

**PENGUJIAN FERMENTASI CAIRAN PULP KAKAO SEBAGAI HERBISIDA
NABATI TERHADAP PERTUMBUHAN GULMA *Asystasia gangetica* PADA
BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)**

Skripsi

Oleh

**Lia Oktavia Sainambi
2154121005**



**JURUSAN AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGUJIAN FERMENTASI CAIRAN PULP KAKAO SEBAGAI HERBISIDA NABATI TERHADAP PERTUMBUHAN GULMA *Asystasia gangetica* PADA BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)

Oleh

LIA OKTAVIA SAINAMBI

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan suatu komoditas perkebunan yang memiliki peranan penting dalam perekonomian Indonesia. Salah satu cara meningkatkan produktivitas tanaman kakao dengan pengendalian gulma. Gulma merupakan faktor pembatas dalam pertumbuhan tanaman karena bersaing dalam memperoleh unsur hara, cahaya, dan air. Penggunaan herbisida sintetis secara berlebihan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan, sehingga diperlukan alternatif ramah lingkungan yaitu herbisida nabati. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan perlakuan konsentrasi cairan pulp kakao yang berbeda, yaitu 0% (kontrol), 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dengan analisis data dilakukan Uji Barlett dan Uji Aditivitas diuji dengan Uji Tukey.. Parameter yang diamati meliputi tinggi gulma dan tanaman, jumlah daun gulma dan tanaman, tingkat keracunan gulma, lingkaran batang, dan fitotoksitas tanaman kakao. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi cairan pulp kakao secara nyata menurunkan pertumbuhan gulma *Asystasia gangetica* tanpa memberikan dampak negatif pada pertumbuhan bibit kakao. Konsentrasi 15-25% menunjukkan efektivitas tertinggi dalam menghambat pertumbuhan gulma. Dengan demikian, cairan pulp kakao berpotensi sebagai herbisida nabati yang ramah lingkungan dan mendukung pertanian berkelanjutan.

Kata kunci: Pulp kakao, Herbisida nabati, *Asystasia gangetica*, *Theobroma cacao*.

ABSTRACT

TESTING OF COCOA PULP LIQUID FERMENTATION AS A BOTANICAL HERBICIDE ON WEED GROWTH *Asystasia gangetica* ON COCOA SEEDLINGS (*Theobroma cacao* L.)

By

LIA OKTAVIA SAINAMBI

*Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is one of the plantation commodities that plays an important role in the Indonesian economy. One way to increase cocoa plant productivity is by controlling weeds. Weeds are one of the limiting factors in plant growth because they compete for nutrients, light, and water. Excessive use of synthetic herbicides can have negative impacts on the environment and health, so environmentally friendly alternatives are needed namely botanical herbicides. This study used a randomized block design (RBD) with different cocoa pulp liquid concentration treatments, namely 0% (control), 5%, 10%, 15%, 20%, and 25%. Parameters observed include weed and plant height, number of weed and plant leaves, weed toxicity level, stem circumference, and cocoa plant phytotoxicity. The results showed that increasing the concentration of cocoa pulp liquid significantly reduced the growth of *Asystasia gangetica* weeds without having a negative impact on the growth of cocoa seedlings. A concentration of 25% showed the highest effectiveness in inhibiting weed growth. Thus, cocoa pulp liquid has the potential to be an environmentally friendly botanical herbicide and supports sustainable agriculture.*

*Keywords: cocoa pulp, botanical herbicide, *Asystasia gangetica*, *Theobroma cacao**

**PENGUJIAN FERMENTASI CAIRAN PULP KAKAO SEBAGAI
HERBISIDA NABATI TERHADAP PERTUMBUHAN GULMA
Asystasia gangetica PADA BIBIT KAKAO
(*Theobroma cacao* L.)**

Oleh

LIA OKTAVIA SAINAMBI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

pada

**Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi

**: PENGUJIAN FERMENTASI CAIRAN
PULP KAKAO SEBAGAI HERBISIDA
NABATI TERHADAP PERTUMBUHAN
GULMA *Asystasia gangetica* PADA BIBIT
KAKAO (*Theobroma cacao* L.)**

Nama Mahasiswa

: Lia Oktavia Sainambi

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2154121005

Program Studi

: Agroteknologi

Fakultas

: Pertanian



**Ir. Herry Susanto, M.P.
NIP. 196301151987031001**

**Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.
NIP. 196108261986031001**

2. Ketua Jurusan Agroteknologi,

**Ir. Setyo Widagdo, M.Si.
NIP. 196812121992031004**

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Ir. Herry Susanto, M.P.

.....

Sekretaris

: Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.

.....

Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Hidayat Pujiswanto, S.P., M.P.

.....

2. Dekan Fakultas Pertanian



Tanggal Lulus Ujian Skripsi 16 September 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Pengujian Fermentasi Cairan Pulp Kakao sebagai Herbisida Nabati terhadap Pertumbuhan Gulma *Asystasia gangetica* pada Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.)”** merupakan hasil karya sendiri. Semua hasil yang tercantum pada skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil Salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 16 September 2025

Yang membuat pernyataan



Lia Oktavia Sainambi

NPM 2154121005

RIWAYAT HIDUP

Penulis Bernama Lia Oktavia Sainambi lahir di Desa Dlangu, Kecamatan Kutoarjo, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah pada 3 Oktober 2003 dari pasangan Bapak Semawan Alili dan Ibu Nuryani. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, dengan adik Perempuan Bernama Sinta Yustika dan Cynara Haura Zulfa. Penulis tinggal di Kelurahan Bandar Agung Ranau, Kecamatan Banding Agung, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan. Penulis telah menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 5 Banding Agung pada 2015. Pendidikan Madrasah Tsanawiyah di MTs Negeri 2 OKU Selatan pada 2018. Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Banding Agung pada 2021.

Penulis merupakan mahasiswa aktif di Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang diterima pada 2021 Melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat (SMMPTN- Barat). Penulis memilih Perkebunan sebagai bidang konsentrasi penelitian di perkuliahan. Pada 2024 penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bujung Buring, Kecamatan Tanjung Raya, Kabupaten Mesuji. Pada tahun yang sama, penulis juga melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di PT. Perkebunan Minanga Ogan. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah terpilih menjadi asisten dosen mata kuliah Statistika Dasar pada 2023 dan 2024, Genetika Pertanian, Genetika Tumbuhan, Biologi 1, dan Dasar Dasar Ilmu Tanah pada 2024. Penulis aktif dalam kegiatan organisasi dan bergabung dalam Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (Perma AGT) sebagai anggota Bidang Kaderisasi Periode 2023, penulis juga tergabung dalam UKM PSHT sebagai anggota Divisi Pelatihan dan Ajaran periode 2023.

PERSEMBAHAN

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu Alhamdulillahirabbil'alamin,
dengan rasa syukur dan kerendahan hati kupersembahkan karya ini kepada

Kedua orang tua tercinta: Bapak Semawan Alili dan Ibu Nuryani atas segala pengorbanan, kerja keras, dan kasih sayang yang tidak terhingga, meski tidak sempat merasakan pendidikan sampai bangku perkuliahan, mereka tidak pernah lelah mengusahakan yang terbaik untuk penulis. Doa, motivasi, dan dukungan mereka menjadi kekuatan terbesar penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini dan meraih gelar Sarjana Pertanian.

Keluarga besar Agroteknologi 2021
Serta almamater tercinta, Universitas Lampung.

MOTTO

“Barang siapa bersungguh-sungguh, maka ia akan berhasil.”
Hadis Riwayat Muslim

“Kesuksesan bukanlah kunci kebahagiaan. Kebahagiaanlah kunci kesuksesan.
Jika kamu mencintai apa yang kamu kerjakan, kamu akan sukses.”
Albert Schweitzer

“Janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah.”
QS. Az-Zumar: 53

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
QS. Al-Baqarah 2:286

“Perang telah usai, aku bisa pulang. Kubaring kan panah dan berteriak
MENANG!!!!”
Nadin Amizah

”Setetes keringat orang tuaku yang keluar, ada seribu langkahku untuk maju”
Lia Oktavia Sainambi

”Keberanian Bukanlah Ketiadaan Rasa Takut, Melainkan Keinginan untuk Terus
Bergerak Meski Rasa Takut Masih Melekat Erat”
Lia Oktavia Sainambi

”Tetap Melangkah Meski Tidak Tahu Arah, Sebab Berhenti Hanya Akan Membuat
Langkah Tak Pernah Sampai”
Lia Oktavia Sainambi

SANWACANA

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Alhamdulillahil'alam, segala puji bagi Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat, hidayah, serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ Pengujian Fermentasi Cairan Pulp Kakao sebagai Herbisida Nabati terhadap Pertumbuhan Gulma *Asystasia gangetica* pada Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.)” dengan baik. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat utama dalam mencapai gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung.

