

**PENGARUH DOSIS KOMPOS KOTORAN SAPI DAN KEPADATAN
BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS* TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT
KAKAO (*Theobroma cacao* L.)**

SRY RAHAYU NINGSIH

G011 18 1378



**DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**PENGARUH DOSIS KOMPOS KOTORAN SAPI DAN KEPADATAN
BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS* TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT
KAKAO (*Theobroma cacao* L.)**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Menempuh Ujian Sarjana Pada
Program Studi Agroteknologi Departemen Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin**

**SRY RAHAYU NINGSIH
G011181378**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

PENGARUH DOSIS KOMPOS KOTORAN SAPI DAN KEPADATAN
BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS* TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT

KAKAO (*Theobroma cacao* L.)

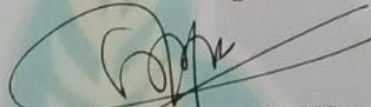
SRY RAHAYU NINGSIH
G011 18 1378

Skripsi Sarjana Lengkap
Disusun sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana
Pada
Departemen Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
Makassar

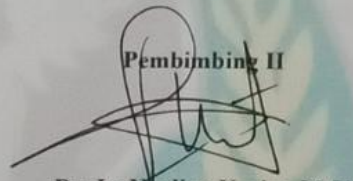
Makassar, Oktober 2022

Menyetujui:

Pembimbing I


Prof. Dr. Ir. Nasaruddin, MS.
19550106 198312 1 001

Pembimbing II


Dr. Ir. Nurlina Kasim, M.Si
19620618 199103 2 001

Mengetahui
Ketua Departemen Budidaya Pertanian


Dr. Ir. Hani Iswovo S.P., M.A
NIP. 19760508 200501 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sry Rahayu Ningsih
NIM : G011 18 1378
Program Studi : Agroteknologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

“Pengaruh Dosis Kompos Kotoran Sapi dan Kepadatan Bakteri *Bacillus subtilis* terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.)”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang tulis ini bebar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Oktober 2022



METERAL
TEMPET

Sry Rahayu Ningsih

ABSTRAK

Sry Rahayu Ningsih (G011 18 1378). PENGARUH DOSIS KOMPOS KOTORAN SAPI DAN KEPADATAN BAKTERI *Bacillus subtilis* TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.) dibimbing oleh Nasaruddin dan Nurlina Kasim.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan mengetahui pengaruh dosis kompos kotoran sapi dan pemberian kepadatan bakteri *Bacillus subtilis* yang berbeda terhadap pertumbuhan bibit kakao. Penelitian dilaksanakan di *Teaching Farm* Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan, sejak awal bulan November 2021 sampai dengan awal bulan Februari 2022. Penelitian disusun dalam bentuk percobaan Rancangan Petak Terpisah (RPT). Petak utama yaitu dosis kompos kotoran sapi yang terdiri atas tiga taraf yaitu tanpa kompos, kompos dengan dosis 1,25 kg/polybag dan kompos dengan dosis 2,5 kg/polybag. Sedangkan anak petak adalah kepadatan bakteri *Bacillus subtilis* yang terdiri atas empat taraf yaitu tanpa bakteri *Bacillus subtilis*, bakteri *Bacillus subtilis* dengan kepadatan 10^4 CFU.mL⁻¹, dengan kepadatan 10^8 CFU.mL⁻¹, dan dengan kepadatan 10^{12} CFU.mL⁻¹. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara perlakuan pemberian kompos kotoran sapi dengan dosis 2,5 kg/polybag dan bakteri *Bacillus subtilis* dengan kepadatan 10^{12} CFU.mL⁻¹ pada parameter klorofil a ($347,91 \mu\text{mol.m}^{-2}$), klorofil b ($158,33 \mu\text{mol.m}^{-2}$), klorofil total ($444,57 \mu\text{mol.m}^{-2}$) dan luas daun bibit kakao ($813,96 \text{ cm}^2$). Dosis kompos 2,5 kg/polybag memberikan hasil terbaik pada parameter tinggi tanaman (8,98 cm) dan jumlah daun flush (6,53 helai). Kepadatan bakteri *Bacillus subtilis* 10^8 CFU.mL⁻¹ memberikan hasil terbaik pada parameter tinggi tanaman (8,83 cm) dan kepadatan bakteri *Bacillus subtilis* 10^{12} CFU.mL⁻¹ memberikan hasil terbaik pada penambahan diameter batang (0,96 cm) pada bibit kakao.

Kata Kunci: *Bacillus subtilis*, kakao, kompos kotoran sapi.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun skripsi penelitian yang berjudul “Pengaruh Dosis Kompos Kotoran Sapi dan Kepadatan Bakteri *Bacillus subtilis* terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.)”.

