) DI PERKEBUNAN PPTK
GAMBUNG, JAWA BARAT**

(Skripsi)

Oleh

Rena Ardita

2257061005



**PROGRAM STUDI BIOLOGI TERAPAN
JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2026

ABSTRAK

APLIKASI PUPUK ANORGANIK DAN BIO-KOMPOS (*Tea waste*) TERHADAP KELIMPAHAN BAKTERI *AZOTOBACTER* SERTA MUTU PUCUK TANAMAN TEH (*Camellia sinensis*) DI PERKEBUNAN PPTK GAMBUNG, JAWA BARAT

Oleh

Rena Ardita

Tanaman teh (*Camellia sinensis*) merupakan komoditas penting yang produktivitasnya dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara dan aktivitas mikroorganisme tanah, seperti *Azotobacter*. Penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus dapat menurunkan kualitas tanah, sehingga bio-kompos *tea waste* dapat digunakan sebagai alternatif sumber bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi pupuk anorganik dan bio-kompos *tea waste* terhadap pH tanah, kelimpahan *Azotobacter*, volume akar, dan Analisa Mutu Bahan Baku (AMBB) tanaman teh. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 16 kombinasi perlakuan, terdiri dari empat taraf pupuk anorganik (0%, 50%, 75%, dan 100%) dan empat dosis bio-kompos *tea waste* (0, 1, 2, dan 3 ton/ha), dengan 3 ulangan sehingga diperoleh 48 unit percobaan. Data berdistribusi normal ($p > 0,05$) dan dianalisis menggunakan ANOVA pada taraf nyata 5% ($\alpha = 0,05$). Hasil ANOVA menunjukkan bahwa kombinasi pupuk anorganik dan bio-kompos *tea waste* berpengaruh sangat nyata terhadap beberapa parameter yang diamati dengan nilai p -value = 0,000 ($p < 0,05$). Perlakuan kombinasi meningkatkan volume akar, dan mutu pucuk tanaman teh. Aplikasi pupuk belum meningkatkan populasi *Azotobacter* (masih $<10^2$ CFU/mL). Produksi AMBB berfluktuasi dengan puncak di Oktober. Perlakuan terbaik adalah T1K0, dengan koloni tertinggi dan mutu pucuk terbaik.

Kata kunci: *Camellia sinensis*, *Azotobacter*, pupuk anorganik, *tea waste*, mutu pucuk

ABSTRACT

Application Of Inorganic Fertilizer And Bio-Compost (*Tea Waste*) On The Abundance Of *Azotobacter* Bacteria And The Quality Of Tea Plant Shoots (*Camellia sinensis*) at PPTK Gambung Plantation, Jawa Barat

By

Rena Ardita

Tea plant (*Camellia sinensis*) is an important commodity whose productivity is influenced by nutrient availability and soil microbial activity, such as *Azotobacter*. Continuous use of inorganic fertilizers can reduce soil quality, so tea waste bio-compost can be used as an alternative organic amendment. This study aimed to determine the effect of inorganic fertilizer and tea waste bio-compost combinations on soil pH, *Azotobacter* abundance, root volume, and shoot quality (AMBB). The study used a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 16 treatment combinations consisting of four levels of inorganic fertilizer (0%, 50%, 75%, and 100%) and four doses of tea waste bio-compost (0, 1, 2, and 3 ton/ha), with 3 replications resulting in 48 experimental units. Data were normally distributed ($p > 0.05$) and analyzed using ANOVA at a 5% significance level ($\alpha = 0.05$). The ANOVA results showed that the treatment had a highly significant effect with a p-value = 0.000 ($p < 0.05$). The combination treatment increased root volume, and tea shoot quality. This combination has potential as a sustainable fertilization strategy to improve soil fertility and tea quality. Fertilizer application did not increase the *Azotobacter* population (still $<10^2$ CFU/mL). AMBB production fluctuated, peaking in October. The best treatment was T1K0, with the highest colony count and best shoot quality.

Keywords: *Camellia sinensis*, *Azotobacter*, chemical fertilizer, tea waste, shoot quality

**APLIKASI PUPUK ANORGANIK DAN BIO-KOMPOS (*Tea waste*)
TERHADAP KELIMPAHAN BAKTERI *AZOTOBACTER* SERTA MUTU
PUCUK TANAMAN TEH (*Camellia sinensis*) DI PERKEBUNAN PPTK
GAMBUNG, JAWA BARAT**

Oleh

Rena Ardita

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



PROGRAM STUDI BIOLOGI TERAPAN

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

2026

Judul Skripsi : Aplikasi Pupuk Anorganik dan Bio-Kompos
(*Tea waste*) Terhadap Kelimpahan Bakteri
Azotobacter serta Mutu Pucuk Tanaman Teh
(*Camellia sinensis*) di Perkebunan PPTK
Gambung, Jawa Barat

Nama : *Rena Ardita*

Nomor Pokok Mahasiswa : 2257061005

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Pembimbing 1,

Pembimbing 2,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'B. Irawan'.

Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc.
NIP. 196503031992031006

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Elia Laila Rizqiyah'.

Elia Laila Rizqiyah, S.P., M.Sc.
NIP. 600200125006

2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Jani Master'.

Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.
NIP. 198301312008121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc.



Anggota Penguji : Elia Laila Rizqiyah, S.P., M.Sc.



Penguji Utama : Dr. Kusuma Handayani, M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 08 Juni 2026

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rena Ardita
NPM : 2257061005
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul :

**“APLIKASI PUPUK ANORGANIK DAN BIO-KOMPOS (*Tea waste*)
TERHADAP KELIMPAHAN BAKTERI *AZOTOBACTER* SERTA MUTU
PUCUK TANAMAN TEH (*Camellia sinensis*) DI PERKEBUNAN PPTK
GAMBUNG, JAWA BARAT”**

Baik gagasan, data, maupun pembahasannya adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika yang berlaku dan saya memastikan bahwa tingkat similaritas skripsi ini tidak lebih dari 20%.

Jika dikemudian hari terbukti pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung, 16 Mei 2026
Yang Menyatakan,



Rena Ardita
NPM. 2257061005

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung Tengah pada tanggal 09 November 2004 dari pasangan Bapak Sugito dan Ibu Napsiyah. Sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh Pendidikan di RA Muslimat NU 09 Sri Bawono pada tahun 2008 – 2010. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 2 Sri Bawono tahun 2010 – 2016. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Seputih Banyak tahun 2016 – 2019. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Seputih Banyak tahun 2019 – 2022.

Pada tahun 2022 penulis resmi terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN-Barat. Penulis menyelesaikan pendidikan pada perguruan tinggi dan meraih gelar Sarjana Sains pada tahun 2026. Selama menjadi mahasiswa Jurusan Biologi FMIPA Unila, Penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO FMIPA Unila) di bidang saintek pada tahun 2023-2024. Selain itu penulis juga aktif mengikuti UKM PIK-R pada tahun 2024. Kemudian penulis mengikuti organisasi di luar kampus yaitu Duta Kepemudaan Indonesia pada tahun 2024.

Selama perkuliahan penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada tanggal 16 Juli 2025 selama 40 hari di Desa Sepang jaya, kecamatan labuan ratu, kota Bandar Lampung. Pada tanggal 23 Desember 2024 penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) selama 30 hari di Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) Gambung, provinsi Jawa Barat. Laporan PKL yang dibuat penulis berjudul **“Eksplorasi dan Identifikasi Mikoriza pada Tanaman Teh Tanah**

Regosol Klon TRI 2024/2025 Tahun Pangkas 3 di Kebun Percobaan PPTK Gambung”.

Penulis menyelesaikan tugas akhirnya dalam bentuk skripsi pada tanggal 08 Juni 2026 dengan judul “**Aplikasi Pupuk Anorganik dan Bio-Kompos (*Tea Waste*) Terhadap Kelimpahan Bakteri *Azotobacter* serta Mutu Pucuk Tanaman Teh (*Camellia Sinensis*) di Perkebunan PPTK Gambung, Jawa Barat**”.

*Kepada Bapak dan Mamak
Tersayang, Terkasih dan
Tercinta*

Dedicated to my beloved parents, for their endless love and prayers

MOTTO

“Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah : 5-6)

“Aku membahayakan nyawa Ibu untuk aku lahir ke dunia, jadi tidak mungkin aku tidak ada artinya. Dan aku membuat Ayahku bekerja setiap hari hingga lelah, jadi aku pastikan lelahnya tidak sia-sia.”

(Rena Ardita)

UCAPAN TERIMAKASIH

Bismillahirrahmanirrahim

Puji Syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala, karena atas Rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi dengan judul “Aplikasi Pupuk Anorganik dan Bio-Kompos (*Tea waste*) Terhadap Kelimpahan Bakteri *Azotobacter* serta Mutu Pucuk Tanaman Teh (*Camellia sinensis*) di Perkebunan PPTK Gambung, Jawa Barat” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kendala dan kekurangan, ini merupakan salah satu proses pembelajaran yang penuh dengan tantangan, pengalaman, dan perjuangan bagi penulis. Dalam proses penyusunannya, penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya doa, dukungan, bantuan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak yang senantiasa memberikan semangat kepada penulis. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu, mendukung, dan mendampingi penulis selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si Selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Jani Master. S.Si.,M.Si Selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
3. Ibu Gina Dania Pratiwi, M.Si., selaku Ketua Program Studi S1 Biologi Terapan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

4. Bapak Dr. Bambang Irawan, M.Sc., selaku dosen pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, saran, serta motivasi kepada penulis dengan penuh kesabaran selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Elia Laila Rizqiyah, S.P.,M.Sc., selaku pembimbing kedua yang senantiasa memberikan dukungan, perhatian, bimbingan, serta masukan yang berarti bagi penulis. Terima kasih atas kesabaran dan ketulusan dalam membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi ini sehingga penulis memperoleh banyak pembelajaran dan pengalaman berharga.
6. Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si., selaku penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang membangun dengan penuh perhatian demi kesempurnaan skripsi ini. Terima kasih atas ilmu, arahan, dan evaluasi yang diberikan sehingga penulis dapat memperbaiki dan menyelesaikan skripsi ini dengan lebih baik.
7. Bapak Dr. Mahfut, S.Si.,M.Sc., selaku pembimbing akademik atas bimbingan dan saran kepada penulis selama menempuh Pendidikan di Jurusan Biologi
8. Cinta pertama dan panutan penulis, Bapak Sugito. Beliau mungkin tidak sempat merasakan bangku perkuliahan, namun kasih sayang, kerja keras, dan pengorbanannya menjadi alasan terbesar penulis hingga mampu berdiri di titik ini. Di balik lelah yang tidak pernah beliau tunjukkan, selalu ada doa yang menguatkan dan perjuangan yang tidak pernah berhenti demi masa depan penulis. Terima kasih karena telah menjadi sosok ayah yang mengajarkan arti ketulusan, tanggung jawab, dan harapan, hingga penulis mampu menyelesaikan pendidikan sampai sarjana.
9. Pintu surga penulis, Ibu Napsiyah. Sosok Perempuan hebat yang selalu menjadi tempat pulang, sumber kekuatan, dan alasan penulis terus bertahan dalam setiap proses perjuangan ini. Meski beliau tidak sempat merasakan pendidikan hingga perguruan tinggi, kasih sayang, doa di setiap sujudnya, serta dukungan yang tidak pernah putus menjadi kekuatan terbesar bagi penulis. Terima kasih setiap

air mata, pengorbanan, dan cinta yang selalu diberikan tanpa pamrih, hingga penulis mampu menyelesaikan studi ini sampai meraih gelar sarjana.

10. Adikku tersayang, Mahmud Saputra. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan panjang penulis dalam menyelesaikan pendidikan ini. Terima kasih untuk setiap dukungan, perhatian, dan semangat yang selalu diberikan di tengah proses yang tidak mudah. Kehadiranmu menjadi salah satu alasan penulis untuk terus kuat dan bertahan hingga mampu menyelesaikan studi ini sampai sarjana. Semoga segala pencapaian ini juga menjadi kebanggaan dan motivasi untuk kita terus melangkah meraih impian bersama.
11. Kepada keluarga besar penulis, terima kasih atas segala doa, dukungan, perhatian, dan kasih sayang yang terus diberikan. Kehadiran dan doa kalian menjadi kekuatan terbesar bagi penulis untuk terus bertahan dan menyelesaikan setiap proses hingga sampai pada titik ini.
12. Dengan penuh cinta dan kerinduan kepada (almh) Bude tercinta, yang semasa hidupnya selalu memberikan kasih sayang, dukungan, dan perhatian tulus kepada penulis selama menjalani perkuliahan. Beliau adalah sosok yang selalu ingin melihat penulis mengenakan toga dan berdiri di hari wisuda dengan penuh kebanggaan. Namun, Allah SWT lebih dahulu memanggil beliau sebelum hari itu sempat terwujud. Meski raga beliau telah tiada, doa, kebaikan, dan kenangan yang beliau tinggalkan akan selalu hidup di hati penulis. Semoga pencapaian ini menjadi salah satu bentuk persembahan kecil untuk (almh) Bude tercinta.
13. Kepada partner penelitian penulis Tita Puspita Loka, terima kasih telah menjadi teman seperjuangan selama proses penelitian ini. Terima kasih karena telah hadir dalam setiap proses jatuh bangun, mulai dari rasa lelah, bingung, revisi yang tiada habisnya, hingga akhirnya sampai pada titik ini. Bersama kamu, perjalanan penelitian yang penuh tekanan terasa lebih ringan untuk dijalani. Terima kasih atas kerja sama, dukungan, semangat, dan kesabaran yang selalu diberikan selama proses ini berlangsung. Semoga segala usaha, perjuangan, dan cerita yang telah kita lewati bersama menjadi kenangan berharga yang tidak akan terlupakan.