Penulis menyampaikan terima kasih dengan segala kerendahan hati kepada berbagai pihak yang terlibat dalam keberhasilan pelaksanaan penelitian maupun dalam penyusunan skripsi kepada:

- (1) Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
- (2) Bapak Ir. Setyo Widagdo, M.Si. selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
- (3) Bapak Ir. Herry Susanto, M.P. selaku Dosen Pembimbing yang bukan hanya membimbing secara akademik, tetapi juga menjadi pengarah, penyemangat, dan motivator yang luar biasa. Terima kasih yang sebesar besarnya atas waktu, kesabaran, dan perhatian yang bapak berikan selama proses perkuliahan dan penulisan skripsi ini. Terima kasih telah mempermudah setiap proses, selalu membuka pintu konsultasi dengan lapang, dan memahami setiap kesulitan yang penulis hadapi;
- (4) Bapak Prof. Dr. Ir Rusdi Evizal, M.S., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan ilmu, motivasi, saran, dan kritik yang sangat membantu penulis, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik

- (5) Bapak Dr. Hidayat Pujisiswanto, S.P., M.P., selaku Dosen Penguji atas pemberian saran dan masukan kepada penulis selama penelitian dan penulisan skripsi;
- (6) Kedua saudariku: Sinta Yustika dan Cynara Haura Zulfa terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis, menghibur, dan mendengarkan keluh kesah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
- (7) Bima Sahrul Ramadhan yang selalu menemani dan selalu menjadi suport sistem penulis pada hari yang tidak mudah dalam proses pengerjaan skripsi. Terima kasih telah mendengarkan keluh kesah, berkontribusi banyak dalam proses penelitian, dan penulisan skripsi ini, memberikan dukungan, semangat, tenaga, dan senantiasa sabar menghadapi penulis;
- (8) Keluarga besar Agroteknologi 2021 atas kebersamaannya dalam melewati suka duka selama ini;

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi pembaca. *Aamiin ya Rabbal Alamin.*

Bandar Lampung, 16 September 2025

Penulis,

Lia Oktavia Sainambi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	i
DAFTAR GAMBAR	ii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Kerangka Pemikiran	4
1.5 Hipotesis Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Taksonomi dan Morfologi Tanaman Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	7
2.2 Taksonomi dan Morfologi Gulma <i>A. gangetica</i>	8
2.3 Fermentasi Cairan Pulp Kakao sebagai Herbisida Nabati	9
III. BAHAN DAN METODE	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Metode Penelitian	13
3.4 Pelaksanaan Penelitian	14
3.4.1 Persiapan Bahan Tanam Bibit Kakao dan Gulma <i>A. gangetica</i>	15
3.4.2 Pembuatan Herbisida Nabati Fermentasi Cairan Pulp Kakao	15
3.4.3 Aplikasi Herbisida Nabati terhadap Gulma <i>A. gangetica</i>	16
3.5 Variabel Pengamatan	17
3.5.1 Pertumbuhan Gulma <i>A. gangetica</i>	17
3.5.2 Pertumbuhan Bibit Kakao	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Hasil Penelitian	19
4.1.1 Tinggi Gulma <i>Asystasia gangetica</i>	20
4.1.2 Jumlah Daun Gulma <i>A. gangetica</i>	21

4.1.3 Panjang Akar Gulma <i>Asystasia gangetica</i>	22
4.1.4. Tingkat Keracunan Gulma <i>Asystasia gangetica</i>	22
4.1.5 Tinggi Bibit Kakao.....	24
4.1.6 Lilit Batang Kakao.....	25
4.1.7 Jumlah Daun Bibit Kakao	26
4.1.8 Fitotoksitas Bibit Kakao.....	26
4.2 Pembahasan	27
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	30
5.1 Simpulan.....	30
5.2 Saran.....	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	34

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Skoring Keracunan Gulma <i>Asystasia gangetica</i> terhadap aplikasi herbisida.....	18
2. Skoring Keracunan Tanaman Kakao terhadap Aplikasi Herbisida...	19
3. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam Respons Gulma <i>A. gangetica</i> dan Tanaman Kakao terhadap Aplikasi Fermentasi Cairan Pulp Kakao.....	20
4. Pengaruh Fermentasi Cairan Pulp Kakao terhadap Tinggi Gulma <i>A. gangetica</i>	21
5. Pengaruh Fermentasi Cairan Pulp Kakao terhadap Jumlah Daun Gulma <i>A. gangetica</i>	23
6. Pengaruh Fermentasi Cairan Pulp Kakao terhadap Panjang Akar Gulma <i>A. gangetica</i>	24
7. Pengaruh Fermentasi Cairan Pulp Kakao terhadap Tingkat Keracunan Gulma <i>A. gangetica</i>	24
8. Pengaruh Fermentasi Cairan Pulp Kakao terhadap Tinggi Tanaman Kakao.....	27
9. Pengaruh Fermentasi Cairan Pulp Kakao terhadap Lilit Batang Kakao.....	27
10. Pengaruh Fermentasi Cairan Pulp Kakao terhadap Jumlah Daun Bibit Kakao.....	28
11. Data Pengamatan Variabel Tinggi Gulma 1 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	38
12. Uji Homogenitas Ragam Variabel Tinggi Gulma 1 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	38

13. Uji Lanjut Annova Variabel Tinggi Gulma 1 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	39
14. Data Pengamatan Variabel Tinggi Gulma 2 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	39
15. Uji Homogenitas Ragam Variabel Tinggi Gulma 2 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	40
16. Uji Lanjut Annova Variabel Tinggi Gulma 2 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	40
17. Data Pengamatan Variabel Tinggi Gulma 3 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	41
18. Uji Homogenitas Ragam Variabel Tinggi Gulma 3 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	41
19. Uji Lanjut Anova Variabel Tinggi Gulma 3 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	42
20. Data Pengamatan Variabel Tinggi Gulma 4 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	42
21. Uji Homogenitas Ragam Variabel Tinggi Gulma 4 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	43
22. Uji Lanjut Annova Variabel Tinggi Gulma 4 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	43
23. Data Pengamatan Variabel Jumlah Daun Gulma 1 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	44
24. Uji Homogenitas Ragam Variabel Jumlah Daun Gulma 1 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	44
25. Uji Lanjut Annova Variabel Jumlah Daun Gulma 1 msa pada Konsentrasi 5-25%.....	45
26. Data Pengamatan Variabel Jumlah Daun Gulma 2 msa pada Konsentrasi 5-25%.....	45
27. Uji Homogenitas Ragam Variabel Jumlah Daun Gulma 2 msa pada Konsentrasi 5-25%.....	46
28. Uji Lanjut Annova Variabel Jumlah Daun Gulma 2 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	46
29. Data Pengamatan Variabel Jumlah Daun Gulma 3 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	47
30. Uji Homogenitas Ragam Variabel Jumlah Daun Gulma 3 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	47
31. Uji Lanjut Annova Variabel Jumlah Daun Gulma 3 Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	48