Penulis juga menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, penulisan skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik, karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang tulus kepada kedua orang tua, Ayahanda Sakaria dan Ibunda Sakkarupe atas curahan kasih sayang, motivasi dan doa yang membuat penulis tetap semangat mewujudkan harapan menjadi sarjana yang dititipkan kepada penulis. Saudara-saudari penulis, Kakak Lisa Pratiwi A.md.Keb., Kakak Ashar A.md.Kes., dan Adik Rafli serta seluruh keluarga besar penulis yang telah banyak memberikan inspirasi, perhatian, dan bantuan baik moril maupun materil. Terima kasih kepada Dosen pembimbing Bapak Prof. Dr. Ir. Nasaruddin, MS. dan Ibu Dr. Ir. Nurlina Kasim, M.Si atas arahan dan bimbingan serta dengan penuh kesabaran dan pengertian telah meluangkan waktunya untuk mendidik penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT memberikan perlindungan, kesehatan dan pahala yang berlipat ganda atas segala kebaikan yang diberikan kepada penulis selama ini. Ucapan terima kasih dihantarkan pula kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Ambo Ala, MS., Ibu Dr. Ifayanti Ridwan Saleh, SP. MP., dan Nuniek Widiayani, SP. MP. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang sangat bermanfaat kepada penulis.

2. Bapak Dr. Ir. Hari Iswoyo, S.P, M.A selaku ketua Departemen Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, serta seluruh Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Pertanian, khususnya Departemen Budidaya Pertanian, yang telah banyak mendidik dan memberi ilmu pengetahuan selama penyusun menempuh pendidikan di Departemen Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin.
3. Terima kasih untuk Johan yang telah meluangkan banyak waktu dan tenaga kapanpun penulis membutuhkan bantuan selama proses penelitian serta mendampingi dan memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga apa yang diinginkan dapat segera tercapai dan dimudahkan dalam segala urusannya.
4. Sakinah Salam Adnan yang telah menjadi teman penelitian yang saling memberi dukungan dan bantuan serta saling memotivasi dalam penyelesaian skripsi ini, semoga dilancarkan segala urusan dalam penyelesaian studinya maupun setelahnya.
5. Terkhusus Siti Nurhalizah, Sherly Juliani, Andi Cinnong, dan Ertina Ayu yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama proses penelitian, semoga dimudahkan segala urusannya.
6. Andra Anwar yang telah menjadi teman selama kuliah hingga semester akhir yang telah memberikan banyak bantuan dan masukan selama proses penyelesaian skripsi ini.
7. Pihak-pihak yang telah memberikan bantuan selama proses penyelesaian skripsi ini terutama Kak Reynaldi Laurenze, S.P, Yuni Rahmi Utami, Febry Zulqoidah, Nirwansyah Amir, S.P, Moh. Nur Faiz, S.P, Azwan Adhe Putra, S.P, dan Arif

Mualim.

8. Saudara saudari seperjuangan H18RIDA tanpa terkecuali yang telah memberikan bantuan selama kuliah hingga tahap akhir ini, waktu yang sangat berharga bersama kalian dan senang telah mengenal kalian.
9. Seluruh pihak yang telah memberikan semangat dan dukungan dari awal penelitian hingga terselesaikannya penelitian ini yang tidak bisa Penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca yang dapat membangun untuk menyempurnakan skripsi ini. Akhir kata semoga skripsi ini diberkahi oleh Allah Azza Wa Jalla dan dapat bermanfaat bagi pembaca.

Makassar, Oktober 2022

Sry Rahayu Ningsih

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	X
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Hipotesis Penelitian.....	4
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembibitan Tanaman Kakao.....	5
2.2 Kompos Kotoran Sapi.....	9
2.3 Bakteri <i>Bacillus subtilis</i>	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Tempat dan Waktu.....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Metode Penelitian.....	14
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.5 Variabel Pengamatan.....	17
3.6 Analisis Data.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil.....	21
4.2 Pembahasan.....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Rumus dan konstanta kadar klorofil.....	18
2.	Rata-rata pertambahan tinggi tanaman (cm).....	21
3.	Rata-rata pertambahan diameter batang (cm).....	23
4.	Rata-rata pertambahan jumlah daun flush (helai).....	2
5.	Rata-rata klorofil a ($\mu\text{mol.m}^{-2}$).....	23
6.	Rata-rata klorofil b ($\mu\text{mol.m}^{-2}$).....	25
7.	Rata-rata klorofil total ($\mu\text{mol.m}^{-2}$).....	27
8.	Rata-rata pertambahan luas daun (cm^2).....	31