14. Kepada sahabat penulis sejak mahasiswa baru hingga semester akhir, Septi Indah Sari, Alfia Agista, Lila Diamonda Asya, Lutfi Nur Khoirunnisa, dan Reyhana Putri, terima kasih telah tumbuh dan berjuang bersama selama perjalanan perkuliahan ini. Terima kasih untuk setiap dukungan, tawa, dan pelukan di tengah lelahnya proses yang kita jalani. Kalian bukan hanya teman, tetapi rumah yang membuat setiap jatuh bangun terasa lebih kuat untuk dilewati.
15. Kepada rekan sekaligus bagian berharga bagi penulis, Elly Kurnia, Aliya Rahma, dan Yurisca Alva Rissa, terima kasih telah hadir dan menjadi bagian dari perjalanan ini. Terima kasih atas dukungan, kebersamaan, dan setiap semangat yang diberikan di tengah proses yang penuh perjuangan. Kehadiran kalian menjadi salah satu alasan penulis mampu bertahan hingga sampai pada titik ini.
16. Kepada teman-teman Gamboeng Geulis, Nur Ayu Saputri, Tita Puspita Loka, Vania Yosinka, Nadzifa Maulidia, Miranda Zalfa, dan Galuh Pratiwi, terima kasih atas kebersamaan, cerita, dan semangat yang telah diberikan selama proses ini. Kalian menjadi salah satu bagian yang membuat perjalanan penuh perjuangan ini terasa lebih hangat, ringan, dan penuh kenangan indah.
17. Kepada Anggi Saputri dan Sri Kurnia, sahabat penulis sejak awal masa perkuliahan hingga saat ini, terima kasih telah selalu hadir dalam setiap proses, baik di masa sulit maupun bahagia. Terima kasih atas dukungan, doa, dan kebersamaan yang tak pernah berhenti diberikan hingga penulis mampu sampai pada titik ini.
18. Kepada Liyana Wulandari dan Bunga Ayu Milanda, sahabat penulis sejak masa SMA hingga perkuliahan, terima kasih telah tetap hadir dan bertahan di setiap perjalanan hidup penulis. Terima kasih atas dukungan, perhatian, dan kebersamaan yang selalu diberikan, sehingga banyak proses sulit terasa lebih ringan untuk dilewati.

19. Kepada Okta dan Patrick serta Pimpinan HIMBIO 24 selaku rekan organisasi penulis selama masa perkuliahan, Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan organisasi dan perkuliahan yang penuh cerita dan perjuangan.
20. Kepada almamater tercinta Universitas Lampung, serta Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK), terima kasih telah menjadi tempat bertumbuh, belajar, dan menempa langkah menuju masa depan. Segala pengalaman dan ilmu yang diberikan akan selalu menjadi bagian berharga dalam perjalanan hidup penulis.
21. Kepada seseorang yang tidak kalah penting kehadirannya, Ridho Waskito. Terima kasih telah menjadi bagian dalam perjalanan penulis. Berkontribusi banyak dalam penulisan karya ini, baik tenaga, waktu, maupun materi kepada penulis. Telah menjadi rumah, mendampingi, mendukung, menghibur dalam kesedihan, mendengarkan keluh kesah, memberi semangat untuk tidak menyerah. Terima kasih telah berjuang bersama sampai detik ini.
22. Terakhir, kepada diri saya sendiri, Rena Ardita, anak perempuan pertama dan harapan orang tua. Terima kasih telah berjuang, bertahan, dan terus melangkah hingga sejauh ini meski dihadapkan pada lelah, tekanan, dan banyak hal di luar prediksi. Apresiasi sebesar-besarnya untuk hati yang tetap ikhlas, jiwa yang tetap kuat, dan raga yang terus berusaha. Tetaplah belajar, bersyukur, dan semangat mengejar mimpi. Semoga setiap langkah selalu dipermudah, dikelilingi orang-orang baik, serta segala harapan dapat terwujud satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, namun besar harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan wawasan bagi pembaca dan terkhusus untuk penulis.

Bandar Lampung, 16 Mei 2026

Penulis,

Rena Ardita

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|-------------|
| DAFTAR ISI | xvii |
| DAFTAR GAMBAR | xix |
| DAFTAR TABEL | xxi |
| I. PENDAHULUAN | 22 |
| 1.1 Latar Belakang | 22 |
| 1.2 Tujuan Penelitian | 25 |
| 1.4 Kerangka Pikir | 26 |
| 1.5 Hipotesis | 27 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 28 |
| 2.1 Tanaman Teh | 28 |
| 2.1.1 Taksonomi Tanaman Teh | 28 |
| 2.1.2 Morfologi Tanaman Teh | 28 |
| 2.1.3 Faktor Pengaruh Pertumbuhan Mutu Pucuk Teh | 30 |
| 2.1.4 Kebutuhan Nutrisi Teh | 32 |
| 2.2 Pupuk Anorganik | 33 |
| 2.2.1 Jenis-jenis pupuk Anorganik | 34 |
| 2.2.2 Pengaruh Pupuk Anorganik | 35 |
| 2.3 Bio-kompos <i>Tea Waste</i> | 37 |
| 2.4 Bakteri <i>Azotobacter</i> | 39 |
| III. METODE PENELITIAN | 42 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 42 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 42 |
| 3.3 Rancangan Penelitian | 42 |
| 3.4 Prosedur Kerja | 44 |
| 3.4.1 Persiapan Lahan dan Plucking Area | 44 |
| 3.4.2 Pengaplikasian pupuk | 45 |
| 3.4.3 Pengukuran Produksi Pucuk | 45 |
| 3.5 Parameter yang diamati | 46 |
| 3.5.1 Pengukuran pH Tanah | 46 |
| 3.5.2 Isolasi dan Perhitungan Populasi <i>Azotobacter</i> | 46 |
| 3.5.3 Pengukuran Volume Akar | 47 |
| 3.5.4 Penilaian Analisis Mutu Bahan Baku (AMBB) | 48 |
| 3.6 Analisis Data | 49 |
| 3.7 Diagram Alir Penelitian | 50 |

| | |
|--|-----------|
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 51 |
| 4.1 Hasil | 51 |
| 4.1.1 Pengukuran pH Tanah | 51 |
| 4.1.2 Isolasi dan Perhitungan Populasi <i>Azotobacter</i> | 54 |
| 4.1.2.1 Pengamatan Makroskopis pada Bakteri <i>Azotobacter</i> | 54 |
| 4.1.2.2 Pengamatan Mikroskopis pada Bakteri <i>Azotobacter</i> | 56 |
| 4.1.2.3 Hasil Perhitungan Total Place Count | 57 |
| 4.1.3 Pengukuran Volume Akar..... | 60 |
| 4.1.4 Penilaian Analisa Mutu Bahan Baku (AMBB) | 63 |
| 4.1.4.1 Bulan September..... | 64 |
| 4.1.4.2 Bulan Oktober..... | 65 |
| 4.1.4.3 Bulan November | 66 |
| 4.1.4.4 Bulan Desember..... | 67 |
| 4.2 Pembahasan..... | 72 |
| 4.2.1 Pengukuran pH Tanah | 72 |
| 4.2.2 Isolasi Perhitungan Populasi <i>Azotobacter</i> | 76 |
| 4.2.3 Pengukuran Volume Akar..... | 78 |
| 4.2.4 Penilaian Analisa Bahan Baku (AMBB)..... | 81 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN | 85 |
| 5.1 Kesimpulan | 85 |
| 5.2 Saran..... | 85 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 86 |
| LAMPIRAN..... | 92 |
| Lampiran 1. Data Analisis Statistik..... | 93 |
| Lampiran 2. Foto Kegiatan | 97 |
| Lampiran 3. Hasil Makroskopis..... | 100 |
| Lampiran 4. Hasil Mikroskopis | 102 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 1. Gambar Morfologi Tanaman Teh | 29 |
| 2. Pucuk Daun Teh | 31 |
| 3. Bakteri <i>Azotobacter</i> | 40 |
| 4. Pengaruh Pemberian Dosis Kombinasi bio-kompos <i>Tea waste</i> dan Pupuk Anorganik Terhadap pH Tanah | 53 |
| 5. Pengamatan Mikroskopis pada Bakteri <i>Azotobacter</i> sebelum dan sesudah pengaplikasian pupuk pada perbesaran 10x | 57 |
| 6. Jumlah Koloni Hasil Pengenceran | 58 |
| 7. Pengaruh Pemberian Dosis Kombinasi bio-kompos <i>Tea waste</i> dan Pupuk Anorganik Terhadap Bakteri <i>Azotobacter</i> | 59 |
| 8. Pengaruh Pemberian Dosis Kombinasi bio-kompos <i>Tea waste</i> dan Pupuk Anorganik Terhadap Volume Akar | 62 |
| 9. Pengaruh Pemberian Dosis Kombinasi bio-kompos <i>Tea waste</i> dan Pupuk Anorganik Terhadap Jumlah Pucuk Peko | 67 |
| 10. Pengaruh Pemberian Dosis Kombinasi bio-kompos <i>Tea waste</i> dan Pupuk Anorganik Terhadap Jumlah Pucuk Burung..... | 68 |
| 11. Pengaruh Pemberian Dosis Kombinasi bio-kompos <i>Tea waste</i> dan Pupuk Anorganik Terhadap Berat Pucuk Peko | 69 |
| 12. Pengaruh Pemberian Dosis Kombinasi bio-kompos <i>Tea waste</i> dan Pupuk Anorganik Terhadap Berat Pucuk Burung | 70 |
| 13. Hasil Pengaruh Pemberian Dosis Kombinasi bio-kompos <i>Tea waste</i> dan Pupuk Anorganik Terhadap Analisa Mutu Bahan Baku (AMBB) selama 4 Bulan..... | 71 |
| 14. Plucking Area | 97 |
| 15. Pasang plot | 97 |
| 16. Pupuk Anorganik | 97 |
| 17. Pupuk <i>Tea waste</i> | 97 |

| | |
|---|----|
| 18. Aplikasi Pupuk Anorganik..... | 97 |
| 19. Aplikasi Pupuk <i>Tea waste</i> | 97 |
| 20. Plucking Point | 98 |
| 21. Produksi Panen | 98 |
| 22. Analisis Pucuk (AMBB) | 98 |
| 23. Sampel Tanah | 98 |
| 24. Ukur pH Tanah | 98 |
| 25. Sampel Akar | 98 |
| 26. Ukur Volume Akar | 98 |
| 27. Membuat Media | 98 |
| 28. Menuang Media ke Cawan | 99 |
| 29. Pengenceran | 99 |
| 30. Bakteri <i>Azotobacter</i> | 99 |
| 31. Metode Streak | 99 |
| 32. Pewarnaan Gram | 99 |
| 33. Pengamatan Mikroskopis | 99 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| 1. Perlakuan..... | 43 |
| 2. Denah Perlakuan RAKL | 44 |
| 3. Perubahan nilai ph tanah dari awal sebelum pemberian pupuk dan akhir penelitian setelah pengaplikasian pupuk..... | 52 |
| 4. Pengamatan Makroskopis pada Bakteri <i>Azotobacter</i> sebelum dan sesudah pupuk | 54 |
| 5. Pengukuran Volume Akar pada Tanaman Teh (<i>Camellia sinensis</i>) Sebelum dan Sesudah Aplikasi bio-kompos <i>Tea waste</i> dengan Kombinasi Pupuk Anorganik..... | 60 |
| 6. Hasil Penilaian Analisis Mutu Bahan Baku (AMBB) pada Tanaman Teh (<i>Camellia sinensis</i>) Selama Panen 4 Bulan..... | 63 |
| 7. Rata-rata hasil produksi AMBB selama 4 bulan | 70 |
| 8. Data Analisis Uji Normalitas pada pH Tanah Tanaman Teh | 93 |
| 9. Data Analisis Uji ANOVA | 93 |
| 10. Data Analisis Uji Lanjut Duncan | 93 |
| 11. Data Statistik Uji Normalitas pada Volume Akar..... | 94 |
| 12. Data Analisis Uji ANOVA | 94 |
| 13. Data Analisis Uji Lanjut Duncan | 94 |
| 14. Data Statistik Uji Normalitas pada AMBB | 95 |
| 15. Data Analisis Uji ANOVA | 96 |
| 16. Data Analisis Uji Lanjut Duncan | 96 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teh memberikan kontribusi signifikan bagi ekonomi Indonesia, dengan nilai ekspor mencapai 108,5 juta USD pada tahun 2018 yang setara dengan sekitar 1,5% dari total PDB sektor pertanian (Radar deplantation, 2021). Produksi teh Indonesia sebagian besar berasal dari Jawa Barat, yang berkontribusi sekitar 67% selama lima tahun terakhir, sedangkan provinsi lainnya hanya berkontribusi kurang dari 12%. Produksi teh di Indonesia pada tahun 2017 sebesar 146,25 ribu ton, tetapi cenderung turun dari tahun ke tahun hingga mencapai 144,06 ribu ton pada tahun 2020. Kemudian pada tahun 2022, produksi teh turun lagi menjadi 124,66 ribu ton, terus berubah dari tahun ke tahun. Tanaman teh dalam perkembangannya mengalami fluktuasi produksi pucuk (Pusat Data dan Sistem Informasi, 2024).