32. Data Pengamatan Variabel Jumlah Daun Gulma 4 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	48
33. Uji Homogenitas Ragam Variabel Jumlah Daun Gulma 4 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	49
34. Uji Lanjut Annova Variabel Jumlah Daun Gulma 4 Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	49
35. Data Pengamatan Variabel Panjang Akar Gulma Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	50
36. Uji Homogenitas Ragam Variabel Panjang Akar Gulma Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	50
37. Uji Lanjut Annova Variabel Panjang Akar Gulma Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	51
38. Data Pengamatan Variabel Tingkat Keracunan Gulma Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	51
39. Uji Homogenitas Ragam Variabel Tingkat Keracunan Gulma Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	52
40. Uji Lanjut Annova Variabel Tingkat Keracunan Gulma Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	52
41. Data Pengamatan Variabel Tinggi Tanaman Kakao 1 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	53
42. Uji Homogenitas Ragam Variabel Tinggi Tanaman Kakao 1 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	53
43. Uji Lanjut Annova Variabel Tinggi Tanaman Kakao 1 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	54
44. Data Pengamatan Variabel Tinggi Tanaman Kakao 2 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	54
45. Uji Homogenitas Ragam Variabel Tinggi Tanaman Kakao 2 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	55
46. Uji Lanjut Annova Variabel Tinggi Tanaman Kakao 2 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	55
47. Data Pengamatan Variabel Tinggi Tanaman Kakao 3 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	56
48. Uji Homogenitas Ragam Variabel Tinggi Tanaman Kakao 3 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	56
49. Uji Lanjut Annova Variabel Tinggi Tanaman Kakao 3 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	57
50. Data Pengamatan Variabel Tinggi Tanaman Kakao 4 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	57

51. Uji Homogenitas Ragam Variabel Tinggi Tanaman Kakao 4 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	58
52. Uji Lanjut Annova Variabel Tinggi Tanaman Kakao 4 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	58
53. Data Pengamatan Variabel Lilit Batang Kakao 1 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	59
54. Uji Homogenitas Ragam Variabel Lilit Batang Kakao 1 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	59
55. Uji Lanjut Annova Variabel Lilit Batang Kakao 1 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	60
56. Data Pengamatan Variabel Lilit Batang Kakao 2 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	60
57. Uji Homogenitas Ragam Variabel Lilit Batang Kakao 2 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	61
58. Uji Lanjut Annova Variabel Lilit Batang Kakao 2 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	61
59. Data Pengamatan Variabel Lilit Batang Kakao 3 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	62
60. Uji Homogenitas Ragam Variabel Lilit Batang Kakao 3 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	62
61. Uji Lanjut Annova Variabel Lilit Batang Kakao 3 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	63
62. Data Pengamatan Variabel Lilit Batang Kakao 4 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	63
63. Uji Homogenitas Ragam Variabel Lilit Batang Kakao 4 msa pada Konsentrasi 5-25%.....	64
64. Uji Lanjut Annova Variabel Lilit Batang Kakao 4 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	64
65. Data Pengamatan Variabel Jumlah Daun Kakao 1 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	65
66. Uji Homogenitas Ragam Variabel Jumlah Daun Kakao 1 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	65
67. Uji Lanjut Annova Variabel Jumlah Daun Kakao 1 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	66
68. Data Pengamatan Variabel Jumlah Daun Kakao 2 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	66
69. Uji Homogenitas Ragam Variabel Jumlah Daun Kakao 2 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	67

70.	Uji Lanjut Annova Variabel Jumlah Daun Kakao 2 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	67
71.	Data Pengamatan Variabel Jumlah Daun Kakao 3 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	68
72.	Uji Homogenitas Ragam Variabel Jumlah Daun Kakao 3 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	68
73.	Uji Lanjut Annova Variabel Jumlah Daun Kakao 3 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	69
74.	Data Pengamatan Variabel Jumlah Daun Kakao 4 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	69
75.	Uji Homogenitas Ragam Variabel Jumlah Daun Kakao 4 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	70
76.	Uji Lanjut Annova Variabel Jumlah Daun Kakao 4 msa Akibat Perlakuan Fermentasi Cairan Pulp Kakao	70

DAFTAR GAMBAR

Tabel	halaman
1. Skema kerangka penelitian pengujian herbisida nabati fermentasi pulp kakao terhadap pertumbuhan gulma <i>A. gangetica</i> pada bibit kakao (<i>Theobroma cacao</i>).....	6
2. Tata letak percobaan	16
3. Penyusunan polybag pada saat aplikasi.....	17
4. Pengaruh fermentasi cairan pulp kakao pada tinggi gulma <i>A. gangetica</i>	22
5. Pengaruh fermentasi cairan pulp kakao pada tingkat keracunan gulma <i>Asystasia gangetica</i>	26
6. bibit kakao: (a) kontrol, (b) konsentrasi 5%, (c) konsentrasi 10%, (d) konsentrasi 15%, (e) konsentrasi 20%, dan (f) konsentrasi 25%.....	29
7. Persiapan penelitian: (a) pindah tanaman, (b) proses pembuatan cairan pulp kakao, (c) pencampuran cairan dengan air, dan (d) aplikasi cairan kakao;.....	35
8. Pengamatan: (a) pengukuran tinggi gulma, (b) penghitungan jumlah daun gulma, (c) pengukuran Panjang akar gulma, (d) tingkat keracunan gulma, (e) pengukuran tinggi tanaman, (f) pengukuran lilit batang, (g) penghitungan jumlah daun tanaman, dan (h) tingkat fitotokaitas tanaman kakao.....	36
9. Tanaman kakao dan gulma: (a) perlakuan K0, (b) perlakuan K1, (c) perlakuan K2, (d) perlakuan K3, (e) perlakuan K4, dan (f) perlakuan K5.....	37

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan suatu negara penghasil kakao terbesar di dunia. Berdasarkan Organisasi Kakao Internasional (ICCO), Indonesia mampu memproduksi 200.000 ton biji kakao setiap tahun. Berdasarkan BPS, Indonesia menghasilkan 577.038 ton biji kakao pada tahun 2018. Sebanyak 92,34% diproduksi dari perkebunan tradisional, yang dikelola oleh 1.400.636 rumah tangga petani di seluruh Indonesia. Perkebunan tradisional yaitu sumber pasokan kakao yang menjadi produk unggulan Indonesia. Produk kakao Indonesia sebagian besar diekspor ke Malaysia, Amerika Serikat, Tiongkok, India, dan Belanda (Sabahannur *et al.*, 2023).

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan tanaman yang termasuk dalam keluarga tanaman *Sterculi* yang tidak mengenal musim dan produktif sepanjang tahun. Tanaman kakao menghasilkan biji yang digunakan untuk bahan baku produk coklat. Indonesia sendiri kakao menjadi produk pertanian yang menyumbang devisa negara sebanyak US\$ 668 juta per tahun dari bidang pertanian di bawah kelapa sawit serta karet. Indonesia salah satu negara yang memproduksi kakao dengan peringkat ketiga terbesar di dunia yang beriklim tropis sehingga sangat cocok untuk perkebunan kakao yang habitat alaminya berada di hutan tropis (Ifmalinda *et al.*, 2023).

Perkebunan rakyat ialah usaha lahan pertanian dalam skala kecil dan dikelola secara mandiri. Petani menerapkan berbagai sistem budidaya yang masih tergolong tradisional. Termasuk upaya dalam pengendalian gulma. Adanya persaingan dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan produksi, menurunkan mutu produksi dan produktivitas. Gulma dapat menjadi inang hama dan penyakit, dengan perlu pengendalian (Tarigan, 2024).

Kakao merupakan tanaman yang tumbuh di bawah naungan hutan tropika, oleh karena itu, tidak tersedia banyak cahaya, dan kakao beradaptasi dengan mempunyai daun tipis yang relatif lebar. Gulma yang biasanya terdapat pada lahan kakao terdiri dari golongan rumput (*Graminae*), teki (*Cyperaceae*) atau herba lunak (*Asteraceae*) dan paku pakuan (*Pteridophyta*), sehingga keberadaan gulma merepresentasikan ancaman berkurangnya ketersediaan sumberdaya untuk kehidupan kakao. Gulma mengurangi porsi sumberdaya alam dan merugikan pertumbuhan tanaman kakao (Istikana *et al.*, 2019).

Asystasia gangetica (L.) merupakan gulma invasif dengan daya adaptasi yang tinggi. Tumbuhan ini hidup dan berkembang pada ketinggian 2.500 mdpl. Tumbuhan ini cukup tahan terhadap kekeringan, dan dapat bertahan hidup 3-4 bulan dalam kondisi kering. Tumbuhan mampu beradaptasi dengan baik pada berbagai jenis tanah, memiliki kemampuan tumbuh baik pada tanah lempung sampai lempung berpasir, serta beradaptasi dengan baik pada kesuburan tanah rendah dan pH sangat masam/ 3,5-4,5 (Tarigan, 2024).