Nomor	Lampiran	Halaman
1a	Rata-rata pertambahan tinggi tanaman (cm)	49
1b	Sidik ragam rata-rata pertambahan tinggi tanaman	49
2a	Rata-rata pertambahan diameter batang (cm)	50
2b	Sidik ragam rata-rata pertambahan diameter batang	50
3a	Rata-rata jumlah daun flush (helai).....	51
3b	Data hasil transformasi (\sqrt{x}) rata-rata jumlah daun flush.....	52
3c	Sidik ragam hasil transformasi (\sqrt{x}) rata-rata jumlah daun flush.....	52
4a	Rata-rata klorofil a ($\mu\text{mol.m}^{-2}$)	53
4b	Sidik ragam rata-rata klorofil a.....	53
5a	Rata-rata klorofil b ($\mu\text{mol.m}^{-2}$).....	54
5b	Sidik ragam rata-rata klorofil b	54
6a	Rata-rata klorofil total ($\mu\text{mol.m}^{-2}$).....	55
6b	Sidik ragam rata-rata klorofil total.....	55
7a	Rata-rata kepadatan stomata daun (mm^2).....	56
7b	Data hasil transformasi (\sqrt{x}) rata-rata kepadatan stomata	56
7c	Sidik ragam hasil transformasi (\sqrt{x}) rata-rata kepadatan stomata.....	57
8a	Rata-rata luas bukaan stomata (mm^2).....	58

8b	Sidik ragam luas bukaan stomata.....	58
9a	Rata-rata luas daun (cm ²).....	59
9b	Data hasil transformasi (\sqrt{x}) rata-rata luas daun.....	59
9c	Sidik ragam hasil transformasi (\sqrt{x}) rata-rata luas daun.....	60

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Bagan prosedur penelitian.....	15
2.	Grafik korelasi bivariat tinggi tanaman terhadap pemberian beberapa dosis kompos dan kepadatan bakteri <i>Bacillus subtilis</i>	22
3.	Grafik korelasi bivariat klorofil a terhadap pemberian beberapa dosis kompos dan kepadatan bakteri <i>Bacillus subtilis</i>	25
4.	Grafik korelasi bivariat klorofil a terhadap pemberian beberapa dosis kompos dan kepadatan bakteri <i>Bacillus subtilis</i>	27
5.	Grafik korelasi bivariat klorofil total terhadap pemberian beberapa dosis kompos dan kepadatan bakteri <i>Bacillus subtilis</i>	29
6.	Rata-rata kerapatan stomata (mm ²).....	31
7.	Rata-rata luas bukaan stomata (µm ²).....	32
8.	Grafik korelasi bivariat luas daun terhadap pemberian beberapa dosis kompos dan kepadatan bakteri <i>Bacillus subtilis</i>	34
9.	Grafik korelasi bivariat klorofil total terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang dan luas daun.....	36

Nomor	Lampiran	Halaman
1.	Denah penelitian di lapangan.....	48
2.	Bibit tanaman kakao yang telah dipindahkan di <i>polybag</i>	61
3.	Kompos kotoran sapi.....	61
4.	Inokulasi bakteri <i>Bacillus subtilis</i>	61
5.	Bibit tanaman kakao umur 1 MST	61
6.	Penyiangan	61
7.	Pengaplikasian bakteri <i>Bacillus subtilis</i> pada bibit kakao	61
8.	Pengukuran luas daun bibit kakao.....	62

9. Pengukuran tinggi bibit kakao	62
10. Pengukuran diameter batang bibit kakao menggunakan jangka sorong	62
11. Penyemprotan insektisida pada bibit kakao	62
12. Pengolesan kuteks bening pada daun bibit kakao	62
13. Pengambilan sampel stomata daun menggunakan selotip	62
14. Pengamatan stomata daun bibit kakao menggunakan mikroskop.....	63
15. Pengambilan dokumentasi stomata.....	63
16. Pengambilan sampel daun untuk pengukuran klorofil daun	63
17. Pengambilan sampel tanah sebelum diberikan perlakuan.....	63
18. Pengambilan sampel tanah setelah diberikan perlakuan	63
19. Hasil analisis kesuburan tanah	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu tanaman tahunan yang bernilai ekonomi di dunia termasuk di Indonesia. Kakao memegang peranan penting dalam perekonomian Indonesia yaitu sebagai penghasil devisa negara, sumber pendapatan petani, penciptaan lapangan pekerjaan, mendorong agribisnis dan agroindustri dalam negeri dan pelestarian lingkungan. Luas areal perkebunan kakao Indonesia tersebar di seluruh wilayah Indonesia dengan sentranya terdapat di wilayah Sulawesi. Produksi kakao di wilayah Sulawesi Tengah sebesar 18%, Sulawesi Tenggara sebesar 16%, Sulawesi Selatan sebesar 15%, dan Sulawesi Barat sebesar 11% serta wilayah lainnya sebesar 40% (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2020).