Produktivitas dari tanaman teh dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kondisi lingkungan, kualitas bibit yang kurang baik, serta serangan hama. Selain itu, penggunaan pupuk anorganik memiliki masalah dalam budidaya teh, seperti hilangnya unsur hara akibat pencucian, penguapan, atau terikat oleh tanah, yang mengurangi efisiensi pemupukan (Ardiyanti dan Sita, 2022). Pengelolaan lahan pertanian yang intensif dengan ketergantungan pada pupuk anorganik dapat berdampak negatif di masa depan. Hal ini dapat menyebabkan penurunan kualitas tanah dalam aspek kimia, fisik, dan biologi yang dapat mengurangi produktivitas tanah. Pemupukan anorganik tidak seimbang dapat membuat tanaman lebih rentan terhadap gangguan dari organisme pengganggu,

menyebabkan penurunan hasil yang tidak sesuai dengan varietas yang ditanam terhadap pertumbuhan tanaman yang kerdil, dan pembungaan yang lebih awal. Penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus juga dapat merusak air tanah, sehingga mengakibatkan tanah menjadi tidak subur. Salah satu metode untuk mengurangi pemakaian pupuk anorganik adalah dengan beralih menggunakan bio-kompos, yang merupakan pilihan ramah lingkungan dan alami. Penerapan sistem pertanian berkelanjutan yang ramah lingkungan dengan meminimalisir penggunaan bahan kimia. Hal tersebut dapat dilakukan melalui peningkatan penggunaan bio-kompos seperti limbah teh (Pahlepi dkk., 2023).

Pemanfaatan limbah teh atau *tea waste* sebagai bahan pembuatan kompos berguna untuk tanaman karena limbah teh memenuhi kebutuhan tanah dengan kandungan haranya yang cukup beragam antara lain karbon organik (C-Organik) 7,3%, magnesium (Mg) 10%, tembaga (Cu) 20%, dan kalsium (Ca) 13% (Isnaini et al., 2017). Ampas teh juga mengandung unsur hara makro nitrogen (N) 0,32%, fosfor (P) 0,16%, dan kalium (K) 0,22%. Menurut Berek (2017) dari hasil penelitiannya yaitu kompos limbah teh bukan hanya sebagai penyedia hara namun juga sebagai penyedia hormon dan sebagai agen biokontrol terhadap penyakit tanaman. Penggunaan limbah teh sebagai pupuk merupakan salah satu usaha untuk meningkatkan produktivitas tanaman.

Produksi tanaman bergantung pada hubungan antara mikroorganisme dan tanaman selama evolusi. Mikroorganisme bertanggung jawab atas penyerapan nitrogen tanaman. Tetapi mekanisme penyerapan mikroba dan tanaman bekerja sama untuk meningkatkan penyerapan nitrogen tanaman. Kekurangan nitrogen dalam tanah akan mengurangi fotosintesis tanaman, meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan kesuburan tanaman penebaran, dan menghentikan pertumbuhan akar lateral. Tanah di sekitar tanaman menjadi sumber utama nitrogen bagi tanaman. Atmosfer memiliki stok nitrogen terbesar secara bebas. Sebagian besar organisme bergantung pada ketersediaan bentuk nitrogen yang tersedia secara hayati, seperti garam amonium dan nitrat. Pengendalian ini terutama dicapai melalui reaksi yang melibatkan mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk mengubah kondisi oksidasi nitrogen. Secara umum, mikroorganisme dipengaruhi oleh nitrogen

melalui enam proses: asimilasi, amonifikasi, nitrifikasi, denitrifikasi, oksidasi amonium anaerobik, dan fiksasi nitrogen. Selain itu, untuk menjaga kualitas pupuk, tanaman mengambil sebagian besar nitrogen dalam bentuk NO₃ (Xin *et.al.*, 2024).

Menurut penelitian (Ardiyanti dan Sita, 2022). Pengendalian kualitas dilakukan untuk menjaga dan meningkatkan mutu produk sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Secara umum, pengendalian kualitas untuk pengolahan teh hijau berlangsung pada awal penerimaan daun teh segar. Menurut PPTK (2006), Kriteria pemetikan pupuk tanaman teh dengan rasio jenis petikan yang dikehendaki adalah petikan medium dengan komposisi minimal 70% pupuk medium, maksimal 10% pupuk halus, dan 20% pupuk kasar. Untuk memaksimalkan pertumbuhan tanaman maka perlu diberikan mikroba indigen yang berasal dari tanaman teh sendiri yaitu bakteri *Azotobacter sp.*

Azotobacter menjadi bakteri bebas tanah yang juga mampu melakukan fiksasi nitrogen atmosfer menjadi senyawa nitrogen yang dapat diserap oleh tanaman. Selain itu, *Azotobacter* juga memproduksi senyawa organik tambahan seperti vitamin dan hormon pertumbuhan tanaman, yang berkontribusi pada kesehatan dan produktivitas tanaman. *Azotobacter* memiliki kemampuan untuk memulihkan tanah yang telah terkontaminasi bahan kimia berbahaya seperti tanah yang terdampak limbah tekstil. *Azotobacter* sangat ideal untuk digunakan sebagai pupuk hayati, sebab *Azotobacter* dapat digunakan sebagai pupuk hayati dengan membuat konsorsium mikroba (Prasetio dkk., 2025).

Azotobacter menjadi organisme aerob yang dapat meningkatkan jumlah nitrogen (N) yang ada di dalam tanah. *Azotobacter* bisa mengikat nitrogen (N) dari udara dengan lebih efisien dibandingkan dengan mikroba pengikat nitrogen (N) bebas lainnya. Mikroba tanah pemfiksasi nitrogen mempunyai peranan penting dalam membantu tersedianya berbagai hara nitrogen yang berguna bagi tanaman. Keberadaan mikroorganisme tanah sangat penting dalam proses mobilisasi dan mineralisasi hara sehingga tersedia untuk tanaman. Diharapkan nitrogen yang diikat oleh bakteri ini akan dimanfaatkan oleh tanaman, sehingga dapat

mendukung pertumbuhannya. Nitrogen menjadi unsur hara makro esensial yang dominan dibutuhkan oleh tanaman teh dalam mempertahankan pertumbuhan vegetatifnya karena tanaman teh yang dipanen pucuknya. Selain itu, Pertumbuhan akar yang lebih baik akibat *Azotobacter* berperan penting dalam pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Selain itu, keberadaan nitrogen yang difiksasi oleh *Azotobacter* juga membantu meningkatkan biomassa tanaman. Bakteri *Azotobacter* menambat dan menambat nitrogen. Interaksi *Azotobacter sp.* dan Kompos teh saling mendukung untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Nutrisi pada *Azotobacter sp.* diberikan pada pertumbuhan pada pembelahan sel yang membentuk akar dan tunas, sedangkan pupuk kompos memberikan kebutuhan unsur hara makro dan mikro melalui penyerapan akar pada media tanam. Kompos memiliki kandungan untuk membantu pertumbuhan tinggi tanaman sehingga memiliki potensi yang tinggi sebagai sumber unsur hara dalam memperbaiki sifat-sifat tanah. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan memberikan solusi alternatif untuk praktik budidaya teh yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, serta mendukung peningkatan hasil dan kualitas teh Indonesia ke depan. (Ginting dkk., 2024).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui pengaruh aplikasi pupuk anorganik dan pupuk bio-kompos *tea waste* terhadap jumlah populasi bakteri *Azotobacter* pada tanaman teh (*Camellia sinensis*).
2. Menunjukkan fluktuasi Analisa Mutu Bahan Baku (AMBB) setelah aplikasi pupuk anorganik dan bio-kompos *tea waste* selama 4 bulan pada standar mutu pucuk tanaman teh (*Camellia sinensis*).
3. Menentukan kombinasi perlakuan yang paling efektif dalam meningkatkan jumlah populasi bakteri *Azotobacter* serta mutu pucuk tanaman teh (*Camellia sinensis*)

1.3 Kerangka Teoritis

Tanaman teh (*Camellia sinensis*) merupakan tanaman perkebunan yang dipanen bagian pucuk mudanya, sehingga pertumbuhan vegetatif menjadi faktor utama dalam menentukan kuantitas dan mutu hasil. Pertumbuhan pucuk teh sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara, khususnya nitrogen (N), kondisi pH tanah, serta aktivitas mikroorganisme tanah di daerah perakaran. Tanah yang mengalami penurunan kualitas akibat pemupukan anorganik secara terus-menerus cenderung mengalami penurunan pH, degradasi struktur tanah, serta penurunan aktivitas mikroba tanah, yang pada akhirnya dapat menurunkan efisiensi penyerapan hara dan produktivitas tanaman.

Pupuk anorganik seperti urea, TSP, KCl, dan kiserit menyediakan unsur hara makro (N, P, K, Mg, dan S) secara cepat tersedia bagi tanaman. Nitrogen berperan dalam sintesis klorofil dan protein, fosfor mendukung perkembangan sistem perakaran, kalium berperan dalam regulasi osmotik dan fotosintesis, sedangkan magnesium merupakan komponen klorofil. Namun, penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan dapat menyebabkan peningkatan keasaman tanah akibat proses nitrifikasi, pencucian unsur hara, serta terganggunya keseimbangan mikroorganisme tanah. Sebaliknya, bio-kompos *tea waste* sebagai sumber bahan organik mengandung C-organik serta unsur hara makro dan mikro yang mampu memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah. Penambahan bahan organik dapat meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), memperbaiki struktur dan porositas tanah, meningkatkan kapasitas penyangga pH, serta menyediakan sumber karbon sebagai substrat energi bagi mikroorganisme tanah.

Salah satu mikroorganisme penting dalam siklus nitrogen tanah adalah *Azotobacter*, bakteri aerob bebas yang mampu memfiksasi nitrogen atmosfer (N_2) menjadi amonia (NH_3) melalui enzim nitrogenase. Aktivitas dan kelimpahan *Azotobacter* dipengaruhi oleh ketersediaan bahan organik, pH tanah, serta keseimbangan unsur hara. Peningkatan populasi *Azotobacter* diharapkan mampu meningkatkan ketersediaan nitrogen hayati di dalam tanah, yang selanjutnya mendukung pembentukan klorofil, sintesis protein, dan pertumbuhan vegetatif

tanaman teh. Ketersediaan nitrogen yang optimal serta kondisi tanah yang baik akan merangsang perkembangan sistem perakaran, yang ditunjukkan melalui peningkatan volume akar. Sistem akar yang berkembang baik meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap air dan unsur hara, sehingga berpengaruh terhadap jumlah plucking point, produksi pucuk, serta mutu bahan baku (AMBB). Mutu pucuk teh, yang diukur melalui rasio pucuk peko dan pucuk burung, sangat dipengaruhi oleh kecukupan hara nitrogen dan kondisi fisiologis tanaman.

Dengan demikian, aplikasi kombinasi pupuk anorganik dan bio-kompos *tea waste* diduga mempengaruhi sifat kimia tanah (pH), meningkatkan kelimpahan *Azotobacter*, memperbaiki perkembangan akar, serta meningkatkan mutu dan produksi pucuk teh. Hubungan antarvariabel tersebut menunjukkan adanya keterkaitan antara pengelolaan pemupukan, dinamika mikroba tanah, perbaikan kualitas tanah, dan peningkatan produktivitas tanaman teh secara berkelanjutan.