Gulma dengan jumlah populasi cukup tinggi mengakibatkan kerugian besar bagi manusia sehingga perlu dikendalikan. Pengendalian gulma dapat dilakukan secara preventif, manual, kultur teknis, biologi, hayati, terpadu, dan atau secara kimia dengan menggunakan herbisida. Pengendalian gulma dengan cara menggunakan herbisida kimia banyak diminati terutama untuk lahan pertanian yang cukup luas. Hal tersebut dikarenakan herbisida dapat mengendalikan gulma sebelum mengganggu, mengendalikan gulma pada tanaman kakao, mencegah kerusakan

tanaman kakao, lebih efektif mengendalikan gulma tanaman tahunan dan semak blukar (Juanda *et al.*, 2019) .

Perkebunan di Indonesia lebih memilih pengendalian gulma secara kimiawi dengan menggunakan herbisida. Penggunaan herbisida secara terus-menerus berdampak bagi lingkungan, terjadinya keracunan pada organisme nontarget, polusi sumber-sumber air dan kerusakan tanah serta keracunan akibat residu herbisida pada produk pertanian. Adanya dampak lingkungan dari aplikasi herbisida tersebut maka terjadi peningkatan kesadaran manusia akan bahaya yang disebabkan oleh herbisida sintetik. Pada saat ini pencarian herbisida alternatif telah banyak dilakukan karena herbisida alternatif dapat digunakan dalam sistem pertanian yang ramah lingkungan. Herbisida alternatif tersebut sering disebut dengan bioherbisida dan herbisida nabati (Kurniastuty *et al.*, 2017).

Fermentasi pulp kakao mengandung bahan yang memungkinkan dapat dimanfaatkan sebagai herbisida nabati pascatumbuh untuk pengendalian gulma secara alami dan ramah lingkungan. Herbisida pascatumbuh merupakan herbisida yang diaplikasikan setelah gulma tumbuh. Pemanfaatan cairan fermentasi pulp kakao sebagai bioherbisida pra dan pascatumbuh relatif aman karena produk yang digunakan adalah produk alami yang dapat dengan mudah terurai, tidak seperti herbisida sintesis yang persisten. Ekstrak pulp kakao mengandung asam-asam organik seperti asam malat, asam sitrat, asam asetat dan asam-asam amino serta polifenol (Sujarman *et al.*, 2013).

Penggunaan herbisida kimia sintetik mempunyai dampak yang merugikan bagi lingkungan, terjadinya keracunan pada organisme non target, polusi sumber air dan kerusakan tanah serta keracunan akibat residu herbisida pada produk pertanian hal tersebut yang melatarbelakangi adanya pengujian herbisida nabati limbah pulp kakao terhadap pertumbuhan gulma. *A. gangetica*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah:

- (1) Apakah terdapat pengaruh fermentasi cairan pulp kakao sebagai herbisida nabati terhadap pertumbuhan gulma *A. gangetica* pada bibit kakao (*Theobroma cacao* L.)?
- (2) Apakah bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) dapat teracuni oleh fermentasi cairan pulp kakao yang dijadikan herbisida nabati?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

- (1) Mengetahui pengaruh pemberian fermentasi cairan pulp kakao sebagai herbisida nabati terhadap pertumbuhan gulma *A. gangetica* pada bibit kakao (*Theobroma cacao* L.);
- (2) Mengetahui fitotoksitas fermentasi cairan pulp kakao sebagai herbisida nabati terhadap bibit kakao.

1.4 Kerangka Pemikiran

Kakao (*Theobroma cacao* L.) adalah komoditi tanaman perkebunan yang mempunyai peran penting dalam perekonomian Indonesia, terutama dalam hal kebutuhan petani dan sebagai sumber devisa negara melalui perolehan nilai ekspor perkebunan (Mukarlina *et al.*, 2021). Gulma yang tumbuh subur dalam perkebunan kakao merupakan pesaing tanaman kakao, hal ini dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan bahkan hasil dari tanaman kakao. Perkebunan yang luas masalah pengendalian gulma memunculkan biaya pemeliharaan budidaya kakao dapat mencapai sekitar 15% dari total biaya pemeliharaan.

Gulma merupakan jenis-jenis penyusun vegetasi yang tidak diinginkan dan merupakan tumbuhan pengganggu bagi tanaman pokok melalui kompetisi yang ditimbulkannya. Gangguan gulma pada tanaman pokok dapat menyebabkan

penurunan hasil karena adanya persaingan secara fisik antara gulma dan tanaman pokok untuk memperoleh ruang tumbuh, cahaya matahari, air, nutrisi, serta kadangkala adanya pengaruh senyawa alelopati yang dikeluarkan. Beberapa kerugian yang disebabkan oleh gulma antara lain tanaman terhambat pertumbuhannya, terjadi perubahan bentuk tajuk atau batang, tanaman mati, serta jumlah tegakan menurun (Kusumaningsih *et al.*, 2023). *A. gangetica* (L.)

Gulma di lahan tanaman budidaya dapat menyebabkan kerugian baik dari segi kuantitas maupun kualitas produksi. Kerugian ini terjadi karena gulma bersaing dengan tanaman utama dalam mendapatkan air, unsur hara, dan ruang tumbuh, serta dapat menurunkan kualitas hasil dan menjadi tempat hidup bagi hama dan penyakit. Ada berbagai metode yang bisa digunakan untuk mengendalikan gulma di lahan budidaya, seperti pengendalian manual, teknik budaya, kimiawi, dan mekanis. Saat ini, pengendalian gulma secara kimiawi banyak digunakan oleh masyarakat karena dianggap lebih praktis.

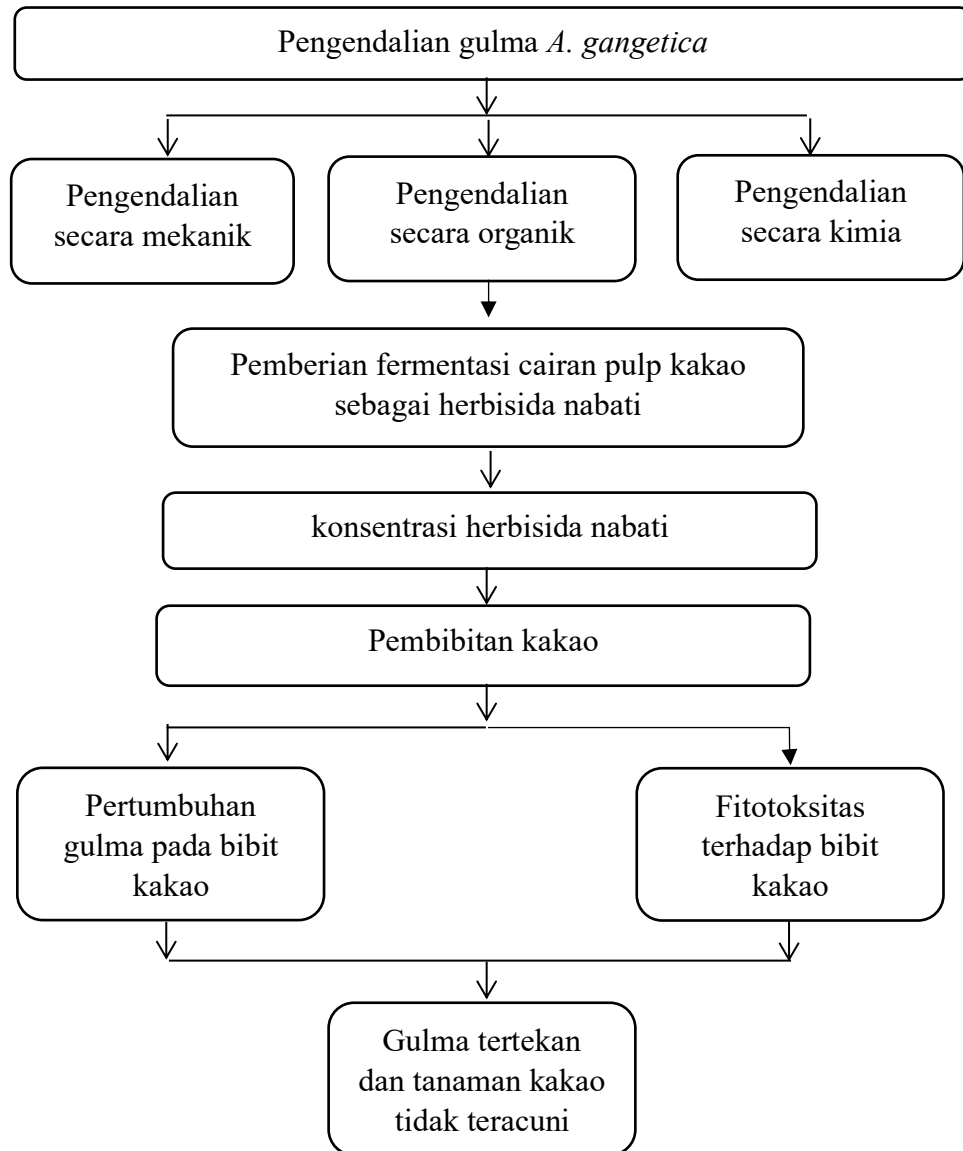
Pengendalian gulma secara kimiawi yang dilakukan secara berkelanjutan dapat mencemari lingkungan dan membahayakan mikroorganisme dalam tanah. Oleh karena itu, penggunaan bioherbisida sebagai alternatif pengendalian gulma dianggap lebih ramah lingkungan. Dengan potensi yang dimiliki, herbisida dari ekstrak pulp kakao dapat menjadi solusi berkelanjutan dalam pengendalian gulma yang ramah lingkungan dan mendukung pertanian berkelanjutan. Diagram alur uji ini disajikan pada Gambar 1.

