

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Gulma merupakan tumbuhan yang tumbuh pada tempat yang tidak dikehendaki oleh manusia, karena akan merugikan manusia baik langsung maupun tidak langsung (Tjitrosoedirjo *et al.*, 1984). Tumbuhan yang lazim menjadi gulma mempunyai ciri yang khas yaitu pertumbuhannya cepat, mempunyai daya saing kuat dalam memperebutkan faktor-faktor kebutuhan hidup, mempunyai toleransi yang besar terhadap suasana lingkungan yang ekstrim, mempunyai daya berkembang biak yang besar baik secara vegetatif atau generatif maupun keduanya, alat perkembangbiakannya mudah tersebar melalui angin, air maupun binatang, dan bijinya mempunyai sifat dormansi yang memungkinkan untuk bertahan hidup yang lama dalam kondisi yang tidak menguntungkan (Nasution, 1986). Dalam sistem pertanian gulma tidak dikehendaki karena akan menimbulkan banyak kerugian antara lain: menurunkan hasil, menurunkan mutu, sebagai tanaman inang hama dan penyakit, menimbulkan keracunan bagi tanaman pokok seperti allelopati, mempersulit pengolahan tanah, menghambat atau merusak peralatan, mengurangi debit dan kualitas air, serta menambah biaya produksi.

Keberadaan 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 kimiawi dapat mengendalikan gulma sebelum mengganggu, mengendalikan gulma pada larikan tanaman pokok, mencegah kerusakan tanaman pokok, lebih efektif membunuh gulma tanaman tahunan dan semak belukar, dan meningkatkan hasil panen pada tanaman pokok dibandingkan dengan penyiangan biasa (Sukman dan Yakup, 1995). Namun disisi lain herbisida kimiawi memberikan dampak negatif yaitu terjadinya keracunan pada organisme nontarget, polusi sumber-sumber air dan kerusakan tanah, juga keracunan akibat residu herbisida pada produk pertanian. Dengan semakin meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya kelestarian lingkungan, maka semakin meningkat pula tuntutan masyarakat akan proses usaha tani yang ramah lingkungan dan produk pertanian yang lebih aman. Salah satu alternatif usaha pemberantasan gulma pertanian dan perkebunan adalah menggunakan bioherbisida. Bioherbisida adalah suatu jenis herbisida yang bahan aktifnya berasal dari makhluk hidup. Dalam hal ini penulis mencoba memanfaatkan limbah tanaman kakao yang dapat dimanfaatkan sebagai bioherbisida.

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan tanaman yang banyak dibudidayakan oleh para petani di Indonesia karena nilai ekonominya tinggi dan dapat dipanen setiap minggunya sehingga memberikan keuntungan yang tinggi bagi para petani.

Kakao merupakan salah satu komoditas ekspor non migas yang cukup berkontribusi bagi perekonomian Indonesia. Potensi pengembangan kakao di Indonesia cukup besar, baik dari sumber daya yang dimiliki, teknologi yang dikuasai, maupun peluang pasar yang terus berkembang pada masa yang akan datang. Total ekspor kakao Indonesia tahun 2008 sebesar 515.576 ton dan nilainya mencapai 1.269.022.000 US\$ (Statistik dan Informasi, 2009). Sedangkan untuk produksi kakao selama dua tahun terakhir dalam negeri (2009—2010) mengalami peningkatan 3,317 ton (BPS Pusat, 2010).

Pada proses pasca panen kakao dilakukan kegiatan fermentasi, cara tersebut berfungsi untuk meningkatkan cita rasa khas kakao, pengurangan rasa pahit dan sepat, serta perbaikan kenampakan fisik kakao (Susanto, 1994). Pada proses tersebut menghasilkan limbah berupa cairan putih yang dikeluarkan oleh hasil fermentasi. Cairan tersebut adalah pulp biji kakao yang telah terdegradasi karena proses fermentasi.

Pulp adalah lapisan yang berwarna putih yang melapisi permukaan biji kakao. Pulp yang melingkupi biji kakao terdiri dari 80 – 90% air dan 12 – 15% gula, dalam bentuk glukosa dan sukrosa. Pada awal fermentasi, mikroorganisme yang aktif adalah khamir (*yeast*) yang memecah sukrosa, glukosa dan fruktosa menjadi etanol. Bersamaan dengan hal itu, terjadi pula pemecahan pektin dan metabolisme asam organik. Aktivitas selanjutnya dilakukan beberapa genera bakteri asam laktat dan asam asetat yang memecah etanol menjadi asam laktat. Selain itu juga dihasilkan asam asetat, dan asam organik lain seperti asam sitrat dan malat (Atmana, 2000).

Dengan kandungan senyawa-senyawa hasil fermentasi tersebut diharapkan dapat dijadikan sebagai bioherbisida. Hal tersebut didasarkan terhadap uji awal limbah ini dapat meracuni dengan munculnya klorosis dan mencegah perkecambahan gulma.

Proses pemanfaatan pulp kakao belum banyak diketahui oleh masyarakat secara umum, sehingga sering terjadi permasalahan limbah pada saat proses pengolahan awal kakao. Melalui kasus ini, maka dilakukan penelitian dengan harapan dapat mengurangi limbah pulp kakao, dengan menghasilkan produk bahan alami yang tentunya sangat bermanfaat sebagai herbisida yang ramah lingkungan.

Percobaan ini dilakukan untuk menjawab masalah yang dirumuskan dalam pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh lama fermentasi cairan buah kakao terhadap tingkat keracunan pada gulma?
2. Bagaimana pengaruh beberapa jenis gulma terhadap tingkat keracunan?
3. Bagaimana pengaruh interaksi antara lama fermentasi dan jenis gulma dalam mempengaruhi tingkat keracunan gulma?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah, maka disusun tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh lama fermentasi cairan buah kakao terhadap tingkat keracunan pada gulma.
2. Mengetahui pengaruh beberapa jenis gulma terhadap tingkat keracunan.

3. Mengetahui pengaruh interaksi antara lama fermentasi dan jenis gulma dalam mempengaruhi tingkat keracunan gulma.

1.3 Landasan Teori

Gulma adalah setiap tumbuhan yang tumbuh pada tempat yang tidak diinginkan sehingga manusia berusaha untuk mengendalikannya. Gulma dapat merugikan pertumbuhan dan hasil tanaman karena bersaing pada unsur hara, air, cahaya dan sarana tumbuh lainnya (Sebayang, 2008).

Ciri gulma berbahaya atau sangat merugikan antara lain: memiliki pertumbuhan vegetatif yang cepat, memperbanyak diri lebih awal dan efisien, memiliki kemampuan untuk bertahan hidup dan beradaptasi pada kondisi lingkungan yang kurang baik, memiliki sifat dormansi, dapat menurunkan produksi meskipun pada populasi gulma rendah.

Ada enam metode pengendalian gulma yaitu (a) Preventif atau pencegahan yaitu pengendalian yang bertujuan untuk menekan pertumbuhan dan penyebaran gulma agar pengendalian dapat dikurangi atau ditiadakan; (b) mekanik/fisik yaitu dengan cara merusak fisik atau bagian tubuh gulma sehingga pertumbuhannya terhambat atau bahkan mati; (c) kultur teknik/ekologik yaitu pengendalian dengan cara manipulasi ekologi atau lingkungan sehingga pertumbuhan gulma tertekan dan sebaliknya untuk tanaman; (d) hayati yaitu pengendalian yang bertujuan menekan populasi gulma dengan menggunakan organisme hidup; (e) kimia yaitu pengendalian dengan menggunakan herbisida; dan (f) terpadu yaitu pengendalian dengan cara memadukan beberapa cara pengendalian secara bersama-sama.

Pengendalian secara kimiawi dengan menggunakan herbisida merupakan salah satu upaya untuk meniadakan atau mengurangi populasi gulma tanpa mengganggu tanaman (Sembodo, 2010).

Menurut Sukman dan Yakub (1995), herbisida merupakan senyawa kimia yang digunakan untuk menekan pertumbuhan gulma tanpa mengganggu pertumbuhan tanaman pokok. Herbisida pratumbuh adalah herbisida yang diberikan sebelum gulma tumbuh pada suatu areal pertanaman (Moenandir, 1990).