1.4 Hipoteses

Adapun hipotesis dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Aplikasi pupuk anorganik dan bio-kompos *tea waste* berpengaruh terhadap jumlah populasi bakteri *Azotobacter* pada tanaman teh (*Camellia sinensis*).
2. Aplikasi pupuk anorganik dan bio-kompos *tea waste* berpengaruh serta menunjukkan fluktuasi mutu pucuk tanaman teh (*Camellia sinensis*) selama 4 bulan periode pengamatan.
3. Terdapat kombinasi pupuk anorganik dan bio-kompos *tea waste* yang menghasilkan populasi dan aktivitas *Azotobacter* serta mutu pucuk tanaman teh (*Camellia sinensis*) terbaik dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Tanaman Teh

2.1.1 Taksonomi Tanaman Teh

Teh (*Camellia sinensis*) merupakan tanaman yang dikenal karena khasiatnya sebagai obat. Tanaman ini memiliki batang yang tegak dan kayu, serta terdapat cabang-cabang di sekitarnya. Ujung dari ranting dan daun mudanya tertutup dengan bulu halus. Daun teh tumbuh satu per satu dengan tangkai yang pendek, disusun dengan cara alternatif. Daun ini keras seperti kulit tipis, memiliki panjang antara 6 hingga 18 cm dan lebar 2 hingga 6 cm, berwarna hijau, serta memiliki permukaan yang bersinar. Teh yang berkualitas diambil dari ujung tanaman (peko) dan ditambah dengan 2 hingga 3 daun muda, karena daun yang muda ini kaya akan kandungan polifenol, kafein, dan asam amino (Muhamad, 2020). Menurut Conqrusit (1981), klasifikasi tanaman teh (*Camellia sinensis*) adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Spermatophyta*
Sub Divisi : *Angiospermae*
Class : *Dicotyledoneae*
Ordo : *Guttiferales*
Famili : *Theaceae*
Genus : *Camellia*
Spesies : *Camelia sinensis* (L.) Kuntze

2.1.2 Morfologi Tanaman Teh

Teh merupakan Semak hijau yang termasuk dalam keluarga *Theaceae*,

Karakter morfologis yang berhubungan erat dengan kandungan katekin meliputi kepadatan stomata dan sudut daun. Pemilihan secara tidak langsung untuk kandungan katekin dapat melibatkan kepadatan stomata, diiringi dengan memperhatikan ciri morfologis lain yang dapat mempengaruhi kandungan katekin secara tidak langsung. Ciri sudut daun juga dapat digunakan sebagai alat indikator dalam seleksi tidak langsung untuk mengetahui kandungan katekin. Morfologi tanaman teh (*Camellia sinensis*) ditandai oleh sistem perakaran yang kuat serta struktur batang dan percabangan yang mendukung penyerapan hara dan pertumbuhan pucuk Gambar 1.



Gambar 1. Gambar Morfologi Tanaman Teh

Tanaman teh memiliki tinggi antara 0,6 hingga 1,5 m dan akar tunggang yang dangkal, mencapai sekitar 20 cm. Daunnya sederhana, memiliki pola tumbuh berselang-seling, dengan bentuk oval atau *lanceolate* yang panjangnya berkisar antara 4 hingga 30 cm, tepi daun bergerigi, dengan bagian atas berwarna hijau gelap yang mengkilap, sementara tunas mudanya memiliki bulu keperakan. Bunga berwarna putih memiliki ukuran antara 2,5 hingga 4 cm, dan terdapat kapsul datar yang mengandung biji mirip kacang. Tanaman teh mempunyai batang yang tumbuh lurus dan berlimpah. Akan tetapi, batang-batang tersebut ukurannya kecil. Jika batang-batang ini tidak dipangkas, mereka akan berkembang menjadi bentuk yang mirip pohon pinus. Sistem akar dari

tanaman teh terdiri dari akar utama yang memiliki beberapa cabang kecil. Akar ini tidak terlalu dalam dan cukup peka terhadap kondisi tanah. Akar hanya dapat menembus tanah yang keras dengan kemampuan yang terbatas, sehingga pertumbuhannya hanya mencapai kedalaman 23 cm di dalam tanah (Wahyudin dkk., 2024).

2.1.3 Faktor Pengaruh Pertumbuhan Mutu Pucuk Teh

Pucuk teh adalah bagian penting yang mempengaruhi mutu serta kualitas teh. Menurut PPTK (2006), Kriteria pemetikan pucuk tanaman teh dengan rasio jenis petikan yang dikehendaki adalah petikan medium dengan komposisi minimal 70% pucuk medium, maksimal 10% pucuk halus, dan 20% pucuk kasar. Pengamatan potensi pucuk ditujukan untuk menentukan persentase pucuk peko dan pucuk burung berdasarkan umur pangkas. Tanaman teh perlu dipangkas apabila persentase pucuk burung >70%, karena apabila dibiarkan tanaman teh akan memproduksi pucuk burung sampai tua sehingga pucuk peko lebih sedikit. Pemangkasan pada tanaman menghasilkan bertujuan untuk merangsang pertumbuhan tunas-tunas baru, memper muda umur jaringan, mengusahakan pertumbuhan tanaman teh agar tetap pada fase vegetatif.

Efek stres dari lingkungan terhadap kualitas teh telah menjadi perhatian yang besar dalam beberapa tahun terakhir. Ketika teh merasakan adanya ancaman, tanaman ini akan mengubah jalur metabolisme yang utama dan sekunder untuk meningkatkan kemampuan bertahan hidup serta mengurangi efek dari stres lingkungan seperti kekeringan, suhu tinggi, cuaca dingin, dan paparan sinar, di dalam tumbuhan, jalur biosintesis utama dan sekunder itu saling terkait, di mana biosintesis sekunder berasal dari biosintesis utama, sehingga berakar pada metabolisme karbon dan nitrogen. Stres pada tanaman dapat menyebabkan ketidakseimbangan dalam metabolisme karbon dan nitrogen, serta mengubah aliran metabolik dalam jalur biosintesis yang ada, ini akan berdampak pada akumulasi komponen yang menentukan kualitas.

Selain itu, komponen kualitas yang berbeda, seperti senyawa yang bisa menguap maupun yang tidak, terakumulasi dengan cara yang berbeda dalam pucuk teh serta berkontribusi pada kualitas akhir dari produk teh tersebut. Berbagai faktor yang ada pada tanaman, mulai dari bagaimana stres dirasakan hingga cara metabolit disintesis, memainkan peranan penting dalam proses ini, termasuk sinyal penerima, faktor pengatur sinyal, faktor transkripsi (TFs), dan gen-gen sintesis lainnya. Proses akumulasi komponen berkualitas dalam jalur-jalur ini sangat tergantung pada kondisi stres yang dialami, yang dapat meningkatkan atau mengurangi mutu teh yang dihasilkan. Namun, walaupun sudah banyak penelitian tentang hubungan antara stres lingkungan dan kualitas teh, ulasan yang merangkum semua penelitian tersebut sangat sedikit. Pertama, cara stres ini berdampak pada komponen penentu kualitas dalam pucuk teh masih belum jelas sepenuhnya. Kedua, pengaruh stres terhadap kualitas akhir dalam aspek sensorik dan nutrisi juga masih belum dipahami dengan baik, dan terakhir, metode untuk mengatasi stres tanpa mengorbankan pertumbuhan tanaman dan kualitas belum sepenuhnya dirumuskan (Liu *et al.*, 2022).



Gambar 2. Pucuk Daun Teh

Keterangan : a. Pucuk Burung; b. Pucuk Peko

Pucuk peko merupakan pucuk teh yang masih aktif tumbuh dan ditandai dengan tidak adanya pucuk tengah yang tumpul, melainkan memiliki ujung pucuk yang lancip dan jelas. Pucuk ini biasanya terdiri atas kuncup

pucuk dengan satu atau lebih daun muda yang berwarna hijau muda, bertekstur lunak, dan menunjukkan pertumbuhan vegetatif yang normal. Dalam analisa pucuk teh, pucuk peko dikategorikan sebagai pucuk berkualitas baik karena mencerminkan kondisi tanaman yang sehat dan sangat sesuai sebagai bahan baku teh bermutu. Sebaliknya, pucuk burung merupakan pucuk teh yang tidak memiliki kuncup pucuk atau ujung pucuk, sehingga yang tampak hanya helaian daun tanpa bagian pucuk yang lancip. Kondisi ini umumnya terjadi akibat terhentinya pertumbuhan pucuk, baik karena faktor pemetikan, lingkungan, maupun fisiologis tanaman. Dalam analisa pucuk teh, pucuk burung diklasifikasikan sebagai pucuk kurang produktif karena pertumbuhannya tidak aktif dan kualitasnya lebih rendah dibandingkan pucuk peko (Ferdiansyah dan Zamzami, 2022).

2.1.4 Kebutuhan Nutrisi Teh

Produktivitas tanaman teh sangat dipengaruhi oleh kuantitas serta kualitas nutrisi yang ada di dalam tanah. Pengambilan daun dari tanah secara terus-menerus selama periode pertumbuhan mengakibatkan penurunan nutrisi tanah secara bertahap, sehingga tanaman perlu mengisi kekurangan mineral tersebut. Tanpa nutrisi penting, tanaman tidak dapat menyelesaikan tahap vegetatif atau reproduktif dari siklus hidupnya. Jika tanaman mengalami kekurangan nitrogen, umumnya pertumbuhannya terhambat dan daunnya terlihat menyempit. Klorosis yang disebabkan oleh defisiensi nitrogen biasanya mulai terlihat pada daun yang lebih tua dan menyebar ke daun yang lebih muda ketika nitrogen direlokalisasi. Di lapangan, tanaman yang tidak cukup nitrogen terlihat pucat hijau atau bahkan kuning. Ketika tanaman teh tidak memiliki cukup nitrogen di lapangan, batangnya menjadi lebih pendek dan pucuk mudanya tampak berwarna hijau lebih cerah dari biasanya (Zohora dan Biswas, 2025).

Daun yang lebih tua mungkin tetap hijau gelap dan secara perlahan berubah menjadi kuning saat kekurangan semakin parah, sementara daun

yang lebih muda bisa berubah kuning. Kekurangan nitrogen mungkin disebabkan oleh berkurangnya kemampuan akar untuk menyerap nitrogen dari tanah, terutama pada musim kering dan saat cuaca dingin. Nitrogen (N) merupakan unsur mineral yang paling mudah bergerak dan tidak banyak tersedia di dalam tanah, serta sangat penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Menurut penelitian (Zohora dan Biswas, 2025). Batas kritis untuk nitrogen total di tanah teh diperkirakan sekitar 0,1%. Nitrogen berkontribusi pada 1 hingga 5% dari total bahan kering di tanaman. Nitrogen mendorong pertumbuhan vegetatif pada teh dan merupakan komponen penting dalam protein, asam nukleat, serta klorofil, yang semuanya meningkatkan aktivitas metabolik tanaman.

Nitrogen merupakan salah satu nutrisi yang sangat penting bagi tanaman teh karena berkontribusi signifikan pada hasil panen dan juga sebagai komponen asam amino, yang berdampak pada kualitas teh yang dihasilkan. Untuk mendapatkan hasil panen yang lebih baik, seringkali jumlah pupuk nitrogen yang berlebihan, terutama dalam bentuk urea, digunakan di kebun teh, karena pupuk nitrogen mudah bertransformasi menjadi nitrat dan terlarut dalam tanah yang asam. Hal ini sering mengakibatkan peningkatan biaya dan pencemaran lingkungan. Diperlukan pemahaman yang mendalam mengenai metabolisme nitrogen dalam tanaman teh dan mekanisme yang mendasarinya untuk mengidentifikasi faktor pengatur yang penting, mengkarakterisasi fenotipe yang berfungsi, dan akhirnya meningkatkan efisiensi penggunaan nitrogen. Tanaman teh dengan cara menyerap dan menggunakan amonium sebagai sumber utama nitrogen, meninggalkan sejumlah nitrat yang signifikan yang tetap aktif di tanah (Zhang *at el.*, 2023).