1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah:

- (1) Terdapat konsentrasi terbaik dalam pemberian fermentasi cairan pulp kakao sebagai herbisida nabati dalam menurunkan pertumbuhan gulma *A. gangetica* pada bibit tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) pada konsentrasi 5-25% cairan pulp kakao;

- (2) Aplikasi fermentasi cairan pulp kakao sebagai herbisida nabati tidak meracuni bibit tanaman kakao namun memberikan dampak positif pada pertumbuhan bibit kakao.



Gambar 1: Skema kerangka penelitian pengujian fermentasi cairan pulp kakao sebagai herbisida nabati Terhadap pertumbuhan gulma *A. gangetica* pada bibit kakao (*Theobroma cacao*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Taksonomi dan Morfologi Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Kakao merupakan tanaman perkebunan yang memiliki nama ilmiah *Theobroma cacao* L. Kakao memiliki nama famili *Sterculiaceae*. Tanaman ini berasal dari Amerika Selatan yang saat ini banyak ditanam di berbagai kawasan tropika. Biji yang dihasilkan merupakan produk Indonesia adalah satu dari tiga negara pembudidaya Kakao di dunia atau setelah *Ivory-Coast* dan Ghana dengan nilai produksi mencapai 1.315.800 ton/tahun. Laju perkembangan lahan perkebunan Kakao meningkat dalam kurun waktu 5 tahun terakhir sekitar 8% per tahun yang didominasi 90% perkebunan (Farhanandi dan Indah, 2022). Tanaman kakao (*Theobroma cacao*), termasuk dalam famili *Sterculiaceae*. Biji kakao ini diolah menjadi coklat. Klasifikasi kakao terdiri dari Kingdom; *Plantae*, divisi; *Magnoliophyta*, kelas; *Magnoliopsida*, ordo; *Malvales*, famili; *Sterculiaceae*, genus; *Theobroma*, spesies; *Theobroma cacao* (Riono, 2020).

Tanaman kakao memiliki dua bentuk cabang, yaitu cabang orthotrop (cabang yang tumbuh ke atas) dan cabang plagiotrop (cabang yang tumbuh ke samping). Dari batang dan kedua jenis cabang tersebut sering ditumbuhi tunas air atau wiwilan yang banyak menyerap energi sehingga akan mengurangi pembungaan dan pembuahan. Jorket merupakan tempat percabangan orthotrop ke plagiotrop dengan sifat percabangan dimorfisme. Sudut arah pertumbuhan cabang primer

berkisar 45° dengan warna cokelat muda sampai cokelat tua, permukaan beralur, keadaan bantalan buah jelas, jarak antar bantalan buah 5-10 cm. Sudut arah pertumbuhan cabang sekunder sekitar 60° , warna cokelat muda sampai cokelat tua, alur permukaan kurang tegas sampai tegas dengan jarak antar ketiak daun 2-5 cm (Febrianto, 2013) .

Akar kakao adalah akar tunggang, pertumbuhan akarnya bisa sampai 8 m ke arah samping dan 15 m ke arah bawah. Kakao yang diperbanyak secara vegetatif pada awal pertumbuhannya tidak menumbuhkan akar tunggang, melainkan akar-akar serabut yang banyak jumlahnya. Setelah dewasa tanaman tersebut menumbuhkan dua akar yang menyerupai akar tunggang. Bunga kakao akan terbentuk sepanjang tahun, berwarna putih agak kemerah-merahan dan tidak berbau. Buah kakao memiliki warna sangat beragam, tetapi pada dasarnya hanya ada dua warna. buah ketika muda berwarna hijau atau hijau agak putih jika sudah masak akan berwarna kuning. Buah akan matang setelah enam bulan (Ayu *et al.*, 2023).

Perbanyak tanaman kakao secara vegetatif dapat dilakukan melalui setek (*cutting*), cangkok (*layering*), penyambungan (*grafting*), okulasi (*budding*), dan kultur jaringan. Teknologi setek memanfaatkan potongan bagian pucuk muda dengan menyertakan bagian daunnya. Daun diperlukan untuk keberlangsungan proses fotosintesis yang menghasilkan karbohidrat yang diperlukan dalam pembentukan akar. Teknologi penyambungan (*grafting*) termasuk metode multiplikasi vegetatif, yaitu dengan menyambungkan dua jenis tanaman kakao, satu sebagai batang bawah (*onderstam*) dan lainnya sebagai batang atas atau scion (Mukarlina *et al.*, 2021).

2.2 Taksonomi dan Morfologi Gulma *A. gangetica*

Asystasia gangetica (L.) T. Anderson yang sering disebut sebagai ara sungsang, rumput israel dan china violet, merupakan salah satu tumbuhan yang tumbuh secara merambat dengan cepat dan dapat ditemukan di daerah tropis. *A. gangetica* berasal dari genus *Asystasia* famili *Acanthaceae* (Kumalasari *et al.*, 2020). *A.*

gangetica (L.) termasuk spesies tumbuhan dalam keluarga Acanthaceae yang berpotensi menjadi sumber hijauan pakan yang mudah ditemui di pekarangan rumah, tepi jalan, kebun, dan lapangan terbuka. Pada areal perkebunan karet, kopi, kakao, nanas, dan kelapa sawit tumbuhan ini dikategori sebagai gulma.

Asystasia gangetica merupakan gulma dengan ciri daun bertipe tunggal. Panjang tangkai daun 3 – 5 mm, panjang daun 3 – 12 cm dan lebar 1 – 5 cm. Pangkal daun berbentuk romping hingga membundar, tepi rata atau sedikit mengerut dan ujung meruncing. Pertulangan daun bertipe menyirip. Bunga berkelamin ganda, memiliki simetri tunggal dan tersusun dalam rangkaian berbentuk tandan dengan panjang hingga 29 cm. Buah kapsul bentuk gada. Panjang buah mencapai 1.3 cm. Permukaan tertutupi oleh rambut. Biji berbentuk bundar telur, panjang 3 – 5 mm dan lebar 0.5 – 3 mm (Silalahi *et al.*, 2021).

2.3 Fermentasi Cairan Pulp Kakao sebagai Herbisida Nabati

Fermentasi adalah proses biokimia dimana mikroorganisme seperti bakteri, khamir (ragi), atau kapang mengubah substrat organik misalnya karbohidrat, protein, atau bahan organik lain menjadi zat yang lebih sederhana dengan bantuan enzim, baik dalam kondisi anaerobik maupun aerobik, menghasilkan produk akhir seperti asam, alkohol, gas, rasa serta aroma yang khas, sekaligus meningkatkan keawetan, kandungan nutrisi, dan/atau keamanan pangan. Fermentasi biji kakao merupakan fermentasi tradisional yang melibatkan mikroorganisme indigenous dan aktivitas enzim endogen, sehingga tidak memerlukan penambahan kultur starter (biang), karena pulp/ daging kakao yang mengandung banyak glukosa, fruktosa, sukrosa, dan asam sitrat sudah dapat mengundang terbentuknya pertumbuhan mikroorganisme (Tity dan Laily, 2024).