Pada tahun 2016 produksi kakao di Indonesia sebesar 658.399 ton, pada tahun 2017 produksinya menurun menjadi 590.684 ton, tahun 2018 produksi kakao Indonesia mengalami peningkatan menjadi 767.280 ton. Pada tahun 2019 produksi kakao di Indonesia menurun menjadi 734.796 ton dan pada tahun 2020 produksi kakao di Indonesia kembali mengalami penurunan menjadi 713.378 ton (Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia, 2020). Data produksi tanaman kakao di Indonesia selama 5 tahun terakhir yang dikeluarkan oleh *International Cocoa Organization* (ICCO) terjadi penurunan dari 320.000 ton pada tahun 2016 menjadi 200.000 ton pada tahun 2020 (Abdoellah, 2021).

Penurunan produksi dan produktivitas kakao di Indonesia terutama disebabkan oleh beberapa faktor yaitu serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), pemeliharaan kebun yang kurang optimal dan pohon-pohon yang sudah tua menyebabkan tanaman tidak produktif (Sulistyowati, 2014). Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam perbaikan produksi melalui rehabilitasi dan peremajaan dengan penyediaan bibit yang berkualitas. Pembibitan kakao berperan penting dalam menghasilkan kualitas bibit yang bermutu. Banyak upaya yang telah dilakukan untuk mendapatkan bibit yang berkualitas, salah satunya perbaikan media tanam dengan campuran bahan organik. Menurut Tambunan (2009) standar umum tanah yang digunakan dalam pembibitan adalah lapisan tanah atas (*top soil*) yang umumnya cukup subur dan gembur. Berbagai jenis campuran media tanam yang dapat digunakan, seperti limbah ternak salah satunya kotoran sapi. Kotoran sapi berpotensi dijadikan kompos karena memiliki kandungan nitrogen 0,4-1,0%, fosfor 0,2-0,5%, kalium 0,1-1,5%, dan unsur mikro lain (Dewi *et al.*, 2017).

Kompos kotoran sapi sebagai media tanam dapat diaplikasikan secara mandiri maupun bersama dengan agen hayati (mikroba) yang bersifat menguntungkan bagi tanaman. Menurut Cardoso *et al.*, (2013) peningkatan kandungan bahan organik tanah akan merangsang aktivitas mikroba tanah. Selain itu, bahan organik juga mengandung asam-asam organik yang membantu membebaskan unsur-unsur yang terikat sehingga mudah diserap oleh tanaman (Barus *et al.*, 2013). Untuk menunjang hal tersebut maka pengaplikasian kompos kotoran sapi dikombinasikan dengan bakteri *Bacillus subtilis* yang tergolong bakteri saprofit sehingga bahan organik dimanfaatkan untuk mendapatkan

makanan. Bakteri ini memiliki kemampuan sebagai penyedia hara disebabkan kemampuannya dalam melarutkan mineral-mineral dalam bentuk senyawa kompleks menjadi ion sehingga dapat diserap oleh tanaman (Rohbianti, 2020).

Bakteri *Bacillus subtilis* dapat masuk ke dalam jaringan tanaman melalui akar tanaman maupun bagian lain pada tanaman seperti bunga, lentisel pada batang ataupun luka alami dan stomata. Kemudian bakteri *Bacillus subtilis* yang telah masuk ke dalam jaringan tanaman akan berkoloni pada bagian yang dilaluinya untuk masuk atau menyebar ke seluruh bagian tanaman melalui jaringan pengangkut. Di dalam tanaman, bakteri *Bacillus subtilis* menghasilkan senyawa enzim *siderofor* yang dapat meningkatkan kandungan klorofil pada daun (Zulkifli *et al.*, 2016). Hal tersebut juga dibuktikan oleh Subakti *et al.*, (2021) yang menyatakan bahwa pengaplikasian *Bacillus subtilis* meningkatkan kandungan klorofil daun dan tinggi tanaman kopi.

Pemberian bakteri *Bacillus subtilis* dengan kepadatan yang berbeda berpengaruh terhadap parameter pengamatan jumlah koloni, tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun dan luas daun bibit kakao umur 4 bulan. Pemberian bakteri *Bacillus subtilis* dengan kepadatan 10^{11} CFU.mL⁻¹ mampu meningkatkan pertumbuhan bibit kakao melalui pertambahan tinggi, diameter batang, jumlah daun, luas daun dan jumlah koloni yang lebih baik (Puspita *et al.*, 2018).