Herbisida pratumbuh disemprotkan setelah tanam merata diatas permukaan tanah. Herbisida ini dikombinasikan dengan pengerjaan pengolahan tanah, sehingga herbisida dapat aktif di bawah permukaan tanah (Tjitrosoedirdjo, 1984).

Berdasarkan mekanisme kerjanya herbisida dibedakan atas dua golongan yaitu kontak dan sistemik. Paraquat digunakan untuk mengendalikan gulma dengan pengaruhn kontak, penyerapannya melalui daun sangat cepat sehingga tidak mudah tercuci oleh air hujan. Senyawa ini mempengaruhi sistem fotosintesis khususnya mengubah aliran elektron dalam tumbuhan gulma. Umumnya pembentukan klorofil dihambat sehingga terjadi klorosis (Sastroutomo, 1992).

Dalam mengendalikan gulma secara kimiawi hal-hal yang perlu diperhatikan adalah efikasi (daya racun herbisida terhadap gulma), keamanan bagi operator maupun lingkungan, dan aspek ekonominya (Triharso, 1994).

Pengendalian gulma dengan cara kimia walaupun sangat efektif mengatasi gulma-gulma tertentu, tetapi masih ada spesies gulma yang sulit dikendalikan dan untuk

meningkatkan efikasi herbisida terhadap gulma tersebut hanya dapat dilakukan dengan meningkatkan konsentrasi, yang efek residunya akan menimbulkan resiko dan dampak lingkungan yang mematikan flora dan fauna ekosistem. Disamping itu, penggunaan herbisida secara terus menerus akan mengakibatkan terjadinya resurgensi gulma yang sebelumnya merupakan gulma sekunder (Munandar dan Erizal Sodikin, 1996). Bioherbisida adalah suatu jenis herbisida yang bahan aktifnya berasal dari makhluk hidup (wikipedia, 2012).

Komposisi kimia pulp kakao terdiri dari kandungan air 80 – 90 %, kandungan albuminoid 0.5 – 0.7 %, glukosa 8 – 13 %, pati sedikit, asam yang tidak menguap 0.2 – 0.4 %, besi oksida (Fe_2O_3) 0.03 %, sukrosa 0.4 – 1.0 %, garam – garam 0.4 – 0.45 % (Nasution *et al.*, 1985). Dari hasil penelitian Margaretha Haumasse (IPB 2009) cairan fermentasi buah kakao akan mengalami penurunan pH pada minggu 0, 4, 8, dan 12 hari setelah dilakukan fermentasi.

Fermentasi merupakan suatu proses yang menghasilkan produk berupa alkohol dan asam organik yang terjadi secara khas pada bahan tumbuhan, sebagai akibat penguraian karbohidrat yang merupakan senyawa organik yang utama pada jaringan tumbuhan. Fermentasi tidak hanya terjadi pada senyawa gula, melainkan dapat pula terjadi pada asam amino, asam organik, purin dan pirimidin, namun jika proses ini berlangsung secara tidak teratur kadang gula langsung dirubah menjadi asam organik (Hartoto, 1991).

Pulp yang mengelilingi biji di dalam buah kakao, merupakan satu massa yang mengandung persentasi cairan yang cukup besar. Saat buah kakao dipecah, pulp akan terkontaminasi dengan jasad renik, sehingga proses fermentasi pulp terjadi.

Proses fermentasi ini menyebabkan terjadinya dua perubahan besar pada pulp, yaitu (1) Peragian gula menjadi alkohol oleh khamir dan bakteri asam laktat dan (2) Peragian alkohol menjadi asam asetat oleh bakteri asam asetat. Volume dan komposisi pulp akan berubah-ubah setiap hari dan terus menerus terfermentasi (Away, 1985).

Menurut Berri (1985), senyawa fenol berpengaruh terhadap enzim hidrolisis yang berperan dalam memecah cadangan makanan menjadi senyawa-senyawa yang siap dimetabolisme. Kemampuan penghambatan senyawa fenol tergantung konsentrasi (Salisbury dan Ross, 1995), pada konsentrasi tinggi senyawa fenol dapat menaikkan tekanan osmosis, sehingga menghambat difusi air dan oksigen ke dalam biji (Salisbury dan Ross, 1995; Gardner et al, 1991), serta menghambat transport asam amino dan pembentukan protein (Rice, 1984).

Menurut Einhellig (1995), asam fenolat merupakan salah satu dari belasan alelokimia (senyawa penyebab alelopati yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman lain disekitarnya). Selanjutnya Devi *et al.* (1997) menyatakan bahwa alelokimia dari senyawa fenol menghambat pertumbuhan tanaman melalui beberapa cara, antara lain dengan menghambat pembelahan dan pemanjangan sel, menghambat kerja hormon, mengubah pola kerja enzim, menghambat proses respirasi, menurunkan kemampuan fotosintesis, mengurangi pembukaan stomata, menghambat penyerapan air dan hara serta menurunkan permeabilitas membran.

Fenol berikut susunannya merupakan senyawa kimia yang banyak dimanfaatkan sebagai insektisida, herbisida dan fungisida. Sebagai herbisida, fenol sangat tinggi

toksitasnya, bersifat non selektif dan bekerja secara efektif merupakan herbisida organik dan sebagian besar bersifat kontak (Oudejans, 1991).

Aplikasi tunggal pulp kakao dosis 3 l/ha menyebabkan daun klorosis pada gulma golongan berdaun lebar. Selain mengurangi limbah pulp kakao juga membantu petani dalam mengendalikan gulma pratumbuh dengan cara yang ekonomis dan mudah sehingga biaya produksi petani dapat ditekan (Wahida, 2005).

1.4 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan landasan teori yang telah dikemukakan, diajukan kerangka pemikiran untuk menjelaskan perumusan masalah.

Gulma merupakan tumbuhan yang tumbuh pada tempat yang tidak dikehendaki oleh manusia, karena akan merugikan manusia baik langsung maupun tidak langsung. Gulma dapat merugikan pertumbuhan dan hasil tanaman karena bersaing pada unsur hara, air, cahaya dan sarana tumbuh lainnya. Dengan sifat merugikan tersebut maka perlu dilakukan pengendalian. Pengendalian gulma yang dapat dilakukan antara lain preventif atau pencegahan, mekanik atau fisik, kultur teknik, hayati, kimia, dan terpadu.

Pengendalian gulma dengan cara kimia dapat menggunakan herbisida kimia, cara tersebut banyak diminati terutama untuk lahan pertanian yang cukup luas. Hal tersebut dikarenakan dengan menggunakan herbisida maka lebih efektif membunuh gulma dan efisien waktu, tenaga kerja serta ekonomi. Namun disisi lain penggunaan herbisida kimia secara terus menerus memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, operator, dan organisme nontarget lainnya.

Dengan semakin meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya kelestarian lingkungan dan mengetahui efek buruk penggunaan bahan kimia, maka semakin meningkat pula tuntutan masyarakat akan proses usaha tani yang ramah lingkungan dan produk pertanian yang lebih aman.

Salah satu alternatif usaha pemberantasan gulma pertanian dan perkebunan adalah menggunakan bioherbisida. Bioherbisida adalah suatu jenis herbisida yang bahan aktifnya berasal dari makhluk hidup. Dalam hal ini penulis mencoba memanfaatkan tanaman kakao yang dapat dimanfaatkan sebagai bioherbisida disamping pemanfaatan limbah yang tidak terpakai.

Kakao merupakan komoditas perkebunan yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat di Indonesia. Agar rasa khas kakao keluar dan menghasilkan kualitas kakao yang baik maka dilakukan fermentasi. Secara umum buah kakao terdiri dari empat bagian yaitu kulit, plasenta, pulp dan biji. Pulp adalah lapisan yang berwarna putih yang melapisi permukaan biji kakao. Pulp yang melingkupi biji kakao terdiri dari 80 – 90% air dan 12 – 15% gula, dalam bentuk glukosa dan sukrosa. Glukosa dan sukrosa yang ada dalam kandungan kakao akan mengalami fermentasi. Hal ini terjadi karena pulp yang terdapat dalam biji kakao terkontaminasi dengan jasad renik yang ada di dalam pulp kakao.