1.1.5 Pupuk Anorganik

Pupuk anorganik merupakan jenis pupuk anorganik yang dibuat melalui proses rekayasa di bidang kimia, fisika, atau biologi, berasal dari industri pupuk. Pupuk anorganik tunggal berarti bahwa pupuk ini hanya memiliki satu unsur hara. Pupuk anorganik atau anorganik telah lama digunakan sebagai

bahan utama dalam meningkatkan hasil pertanian (Pahlepi dkk., 2023). Menurut Widowati dkk., (2022), Pupuk anorganik yang digunakan oleh para petani terdiri dari makro dan mikro nutrisi. Berikut ini beberapa jenis pupuk anorganik yang sering diaplikasikan dalam pertanian

2.2.1 Jenis-Jenis Pupuk Anorganik

1. Pupuk urea

Pupuk urea adalah jenis yang paling terkenal di kalangan petani karena sangat efektif untuk tanah dan budidaya tanaman. Bahan-bahan ini diolah untuk menghasilkan nitrogen (N_2), hidrogen (H_2), dan karbon dioksida (CO_2). Ketika N_2 bertemu dengan H_2 , amonia terbentuk, dan ketika bereaksi dengan CO_2 , amonia menghasilkan urea. Pupuk urea adalah pupuk yang mengandung nitrogen (N) berkadar tinggi sebesar 45% - 56%. Unsur Nitrogen merupakan zat hara yang sangat diperlukan tanaman. Unsur nitrogen di dalam pupuk urea sangat bermanfaat bagi tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan. Manfaat lainnya antara lain pupuk urea membuat daun tanaman lebih hijau, rimbun, dan segar. Pemberian nitrogen yang optimal dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan sintesis protein, pembentukan klorofil yang menyebabkan warna daun menjadi lebih hijau dan meningkatkan ratio pucuk akar. Oleh karena itu pemberian nitrogen yang optimal dapat meningkatkan laju pertumbuhan tanaman (Gorong dkk., 2022).

2. Pupuk TSP

TSP (*Triple Super Phosphate*) adalah pupuk anorganik yang mengandung P dan Ca dengan kadar P_2O_5 mencapai 44 – 46% dan CaO mencapai 20%. Fosfat sangat diperlukan oleh tanaman pada saat pembentukan biji sehingga menjadi bentuk yang sempurna dan untuk mempercepat kemasakan buah serta tahan terhadap kekeringan. Kekurangan P pada kebanyakan tanaman terjadi sewaktu tanaman masih muda, karena belum adanya kemampuan yang seimbang antara penyerapan P oleh akar dan P yang dibutuhkan (Ramli, 2021).

3. Pupuk KCL

KCL dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang besar sehingga dalam pemberiannya dibutuhkan jumlah yang banyak. Kalium klorida (KCl) merupakan salah satu jenis pupuk kalium, dengan kandungan unsur hara dalam pupuk ini adalah 60% K_2O , pemberian kalium ke dalam tanah dapat menambah jumlah kalium tersedia, kalium penting dalam memacu pertumbuhan dan memperlancar terjadinya fotosintesis bahwa fungsi utama kalium (K) ialah membantu pembentukan protein dan karbohidrat. Kalium pun berperan dalam memperkuat tubuh tanaman (Zulkifli dan Sari, 2018).

4. Kiserit

Pupuk kieserite merupakan pupuk tunggal yang mengandung magnesium dan sulphur. Pupuk kieserite bisa disebut dengan pupuk magnesium sulfat. Pupuk kieserite memiliki fungsi untuk menaikkan pH tanah, sehingga tanah yang tadinya masam akan naik pH nya. Selain untuk menaikkan pH tanah juga dapat meningkatkan penyerapan unsur hara K dan P oleh tanaman. Unsur S yang terdapat pada pupuk kieserite bagi pertanian (Syafrani dkk., 2023).

2.2.2 Pengaruh Pupuk Anorganik

Pemakaian pupuk anorganik memiliki keuntungan serta kerugian. Berikut adalah beberapa keuntungan dari penggunaan pupuk anorganik:

- 1) Pupuk anorganik memiliki konsentrasi nutrisi yang tinggi, sehingga jumlah yang dibutuhkan lebih sedikit sesuai dengan kebutuhan berbagai tanaman. Pupuk anorganik bisa meningkatkan hasil panen tanaman dengan cepat.
- 2) Kesehatan tanaman terpenuhi dengan baik, yang mempercepat proses pertumbuhannya. Pupuk anorganik mengandung nutrisi yang cepat terurai, sehingga tanaman dapat segera menyerap mineral yang ada di dalamnya. Ini membuat pertumbuhan tanaman lebih cepat serta memberikan perlindungan dari hama dan penyakit.

3) Pengeluaran dalam pertanian menjadi lebih hemat. Ini disebabkan oleh kemudahan dan biaya rendah dalam penerapan pupuk anorganik, yang juga mengandung nutrisi sesuai dengan yang dibutuhkan tanaman.

Namun, jika pupuk anorganik tidak digunakan dengan hati-hati, mereka dapat menimbulkan efek negatif yang sering baru muncul setelah bertahun-tahun pemakaian. Berikut adalah beberapa dampak buruk dari penggunaan pupuk anorganik.

1) Tanah keras, Jika pupuk anorganik digunakan terus-menerus, tanah bisa jadi keras dan kehilangan porositasnya. Beberapa pupuk dapat membuat tingkat keasaman tanah meningkat secara signifikan. Asam klorida dan asam sulfat dalam tanah dapat melarutkan mineral-mineral tanah. Akibat asam-asam ini, tanah kehilangan porositasnya.

2) Menurunnya siklus air dan udara. Kekerasan tanah mengakibatkan tanah jadi tidak subur secara keseluruhan.

3) Pencemaran air. Pupuk anorganik yang digunakan berlebihan dapat mencemari air dan mengganggu ekosistem di sekitarnya. Nutrisi bisa masuk ke dalam air yang mengarah pada eutrofikasi, yang disebabkan oleh nutrisi pupuk seperti nitrat, fosfat, dan kalium, yang memicu pertumbuhan alga yang cepat. Pertumbuhan alga yang pesat ini bisa menurunkan kadar oksigen dan melepaskan racun ke dalam air. Hal ini dapat mengakibatkan kematian hewan air, dan jika dibiarkan, seluruh badan air bisa menjadi mati.

4) Menyebabkan masalah kesehatan. Kandungan nitrogen tinggi dalam pupuk kimia dapat meresap ke dalam tanah dan batuan akuifer, yang mencemari sumber air bersih dengan nitrat. Selain mencemari air tanah, kelebihan nitrogen ini dapat diserap oleh tanaman atau hewan, lalu dikonsumsi manusia, yang dapat mengakibatkan berbagai masalah kesehatan. Jika terlalu banyak, hal ini dapat menyebabkan keracunan nitrogen, yang dapat merusak DNA dan menimbulkan beberapa penyakit kronis seperti Alzheimer.

Pupuk anorganik yang pada awalnya meningkatkan hasil pertanian, pada akhirnya bisa menyebabkan penurunan hasil panen. Petani sering meningkatkan dosis pupuk anorganik untuk memulihkan hasil, yang mengarah pada peningkatan biaya operasional pertanian dan penurunan keuntungan. Tahun demi tahun, panen semakin menurun, dan di beberapa wilayah, hasil pertanian kini lebih rendah dibandingkan sebelum penggunaan pupuk anorganik dimulai puluhan tahun yang lalu. Peluang ekspor komoditas juga terhambat karena kekhawatiran tentang sisa kimia dalam produk pertanian (Widowati dkk., 2022).

1.1.6 Bio-kompos *Tea Waste*

Pengomposan merupakan pendekatan pengelolaan yang efektif untuk mengurangi jumlah limbah yang dapat terurai secara hayati. *Tea waste* atau limbah teh merupakan hasil sampingan proses pengolahan teh di pabrik berupa debu teh (fannings/dust atau fla) yang tidak memenuhi standar mutu produk, namun berdasarkan laporan Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) masih berpotensi dimanfaatkan karena mengandung bahan organik dan unsur hara. Limbah ini dapat berasal dari tahap pra-pengolahan seperti pembersihan dan pemangkasan daun) maupun pasca-pengolahan seperti serat dan debu teh. Limbah teh dengan EM4 sekitar 1 bulan, kompos mendekati matang jika warna coklat tua–hitam, bau tanah, tekstur remah, suhu mendekati lingkungan, kelembapan sedang dan pH sudah mendekati netral. Pada fase awal memang terbentuk asam-asam organik (pH turun/masam), lalu saat matang asam berkurang dan pH naik lagi menuju netral.

Peningkatan produksi dan konsumsi teh di seluruh dunia menyebabkan akumulasi limbah teh dalam jumlah besar, yang apabila tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan pencemaran udara, air, dan tanah karena kandungan bahan organik serta sifat asamnya. Limbah ini mengandung unsur hara memperbaiki tanah yang dapat dimanfaatkan dalam bidang pertanian, pangan, energi, dan lingkungan. Dalam pertanian, limbah teh dapat diolah menjadi kompos atau biofertilizer yang meningkatkan kesuburan tanah dan populasi bakteri pengikat nitrogen. Di bidang energi, limbah teh dapat dijadikan

biogas, biochar, atau biofuel melalui proses pirolisis. Selain itu, dalam industri pangan dan kosmetik, limbah teh juga digunakan sebagai sumber antioksidan alami, pewarna, serta bahan bioplastik ramah lingkungan. Dengan pengelolaan yang tepat, limbah teh tidak hanya mengurangi pencemaran lingkungan tetapi juga mendukung konsep ekonomi sirkular dan pembangunan berkelanjutan (Ummah dkk., 2025).

Menurut penelitian Liyanage *et al* (2022), Penerapan bahan organik merupakan teknik pengelolaan penting yang dapat meningkatkan dan memperbaiki atribut kualitas tanah serta mengubah siklus nutrisi melalui mineralisasi atau imobilisasi. Laju mineralisasi dan pelepasan nutrisi dari bahan organik menentukan kesesuaiannya sebagai pupuk. Nutrisi yang terikat pada residu dapat tersedia bagi tanaman dalam jumlah yang signifikan seiring waktu. Peningkatan unsur hara pada *tea waste* terjadi melalui proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme tanah yang menguraikan senyawa kompleks seperti selulosa dan lignin menjadi senyawa sederhana, kemudian dilanjutkan dengan mineralisasi yang mengubahnya menjadi bentuk anorganik yang tersedia bagi tanaman, seperti nitrogen dalam bentuk NH_4^+ dan NO_3^- , fosfor sebagai PO_4^{3-} , serta kalium (K^+). Penambahan *tea waste* juga meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), memperbaiki struktur tanah, dan merangsang aktivitas mikroba sehingga ketersediaan dan retensi unsur hara dalam tanah menjadi lebih optimal.

Selain itu, limbah teh domestik menyediakan media tanam yang sesuai untuk pertanian organik dan berkelanjutan. Namun, kandungan lignin dan selulosa dalam limbah teh menghambat efektivitasnya sebagai pengondisi tanah. Selain itu, mengubah limbah teh menjadi kompos merupakan pendekatan berkelanjutan yang menguntungkan pengelolaan limbah dan penyediaan pupuk untuk pertumbuhan menunjukkan bahwa penerapan amandemen kompos pada tanah marginal meningkatkan sifat-sifat tanah seperti unsur hara makro tanah, aktivitas mikroba, penyimpanan air, pH, dan struktur tanah, yang selanjutnya membantu menghasilkan tanaman hortikultura berkualitas tinggi. Pengomposan limbah dapat dilakukan melalui proses dekomposisi

aerobik. Selain itu, dekomposisi aerobik bahan organik dengan bakteri penghasil panas, seperti *Bacillus sp.*, mempercepat proses pengomposan dan menyediakan media tanam yang steril bagi tanaman. Selama penelitian ini, tidak ditemukan gulma dan hama, yang dicapai melalui proses pencernaan aerobik limbah teh (Panataria dkk., 2020).

1.1.7 Bakteri *Azotobacter*

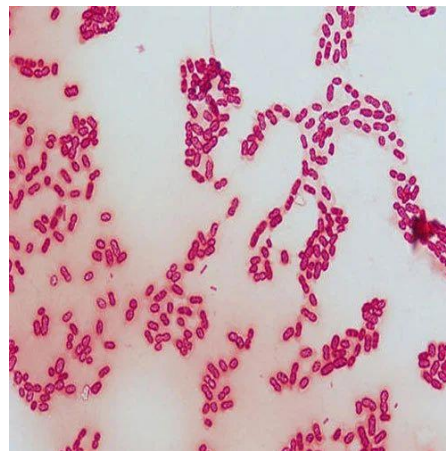
Menurut Madigan *et al* (2005), Klasifikasi dari *Azotobacter sp* adalah:

| | |
|---------|--|
| Kingdom | : <i>Bacteria</i> |
| Filum | : <i>Proteobacteria</i> |
| Kelas | : <i>Gamma proteobacteria</i> |
| Ordo | : <i>Rhodospirillales</i> |
| Family | : <i>Pseudomonadaceae</i> atau <i>Azotobacteraceae</i> |
| Genus | : <i>Azotobacter</i> |

Azotobacter merupakan organisme yang dapat meningkatkan jumlah nitrogen (N) yang ada di dalam tanah. *Azotobacter* bisa mengikat nitrogen (N) dari udara dengan lebih efisien dibandingkan dengan mikroba pengikat nitrogen (N) bebas lainnya. Agar mikroorganisme ini dapat berfungsi, mereka memerlukan bahan organik sebagai energi untuk berasosiasi dalam tanah. Selain itu, karbon organik juga berfungsi sebagai sumber energi untuk *Azotobacter*. Di tanah gambut yang memiliki banyak karbon organik, bakteri *Azotobacter* dapat tumbuh dan terus mengikat nitrogen. Selain itu, penting untuk melakukan penelitian mengenai efek bakteri *Azotobacter* dalam mengikat nitrogen dan pertumbuhan tanaman. Nitrogen yang meningkat karena bakteri *Azotobacter* bisa mempercepat pertumbuhan diameter tanaman. Diharapkan nitrogen yang diikat oleh bakteri ini akan dimanfaatkan oleh tanaman, sehingga dapat mendukung pertumbuhannya. Pertumbuhan akar yang lebih baik akibat *Azotobacter* berperan penting dalam pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Selain itu, keberadaan nitrogen yang difiksasi oleh *Azotobacter* juga membantu meningkatkan biomassa tanaman. Jumlah biomassa akan dipengaruhi oleh

jumlah nitrogen yang diserap oleh tanaman. Di samping itu, nitrogen dalam tanaman dapat berkontribusi sebagai bagian dari asam amino dan klorofil. Ini berpengaruh pada akumulasi fotosintat melalui proses fotosintesis yang berlangsung, dan hal ini dapat terlihat dari pertumbuhan berat kering tanaman (Ginting dkk., 2024).