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian dengan pengaplikasian kompos kotoran sapi yang dapat menyediakan hara bagi tanaman dan mikroorganisme dalam tanah serta bakteri *Bacillus subtilis* yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bibit tanaman kakao. Oleh karena itu penelitian ini

bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis kompos kotoran sapi dan kepadatan bakteri *Bacillus subtilis* terhadap pertumbuhan bibit kakao.

1.2 Hipotesis

1. Terdapat interaksi antara dosis kompos kotoran sapi dan kepadatan bakteri *Bacillus subtilis* terhadap pertumbuhan bibit kakao.
2. Terdapat salah satu dosis kompos kotoran sapi yang berpengaruh lebih baik terhadap pertumbuhan bibit kakao.
3. Terdapat salah satu kepadatan bakteri *Bacillus subtilis* yang berpengaruh lebih baik terhadap pertumbuhan bibit kakao.

1.3 Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Mempelajari dan mengetahui interaksi pengaplikasian dosis kompos kotoran sapi dan kepadatan *Bacillus subtilis* terhadap pertumbuhan bibit kakao.
2. Mempelajari dan mengetahui pengaruh pengaplikasian berbagai dosis kompos kotoran sapi terhadap pertumbuhan bibit kakao.
3. Mempelajari dan mengetahui pengaruh pengaplikasian kepadatan bakteri *Bacillus subtilis* terhadap pertumbuhan bibit kakao.

Kegunaan dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Memberikan sumber informasi yang inspiratif sebagai salah satu teknik budidaya tanaman kakao secara organik.
2. Menjadi acuan bagi penelitian pada aspek pertanian terutama dalam pembibitan kakao.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembibitan Tanaman Kakao

Pengembangan kakao di Indonesia didukung oleh sistem pengadaan bibit melalui perbanyakan generatif menggunakan biji dan perbanyakan vegetatif dengan entres. Kelemahan pengembangan bibit secara generatif menurut hasil penelitian Limbongan (2012) di beberapa daerah pengembangan kakao di Sulawesi adalah petani sering membawa biji kakao dari luar Sulawesi, seperti dari Jawa dan Kalimantan, sehingga memungkinkan penularan hama dan penyakit dari kedua pulau tersebut ke Sulawesi. Kelemahan lain dari perbanyakan bibit secara generatif ialah memerlukan waktu lama karena benih kakao harus dikedambahkan terlebih dahulu, kemudian pembibitan sekitar enam bulan sebelum ditanam di lapangan. Perbanyakan bibit secara generatif juga memungkinkan terjadinya segregasi yang mengakibatkan keragaman hasil biji (Limbongan, 2013).

Menurut Limbongan (2013) petani kakao di beberapa daerah pengembangan semakin menyadari kelemahan penggunaan bibit dari biji dan melakukan perbanyakan bibit secara vegetatif dengan sambung samping, sambung pucuk, setek, dan okulasi.

2.1.1 Setek

Perbanyakan tanaman dengan setek yaitu menumbuhkan bagian atau potongan tanaman dalam media tanah sehingga menjadi tanaman baru. Pembibitan dengan setek dimulai dengan memilih pohon induk sebagai sumber bahan tanam (entres). Setek diberi hormon perangsang tumbuh akar lalu ditempatkan dalam peti pembibitan yang telah diisi pupuk organik dicampur tanah atau di bedengan. Setek

dijaga suhu dan kelembapan lingkungannya serta penyinaran cukup. Setelah berakar, setek dipindahkan ke dalam *polybag* yang diisi campuran tanah dan pupuk organik untuk menjalani stadia *hardening* pertama. Pada stadium ini, tanaman masih perlu mendapat perhatian terutama pemberian air, cahaya, dan suhu. Setelah berumur 5–6 bulan, bibit sudah siap dipindahkan ke lapangan. Petani di Indonesia jarang menerapkan teknologi ini karena memerlukan entres yang banyak dan biaya tambahan untuk membeli zat pengatur tumbuh (ZPT) untuk merangsang pertumbuhan akar (Limbongan, 2013).