Fermentasi adalah cara yang dilakukan agar pulp kakao lepas dari biji kakao. Fermentasi dilakukan berminggu-minggu, hasil dari fermentasi kakao tersebut berupa limbah cairan putih yang banyak dibuang oleh para petani. Dengan kandungan glukosa dan sukrosa, asam-asam organik dan beberapa asam organik lainnya seperti asam polifenol maka limbah kakao tersebut dapat dimanfaatkan

sebagai bioherbisida yang merupakan faktor eksternal yang dapat menghambat pertumbuhan gulma. Sifat asam-asam organik yang dihasilkan oleh limbah fermentasi kakao tersebut dapat merusak jaringan dan menghambat pertumbuhan gulma.

Kandungan hasil fermentasi yang terdapat dalam pulp kakao bisa dimanfaatkan sebagai bioherbisida pra tumbuh, hal ini dikarenakan pulp kakao mengandung asam malat, asam sitrat, asam asetat dan polifenol yang merupakan beberapa contoh zat kimia yang bersifat allelopat, yaitu dapat menghambat perkecambahan. Dengan kandungan senyawa kimia tersebut dapat mempengaruhi sintesa asam nukleat dan protein pada proses metabolisme terutama pada saat proses imbibisi sehingga biji gulma tidak dapat berkecambah dan mati.

Selain dijadikan sebagai bioherbisida pratumbuh cairan fermentasi pulp kakao dapat dijadikan bioherbisida pascatumbuh karena dapat merusak bagian gulma yang terkena cairan ini. Semakin lama cairan pulp kakao terfermentasi maka pH akan semakin rendah dan kandungan senyawa asam organiknya akan tinggi sehingga dapat dijadikan sebagai zat penekan pertumbuhan gulma dan merusak jaringan gulma. Selain itu respons tiap golongan dan jenis gulma berbeda-beda tergantung dengan fisiologi dan morfologi gulma itu sendiri.

1.5 Hipotesis

Dari kerangka pemikiran yang telah dikemukakan dapat disimpulkan hipotesis sebagai berikut:

1. Semakin lama waktu fermentasi cairan buah kakao maka dapat menekan pertumbuhan dan meningkatkan daya racun terhadap gulma.
2. Jenis gulma menentukan pengaruhnya terhadap tingkat keracunan.
3. Adanya pengaruh interaksi antara lama waktu fermentasi dan jenis gulma dalam mempengaruhi tingkat keracunan terhadap gulma.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gulma

Gulma adalah setiap tumbuhan yang tumbuh pada tempat yang tidak diinginkan sehingga manusia berusaha untuk mengendalikannya. Gulma dapat merugikan pertumbuhan dan hasil tanaman karena bersaing pada unsur hara, air, cahaya dan sarana tumbuh lainnya (Sebayang, 2008).

Klasifikasi atau penggolongan gulma diperlukan untuk memudahkan dalam mengenali atau mengidentifikasi gulma. Berdasarkan respons gulma terhadap herbisida maka gulma dapat digolongkan menjadi:

1. Gulma rerumputan (*grasses*) merupakan gulma yang termasuk dalam famili *Poaceae* atau *Graminae*. Kelompok gulma ini ditandai dengan tulang daun sejajar dengan tulang daun utama, berbentuk pita, dan terletak berselang-seling pada ruas batang. Batang berbentuk silindris, beruas dan berongga. Akar gulma golongan ini tergolong akar serabut.
2. Gulma golongan tekian (*sedges*) merupakan gulma yang termasuk dalam famili *Cyperaceae*. Gulma yang termasuk golongan ini memiliki ciri utama letak daun berjejal pada pangkal batang, bentuk daun seperti pita, tangkai bunga tidak beruas dan berbentuk silindris, segitiga atau segiempat.

3. Gulma berdaun lebar (*broadleaves*) semua gulma yang tidak tergolong *Poaceae* dan *Cyperaceae* merupakan gulma golongan daun lebar. Sebagai gambaran umum, bentuk daun gulma golongan ini adalah lonjong, bulat, menjari, atau berbentuk hati. Akar yang dimiliki pada umumnya berupa akar tunggang. Batang umumnya bercabang, berkayu atau sukulen. Bunga golongan daun lebar ada yang majemuk atau komposit dan ada yang tunggal (Sembodo, 2010)

Biji gulma dapat tersimpan dan bertahan hidup selama puluhan tahun dalam kondisi dorman, dan akan berkecambah ketika kondisi lingkungan mematahkan dormansi itu. Terangkatnya biji gulma ke lapisan atas permukaan tanah dan tersedianya kelembaban yang sesuai untuk perkecambahan mendorong gulma untuk tumbuh dan berkembang. Biji spesies gulma setahun (*annual species*) dapat bertahan dalam tanah selama bertahun-tahun sebagai cadangan benih hidup atau *viable seeds* (Melinda *et al.*, 1998). Biji gulma yang ditemukan di makam Mesir yang telah berumur ribuan tahun masih dapat menghasilkan kecambah yang sehat. Jumlah biji gulma yang terdapat dalam tanah mencapai ratusan juta biji (Direktorat Jenderal Perkebunan, 1976). Karena benih gulma dapat terakumulasi dalam tanah, maka kepadatannya terus meningkat (Kropac, 1966). Dengan pengolahan tanah konvensional, perkecambahan benih gulma yang terbenam tertunda, sampai terangkat ke permukaan karena pengolahan tanah. Penelitian selama tujuh tahun mengindikasikan lebih sedikit benih gulma pada petak tanpa olah tanah dibanding petak yang diolah dengan bajak singkal (*moldboard-plow*), biji gulma terkonsentrasi pada kedalaman 5 cm dari lapisan atas tanah (Clements *et al.*, 1996).

Pengaruh negatif gulma terhadap tanaman budidaya dapat terjadi karena kompetisi (nutrisi, air, cahaya dan CO₂), produksi senyawa penghambat pertumbuhan (alelopati), sebagai inang jasad pengganggu tanaman lain (serangga hama atau patogen penyakit), serta menurunkan kualitas hasil karena adanya kontaminasi dari bagian-bagian gulma. Dalam hal kompetisi, daya kompetisi gulma ditentukan oleh jenis, densitas, distribusi, umur atau lamanya gulma tumbuh bersama tanaman budidaya, kultur teknik yang ditetapkan pada tanaman budidaya dan jenis atau varietas tanaman (Tjitrosoedirdjo *et al.*, 1984 dalam Murni 1995).

Secara kualitatif, Suprpto dan Yufdy (1987) menyatakan bahwa pengaruh buruk dari gulma pada tanaman yang kurang mendapat perawatan yang teratur adalah pertumbuhan tanaman terhambat, cabang produksi kurang dan pertumbuhan tanaman muda tidak normal serta daunnya berwarna kuning. Selain faktor kompetisi dan alelopati, keberadaan gulma di pertanaman dapat merupakan inang patogen atau hama bagi tanaman.

2.2 Pengendalian Gulma

Pengelolaan gulma adalah kegiatan mengendalikan atau membunuh jenis gulma yang mempunyai nilai negatif dan melestarikan gulma yang memiliki nilai positif, menekan pertumbuhan gulma hingga di bawah ambang ekonomi. Pengelolaan gulma dapat dilakukan dengan cara pencegahan, pemberantasan, dan pengendalian gulma. Pencegahan gulma dilakukan dengan cara sortasi benih, media tanam yang bersih dan karantina. Pemberantasan dapat dilakukan secara kimiawi dan terpadu. Sedangkan pengendalian gulma secara mekanis (kultivasi,

hand weeding, pencangkulan, pemotongan, pembakaran, pemberian mulsa), kultur teknis (penggunaan varietas unggul, pengaturan jarak tanam, pemupukan, pengeringan lahan, *multiple cropping*), dan hayati atau biologi (musuh alami) (Rogomulyo, 2008).