Fermentasi pulp kakao memiliki peran penting dalam meningkatkan mutu biji kakao melalui penguraian pulpa (lapisan lendir yang menyelimuti biji) oleh mikroorganisme sehingga cita rasa, aroma, dan kualitas kimiaswi biji berkembang (misalnya penurunan pH, meningkatnya asam organik, perubahan kandungan gula

dan komponen volatil). Prosesnya dimulai setelah buah kakao dipanen, buah dibuka, biji bersama pulp/air lendir dibiarkan dalam wadah fermentasi (kotak kayu, bak, tumpukan) dalam kondisi aerobik dan/atau anaerobik selama beberapa hari (misalnya 3-7 hari), dengan pembalikan atau aerasi sesuai metode. Mikroba seperti khamir, bakteri asam laktat dan asam asetat saling bergantian dominan dalam fase- fermentasi; pulp rusak, lendir larut, menghasilkan panas, dan cairan fermentasi yang mengalir keluar (*swetings*), lalu biji dikeringkan setelah fermentasi untuk menghentikan reaksi. Lama fermentasi dan kondisi wadah sangat menentukan karakteristik akhir seperti kadar air, pH, indeks fermentasi, warna, aroma, dan kekuatan rasa coklat (Titi dan Laily, 2024).

Salah satu hasil sampingan yang diperoleh dari pengelolaan kakao adalah pulp. Pulp merupakan lapisan berwarna putih yang melapisi permukaan biji kakao (Pratama et al., 2013). fermentasi pulp kakao belum banyak digunakan petani. Menurut Pujiswanto (2012), penelitian pemanfaatan limbah pulp kakao untuk digunakan sebagai herbisida nabati yang efektif mengendalikan gulma dan bermanfaat sebagai herbisida yang ramah lingkungan.

Fermentasi pulp kakao juga dimanfaatkan sebagai substrat produksi alkohol dan asam asetat sehingga perlu dicari teknologi pengelolaan limbah kakao yang dapat menangani limbah dalam jumlah yang besar. Pulp kakao mengandung glukosa dan sukrosa antara 12-15%, asam-asam organik dan beberapa asam amino. Pemanfaatan cairan fermentasi pulp kakao sebagai bioherbisida pra dan pascatumbuh relatif aman karena produk yang digunakan adalah produk alami yang dapat dengan mudah terurai, tidak seperti herbisida sintetis yang persisten. Cairan fermentasi pulp kakao mengandung asam-asam organik seperti asam malat, asam sitrat, asam asetat dan asam-asam amino serta polifenol (Sujarman *et al.*, 2013).

Pulp kakao atau lapisan lendir yang menyelimuti biji, fermentasi selama kurang lebih 2–5 hari atau bahkan 10 hari menghasilkan senyawa komponen penyusunan yang terdiri dari air (83-86%) dan lapisan gizi yaitu gula 11-13%(D-glukosa, D-

fruktosa, dan sukrosa), pektin (0,5-1,2%), asam sitrat (0,3-1,3%) dan sisanya merupakan serat. Karbohidrat pulp kakao mengandung katekin dan polifenol yang dapat berfungsi sebagai antioksidan. Katekin termasuk dalam golongan flavonoid dan memiliki aktivitas antioksidan berkat gugus fenol yang dimilikinya. Fermentasi biji kakao merupakan fermentasi tradisional yang melibatkan mikroorganisme indigenus dan aktivitas enzim endogen, sehingga tidak memerlukan penambahan kultur starter (biang), karena pulp/ daging kakao yang mengandung banyak glukosa, fruktosa, sukrosa dan asam sitrat sudah dapat mengundang terbentuknya pertumbuhan mikroorganisme (Titi dan Laily, 2024).

Senyawa fenol ialah senyawa alkohol alifatik yang ditemukan pada proses fermentasi. Fenol berisikan senyawa kimia yang mampu dimanfaatkan untuk insektisida, herbisida dan fungisida. Fenol pada herbisida sangat tinggi toksisitasnya yang memiliki arti bersifat non selektif atau bersifat kontak. Kandungan senyawa fenol dan asam organik pada hasil fermentasi pulp kakao berpotensi sebagai herbisida nabati yang dapat meracuni gulma. Waktu dalam proses fermentasi dari pulp kakao dapat menjadi kunci dalam mempengaruhi Tingkat keracunan terhadap gulma agar mendapatkan kadar fenol dan asam organik tinggi (Apri *et. al.*, 2013).

Alkohol yang paling umum dalam proses fermentasi adalah etanol dengan rumus molekul C_2H_5OH , suatu senyawa organik golongan alkohol yang mengandung gugus hidroksil ($-OH$) yang larut dalam air dan mudah diuapkan. Asam asetat (etanoat), dengan rumus CH_3COOH (kadang kala ditulis $C_2H_4O_2$), asam asetat merupakan asam karboksilat lemah yang terbentuk dari oksidasi alkohol oleh bakteri asam asetat. Asam laktat, atau 2-hidroksipropanoat, memiliki rumus kimia $CH_3CH(OH)COOH$ dan dapat diproduksi melalui fermentasi gula oleh bakteri senyawa fenolik dengan struktur dasar cincin aromatik dan satu atau lebih gugus fenol ($-OH$) terikat ke cincin tersebut; sifatnya antioksidan. Sedangkan "gula" (gula sederhana) dalam konteks fermentasi paling sering merujuk ke monosakarida seperti glukosa dengan rumus $C_6H_{12}O_6$ atau disakarida seperti

sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$), yang menjadi substrat utama bagi mikroorganisme dalam fermentasi (Sabannur, 2023).

Herbisida nabati dari pulp kakao merupakan salah satu alternatif pengendalian gulma yang ramah lingkungan. Limbah pulp kakao, biasanya dianggap sebagai sisa hasil pengolahan biji kakao, mengandung senyawa bioaktif yang berpotensi digunakan sebagai herbisida alami. limbah cair pulp kakao dengan kadar gula 12-15 % berpotensi sebagai bahan asam cuka. Produksi asam asetat yang dihasilkan dari substrat etanol hasil fermentasi alkohol medium pulp kakao sebesar 7,84% (Kurniastuty *et al.*, 2017). Senyawa bioaktif mampu menghambat pertumbuhan gulma dengan cara mempengaruhi proses fisiologis tumbuhan, menghambat penyerapan air dan nutrisi. Dengan demikian, penggunaan ekstrak pulp kakao sebagai herbisida nabati tidak hanya mengurangi ketergantungan pada herbisida kimia, tetapi juga membantu dalam pengelolaan limbah pertanian kakao.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan mulai Januari sampai April 2025, di Kelurahan Bandar Agung Ranau Kecamatan Banding Agung Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan Provinsi Sumatera Selatan.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah timbangan, meteran, gelas ukur, *polybag*, karung goni, plastik, ember, alat tulis, *Knapsack sprayer*, dan alat dokumentasi. Bahan yang digunakan adalah gulma *Asystasia gangetica*, bibit kakao half-sib MCC02, dan cairan pulp kakao.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 6 taraf perlakuan yaitu kontrol (K0), konsentrasi fermentasi cairan pulp kakao 5% (K1), Konsentrasi 10% (K2), konsentrasi 15% (K3), konsentrasi kakao 20% (K4), dan konsentrasi 25% (K5). Masing masing perlakuan pada penelitian diulang sebanyak 4 kali. Sehingga diperoleh 24 satuan percobaan. Uji coba konsentrasi pulp kakao sebagai herbisida nabati terdapat 4 gulma *Asystasia gangetica* yang ditanam pada *polybag* ukuran 15 cm x 30 cm x 30 cm dengan bibit kakao, hingga diperoleh sebanyak 96 gulma *A. gangetica*.

Homogenitas data pengamatan dilakukan Uji Barlett dan Aditivitas. diuji dengan Uji Tukey. Analisis data dilakukan dengan analisis ragam dan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Variabel tingkat keracunan dilakukan dengan analisis data menggunakan histogram serta nilai penekanan gulma atau WCE (*Weed Control Eficiens*) menandakan efektifitas herbisida nabati dalam perlakuan yang digunakan, nilai variabel pengamatan pada setiap perlakuan dibandingkan dengan perlakuan Kontrol.