2.1.2 Okulasi

Teknologi okulasi dilakukan dengan mengambil potongan kecil kulit batang yang mengandung satu tunas vegetatif dari entres lalu menempelkannya pada batang bawah. Biasanya mata tunas yang digunakan untuk okulasi diambil di sekitar pangkal daun, di antara tangkai daun (*petiole*) pada batang. Mata tunas yang ditempelkan secara benar pada batang bawah akan tumbuh dengan baik (Wiesman dan Jaenicke 2002). Perbanyak tanaman kakao dengan okulasi sebaiknya dilakukan saat tanaman pada stadium pertumbuhan generatif. Dengan menggunakan teknologi ini akan dihasilkan tanaman yang cepat berbunga dan berbuah. Keuntungan teknologi okulasi adalah entres yang digunakan lebih sedikit karena hanya perlu satu tunas untuk menghasilkan satu bibit. Selain itu, pelaksanaannya lebih cepat dan ekonomis apabila tersedia batang bawah yang banyak. Beberapa variasi dari teknik perbanyak dengan okulasi yaitu modifikasi *Forket*, metode T (*T budding*), metode T terbalik, metode jendela (*patch budding*), dan okulasi hijau (*green budding*).

2.1.3 Sambung Samping

Teknologi sambung samping digunakan untuk merehabilitasi tanaman kakao yang sudah tua dan tidak produktif lagi, bukan untuk perbanyak bibit. Teknologi ini dilakukan dengan menyambungkan entres kakao unggul (sebagai batang atas) pada tanaman kakao dewasa yang tidak produktif (sebagai batang bawah). Hasil pengamatan di beberapa lokasi pengembangan kakao menunjukkan persentase sambungan jadi dipengaruhi oleh kemampuan petani melakukan penyambungan. Hasil penelitian Limbongan *et al.*, (2010) di Kabupaten Soppeng, Sulawesi Selatan memperlihatkan adanya variasi tingkat keberhasilan sambungan yang dicapai petani. Persentase sambungan jadi yang dicapai petani dengan pengalaman menyambung 1–3 tahun berkisar antara 53–74%. Hasil biji kering dari tanaman hasil sambung samping pada klon ICS 60 mencapai 2,34 ton/ha/tahun, hampir sama dengan hasil penelitian Salim dan Drajat (2008) yang mencapai 2,5 ton/ha/tahun.

2.1.4 Sambung Pucuk

Teknologi sambung pucuk adalah penggabungan dua individu klon tanaman kakao yang berlainan menjadi satu kesatuan dan tumbuh menjadi tanaman baru. Teknologi ini menggunakan bibit kakao sebagai batang bawah yang disambung dengan entres dari kakao unggul sebagai batang atas. Bibit batang bawah siap disambung pada umur 2,5–3 bulan. Hasil penelitian Limbongan dan Taufik (2011) pada pertanaman kakao di Kabupaten Luwu dan Luwu Utara menunjukkan setiap kelompok penangkar bibit kakao memiliki rata-rata 70% bibit sambung pucuk, 20% bibit sambung samping, dan 10% bibit asal biji dan *somatic embryonic* (SE). Data ini menunjukkan bahwa sebagian besar petani kakao yang tergabung dalam

kelompok tani penangkar memilih menggunakan teknologi sambung pucuk. Hal ini karena teknologi sambung pucuk mudah diterapkan, tingkat keberhasilannya lebih tinggi, bahan yang digunakan mudah diperoleh, dan teknologinya sudah dikenal oleh petani setempat.

Pembibitan tanaman kakao dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain air, cahaya matahari, unsur hara, suhu dan kelembaban. Pertumbuhan vegetatif bibit kakao terbagi menjadi pertumbuhan daun, batang dan akar. Proses pertumbuhan daun dan batang dipengaruhi oleh faktor hormon dan nutrisi (faktor dalam), status air di dalam jaringan tanaman, suhu udara dan cahaya (faktor luar). Pertumbuhan akar dipengaruhi suhu media tanam, ketersediaan oksigen (aerasi), kondisi media tanam, pH media tanam dan status air dalam jaringan tanaman. Pertumbuhan daun dan perluasan batang menentukan luas permukaan daun dan struktur tajuk yang sangat penting berhubungan dengan proses fotosintesis. Sedangkan perluasan akar akan menentukan jumlah dan distribusi akar yang kemudian akan berfungsi kembali sebagai organ penyerap unsur hara mineral (Ratnasari, 2015).

Tanaman kakao akan menjadi bibit setelah mengalami perkecambahan. Pembibitan sangat menentukan keberhasilan budidaya tanaman kakao. Hal penting yang perlu diperhatikan dalam pembibitan tanaman kakao adalah media tanam. Standar umum tanah yang digunakan dalam pembibitan adalah tanah lapisan atas (*top soil*) yang umumnya cukup subur dengan kandungan bahan organik yang cukup tinggi (Tambunan, 2009).