2.2.1 Teknik Pengendalian Gulma

Menurut Sukman dan Yakup (1995), yang dimaksud dengan pengendalian gulma adalah sebagai kegiatan membatasi infestasi gulma sehingga tanaman dapat dibudidayakan secara produktif dan efisien. Untuk menjaga keseimbangan ekologi tidak ada keharusan untuk memberantas seluruh gulma yang ada, cukup menekan pertumbuhan atau mengurangi yang diperoleh dari penekanan gulma sedapat mungkin seimbang dengan usaha atau biaya yang dikeluarkan.

Pengendalian gulma merupakan usaha meningkatkan daya saing tanaman pokok dan melemahkan daya saing gulma, sehingga gulma tidak mampu tumbuh/berkembang secara berdampingan dalam waktu yang bersamaan dengan tanaman pokok.

2.2.2 Pengendalian Gulma dengan Herbisida

Herbisida adalah zat kimia yang dapat menekan pertumbuhan gulma sementara atau seterusnya jika dilakukan secara tepat (Moenandir, 1993). Dalam mengendalikan gulma secara kimiawi hal-hal yang perlu diperhatikan adalah efikasi (daya racun herbisida terhadap gulma), keamanan bagi operator maupun lingkungan, dan aspek ekonominya (Triharso, 1994).

Menurut Sukman dan Yakup (1995), keuntungan menggunakan herbisida antara lain (1) dapat mengendalikan gulma sebelum mengganggu, (2) mengendalikan gulma pada larikan tanaman pokok, (3) mencegah kerusakan perakaran tanaman pokok, (4) lebih efektif membunuh gulma tanaman tahunan dan semak belukar, dan meningkatkan hasil panen pada tanaman pokok dibandingkan dengan penyiangan biasa.

Terdapat dua tipe herbisida menurut aplikasinya: herbisida pratumbuh (*preemergence herbicide*) dan herbisida pascatumbuh (*postemergence herbicide*). Yang pertama disebarkan pada lahan setelah diolah namun sebelum benih ditebar (atau segera setelah benih ditebar). Biasanya herbisida jenis ini bersifat nonselektif, yang berarti membunuh semua tumbuhan yang ada. Yang kedua diberikan setelah benih memunculkan daun pertamanya. Herbisida jenis ini harus selektif, dalam arti tidak mengganggu tumbuhan pokoknya.

Pada umumnya herbisida bekerja dengan mengganggu proses anabolisme senyawa penting seperti pati, asam lemak atau asam amino melalui kompetisi dengan senyawa yang "normal" dalam proses tersebut. Herbisida menjadi kompetitor karena memiliki struktur yang mirip dan menjadi kosubstrat yang dikenali oleh enzim yang menjadi sarannya. Cara kerja lain adalah dengan mengganggu keseimbangan produksi bahan-bahan kimia yang diperlukan tumbuhan (Wikipedia, 2011).

Berdasarkan penyerapan senyawa pada gulma sasaran, herbisida dibagi menjadi dua golongan yaitu: (1) herbisida kontak, yaitu herbisida yang membunuh jaringan gulma yang terkena langsung oleh herbisida tersebut. Herbisida ini

ditranslokasikan di dalam jaringan tumbuhan. Oleh karena itu, herbisida ini membunuh bagian gulma oleh herbisida tersebut. Herbisida ini tidak ditranslokasikan di dalam jaringan tumbuhan. Oleh karena itu, herbisida ini hanya mampu membunuh bagian gulma yang berada di atas. (2) herbisida sistemik, yaitu herbisida yang bisa masuk ke dalam jaringan tumbuhan dan ditranslokasikan ke bagian tumbuhan lainnya. Oleh karena itu, herbisida ini mampu membunuh jaringan gulma yang berada di dalam tanah (Djojoseumarto, 2008).

Herbisida yang disemprotkan secara pratumbuh pada tanah akan berada di permukaan tanah. Kemudian proses pencucian akan meresapkan ke dalam lapisan tanah teratas, dimana oksigen banyak terdapat dan biji gulma. Herbisida ini dikombinasikan dengan pengerjaan tanah, sehingga herbisida dapat aktif di bawah permukaan tanah (Tjitrosodirdjo *et al.*, 1984).

2.3 Mekanisme Kerja Beberapa Jenis Herbisida

Berdasarkan mekanisme kerjanya herbisida dibedakan atas dua golongan yaitu kontak dan sistemik (Sastroutomo, 1992). Paraquat digunakan untuk mengendalikan gulma dengan pengaruhn kontak, penyerapannya melalui daun sangat cepat sehingga tidak mudah tercuci oleh air hujan. Senyawa ini mempengaruhi sistem fotosintesis khususnya mengubah aliran elektron dalam tumbuhan gulma. Umumnya pembentukan klorofil dihambat sehingga terjadi klorosis. Sulfosat merupakan herbisida sistemik yang dapat mengendalikan gulma berdaun lebar, berdaun sempit maupun alang-alang. Glyfosat merupakan herbisida bersifat sistemik yang efektif mengendalikan gulma berdaun lebar dan

sempit. Cara kerja herbisida ini yaitu mempengaruhi metabolisme asam nukleat dan sintesa protein (menghambat pembentukan ikatan asam amino).

2.4 Dampak Negatif Herbisida

Konsekuensi dari pemakaian herbisida yang sama (sama jenis bahan aktif atau sama cara kerja) secara berulang-ulang dalam periode yang lama pada suatu areal maka ada dua kemungkinan masalah yang timbul pada areal tersebut; yaitu terjadi dominansi populasi gulma resisten-herbisida atau dominansi gulma toleran herbisida. Pada suatu populasi gulma yang dikendalikan menggunakan satu jenis herbisida dengan hasil memuaskan, ada kemungkinan satu individu dari sekian juta individu yang diberi herbisida memiliki gen yang membuat individu tersebut kebal terhadap herbisida tersebut. Individu yang kebal tersebut tumbuh normal dan menghasilkan regenerasi, sejumlah individu yang juga tahan terhadap herbisida yang sama pada aplikasi herbisida berikutnya. Demikian seterusnya secara berulang-ulang, setiap pengaplikasian herbisida yang sama akan mematikan individu-individu yang sensitif dan meninggalkan individu-individu yang resisten. Jumlah individu-individu yang resisten tersebut pada suatu ketika menjadi signifikan dan menyebabkan kegagalan dalam pengendalian (Edison Purba, 2009).

Penggunaan suatu herbisida yang terus-menerus sering menimbulkan perubahan populasi di dalam komunitas gulma dari jenis yang peka ke arah yang toleran misalnya penggunaan herbisida 2,4-D yang terus menerus pada serelia untuk mengendalikan gulma berdaun lebar akan mengakibatkan pertumbuhan kuat bagi gulma golongan rumput (Freyer dan Chancellor, 1970).

Pengendalian gulma dengan cara kimia walaupun sangat efektif mengatasi gulma-gulma tertentu, tetapi masih ada spesies gulma yang sulit dikendalikan dan untuk meningkatkan efikasi herbisida terhadap gulma tersebut hanya dapat dilakukan dengan meningkatkan konsentrasi, yang efek residunya akan menimbulkan resiko dan dampak lingkungan yang mematikan flora dan fauna ekosistem. Disamping itu, penggunaan herbisida secara terus menerus akan mengakibatkan terjadinya resurgensi gulma yang sebelumnya merupakan gulma sekunder (Munandar dan Erizal Sodikin, 1996).

Beberapa jenis pestisida yang banyak digunakan di lahan pertanian menggunakan bahan aktif 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridin (paraquat) yang digolongkan sebagai herbisida golongan piridin yang bersifat kontak tak selektif dan dipergunakan secara purna tumbuh. Bahan aktif pada herbisida merupakan senyawa toksik yang keberadaannya dalam tanah (20 ppm) mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Azotobacter* dan *Rhizobium* yang berperan dalam fiksasi nitrogen. Selain itu bahan aktif yang terkandung dalam herbisida juga dapat menghambat pertumbuhan bakteri *E coli* dan alga di dalam tanah. Bahan aktif pada herbisida merupakan bagian dari kelompok senyawa bioresisten yang sulit terdegradasi secara biologis.