Bakteri *Azotobacter* memiliki morfologi sel khas yang dapat diamati secara mikroskopis pada perbesaran 1000×, umumnya berbentuk kokoid hingga oval dengan susunan sel tunggal atau berkelompok sebagai berikut pada gambar 3.



Gambar 3. Bakteri *Azotobacter*

Azotobacter sp. memiliki bentuk sel besar lonjong, berukuran 2 μm , bentuk morfologi kokoid. *Azotobacter sp.* mempunyai bentuk sel tunggal, berpasangan atau bergerombol tidak teratur. *Azotobacter sp.* merupakan bakteri heterotrof Gram negatif. Pertumbuhan optimalnya adalah 20o-30oC dengan pH sekitar 7,0-7,5. *Azotobacter sp.* dapat dijumpai pada tanah netral sampai basa, pada lingkungan perairan dan pada rizosfir tanaman. Bakteri ini mampu tumbuh pada berbagai macam karbohidrat, alkohol, dan asam organik, selain mempunyai kemampuan memfiksasi nitrogen, *Azotobacter. sp* juga mampu menghasilkan hormon pertumbuhan tanaman dan antimikroba. *Azotobacter* dapat mengikat 10-20 mg nitrogen untuk setiap gram gula. Spesies *Azotobacter* adalah bakteri gram-negatif yang aerobik dan polimorfik, menunjukkan berbagai bentuk dan ukuran. Bakteri ini sensitif

terhadap asam, konsentrasi garam tinggi, dan suhu melebihi 35°C (Purba dkk., 2021).

Mekanisme *Azotobacter* mengikat nitrogen melalui proses fiksasi nitrogen bebas di udara (N_2) menjadi amonia (NH_3) menggunakan enzim nitrogenase, sebagai bakteri pengikat nitrogen nonsimbiosis yang hidup bebas di tanah, mengubahnya menjadi bentuk yang dapat diserap tanaman, sambil juga menghasilkan fitohormon seperti IAA untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan meningkatkan daya tahan tanaman. Reaksi kimia yang terjadi yaitu $N_2 \rightarrow NH_3 \rightarrow NH_4^+ \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$, nitrogen bebas (N_2) dari atmosfer menjadi amonia (NH_3) yang kemudian berada dalam bentuk amonium (NH_4^+) di tanah. Selanjutnya amonium dapat mengalami nitrifikasi menjadi nitrit (NO_2^-) dan nitrat (NO_3^-) yang dapat diserap tanaman.

Spesies *Azotobacter* yang paling sering digunakan dalam bioremediasi meliputi *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter agilis*, *Azotobacter paspali*, dan *Azotobacter vinelandii*. Di antara spesies tersebut, *Azotobacter chroococcum* sering ditemukan di tanah. Karena bersifat aerobik, penyediaan aerasi dapat meningkatkan pertumbuhannya. Bakteri pengikat nitrogen dari genus *Azotobacter* dapat meningkatkan kandungan nutrisi tanah. Bakteri ini mampu mendekomposisi berbagai molekul organik. Pertumbuhan *Azotobacter* dapat dipromosikan. Selain itu, *Azotobacter* pengikat nitrogen dapat meningkatkan kadar nutrisi di tanah. Bakteri ini juga mendekomposisi berbagai molekul organik, mempromosikan pertumbuhan mikroorganisme akar, dan menghambat jamur patogen. *Azotobacter* menunjukkan efektivitas yang kuat pada tanah yang terkontaminasi minyak. Ia memanfaatkan senyawa karbon yang terdapat dalam minyak sebagai sumber energi. Selain itu, bakteri *Azotobacter* menunjukkan ketahanan terhadap logam berat seperti Hg, Cd, Cu, Pb, dan Cr. Penelitian menunjukkan bahwa *Azotobacter* memiliki toleransi kromium (Cr) hingga 200 mg/L. Ia tetap tahan terhadap konsentrasi logam berat kromium sekitar 300 mg/L (Pranoto dkk., 2015).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Agustus hingga Desember 2025 di Laboratorium dan kebun Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung, Jawa Barat. Aplikasi inokulasi pada pupuk pada tanaman teh dilakukan di kebun percobaan PPTK Gambung, Klon B 5 tahun pangkas 3, Jawa Barat.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, timbangan analitik, cangkul, plastik, gunting panen, patok bambu, timbangan, colony conter, oven, ph meter, cawan petri, tabung reaksi, Erlenmeyer, *autoclave*, pipet, incubator, ose, gelas ukur, bunsen, shaker, laminar air flow, spatula, alat tulis, drigalski dan inkubator.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tanaman teh umur 27 tahun blok 5, sampel tanah, sampel akar, pupuk anorganik, pupuk *tea waste*, media Ashby's (Mannitol 20 g, Fosfat dipotassium 0,02 g, Magnesium sulfat heptahidrat, NaCl 0,85% 0,20 g, Kalium sulfat, 0,10 g, Kalsium karbonat 5 g, agar 15,0 g), larutan NaCl 0,85%, aquades steril, dan etanol 70%.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 16 Perlakuan dan 3 ulangan, sehingga terdapat 48 dalam percobaan (petak). Metode penelitian dibagi menjadi kegiatan lapangan

dan laboratorium. Pada tahap lapangan, penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 16 kombinasi perlakuan dan 3 ulangan sehingga diperoleh 48 unit percobaan pada tanaman teh (*Camellia sinensis*), dan seluruh parameter diamati langsung pada setiap plot. Sementara itu, untuk analisis laboratorium digunakan metode sampel komposit, yaitu sampel tanah dan akar dari tiga ulangan pada setiap perlakuan diambil dan dicampur secara homogen menjadi satu sampel representatif, sehingga diperoleh 16 sampel untuk dianalisis. Analisis laboratorium meliputi pengukuran pH tanah, isolasi serta perhitungan populasi bakteri *Azotobacter*, dan pengukuran volume akar.

Tabel 1. Perlakuan:

| No Plot | Perlakuan | Tea Waste (kg/ha/th) | % Anorganik | Kompos Tea Waste (kg) | Anorganik (kg) | | | |
|----------|-----------|-------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|-----|-----|---------|
| | | | | | Urea | TSP | KCl | Kiserit |
| 9,27,37 | T0K1 | 0 | 100% | 0 | 5,3 | 1,6 | 2,0 | 2,3 |
| 2,17,40 | T1K1 | 1000 | 100% | 5 | 5,3 | 1,6 | 2,0 | 2,3 |
| 7,24,36 | T2K1 | 2000 | 100% | 10 | 5,3 | 1,6 | 2,0 | 2,3 |
| 10,22,42 | T3K1 | 3000 | 100% | 15 | 5,3 | 1,6 | 2,0 | 2,3 |
| 13,31,38 | T0K7 | 0 | 75% | 0 | 4,0 | 1,2 | 1,5 | 1,7 |
| 15,21,33 | T1K7 | 1000 | 75% | 5 | 4,0 | 1,2 | 1,5 | 1,7 |
| 14,32,44 | T2K7 | 2000 | 75% | 10 | 4,0 | 1,2 | 1,5 | 1,7 |
| 8,26,41 | T3K7 | 3000 | 75% | 15 | 4,0 | 1,2 | 1,5 | 1,7 |
| 12,18,43 | T0K5 | 0 | 50% | 0 | 2,6 | 0,8 | 1,0 | 1,1 |
| 4,30,45 | T1K5 | 1000 | 50% | 5 | 2,6 | 0,8 | 1,0 | 1,1 |
| 16,29,34 | T2K5 | 2000 | 50% | 10 | 2,6 | 0,8 | 1,0 | 1,1 |
| 6,20,48 | T3K5 | 3000 | 50% | 15 | 2,6 | 0,8 | 1,0 | 1,1 |
| 1,19,39 | T0K0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3,23,35 | T1K0 | 1000 | 0 | 5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 11,25,46 | T2K0 | 2000 | 0 | 10 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 5,28,47 | T3K0 | 3000 | 0 | 15 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Tabel 2. Denah Perlakuan RAKL

| Nama Plot | Ulangan 1 | Nama Plot | Ulangan 2 | Nama Plot | Ulangan 3 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Baris 1 | T0K0 | Baris 32 | T2K7 | Baris 33 | T1K7 |
| Baris 2 | T1K1 | Baris 31 | T0K7 | Baris 34 | T2K5 |
| Baris 3 | T1K0 | Baris 30 | T1K5 | Baris 35 | T1K0 |
| Baris 4 | T1K5 | Baris 29 | T2K5 | Baris 36 | T2K1 |
| Baris 5 | T3K0 | Baris 28 | T3K0 | Baris 37 | T0K1 |
| Baris 6 | T3K5 | Baris 27 | T0K1 | Baris 38 | T0K7 |
| Baris 7 | T2K1 | Baris 26 | T3K7 | Baris 39 | T0K0 |
| Baris 8 | T3K7 | Baris 25 | T2K0 | Baris 40 | T1K1 |
| Baris 9 | T0K1 | Baris 24 | T2K1 | Baris 41 | T3K7 |
| Baris 10 | T3K1 | Baris 23 | T1K0 | Baris 42 | T3K1 |
| Baris 11 | T2K0 | Baris 22 | T3K1 | Baris 43 | T0K5 |
| Baris 12 | T0K5 | Baris 21 | T1K7 | Baris 44 | T2K7 |
| Baris 13 | T0K7 | Baris 20 | T3K5 | Baris 45 | T1K5 |
| Baris 14 | T2K7 | Baris 19 | T0K0 | Baris 46 | T2K0 |
| Baris 15 | T1K7 | Baris 18 | T0K5 | Baris 47 | T3K0 |
| Baris 16 | T2K5 | Baris 17 | T1K1 | Baris 48 | T3K5 |

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Persiapan Lahan dan Plucking Area

Prosedur kerja dimulai dengan melakukan pembagian lahan menjadi 48 plot berukuran masing-masing 50 m², sesuai dengan 16 perlakuan dan 3 ulangan dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL). Setiap blok (ulangan) terdiri dari 16 petak perlakuan yang diacak, dan diberi jarak antar plot minimal 1 meter sebagai batas dan jalur inspeksi. Penandaan dilakukan dengan memberi nomor pada tiap plot menggunakan patok bambu, yang mencantumkan kode perlakuan, dan seterusnya. Setelah plucking area selesai, lahan

dibersihkan dari gulma dan sisa tanaman tanpa merusak tanaman teh yang sudah ada dengan penyemprotan herbisida. Selanjutnya dilakukan dokumentasi denah dan posisi plot sebagai acuan selama penelitian berlangsung.

3.4.2 Pengaplikasian pupuk

Penelitian dilaksanakan pada lahan seluas 50 m²/plot yang dibagi pada masing-masing plot menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 16 perlakuan dan 3 ulangan. Setiap petak ditanami tanaman teh (*Camellia sinensis*) pada umur sekitar 27 tahun dengan kondisi yang seragam. Perlakuan terdiri dari Perlakuan penelitian terdiri atas kombinasi antara pupuk anorganik dan *tea waste*. Perlakuan pertama menggunakan 100% pupuk anorganik dengan tambahan *tea waste* sebanyak 0, 1, 2, dan 3 ton/ha. Perlakuan kedua yaitu 75% pupuk anorganik yang dipadukan dengan *tea waste* sebesar 0, 1, 2, dan 3 ton/ha. Perlakuan ketiga menggunakan 50% pupuk kimia yang dikombinasikan dengan *tea waste* pada dosis 1, 2, 3, dan 5 ton/ha. Sedangkan perlakuan keempat dilakukan tanpa pupuk anorganik (0%), tetapi diberikan *tea waste* sebanyak 0, 1, 2, dan 3 ton/ha. Pupuk diaplikasikan satu kali di awal perlakuan secara merata di sekitar pangkal tanaman.