Media tanam pembibitan kakao berupa tanah dengan sifat fisik maupun kimia yang baik yaitu subur dan gembur. Untuk tanah yang memiliki sifat fisiknya

berat/agak berat (liat) perlu digemburkan dengan mencampur pasir atau bahan organik (kompos/pupuk kandang) atau keduanya sekaligus. Tanah yang baik untuk tanaman kakao adalah liat berpasir yang memiliki bagian tanah yang tebal, serta banyak mengandung bahan organik. Tanah dengan aerasi yang baik juga akan mendukung perakaran tanaman kakao. Selain itu pH yang baik untuk tanaman kakao adalah 5,8-7,2 (Ratnasari, 2015).

Faktor-faktor lingkungan seperti ketersediaan air, temperatur, sinar matahari dan kelembaban juga sangat berpengaruh terhadap pembentukan flush (tunas muda) pada tanaman kakao muda. Cahaya matahari yang terlalu banyak menyinari tanaman kakao akan mengakibatkan lilit batang kecil, daun sempit dan tanaman relatif pendek. Untuk tanaman kakao, tempat pembibitan harus mendapatkan naungan yang cukup. Naungan yang baik dengan fungsi utama menahan sebagian sinar matahari dan angin kencang. Naungan tambahan berupa atap dengan fungsi mengurangi intensitas penyinaran dan tetesan air hujan (Ratnasari, 2015).

2.2 Kompos Kotoran Sapi

Kompos merupakan istilah untuk salah satu pupuk organik buatan manusia yang dibuat melalui proses pembusukan sisa-sisa bahan organik. Pupuk kandang merupakan kotoran padat dan cair dari hewan ternak yang tercampur dari sisa makanan. Kandungan pupuk kandang ditentukan oleh sumber, cara penanganan dan hara yang ditambahkan. selain itu juga ditentukan oleh komposisi pupuk yang dipengaruhi oleh jenis, umur, kondisi hewan dan jenis makanan yang dikonsumsi oleh hewan (Andreeile *et al.*, 2014).

Kompos dihasilkan dari pelapukan (dekomposisi) sisa-sisa bahan organik secara biologi yang terkontrol menjadi bagian-bagian yang di jadikan humus. Kompos sengaja dibuat karena proses tersebut jarang dapat terjadi secara alami, karena kondisi alam memiliki kelembaban dan suhu yang tidak cocok untuk proses biologis baik terlalu rendah atau terlalu tinggi (Firmansyah, 2010). Aplikasi bahan organik dapat memperbaiki struktur tanah, kapasitas menahan air, dan meningkatkan kehidupan biologi tanah (Riley *et al.*, 2008).

Kotoran ternak dimanfaatkan sebagai pupuk kandang karena kandungan unsur haranya seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Selain itu terdapat unsur hara mikro diantaranya kalsium, magnesium, belerang, natrium, besi, dan tembaga yang dibutuhkan tanaman dan kesuburan tanah (Hapsari, 2013). Secara umum, kandungan hara yang terkandung dalam kotoran ternak lebih rendah daripada pupuk kimia (Trivana dan Pradhana, 2017).

Kotoran sapi berpotensi dijadikan kompos karena memiliki kandungan kimia yaitu nitrogen 0,4-1%, fosfor 0,2-0,5%, kalium 0,1 –1,5%, kadar air 85-92%, dan beberapa unsur-unsur lain (Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn). Namun untuk menghasilkan kompos yang baik memerlukan bahan tambahan, karena pH kotoran sapi 4,0-4,5 atau terlalu asam sehingga mikroba yang mampu hidup di dalam kotoran sapi terbatas (Dewi *et al.*, 2017).

Kompos ternak sapi dapat dimanfaatkan sebagai media tanam dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kakao utamanya dalam pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan kompos dari kotoran ternak kuda, kambing dan ayam (Asmawati dan

Kumalawati, 2018). Kombinasi perlakuan media tanam 2 kg tanah yang ditambahkan dengan 1 kg kompos berpengaruh nyata terhadap parameter diameter batang, panjang akar, berat basah, berat kering dan total luas daun tanaman kakao (Pratama *et al.*, 2016).

2.3 Bakteri *Bacillus subtilis*

Bakteri *Bacillus subtilis* merupakan bakteri gram positif, berbentuk batang, bersel satu, berukuran 0,5–2,5 μm x 1,2–10 μm , bereaksi katalase positif, bersifat aerob atau anaerob fakultatif, dan heterotrof. *Bacillus subtilis* memiliki fisiologi yang berbeda dari bakteri lain yang bukan patogen, yakni relatif mudah dimanipulasi secara genetik. Bakteri antagonis ini dapat bertahan pada kondisi lingkungan tertentu, yakni pada suhu -5°C sampai 75°C dengan pH antara 2,0–8,0. Pada kondisi yang sesuai, populasi bakteri *Bacillus subtilis* akan meningkat dua kali lipat dalam kurun waktu tertentu. Waktu ini dikenal dengan waktu generasi atau waktu penggandaan, yang untuk bakteri 28,5 menit pada suhu 40°C (Muis, 2016).