U1	U2	U3	U4
K5	K4	K2	K0
K1	K0	K3	K2
K0	K5	K4	K1
K4	K1	K0	K3
K3	K2	K1	K5
K2	K3	K5	K4

Gambar 2. Tata letak percobaan.

Keterangan:

U1, U2, U3, U4 = Ulangan

K0 = Kontrol 0%

K1 = Konsentrasi fermentasi cairan pulp kakao 5%

K2 = Konsentrasi fermentasi cairan pulp kakao 10%

K3 = Konsentrasi fermentasi cairan pulp kakao 15%

K4 = Konsentrasi fermentasi cairan pulp kakao 20%

K5 = Konsentrasi fermentasi cairan pulp kakao 25%

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan beberapa tahapan yaitu persiapan bahan tanam bibit kakao dan gulma *A. gangetica*, pembuatan fermentasi cairan pulp kakao sebagai herbisida nabati, dan aplikasi herbisida nabati cairan pulp kakao sebagai berikut.

3.4.1 Persiapan Bahan Tanam Bibit Kakao dan Gulma *A. gangetica*

Bibit kakao usia 2 bulan dibeli kemudian bibit kakao dilakukan pindah tanam ke *Polybag* berukuran lebih besar yaitu 30 cm x 30 cm, yang telah diisi tanah sebagai media tanam utama untuk mendukung pertumbuhan akar dan batang yang lebih kuat. Bibit gulma *Asystasia gangetica* dipindahkan dari lahan dengan cara mencabut bersama tana disekitar akar agar tetap terjaga kelembabannya, kemudian ditempatkan terlebih dahulu dalam *polybag* kecil selama 2-3 hari untuk proses adaptasi. Setelah masa adaptasi tersebut, gulma dipindahkan ke *polybag* bibit kakao dengan perbandingan satu bibit kakao dipadukan dengan empat gulma *Asystasia gangetica* dalam satu *polybag*. Bibit kakao dan gulma *Asystasia gangetica* disusun sesuai dengan perlakuan yang telah ditentukan.

3.4.2 Pembuatan Herbisida Nabati Fermentasi Cairan Pulp Kakao

Proses pembuatan konsentrasi pulp kakao sebagai Herbisida nabati diawali dengan memetik buah kakao di lahan yang siap panen. Buah kakao yang sudah dipetik dikumpulkan di tempat yang kering dan bersih. Kemudian dilakukan pemecahan atau pembelahan buah kakao untuk mendapatkan biji kakao, pemecahan buah kakao dilakukan secara hati-hati, agar tidak melukai atau merusak biji kakao.

Pemecahan buah kakao dapat menggunakan pemukul kayu atau pisau. Biji kakao dikeluarkan lalu diwadahi dalam karung goni yang bersih. Setelah biji kakao semua tertampung di dalam karung goni kemudian karung goni diikat, digantung dan dilapis plastik agar cairan pulp kakao mengalir dari karung ke plastik. (Juanda *et al.*, 2019). Cairan kakao tersebut dimasukan kedalam ember ditutup rapat dan disimpan selanjutnya difermentasi dalam derigen selama 1 minggu.

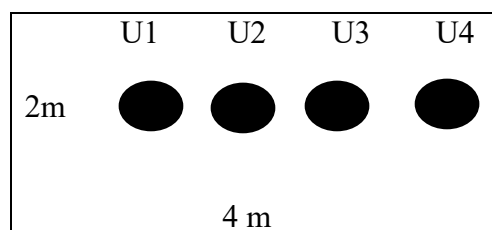
Pembuatan konsentrasi cairan fermentasi pulp kakao dilakukan dengan cara konsentrasi 5% menggunakan cairan pulp kakao sebanyak 50 ml dengan dicampurkan air sebanyak 950 ml. pembuatan konsentrasi 10% dengan cara

menggunakan bahan 100 ml dicampurkan dengan air 900 ml. Pembuatan konsentrasi 15% dengan menggunakan bahan 150 ml dicampurkan dengan 850 ml air. Pembuatan konsentrasi 20% dengan menggunakan bahan 200 ml dicampurkan dengan air 800 ml. untuk membuat herbisida nabati 25% maka diambil bahan limbah pulp kakao sebanyak 250 ml kemudian ditambahkan dengan air sehingga volume yang didapat 750 ml.

3.4.3 Aplikasi Herbisida Nabati terhadap Gulma *A. gangetica*

Aplikasi cairan pulp kakao dilakukan sekali selama penelitian, dengan cara disemprotkan pada pembibitan kakao yang ditanami gulma dengan daun 3 helai. Waktu aplikasi pada pagi hari pukul 08.00 WIB. Bibit kakao umur 2 bulan lalu dipindahkan ke polybag ukuran 15 cm x 30 cm x 30 cm ditata pada lahan yang sudah disiapkan yang dinaungi paramet dengan jarak 50 cm perpolybag.

Penyusunan *polybag* bibit kakao pada saat aplikasi dilakukan berdasarkan perlakuan konsentrasi, yaitu masing masing *polybag* dikelompokkan sesuai dengan Tingkat konsentrasi cairan pulp kakao yang digunakan yakni 5-25%. Kalibrasi pada petakan 2x4 m menghasilkan volume semprot pada petakan 136,8 ml. Kalibrasi pada luas lahan 2x4 m yaitu 171 L/ha. Aplikasi dilakukan dengan menyusun setiap *polybag* yang mempunyai jenis konsentrasi yang sama hal ini disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Penyusunan *polybag* pada saat aplikasi

Keterangan:

U : Ulangan

● : *Polybag* Tanaman

3.5 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan yang diamati pada penelitian meliputi pertumbuhan gulma, dan bibit kakao.

3.5.1 Pertumbuhan Gulma *A. gangetica*

Parameter pengamatan pertumbuhan gulma *A. gangetica* sebagai berikut:

- (1) Tinggi gulma (cm) diukur dengan mengukur tinggi dari pangkal sampai ke titik tumbuh. Pengukuran dilakukan setiap 1 minggu sekali selama 4 minggu;
- (2) Jumlah daun (Helai) dihitung secara manual dengan menghitung daun yang sudah mekar sempurna setiap 1 minggu sekali selama 4 minggu;
- (3) Panjang akar (cm) dilakukan dengan mengukur pangkal batang yang tumbuh sampai dengan akar terpanjang pada minggu terakhir pengamatan 4 msa;
- (4) Tingkat keracunan gulma dilakukan secara visual pada minggu ke 1,2,3, dan 4 msa. Pengukuran tingkat keracunan gulma menggunakan skor berdasarkan Perez *et. al* (2014) dalam penelitian yang disajikan pada Tabel 1. sebagai berikut:

Tabel 1. Skoring Keracunan Gulma *A. gangetica* terhadap Aplikasi Herbisida

Skor	Keterangan	Presentase Keracunan Gulma(%)
1	Pengendalian terbaik	99,0 - 100,0
2	Pengendalian sangat tinggi	96,5 - 99,0
3	Pengendalian tinggi	93,5 - 96,5
4	Pengendalian sedang	87,5 - 93,0
5	Pengendalian baik	80,0 - 87,0
6	Pengendalian cukup	70,0 - 80,0
7	Pengendalian kurang	50,0 - 70,0
8	Pengendalian kurang baik	1,0 - 50,0
9	Pengendalian tidak berpengaruh	0,0 - 1,0

Sumber: Perez *et al.* (2014)

3.5.2 Pertumbuhan Bibit Kakao

Parameter penamatan pertumbuhan bibit kakao sebagai berikut:

- (1) Tinggi bibit kakao (cm) diukur dengan mengukur tinggi dari pangkal batang sampai ke titik pucuk tumbuh. Pengukuran dilakukan dalam 1 minggu sekali selama 4 minggu;
- (2) Lilit batang (cm) diukur dengan mengukur lilit batang 3 cm dari permukaan tanah menggunakan meteran dilakukan setiap 1 minggu sekali selama 4 minggu;
- (3) Jumlah daun (Helai) penghitungan dilakukan dengan menghitung jumlah daun bibit kakao dilakukan secara manual dengan menghitung daun yang sudah mekar sempurna setiap 1 minggu sekali selama 4 minggu;
- (4) Pengukuran fitotoksitas bibit kakao terhadap herbisida dilakukan secara visual pada minggu ke 1,2,3, dan 4 msa (minggu setelah aplikasi. Pengukuran tingkat keracunan gulma menggunakan skor pada Tabel 2.