Bahan aktif pada herbisida relatif stabil pada suhu, tekanan serta pH yang normal, sehingga memungkinkan untuk tinggal lebih lama di dalam tanah. Bahan aktif ini juga mudah larut dalam air sehingga memungkinkan untuk tercuci oleh air hujan atau air irigasi sehingga dapat mencemari lingkungan atau system perairan.

2.5 Bioherbisida

Alang-alang termasuk salah satu jenis gulma terpenting di Indonesia dan merupakan salah satu jenis gulma terganas di dunia. Upaya pengendalian alang-alang dihadapkan pada banyak kendala, diantaranya karena rimpangnya mempunyai kemampuan penetrasi sangat dalam mencapai 120 cm, daya adaptasinya yang tinggi pada kondisi lingkungan minimal dan kemampuan tumbuh kembangnya yang sangat cepat. Salah satu upaya pemanfaatan alang-alang adalah dengan menggunakannya sebagai herbisida hayati (bioherbisida). Hal ini didasarkan pada alelopat (senyawa kimia) yang dihasilkan alang-alang yang dapat menghambat atau meracuni tumbuhan lain. Dalam ekstrak alang-alang terdapat empat golongan senyawa fenolik yaitu asam isofemfik, asam salisilik, asam veratrat dan asam amisat (<http://elib.pdii.lipi.go.id>, 2012).

Kulit jengkol mengandung 2 senyawa asam (asam lemak rantai panjang dan asam fenolat) yang dapat menghambat pertumbuhan tumbuhan lain seperti gulma. Pada prinsipnya kulit jengkol dimanfaatkan sebagai herbisida alami (bioherbisida) melalui pemanfaatan alelopati secara tidak langsung. Ekstrak air kulit jengkol ini dapat berpengaruh terhadap indeks pertumbuhan jentik *Aedes aegypti*, dan langkah ini tentu dapat diaplikasikan dalam program pemberantasan jentik *Aedes aegypti* di daerah endemis DBD. Hasilnya, DBD kabur karena jentiknya tidak berkembang, dan lingkungan pun tidak tercemar berkat ekstrak kulit jengkol. Kulit jengkol yang digunakan sebagai biolarvasida dapat langsung digunakan dalam bentuk simplisia atau jika ingin disimpan lama simplisia dihaluskan hingga

berbentuk serbuk, kemudian serbuk ini ditaburkan pada got, saluran air, kolam, atau tempat berair lainnya di luar rumah (Anonim, 2012).

Cuka kayu merupakan uji coba yang pertama dilakukan dalam pengendalian tungau lebah. Berdasarkan artikel yang termuat dalam Tabloid AgroIndonesia tanggal 26 April 2005 menyatakan bahwa cuka kayu adalah cairan yang berasal dari asap hasil pembakaran pada proses pembuatan arang kayu yang dapat dimanfaatkan sebagai insektisida dan herbisida organik yang ramah lingkungan (Nurhayati, 2005).

2.6 Buah Kakao

Buah kakao berupa buah buni yang daging bijinya sangat lunak. Kulit buah mempunyai 10 alur dan tebalnya 1-2 cm. Jumlah bunga yang menjadi buah sampai matang, jumlah biji dan berat biji yang ada di dalam buah merupakan faktor-faktor yang menentukan produksi. Buah muda yang ukurannya kurang dari 10 cm disebut *cherelle* (buah pentil). Pada waktu muda, biji menempel pada bagian dalam kulit buah, tetapi bila buah telah matang maka biji akan terlepas dari kulit buah. Buah yang demikian akan berbunyi bila digoncang (Siregar *et al.*, 2003).

2.6.1 Pulp Kakao

Secara umum buah kakao terdiri dari empat bagian yaitu kulit, plasenta, pulp dan biji. Buah yang matang berkulit tebal dan berisi 30-50 biji yang masing-masing terbungkus oleh pulp berwarna putih, manis dan berlendir yang sangat bermanfaat dalam proses fermentasi. Bagian dalam biji yang disebut kotiledon, merupakan

bagian yang digunakan untuk pembuatan produk kakao setelah melalui proses pengolahan pasca panen.

Komposisi pulp kakao adalah:

- a. kulit (544.8 gram)
- b. pulp (48.0 gram)
- c. plasenta (-)
- d. biji (676.5 gram)

Yang dimaksud dengan pulp adalah lapisan yang berwarna putih yang melapisi permukaan biji kakao. Pulp yang melingkupi biji kakao terdiri dari 80 – 90% air dan 12 – 15% gula, dalam bentuk glukosa dan sukrosa. Gula ini merupakan komponen yang sangat penting untuk pertumbuhan mikroba selama proses fermentasi. Pulp merupakan lapisan tebal endosperm, yang terdiri dari sel-sel turbular dengan ruangan antar sel yang besar. Pada buah mentah lapisan ini membengkak, akan tetapi pada buah masak lapisan ini lunak dan berlendir. Selama proses fermentasi sel-sel ini mati dan terlepas, membentuk selaput seperti butir-butir pasta, mudah dilepaskan dari kulit biji (Nasution *et al.*, 1985).

Komposisi Kimia Pulp Kakao

Komponen	Kandungan (%)
Air	80 – 90
Albuminoid	0.5 – 0.7
Glukosa	8 – 13
Sukrosa	0.4 – 1.0
Pati	Sedikit
Asam	0.2 – 0.4
Besi Oksida	0.03
Garam-garam	0.4 – 0.45

Sumber: Nasution (1976).

Sebelum terjadi proses fermentasi, pH pulp adalah sekitar 3.5 dan protein serta asam sitrat 1 – 3% (Minifie, 1999). Senyawa-senyawa lain yang juga terdapat dalam pulp kakao adalah kalium, kalsium, magnesium, albuminoids dan lain-lain (Siregar *et al.*, 1989).

Saat buah kakao dipecah, pulp akan terkontaminasi dengan jasad renik, sehingga proses fermentasi pulp terjadi. Proses fermentasi ini menyebabkan terjadinya dua perubahan besar pada pulp, yaitu (1) Peragian gula menjadi alkohol oleh khamir dan bakteri asam laktat dan (2) Peragian alkohol menjadi asam asetat oleh bakteri asam asetat. Volume dan komposisi pulp akan berubah-ubah setiap hari dan terus menerus terfermentasi (Away, 1985).

2.7 Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu proses yang menghasilkan produk berupa alkohol dan asam organik yang terjadi secara khas pada bahan tumbuhan, sebagai akibat penguraian karbohidrat yang merupakan senyawa organik yang utama pada jaringan tumbuhan. Fermentasi tidak hanya terjadi pada senyawa gula, melainkan dapat pula terjadi pada asam amino, asam organik, purin dan pirimidin, namun jika proses ini berlangsung secara tidak teratur kadang gula langsung dirubah menjadi asam organik (Hartoto, 1991).

2.7.1 Fermentasi Alkohol

Etanol adalah nama kimia dari alkohol, rumus kimianya adalah C_2H_5OH .

Penggunaannya sangat luas antara lain dalam industri kimia, kosmetik, industry minuman, sebagai bahan pelarut dan bahan bakar. Etanol dapat dibuat dari bahan

hasil pertanian, seperti bahan yang mengandung turunan gula (molase gula tebu, sari buah), bahan yang mengandung pati, atau bahan yang mengandung selulosa kayu, limbah kayu, onggok, pulp kakao (Hartono, 1991).

Gula sederhana seperti glukosa dapat langsung difermentasi menjadi etanol.

Bahan yang mengandung senyawa yang lebih kompleks seperti pati atau selulosa harus dihidrolisis menjadi senyawa yang lebih sederhana sebelum difermentasi menjadi etanol. Hidrolisis dapat dilakukan secara kimiawi atau menggunakan enzim. Purawisastra *et al.* (1994) menjelaskan bahwa medium gula pasir dengan penambahan enzim invertase dapat meningkatkan konsentrasi etanol yang dihasilkan.