3.4.3 Pengukuran Produksi Pucuk

Panen pucuk dilakukan secara berkala dalam Pengamatan dilakukan minimal 3 hari dan Maksimal 1 hari sebelum jadwal panen, yang berlangsung setiap 25–30 hari sekali sesuai siklus pemetikan di kebun teh PPTK Gambung, dengan memetik pucuk teh yang terdiri atas dua daun dan satu tunas dari tiap petak. Pucuk segar dikumpulkan dalam kantong plastik berlabel, lalu ditimbang menggunakan timbangan digital. Pengamatan dilakukan langsung pada seluruh 48 plot tanpa pengambilan sampel tanaman. Jumlah plucking point dihitung secara menyeluruh pada setiap plot dengan cara menyusuri barisan tanaman

dan mencatat seluruh pucuk siap petik yang terlihat. Hasil perhitungan plucking point dicatat per plot. Hasil panen dari setiap periode dicatat dan dijumlahkan sebagai total produksi pucuk per petak selama masa penelitian.

Rumus:

$$\text{Produksi (kg/ha)} = \frac{\text{Total berat pucuk (kg)}}{\text{Luas lahan (ha)}}$$

3.5 Parameter yang diamati

Selama penelitian yang berkaitan dengan tanaman teh, dilakukan pengamatan setelah pemakaian pupuk anorganik dan bio-kompos di kebun. Beberapa parameter diobservasi, termasuk pH tanah, volume akar, dan jumlah bakteri *Azotobacter* yang berfungsi sebagai indikator biologi tanah. Pengamatan juga mencakup indeks kualitas bahan baku (AMBB) untuk menilai kualitas fisiologis tanaman, serta jumlah tunas teh sebagai tanda hasil panen.

3.5.1 Pengukuran pH Tanah

Pengukuran pH tanah dilakukan dua kali, yaitu sebelum perlakuan dan setelah inkubasi 5 bulan. Sampel tanah diambil dari kedalaman ± 15 cm pada masing-masing petak. Sebanyak 20 gram tanah dimasukkan ke dalam gelas beaker dan ditambahkan 50 mL aquades steril (perbandingan 1:2,5), lalu diaduk rata. Setelah didiamkan selama 10 menit, pH tanah diukur menggunakan pH meter digital yang telah dikalibrasi. Hasil pH dicatat sebagai data awal dan data akhir (Yanti dan Kusuma, 2021).

3.5.2 Isolasi dan Perhitungan Populasi *Azotobacter*

Sampel tanah sebanyak 10 gram diambil dari zona perakaran tiap petak, kemudian dimasukkan ke dalam 90 mL larutan NaCl 0,85% dalam tabung reaksi steril. Untuk mengisolasi menggunakan metode

tuang, atau *pour plate*, digunakan. Pengenceran bertingkat dilakukan dengan pengenceran 10^{-1} . Kemudian diambil 1 mL larutan dari tabung reaksi dan dimasukkan ke dalam 9 mL larutan fisiologis pada tabung reaksi lain 10^{-2} , dibuat seri pengenceran hingga 10^{-7} . Masing-masing dibuat 3 ulangan kemudian diinkubasi pada suhu $27-28^{\circ}\text{C}$ selama 3-7 hari dengan posisi terbalik. Selanjutnya diambil 1 mL dari masing-masing pengenceran diinokulasikan ke dalam media Ashby dengan *pour* untuk pertumbuhan *Azotobacter*. Koloni *Azotobacter* yang tumbuh dihitung menggunakan *colony counter* dan hasilnya dinyatakan dalam satuan CFU/mL. Bentuk koloni bakteri *Azotobacter sp* dari media Ashby's Monitol Agar yaitu koloni kecil dan banyak, mengkilap, biasanya mempunyai permukaan yang datar dengan sedikit cekung di bagian tengah, seperti susu dan kelihatan bening. Koloni bakteri yang didapat kemudian dilakukan pemurnian dengan cara digoreskan dengan metode *streak plate* pada media Ashby's Monitol Agar dan diinkubasi selama 24 jam pada temperatur ruang 28°C .

Pemurnian isolat dilakukan dengan menggoreskan koloni tunggal yang terbentuk diatas lempeng agar medium *Azospirillum* dan medium Ashby Koloni yang tumbuh dihitung menggunakan perhitungan cawan TPC (*Total Plat Count*). Karakter morfologi bakteri meliputi warna, bentuk koloni, elevasi, bentuk tepian dan permukaan (Hermiati dkk., 2021).

Rumus:

$$\text{TPC} = \frac{\text{Jumlah Koloni}}{\text{Volume yang ditimbang}} \times \text{Faktor Pengenceran}$$

3.5.3 Pengukuran Volume Akar

Tanaman teh selama masa pengamatan, satu tanaman per petak dicabut secara hati-hati untuk menghindari kerusakan akar. Sampel

volume akar diambil dua kali yaitu diawal sebelum aplikasi pupuk dan di akhir penelitian setelah pengaplikasian pupuk kedua. Akar tanaman dibersihkan dari tanah menggunakan air bersih, kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur berisi 500 mL air. Kenaikan volume air diukur dan dicatat sebagai volume akar (dengan metode perpindahan volume/displacement).

Rumus : Volume akar = $V_0 - V_1$

3.5.4 Penilaian Analisis Mutu Bahan Baku (AMBB)

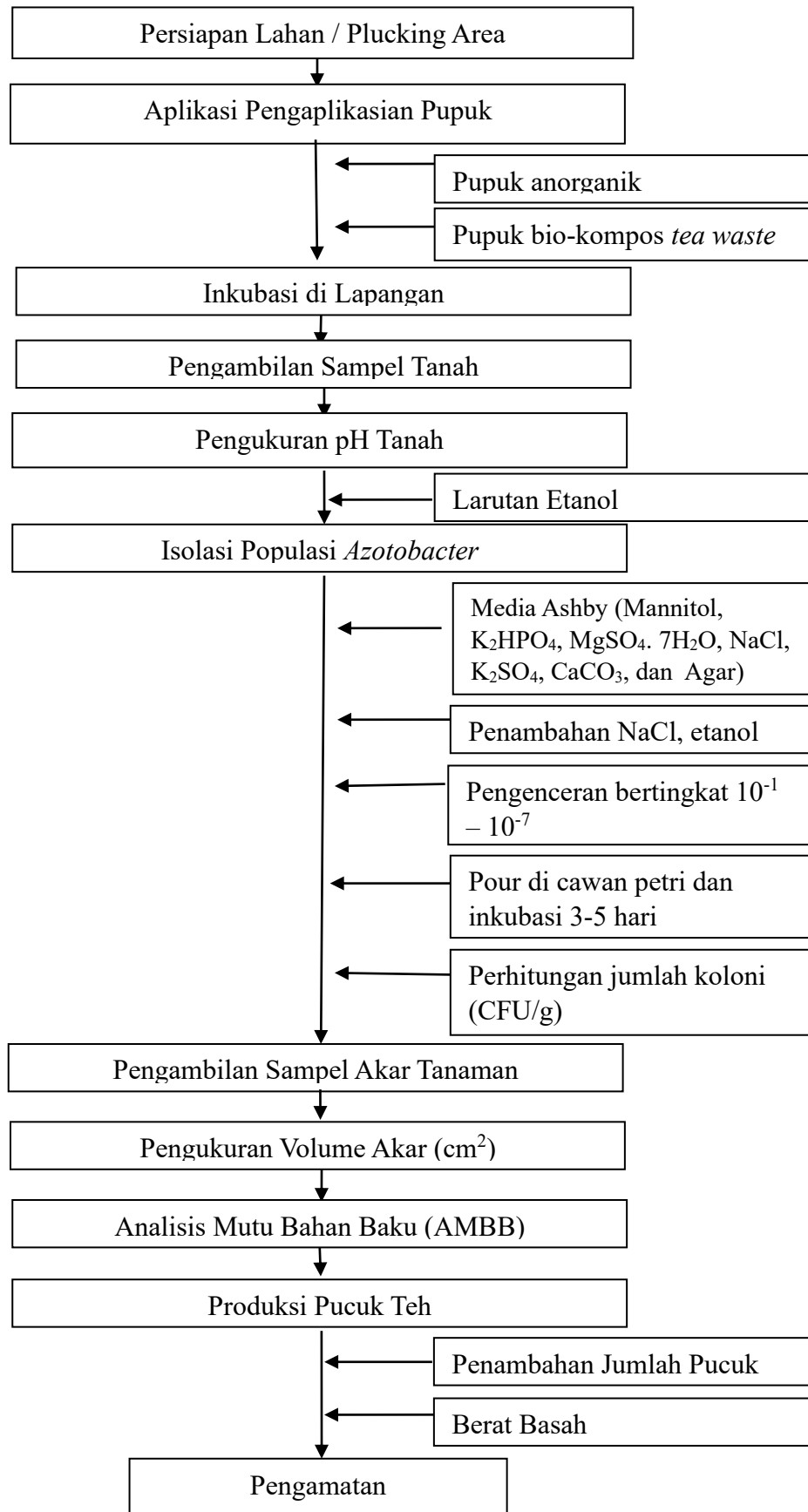
Penilaian mutu pucuk teh dilakukan terhadap pucuk segar hasil panen, dengan memperhatikan kualitas fisik berdasarkan parameter. Pucuk akan dipanen dalam 25-30 hari sekali, jumlah pucuk layak panen, warna daun, panjang pucuk, jumlah daun per pucuk, dan tingkat kerusakan atau cacat. Dalam menentukan kualitas pucuk teh dilakukan perhitungan rasio antara pucuk peko dan pucuk burung yang dihasilkan. Rasio standar pucuk peko dan pucuk burung adalah 2,3. Nilai ini didapatkan dari 70% jumlah pucuk peko dan 30% jumlah pucuk burung. Jumlah pucuk peko dan pucuk burung yang dihasilkan di lapangan dapat menentukan kandungan katekin yang dihasilkan pada teh yang telah diolah. Semakin banyak pucuk peko yang dihasilkan maka kandungan katekin pada teh juga meningkat (Santoso dkk., 2018).

Pemetikan dilakukan pada standar tiga daun dan satu tunas peko. Setelah panen, pucuk dari tiap petak dikumpulkan, diamati, dan dikelompokkan berdasarkan kategori mutu. Penilaian mutu berdasarkan sistem angka mutu bahan baku (AMBB) mengacu pada standar evaluasi mutu teh dari Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK), yang dinilai berdasarkan jumlah pucuk layak panen (baik) terhadap total pucuk yang dipetik.

3.6 Analisis Data

Data hasil pengamatan meliputi populasi *Azotobacter*, pH tanah, volume akar, dan mutu pucuk teh dianalisis menggunakan Analisis Ragam (ANOVA) berdasarkan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan bantuan program SPSS. Apabila terdapat perbedaan nyata ($p < 0,05$), analisis dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) untuk menentukan perlakuan terbaik.