Tabel 2. Skoring Keracunan Bibit Kakao terhadap Aplikasi Herbisida

Skor	Presentase	Gejala Keracunan
0	0-5%	Tidak ada keracunan, bentuk atau warna daun dan atau pertumbuhan tanaman normal.
1	6-10%	Keracunan ringan, bentuk atau warna daun dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal.
2	11-20%	Keracunan sedang, bentuk atau warna daun dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal
3	21-50%	Keracunan berat, bentuk atau warna daun dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal.
4	>50%	Keracunan sangat berat, bentuk atau warna daun muda tidak normal hingga mengering dan rontok sampai tanaman mati.

Sumber: Komisi Pestisida 2000.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan penelitian ini adalah:

- (1) Pengujian fermentasi cairan pulp kakao memiliki potensi sebagai herbisida nabati dalam mengendalikan gulma *A. gangetica* dengan konsentrasi 5 - 25% karena mampu menghambat pertumbuhan gulma dari tinggi gulma, jumlah daun, panjang akar, hingga kematian pada gulma;
- (2) Pengujian fermentasi cairan pulp kakao sebagai herbisida nabati tidak menyebabkan toksitas terhadap bibit kakao. Fermentasi cairan pulp kakao memberikan dampak positif pada tinggi bibit kakao, jumlah daun, dan lilit batang bibit kakao.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan sesuai penelitian ini yaitu untuk dilakukan penelitian lanjutan dengan fermentasi cairan pulp kakao lebih lama dan konsentrasi lebih tinggi agar menghasilkan Tingkat keracunan pada gulma dengan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayu J, N. K., Arsana, I. N., dan Sri Puspa Adi, N. N. 2023. Budidaya Kakao (*Theobroma cacao* L.) di Cau Chocolates Bali. *Jurnal Widya Biologi*. 13(2):103–114.
- Apri, D, K. Dad, R.J. S., dan Herry, S. 2013. Respons Gulma terhadap Lama Fermentasi Cairan Pulp Kakao sebagai Bioherbisida. *Jurnal Agrotek Tropika*. 1(2): 195-201.
- Cherry, D. 2002. Using Acetic Acid(Vinegar) As A Broad-Spectrum Herbicide. *Cooperative Extension Educator, Cornell Cooperative Extensions of Rensselaer County*. 488(11:91-105.
- Effendy, M.S. 2002. Kinetika Fermentasi Asam Asetat (Vinegar) oleh Bakteri *Acebacter aceti* B127 dari Etanol Hasil Fermentasi Limbah Cair Pulp Kakao. *Jurnal Tekno dan Industri Pangan*. 13(2): 125-135.
- Farhanandi, B. W., dan Indah, N. K. 2022. Karakteristik Morfologi dan Anatomi Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Tumbuh pada Ketinggian Berbeda. *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*. 11(2): 310–325.
- Febrianto, W. B., Jorge, H. R. S., dan Monica, G, L, C. 2023. Herbicides Assesment For Weed Control and Cost Analysis in a tomato (*Solanum lycopersicon* L.) Crop IN the Stage of Yucatan Mexico. *Open Access Library Journal*. 11(02): 1-11.
- Ifmalinda, I., Saputra, E., dan Cherie, D. 2023. Pengaruh Suhu Pengeringan terhadap Mutu Kakao (*Theobroma cacao* L.) Varietas Klon BL 50 Pasca Fermentasi. *Teknotan*. 17(2): 105-115.
- Istikana, Y., Harso, W., dan Pitopang, R. 2019. Komunitas Gulma Pada Perkebunan Kakao (*Theobroma cacao*) di Dataran Tinggi Desa Dongi-Dongi Dan Dataran Rendah Desa Sidera. *Biocelbes*. 13(3): 203–217.
- Juanda, A. A., Manurung, S. S., dan Ginting, Y. S. 2019. Efektivitas Bio Herbisida Pulp Kakao (*Theobroma cacao* L) dengan Beberapa Tingkat Kematangan Fermentasi Terhadap Pengendalian Gulma di Perkebunan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Best Journal (Biology Education, Sains and Technology)*. 2(1): 01–08.

- Komisi Pestisida. 2000. *Pestisida Untuk Pertanian dan Kehutanan*. Departemen Pertanian. Koperasi Daya Guna. Jakarta. hlm 99.
- Kumalasari, N. R., Putra, R., dan Abdullah, L. 2020. Evaluasi Morfologi, Produksi dan Kualitas Tumbuhan *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson pada Lingkungan yang Berbeda. *Jurnal Ilmu Nutrisi Dan Teknologi Pakan*. 18(2): 49–53.
- Kurniastuty, C. B., Sembodo, D. R. J., Rini, M. V., dan Pujisiswanto, H. 2017. Efikasi Herbisida Nabati 1,8-Cineole Terhadap Gulma pada Perkebunan Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Menghasilkan. *Jurnal Agrotek Tropika*. 5(1): 27–32.
- Kusumaningsih, K., Saputra, S. H., dan Muhandi. 2023. Pengendalian Gulma Paku di Areal Gambut Menggunakan Beberapa Jenis Bahan Aktif Herbisida. *Jurnal Wana Tropika*. 12(02): 47–54.
- Mukarlina, Linda, R., dan Siska. 2021. Pertumbuhan Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.) Dengan Variasi Konsentrasi Air Kelapa Dan Lama Waktu Perendaman. *Jurnal Buana Sains*. 21(2): 73–80.
- Perez, M. L. Castaneda, C. C., Ramos, T. M., And Tafoya, R. J.A. 2014. Control Quimico Preemergente de la Maleza en Tomate de Cascara. *Interciencia*. 39(01): 76-85.
- Pratama, A. F., Susanto, H., dan Sembodo, D. R. J. 2013. Respon Delapan Jenis Gulma Indikator Terhadap Pemberian Cairan Fermentasi Pulp Kakao. *Jurnal Agrotek Tropika*. 1(1): 80–85.
- Pujisiswanto, H. 2012. Pengaruh Fermentasi Limbah Cair Pulp Kakao Terhadap Tingkat Keracunan dan Pertumbuhan Beberapa Gulma Berdaun Lebar. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 12(1): 13–19.
- Riono, Y. 2020. Pertumbuhan Bibit Kakao (*Teobroma cacao* L) Dengan Berbagai Pemberian Dosis Serbuk Gergaji Pada Varietas (Bundo-F1) Di Tanah Gambut. *Selodang Mayang: Jurnal Ilmiah Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Indragiri Hilir*. 6(3): 163–171.
- Sabahannur, S., Syam, N., dan Ervina, E. 2023. Mutu Fisik dan Kimia Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.) pada Beberapa Jenis Klon. *Agrotek: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*. 7(2): 99–107.
- Silalahi, S, U. 2019. Efektivitas Bioherbisida dari Limbah Cair Pulp Kakao dalam Pengendalian Berbagai Jenis Gulma di Kebun Masyarakat Kecamatan Deli Tua Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan*. 5(2): 142-153.

- Sujarman, S., Suprpto, H., dan Sembodo, D. R. J. 2013. Respons Pertumbuhan Gulma Terhadap Kepekatan Cairan Fermentasi Pulp Kakao Sebagai Bioherbisida Pascatumhuh. *Jurnal Agrotek Tropika*. 1(3): 277–282.
- Tarigan, P. L. 2024. Inventarisasi Gulma di Beberapa Lahan Perkebunan Rakyat, Jawa Timur. *Agrocentrum*. 2(1): 1–9.
- Titi, H, P., dan Laily, S. 2024. Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Karakteristik Ekstrak Pulp Biji Kakao (*Theobroma cacao*. L). *Jurnal Teknologi Pangan*. 15(1): 11-161.
- Utsumi, T. 2019. acetid acid- inculed drought avoidance in cassava (*Manihot esculenta*). *Journal of Plant Physiology*. 2(1):25-34.