Bakteri *Bacillus subtilis* di dalam tanah memanfaatkan eksudat akar dan bahan tanaman mati sebagai sumber nutrisi. Apabila kondisi lingkungan tidak sesuai bagi pertumbuhannya, misalnya karena suhu tinggi, tekanan fisik dan kimia, atau kahat nutrisi, bakteri akan membentuk *endospora*. *Endospora* akan berkembang jika kondisi lingkungan sesuai. Untuk mempertahankan viabilitasnya, *endospora* memerlukan bahan pembawa. Bahan pembawa *endospora* perlu diformulasi secara tepat agar bakteri tetap hidup dan efektif dalam mengendalikan patogen (Muis, 2016).

Bakteri *Bacillus subtilis* merupakan mikroorganisme antagonis yang digunakan sebagai biokontrol agens terhadap penyakit yang bersifat tular tanah dan udara. Bakteri ini dapat menghasilkan senyawa-senyawa yang bersifat antibiosis seperti enzim kitinase yang dapat menghidrolisis dinding sel jamur, siderofor, dan antibiotik lainnya yang dapat menghambat perkembangan patogen. Bakteri *Bacillus subtilis* mampu memberikan pengaruh langsung yaitu dapat memicu pertumbuhan tanaman (biostimulan), sedangkan pengaruh tidak langsung yaitu bakteri mampu menghambat pertumbuhan mikroba merugikan seperti penyebab penyakit (patogen tumbuhan). Oleh karena itu, tanaman yang diberikan perlakuan bakteri antagonis memiliki hasil tinggi tanaman yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol (Jatnika *et al.*, 2014).

Pemberian bakteri *Bacillus subtilis* dapat meningkatkan tinggi, diameter batang, dan jumlah daun bibit kakao. Hal ini dikarenakan bakteri *Bacillus subtilis* menghasilkan hormon pertumbuhan seperti IAA yang dapat memacu pertumbuhan kakao. Agen hayati IAA berfungsi memacu pertumbuhan. IAA adalah auksin endogen yang berperan dalam pembesaran sel, menghambat pertumbuhan tunas samping, merangsang terjadinya absisi, berperan dalam pembentukan jaringan *xilem* dan *floem*, serta berpengaruh terhadap perkembangan dan pemanjangan akar. IAA yang dihasilkan oleh bakteri *Bacillus subtilis* akan di manfaatkan oleh tanaman dan akan mengalami proses metabolisme didalam tubuh tanaman sehingga membantu proses pertumbuhan tinggi, diameter batang, jumlah daun dan luas daun bibit kakao (Puspita *et al.*, 2018).

Pemberian berbagai jenis mikroorganisme terhadap jenis pupuk memberikan perbedaan nyata terhadap kandungan P tersedia. Rata-rata setiap perlakuan mikroorganisme dan dan pupuk kompos dapat meningkatkan kandungan P tersedia dalam tanah. Hal ini dikarenakan pemberian mikrobat pada pupuk kompos pada tanah dapat meningkatkan terurainya bahan organik oleh mikroorganisme (Mangungsong dan Zudri, 2019). Selain itu Margenot *et al.*, (2017) menyatakan bahwa penambahan bahan organik dan mikroorganisme pelarut P dapat meningkatkan P tersedia dan secara tidak langsung akan meningkatkan unsur hara mikro dalam tanah. *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus thuringiensis* merupakan bakteri pelarut P, yang dapat meningkatkan P tersedia dalam tanah sehingga bisa dimanfaatkan oleh tanaman.

Pemberian bakteri *Bacillus subtilis* dengan kepadatan yang berbeda berpengaruh terhadap parameter pengamatan jumlah koloni, tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun dan luas daun bibit kakao umur 4 bulan. Pemberian *Bacillus subtilis* endofit kepadatan 10^{11} CFU.mL⁻¹ mampu meningkatkan pertumbuhan bibit kakao melalui pertambahan tinggi, diameter batang, jumlah daun, luas daun dan jumlah koloni yang lebih baik (Puspita *et al.*, 2018). Selain itu Asyiah *et al.*, (2015) menyatakan perlakuan bakteri *Bacillus subtilis* dengan dosis 10^8 CFU.mL⁻¹ dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kopi Arabika sebesar 35,4%.