3.7 Diagram Alir Penelitian



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat jumlah populasi bakteri *Azotobacter* yang teridentifikasi pada beberapa perlakuan setelah aplikasi pupuk, namun jumlah koloni $<10^2$ CFU/mL sehingga tidak memenuhi batas kuantifikasi TPC.
2. Produksi AMBB tertinggi terjadi pada September (5.143,9 kg), kemudian menurun pada Oktober (4.056,8 kg), meningkat kembali pada November (4.794,7 kg), dan sedikit menurun namun relatif stabil pada Desember (4.747,8 kg).
3. Didapat kombinasi perlakuan yang paling efektif pada jumlah bakteri *Azotobacter* yaitu pada T1K0 (15 Koloni) dan perlakuan yang paling efektif pada mutu pucuk adalah T1K0 (1000 kg *tea waste* + 0% pupuk anorganik) karena menghasilkan rata-rata pucuk tertinggi (105,7 kg) dengan rasio terendah (0,23) dan AMBB halus 60,7%

5.2 Saran

Pengelolaan pemupukan pada tanaman teh disarankan menerapkan kombinasi pupuk anorganik dan pupuk organik *tea waste* secara seimbang untuk menjaga stabilitas pH tanah, meningkatkan aktivitas mikroorganisme, serta mendukung pertumbuhan dan produksi pucuk secara optimal, sekaligus perlu didukung oleh penelitian lanjutan melalui pengamatan jangka panjang terhadap dinamika populasi *Azotobacter* dan evaluasi efek residual *tea waste* terhadap sifat fisika, kimia, dan biologi tanah guna memastikan keberlanjutan kesuburan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiyanti, F., dan Sita, K. 2022. Analisis Pengendalian Mutu Grade Teh Hijau dengan Metode Statistical Quality Control di Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung Kabupaten Bandung. *Jurnal Sains Teh dan Kina*, 1(1) : 29–36.
- Berek, A. K. 2017. Compost Tea and Its Use as a Source of Nutrients and Agents of Plant Security. *Journal Savana Cendana*, 2(04) : 68-70.
- Das, A. B., Gurung, C., and Ghosh, C. 2023. Differential Effects of Organic Inputs on Soil Fertility and Growth of Tea Plants. *Current Agriculture Research Journal*, 11(2).
- Dewanto, F. G., Londok, J. J., Tuturoong, R. A., dan Kaunang, W. B. 2013. Pengaruh Pemupukan Anorganik Dan Organik Terhadap Produksi Tanaman Jagung Sebagai Sumber Pakan. *Jurnal Zootec*, 32(5).
- Ferdiansyah, M. R., dan Zamzami, A. 2022. Evaluasi Metode Pemetikan Teh (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) untuk Memproduksi Teh Hijau di Perkebunan Teh Negara Kanaan, Bandung.
- Francioli, D., Schulz, E., Lentendu, G., Wubet, T., Buscot, F., and Reitz, T. 2016. Mineral vs. organic amendments: microbial community structure, activity and abundance of agriculturally relevant microbes are driven by long-term fertilization strategies. *Frontiers in microbiology Journal*, 7, 14-46.
- Ginting, D. S. N., Anshari, G. Z., dan Hayati, R. 2024. Pengaruh Bakteri *Azotobacter* Dalam Menambat Nitrogen Tersedia Dan Pertumbuhan Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays*) Pada Tanah Gambut. *Jurnal Pertanian Agros*, 26(1) : 5747-5758.

- Ginting, D. S. N., Anshari, G. Z., dan Hayati, R. 2024. Pengaruh Bakteri *Azotobacter* Dalam Menambat Nitrogen Tersedia Dan Pertumbuhan Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays*) Pada Tanah Gambut. *Jurnal Pertanian Agros*, 26(1) : 5747-5758.
- Gorong, A. S., Rondonuwu, J. J., dan Titah, T. 2022. Pengaruh Pemberian Pupuk Urea Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam (*Amaranthus tricolor* L) Pada Tanah Sawah Di Desa Ranoketang Atas. *Soil and Environment Journal*, 1(2) : 12-16.
- Hermiati, H., Nurtjahya, E., dan Mansur, I. 2021. Abundance and potency of Non-Symbiotic Nitrogen-Fixing Bacteria in Padang Sapu-sapu, Pejem Village, Bangka. *Jurnal Berkala Sainstek*, 9(2) : 95-102.
- Indriani, F. N., Hindersah, R., dan Suryatmana, P. 2017. N-Total, Serapan N, dan Pertumbuhan Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Akibat Inokulasi *Azotobacter* dan Bahan Organik pada Tailing Tambang Emas Pulau Buru, Maluku. *Jurnal soilrens*, 15(2).
- Jain, D., Kaur, G., Bhojiya, A. A., Chauhan, S., Khandelwal, S. K., Meena, R. H., dan Mohanty, S. R. 2021. Phenetic characterization of nitrogen fixing *Azotobacter* from rhizospheric soil of Southern Rajasthan. *Journal Pure Appl Microbiol*, 15(1) : 428-436.
- Liu, J., Wen, B., Liu, X., Yang, Y., Li, M., dan Wang, X. 2022. Molecular and metabolic changes under environmental stresses: the biosynthesis of quality components in preharvest tea shoots. *Journal Horticulturae*, 8(2) : 173.
- Liu, Y., Zhang, M., Li, Y., Zhang, Y., Huang, X., Yang, Y., ... & Jiang, T. (2023). Influence of nitrogen fertilizer application on soil acidification characteristics of tea plantations in karst areas of southwest China. *Agriculture*, 13(4), 849.
- Liyanage, M., Hanafi, M. M., Sulaiman, M. F., Ismail, R., Gunaratne, G., Dharmakeerthi, S., ... & Mayakaduwa, A. (2022). Consequences of nitrogen mineralization dynamics for soil health restoration of degraded tea-growing soil using organic amendments. *Chilean journal of agricultural research*, 82(2), 199-210.
- Lubis, R. A. F., Ginting, W. M., Sipahutar, D. M., dan Sipayung, A. R. 2024. Identifikasi Asam Amino dan Protein Pada Bahan Makanan Dengan Menggunakan Uji Ninhidrin dan Uji Biuret. *Jurnal Sains Indonesiana*, 2(3) : 10-14.

- Long, L., Shi, Y., Ma, L., dan Ruan, J. 2022. Characterization of young shoot population, yield, and nitrogen demands of tea (*Camellia sinensis* L.) harvested under different standards. *Journal Horticulturae*, 8(4) : 275.
- Muhamad Rofi, U.2020. *Uji Aktivitas Larutan Infusa The (Camelia sinensis (L.) Kuntze) dengan Penambahan Bawang Putih (Allium sativum L.) Terhadap Bakteri Shigella Dysenteriae* (Doctoral Dissertation, Stikes Bth Tasikmalaya). Tasikmalaya.
- Pahlepi, R., Dewi, A. S., Gaol, R. A. L., Kuswarak, K., Ahiruddin, A., Muzahit, Z., dan Awalani, I. 2023. Upaya Mengurangi Penggunaan Pupuk Kimia Melalui Penyuluhan Pentingnya Penggunaan Pupuk Organik Bagi Kelompok Wanita Tani (Kwt) Mekar Jaya, Tanggamus. *Jurnal Abdi Masyarakat Saburai (JAMS)*, 4(02) : 163-171.
- Panataria, L. R., Ginting, C. D., dan Sihombing, P. 2020. Analisa Kandungan Hara Kompos Limbah Daun Teh. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 22(3) : 178-182.
- Patti, P. S., Kaya, E., dan Silahooy, C. 2013. Analisis status nitrogen tanah dalam kaitannya dengan serapan N oleh tanaman padi sawah di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Agrologia*, 2(1), 288-809.
- [PPTK Gambung] Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung. 2006. *Petunjuk Kultur Teknis Tanaman Teh. Edisi ketiga*. Bogor (ID): Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung.
- Pranoto, E., Pratiwi, S., Wachyuni, H., dan Anindita, S. 2015. Pola Sebaran Populasi *Azotobacter* Sp Dan Bahan Organik Pada Berbagai Kelas Kemiringan Lereng Perkebunan Teh Dataran Tinggi Pptk Gambung (Population Distribution Pattern Of *Azotobacter* Sp And Organic Material On Variety Slope Classification Of Tea Highland. *Journal Biospecies*, 8(1).
- Prasetio, I. G. A., Nur'aini, N. A., Fauziah, A. N., Meliyaningsih, P., dan Wahyudin, U. F. 2025. Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Pada Pupuk Organik Cair Dengan Bioaktivator B-8 Ternak Untuk Meningkatkan Kualitas Tanah. *Jurnal Lingkungan dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 8(1) : 82-93.
- Pratiwi, T., Rois, R., dan Toana, M. R. C. 2022. Identifikasi Bakteri *Azotobacter* Sp. Asal Rizosfer Tanaman Padi Pada Lahan Sawah Intensif Di Kabupaten Sigi. *Agrotekbis: Jurnal Ilmu Pertanian (e-journal)*, 10(4) : 452-463.

- Prayoga, M. K., Syahrian, H., Rahadi, V. P., dan Rohdiana, D. 2022. Jurnal Sains Teh dan Kina. *Jurnal Sains Teh dan Kina*, 1, 2.
- Purba, T., Ningsih, H., Purwaningsih, P., Junaedi, A. S., Gunawan, B., Junairiah, J., dan Arsi, A. 2021. *Tanah dan nutrisi tanaman*. Yayasan Kita Menulis.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2024. *Outlook Komoditas Perkebunan: Teh 2024*. Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Jakarta.
- Radar dePlantation. 2021. *Analisis kinerja dan prospek komoditas teh*. RADAR dePlantation.com, Volume 2, Nomor 1, Januari 2021.
<https://deplantation.com>
- Ramli, N. 2021. Pengaruh Aplikasi Triple Super Phosphate (TSP) dalam Meningkatkan Produksi Tanaman Kacang Panjang (*Vigna sinensis* L.). *Jurnal Penelitian Agrosamudra*, 8(1) : 18-33.
- Razaq, M., Zhang, P., Shen, H. L., dan Salahuddin. 2017. Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of Acer mono. *PloS one*, 12(2) : 171-321.
- Rum, I.A., Maulana, R.A., Santoso, R. and Fatmawati, F., 2025. Viability test of lactic acid bacteria and lactic acid content in few commercial probiotic gels. *International Journal for Multidisciplinary Research (IJFMR)*, 7(4).
- Santoso, J., Yusdian, Y., Kantikowati, E., dan Mulyawan, A. 2018. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Teh (*Camellia senensis* (L.) O. Kuntze) Klon Gambung 7. *Agro Tatanen Jurnal Ilmiah Pertanian*, 1(1) : 33-40.
- Sarkar, S., Majumder, S., Ghosh, A., Saha, S., Acharyya, S., Chakraborty, S., and Bhattacharya, M. 2022. Metabolomic exploration of CTC tea manufacturing waste validates its potentiality as organic fertilizer. *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 4(2) : 41-48.
- Sari, R., dan Prayudyaningsih, R. 2015. Rhizobium: pemanfaatannya sebagai bakteri penambat nitrogen. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 12(1) : 51-64.
- Sial, T. A., Liu, J., Zhao, Y., Khan, M. N., Lan, Z., Zhang, J., and Rajpar, I. 2019. Co-application of milk *tea waste* and NPK fertilizers to improve sandy soil biochemical properties and wheat growth. *Molecules*, 24(3) : 423.

- Syafrani, S., Ihsan, F., dan Febriyani, S. 2023. Interaksi Pupuk Limbah Ikan Padat Dengan Pupuk Kieserite Terhadap Pertumbuhan Bibit Pinang (*Areca catechu*. L). *Jurnal Agrotela*, 3(1) : 58-64.
- Syifa, T., Isnaeni, S., dan Rosmala, A. 2020. Pengaruh jenis pupuk anorganik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pagoda (*Brassicae narinosa* L). *AGROSCRIPT: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 2(1) : 21-33.
- Soil, E. M. 2022. Karakter Bakteri *Azotobacter* dan *Azospirillum* dari Rizosfer Tanaman Lada di Lahan Bekas Tambang Timah. *Jurnal Bios Logos*, 12(1).
- Ummah, K., Aryadi, A., Muliawati, E. C., Wiranto, I., Andriani, N. A., Fajri, R., dan Pawawoi, P. 2025. *Kimia Modern: Teori, Aplikasi dan Inovasi Teknologi*. CV. Gita Lentera.
- Wahyudin, A. A., Bakti, C., Maxiselly, Y., Prayoga, M. K., Syahrian, H., Rahadi, V. P., dan Karuniawan, A. 2025. Penilaian Keragaman Morfologi Teh (*Camellia sinensis*) Berdasarkan Karakter Daun dan Bunga saat Periode Reproduksi. *Journal of Agricultural Technology*, 23(2) : 101-113. Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran.
- Widowati, L. R., Hartatik, W., Setyorini, D., dan Trisnawati, Y. 2022. *Pupuk organik: Dibuatnya mudah, hasil tanam melimpah (Cet. 1)*. Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Xin, W., Zhang, J., Yu, Y., Tian, Y., Li, H., Chen, X., dan Tang, W. 2024. Root microbiota of tea plants regulate nitrogen homeostasis and theanine synthesis to influence tea quality. *Current Biology*, 34(4), 868-880.
- Yanti, I. K. A., dan Kusuma, Y. R. 2021. Pengaruh kadar air dalam tanah terhadap kadar c-organik dan keasaman (pH) tanah. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 92-97.
- Yang, B., Zhang, H., Ke, W., Jiang, J., Xiao, Y., Tian, J., ... & Fang, W. (2023). Effect of soil acidification on the production of Se-rich tea. *Plants*, 12(15), 2882.
- Zhang, W., Ni, K., Long, L., and Ruan, J. 2023. Nitrogen transport and assimilation in tea plant (*Camellia sinensis*): a review. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1249202.
- Zohora, K. F. T., and Biswas, A. 2025. An Assessment of Nutritional Deficiency Symptoms in the Tea Plant (*Camellia sinensis* L.) Through Field Survey.

Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 13(1) : 118-127.

Zulkifli, Z., dan Sari, P. L. 2018. Uji pupuk KCl dan bokasi gulma terhadap produksi tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata Sturt*). *Dinamika Pertanian*, 34(1) : 19-26.