Susijahadi *et al.* (1998) lebih lanjut menjelaskan bahwa konsentrasi gula awal substrat berpengaruh terhadap jumlah alkohol yang dihasilkan. Wardani *et al.* (1991) menjelaskan bahwa, secara teoritis kadar alkohol maksimum yang dapat diperoleh dari 180 g/l gula adalah 12.26% v/v.

S. cerevisiae adalah galur yang memproduksi etanol dalam jumlah tinggi sehingga sering digunakan dalam produksi etanol, anggur, minuman keras, dan enzim invertase. Purawisastra *et al.* (1994) menyimpulkan bahwa enzim invertase disamping berperan pada hidrolisis molekul sukrosa menjadi fruktosa dan glukosa. Juga dapat membantu proses konversi glukosa menjadi etanol. Dengan demikian, etanol yang dihasilkan dipengaruhi oleh konsentrasi awal molekul sukrosa dan glukosa sebelum fermentasi berlangsung.

Baik khamir maupun bakteri dapat digunakan untuk memproduksi etanol. Khamir *S. cerevisiae* var *ellipsoids* mampu menghasilkan etanol dalam jumlah tinggi 16-18% pada media yang sesuai. Damanhuri (2004) menyimpulkan bahwa substrat larutan madu rambutan afkir dengan kadar gula total 20% menghasilkan 16.10% etanol. Effendi (2002) berpendapat bahwa, fermentasi substrat limbah cair pulp kakao dengan kadar gula 12.63% baik tanpa maupun dengan penambahan urea dan *S. cerevisiae* R60 dengan konsentrasi inokulum 10% (v/v), suhu 30°C, waktu fermentasi 48 jam dihasilkan kadar etanol rata-rata 5.30%. Untuk menghasilkan kadar etanol sebesar 5% sampai 6% diperlukan waktu fermentasi antara 48 sampai 50 jam.

Pada kondisi aerob atau konsentrasi glukosa tinggi *S. cerevisiae* tumbuh dengan baik, namun etanol yang dihasilkan rendah dibandingkan secara anaerob. Pada kondisi anaerob, pertumbuhan lambat dan piruvat dari jalur katabolic dipecah oleh enzim piruvat dikarbosilase menjadi asetaldehid dan karbon dioksida. Pada umumnya produksi etanol meliputi tiga tahap dimana tiap tahap harus dioptimasi, fermentasi dan destilasi (Hartoto, 1991).

2.7.2 Fermentasi Asam Asetat

Asam asetat merupakan hasil dua tahap proses fermentasi dimana tahap pertama adalah fermentasi gula menjadi etanol oleh khamir, sedangkan tahap kedua adalah oksidasi etanol menjadi asam asetat oleh bakteri asam asetat. Asam asetat (vinegar) adalah senyawa yang cukup penting dalam pengolahan bahan pangan baik sebagai bumbu maupun bahan pengawet (Luwihana, 1998).

Menurut Wardani *et al.* (1991), vinegar adalah larutan encer asam asetat yang dihasilkan melalui dua tahap fermentasi larutan gula menjadi etanol dan dilanjutkan dengan proses oksidasi etanol menjadi asam asetat.

Fermentasi asam asetat membutuhkan medium yang mengandung etanol 10-13%, umumnya medium tersebut diperoleh dari hasil fermentasi alkohol, yaitu fermentasi perubahan gula menjadi etanol. Bila konsentrasi etanol terlalu tinggi, pembentukan asam asetat akan terganggu, sehingga fermentasi etanol menjadi asam asetat tidak berlangsung dengan sempurna, selain itu keasaman medium perlu diperhatikan (Darwis dan Sukara 1989). Damanhuri (2004) menjelaskan fermentasi asam asetat dengan substrat etanol 16.10% menghasilkan 0.11% asam asetat dengan lama fermentasi selama 5 minggu.

Pada proses pembuatan cuka fermentasi, mula-mula dilakukan tahap fermentasi alkohol dimana gula yang ada diubah menjadi etanol menggunakan khamir *S.cerevisiae* dalam kondisi anaerobik, selanjutnya dalam tahap fermentasi asetat, etanol akan diubah menjadi asam asetat, galur yang paling umum digunakan ialah *A. aceti*, dalam kondisi aerob (Chandra *et al.*, 1990).

Effendi (2002) menyimpulkan bahwa pada fermentasi etanol hasil fermentasi limbah cair pulp kakao oleh *A. aceti* B127 dengan kondisi suhu 30 °C, nilai pH awal 4, konsentrasi etanol 5% (v/v), inokulum 10% (v/v), dengan kecepatan pengadukan terbaik 400 rpm dengan hasil asam asetat 4.24%. Ebner (1983) dan Standardisasi Nasional (1990) menjelaskan cuka yang baik minimal harus mengandung 4% asam asetat.

Produksi asam asetat dapat ditingkatkan dengan cara pemberian aerasi dan agitasi serta pengaturan suhu fermentasi pada suhu optimum pertumbuhan bakteri asam asetat. Produksi asam sangat bergantung pada tingkat kesuburan pertumbuhan sel bakteri dan tingkat kesuburan tersebut menurun seiring dengan peningkatan kadar etanol substrat (Soedarini *et al.*, 1998).

2.8 Bakteri yang Berperan dalam Fermentasi

2.8.1. Khamir

Khamir atau yang sering disebut juga ragi atau yeast adalah mikroorganisme bersel tunggal, berbentuk bulat atau bulat telur atau bulat panjang membentuk pseudomycelium (Frazier, 1977). Selain itu khamir atau ragi dapat diartikan sebagai jasad renik sejenis jamur yang berkembang biak dengan sangat cepat dan yang mampu mengubah pati dan gula menjadi karbondioksida dan alkohol. Ragi roti merupakan kelompok khamir paling utama, yang secara komersial banyak dimanfaatkan oleh manusia. Ragi roti dianggap bermanfaat dan mempunyai nilai ekonomis apabila dapat mengubah atau mengkonversi gula dalam proses fermentasi alkohol dan karbondioksida (Lopez dan Penna, 2001). Ragi roti selain murah juga mudah diperoleh dan tahan lama sehingga cukup ekonomis bila digunakan dalam fermentasi alkohol.

2.8.2 Bakteri (Acetobacter aceti)

Fermentasi asam asetat dilakukan oleh bakteri asam asetat terhadap larutan yang mengandung alkohol oleh bakteri dari genus *Acetobacter*, biasanya spesies yang digunakan adalah *Acetobacter aceti* (Fardiaz, 1989). *A. aceti* bersifat motil atau

nonmotil dan mengoksidasi etanol menjadi asam asetat yang dioksidasi lebih lanjut menjadi karbondioksida (CO₂) (Fardiaz, 1992). Frazier (1978) menyatakan bahwa *A. aceti* berbentuk bulat panjang seperti batang, lurus atau agak melengkung dengan susunan sel tunggal, berpasangan atau dalam rantai. *A. aceti* bersifat kemoorganotrof, sehingga dapat tumbuh pada medium sederhana maupun kompleks. Bakteri ini merupakan bakteri aerob dengan suhu optimal 20°C - 30°C.

A. aceti dapat mengubah alkohol menjadi asam asetat pada konsentrasi alkohol optimal 10% - 13%. Konsentrasi alkohol yang terlalu rendah (0,0 – 0,5%), akan menyebabkan overoksidasi asam asetat menjadi CO₂ dan H₂O, sedangkan konsentrasi alkohol lebih dari 14% akan mengakibatkan terhambatnya proses fermentasi asam asetat (Waluyo, 1984). *A. aceti* membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya minimal 0,36 gram untuk setiap gram gula (Adams, 1980).

Menurut Waluyo (1984), penambahan starter *A. aceti* ke dalam substrat beralkohol dilakukan pada saat fermentasi alkohol berjalan sempurna, dimana kandungan alkohol berkisar antara 10% - 13%. Apabila di dalam media belum mengandung alkohol dan dilakukan penambahan starter *A. aceti*, maka dapat menyebabkan berkurangnya aktivitas khamir atau bahkan mematikan khamir, sehingga tidak dapat menghasilkan alkohol dan proses fermentasi asam asetat akan terhambat.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan Kebun Percobaan Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, mulai bulan Desember 2011 sampai dengan Juli 2012.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cairan fermentasi pulp kakao, air, tanah, gulma daun lebar (*Mimosa invisa*, *Borreria latifolia*, *Richardia brasiliensis*, *Asystasia gangetica*), gulma rumput (*Setaria plicata*, *Axonopus compressus*), dan gulma teki (*Cyperus kyllingia*). Cairan pulp kakao diperoleh dari perkebunan kakao PT. PML (Peluit Mandiri Lestari) di Desa Bernung Gedung Tataan, Kabupaten Pesawaran, Propinsi Lampung.

Alat-alat yang digunakan adalah knapsack sprayer, nozzle biru, meteran, cangkul, tali rafia, *cutter*, ember, gelas ukur, tanah, timbangan, oven, alat tulis, dan penggaris.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian terdiri dari dua percobaan: percobaan pertama aplikasi pulp kakao secara pratumbuh. Percobaan ini dilaksanakan dalam rancangan tunggal terstruktur dengan 10 perlakuan lama fermentasi cairan pulp kakao yaitu: 0 (tidak difermentasi), 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 minggu, dan kontrol (menggunakan air). Perlakuan disusun dalam Rancangan Kelompok Teracak Sempurna (RKTS) dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Pemisahan nilai tengah dilakukan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Homogenitas ragam antar perlakuan diuji menggunakan uji Bartlett dan kemenambahan diuji dengan uji Tukey.

Percobaan kedua aplikasi pulp kakao secara pascatumbuh, percobaan ini menggunakan Rancangan Petak Berjalur (*Strip Plot Design*) diulang tiga kali dengan perlakuan disusun secara faktorial. Faktor pertama adalah 8 waktu fermentasi pulp kakao seperti percobaan pra tumbuh. Faktor kedua adalah 7 jenis gulma yaitu *Mimosa invisa*, *Borreria latifolia*, *Richardia brasiliensis*, *Asystasia gangetica*, *Setaria plicata*, *Axonopus compressus*, dan *Cyperus kyllingia*.

Pemisahan nilai tengah dilakukan dengan uji BNT pada taraf nyata 5%. Homogenitas ragam antar perlakuan diuji menggunakan uji Bartlett dan kemenambahan diuji dengan uji Tukey.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 *Pengambilan cairan fermentasi pulp kakao*

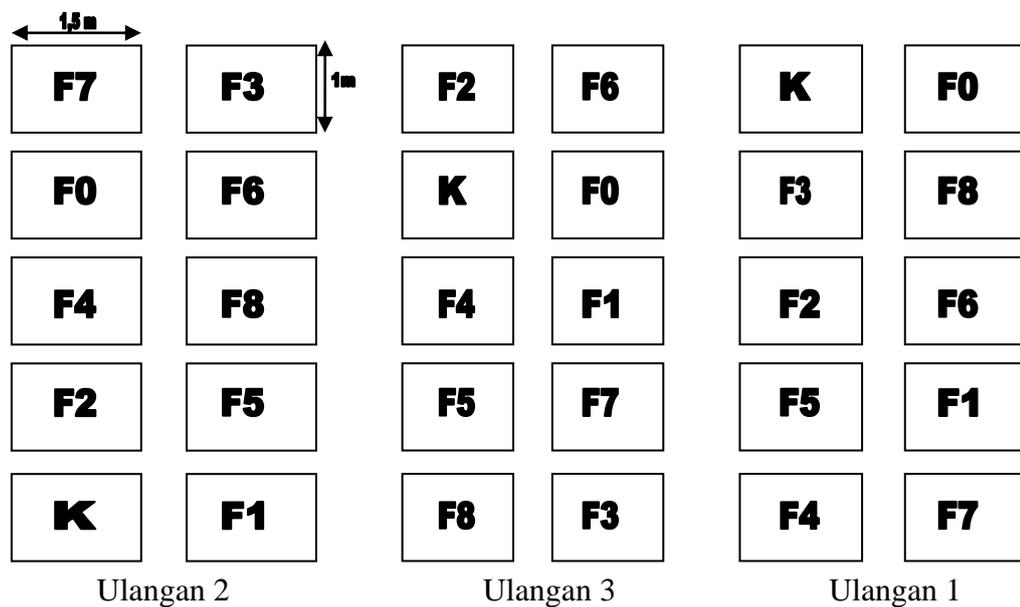
Buah kakao didapatkan dari PT. PML Bernung Kecamatan Gedungtataan Kabupaten Pesawaran. Proses pengambilan cairan buah kakao diawali dengan memetik buah kakao di lahan yang siap panen. Buah kakao yang sudah dipetik dikumpulkan di tempat yang kering dan bersih. Kemudian dilakukan pemecahan, pemecahan atau pembelahan buah kakao dimaksudkan untuk mendapatkan biji kakao, pemecahan buah kakao harus dilakukan secara hati-hati, agar tidak melukai atau merusak biji kakao.

Pemecahan buah kakao dapat menggunakan pemukul kayu atau pisau. Biji kakao dikeluarkan lalu dimasukkan dalam ember plastik atau wadah lain yang bersih, sedang empulur yang melekat pada biji dibuang.

Setelah biji kakao semua tertampung di dalam ember kemudian dimasukkan ke dalam kotak terbuat dari lembaran papan yang berukuran panjang 60 cm dengan tinggi 40 cm (kapasitas kotak \pm 100 kg biji kakao basah) yang dialasi dengan lembaran plastik (Terpal) setelah itu kotak ditutup dengan karung goni/daun pisang. Kemudian didiamkan selama \pm 10 jam agar sebagian pulp terlepas dari biji kakao dan menghasilkan cairan putih. Cairan kakao tersebut dimasukkan ke dalam jirigen ditutup rapat dan disimpan agar mengalami fermentasi secara alami. Pengambilan cairan fermentasi buah kakao dilakukan tiap Minggunya sebanyak sembilan kali, sehingga terdapat umur fermentasi 0 (nol) fermentasi hingga 8 (delapan) minggu umur fermentasi.

3.4.2 Pembuatan petak percobaan

Percobaan aplikasi cairan pulp kakao secara pratumbuh, dibuat petak perlakuan masing-masing sebanyak 10 petak dengan 3 ulangan pada 4 hari sebelum aplikasi. Luas petak percobaan 1 m x 1,5 m, jumlah seluruh petak percobaan adalah 30 petak. Tanah diolah dengan olah tanah sempurna (OTS) dan dibuat petak dengan menggunakan cangkul. Tata letak petak percobaan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tata letak percobaan aplikasi cairan fermentasi pulp kakao secara pratumbuh.

Keterangan:

F0 : Cairan pulp kakao tanpa fermentasi

K : Kontrol

F1 : Cairan pulp kakao fermentasi 1 minggu

F2 : Cairan pulp kakao fermentasi 2 minggu

F3 : Cairan pulp kakao fermentasi 3 minggu

F4 : Cairan pulp kakao fermentasi 4 minggu

F5 : Cairan pulp kakao fermentasi 5 minggu

F6 : Cairan pulp kakao fermentasi 6 minggu

F7 : Cairan pulp kakao fermentasi 7 minggu

F8 : Cairan pulp kakao fermentasi 8 minggu

3.4.3 Penanaman Gulma

Pada percobaan pascatumbuh, penanaman gulma dilakukan di pot dan ditanam berdasarkan ukuran gulma. Ukuran gulma yang berbeda-beda kemudian dikelompokkan yaitu kecil, sedang, dan besar. Ukuran kecil untuk ulangan 1, ukuran sedang untuk ulangan 2, dan ukuran tinggi untuk ulangan 3. Ada tujuh jenis gulma yang digunakan yaitu *Mimosa invisa*, *Borreria latifolia*, *Richardia brasiliensis*, *Asystasia gangetica*, *Setaria plicata*, *Axonopus compressus*, dan *Cyperus kyllingia* yang ditanam pada pot. Tata letak percobaan dapat dilihat pada Gambar 2.

Ulangan 1

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
F0	F0G1	F0G2	F0G3	F0G4	F0G5	F0G6	F0G7
F1	F1G1	F1G2	F1G3	F1G4	F1G5	F1G6	F1G7
F2	F2G1	F2G2	F2G3	F2G4	F2G5	F2G6	F2G7
F3	F3G1	F3G2	F3G3	F3G4	F3G5	F3G6	F3G7
F4	F4G1	F4G2	F4G3	F4G4	F4G5	F4G6	F4G7
F5	F5G1	F5G2	F5G3	F5G4	F5G5	F5G6	F5G7
F6	F6G1	F6G2	F6G3	F6G4	F6G5	F6G6	F6G7
F7	F7G1	F7G2	F7G	F7G4	F7G5	F7G6	F7G7
F8	F8G1	F8G2	F8G3	F8G4	F8G5	F8G6	F8G7
K	KG1	KG2	KG3	KG4	KG5	KG6	KG7

Ulangan 2

	G1	G7	G4	G6	G5	G2	G3
F5	F5G1	F5G7	F5G4	F5G6	F5G5	F5G2	F5G3
F6	F6G1	F6G7	F6G4	F6G6	F6G5	F6G2	F6G3
F3	F3G1	F3G7	F3G4	F3G6	F3G5	F3G2	F3G3
F4	F4G1	F4G7	F4G4	F4G6	F4G5	F4G2	F4G3
K	KG1	KG7	KG4	KG6	KG5	KG2	KG3
F8	F8G1	F8G7	F8G4	F8G6	F8G5	F8G2	F8G3
F2	F2G1	F2G7	F2G4	F2G6	F2G5	F2G2	F2G3
F0	F0G1	F0G7	F0G4	F0G6	F0G5	F0G2	F0G3
F1	F1G1	F1G7	F1G4	F1G6	F1G5	F1G2	F1G3
F7	F7G1	F7G7	F7G4	F7G6	F7G5	F7G2	F7G3

Ulangan 3

	G4	G3	G5	G6	G7	G1	G2
F6	F6G4	F6G3	F6G5	F6G6	F6G7	F6G1	F6G2
F3	F3G4	F3G3	F3G5	F3G6	F3G7	F3G1	F3G2
F4	F4G4	F4G3	F4G5	F4G6	F4G7	F4G1	F4G2
F0	F0G4	F0G3	F0G5	F0G6	F0G7	F0G1	F0G2
F5	F5G4	F5G3	F5G5	F5G6	F5G7	F5G1	F5G2
F8	F8G4	F8G3	F8G5	F8G6	F8G7	F8G1	F8G2
K	KG4	KG3	KG5	KG6	KG7	KG1	KG2
F1	F1G4	F1G3	F1G5	F1G6	F1G7	F1G1	F1G2
F2	F2G4	F2G3	F2G5	F2G6	F2G7	F2G1	F2G2
F7	F7G4	F7G	F7G5	F7G6	F7G7	F7G1	F7G2

Gambar 2. Tata letak percobaan aplikasi cairan fermentasi pulp kakao secara pascatumbuh.

Keterangan:

F0 : Cairan pulp kakao tanpa fermentasi

F1 : Cairan pulp kakao fermentasi 1 minggu

F2 : Cairan pulp kakao fermentasi 2 minggu

F3 : Cairan pulp kakao fermentasi 3 minggu

F4 : Cairan pulp kakao fermentasi 4 minggu

F5 : Cairan pulp kakao fermentasi 5 minggu

F6 : Cairan pulp kakao fermentasi 6 minggu

F7 : Cairan pulp kakao fermentasi 7 minggu

F8 : Cairan pulp kakao fermentasi 8 minggu

K : Kontrol

G1 : *Mimosa invisa*

G2 : *Borreria latifolia*

G3 : *Richardia brasiliensis*

G4 : *Asystasia gangetica*

G5 : *Setaria plicata*

G6 : *Cyperus kyllingia*

G7: *Axonopus compressus*

3.4.4 *Pemeliharaan*

Pemeliharaan pada percobaan pra tumbuh yaitu membersihkan gulma pada petak yang tidak terkena cairan fermentasi saat aplikasi.

Pemeliharaan gulma pada percobaan pasca tumbuh meliputi penyiraman, penyulaman dan perawatan. Penyiraman dilakukan pada setiap sore hari, penyulaman dilakukan ketika gulma mati saat dilakukan pemindahan dari lapang ke pot. Semua gulma yang ditanam di pot diletakkan pada tempat khusus yang dilindungi oleh plastik untuk mencegah guyuran hujan.

3.4.5 *Aplikasi cairan fermentasi pulp kakao*

Aplikasi cairan fermentasi buah kakao yang sudah terkumpul dalam kurun waktu delapan minggu dilakukan satu kali pada petak percobaan berukuran 1 m x 1,5 m dengan menggunakan *knapsack sprayer* pada setiap perlakuan untuk masing-masing ulangan. Sebelum aplikasi, dilakukan kalibrasi alat untuk menentukan volume semprot. Metode yang digunakan yaitu metode luas, dengan cara menyemprot luas petak yang telah ditentukan ukurannya dengan memasukan air dalam tangki dan didapatkan volume semprot 800 ml dengan luasan 1 m x 1,5 m atau 1,5 m² atau setara 5333 l/ha cairan pekat fermentasi pulp kakao.

Aplikasi cairan fermentasi pulp kakao pada percobaan pascatumbuh memakai volume semprot 500 ml dengan luasan 1 m x 1 m atau setara 5000 l/ha cairan pekat fermentasi pulp kakao. Saat aplikasi jenis gulma yang sama dalam pot disusun rapi pada petak ukuran 1 m x1 m tersebut.

3.5 Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada kedua percobaan. Untuk pra tumbuh meliputi persen penutupan gulma total, bobot kering gulma, dan jenis gulma dominan. Sedangkan percobaan pasca tumbuh meliputi persentase keracunan dan bobot kering gulma.

3.5.1 *Pra tumbuh*

a) Persentase penutupan gulma

Pengamatan persentase penutupan total gulma dilakukan secara visual.

Pengamatan dilakukan pada 0, 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 MSA yang dilakukan dengan cara menaksir secara visual pada semua petak percobaan.

b). Bobot kering gulma total

Gulma dipanen dengan cutter dengan cara memotong gulma yang tumbuh pada petak percobaan pada minggu terakhir yaitu minggu ke-6 MSA, gulma dipanen untuk setiap perlakuan dalam masing-masing ulangan. Gulma yang masih segar dipotong tepat pada permukaan tanah kemudian dipisahkan untuk tiap spesies.

Selanjutnya gulma tersebut dikeringkan pada temperature 80° C selama 48 jam atau sampai mencapai bobot konstan lalu menimbang bobot gulma dengan menggunakan neraca analitik.

3.5.2 *Pasca tumbuh*

a) Persentase keracunan gulma

Pengamatan persentase keracunan gulma dilakukan secara visual terhadap gulma yang diamati pada 7 jam setelah aplikasi, 1, 2 Hari Setelah Aplikasi (HSA) dan 1, 2 Minggu Setelah Aplikasi (MSA) cairan fermentasi pulp kakao dengan sistem skoring sebagai berikut :

- 0 = Tidak ada keracunan 0-5% bentuk atau warna daun, atau pertumbuhan tanaman tidak normal.
- 1 = Tidak ada keracunan 5-10% bentuk atau warna daun, atau pertumbuhan tanaman tidak normal.
- 2 = Tidak ada keracunan 10-20% bentuk atau warna daun, atau pertumbuhan tanaman tidak normal.
- 3 = Tidak ada keracunan 20-50% bentuk atau warna daun, atau pertumbuhan tanaman tidak normal.
- 4 = Tidak ada keracunan 50% bentuk atau warna daun, atau pertumbuhan tanaman tidak normal.

b) Bobot kering gulma

Gulma dipanen dengan memotong memakai *cutter* di pot pada 2 minggu setelah aplikasi, gulma dipanen untuk setiap perlakuan dalam masing-masing ulangan. Selanjutnya gulma tersebut dikeringkan pada temperature 80° C selama 48 jam atau sampai mencapai bobot konstan lalu menimbang bobot gulma dengan menggunakan timbangan digital.