

Review :

Interaksi Alelopati dan Senyawa Alelokimia : Potensinya Sebagai Bioherbisida

Review :

Interaction of Allelopathy and Allelochemicals Compound : Its Potential As Bioherbicide

Sri Darmanti

Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

Jl.Prof. Soedarto,SH,Tembalang,Semarang

Email : darmantisri@yahoo.co.id

Diterima 30 Juli 2018 / Disetujui 8 Oktober 2018

PENDAHULUAN

Tumbuhan dianggap sebagai gulma jika tumbuh pada tempat yang kehadirannya tidak dikehendaki, bersifat sangat konsumtif terhadap faktor tumbuh, kompetitif dan invansif (Kohli *et al.*, 2006). Interferensi gulma pada sistem pertanian merupakan salah satu kendala utama

dalam usaha meningkatkan produksi tanaman budidaya. Pengaruh merugikan gulma terhadap tanaman budidaya secara langsung melalui alelopati dan kompetisi terhadap faktor tumbuh yang terbatas yaitu nutrisi, air dan cahaya (Morvillo *et al.* 2011).Sampai saat ini, pengendalian gulma denganherbisida sintetis masih dianggap sebagai metode yang paling

mudah dan murah. Namun penggunaan herbisida sintetik yang tidak tepat dalam jangka panjang seperti jenis herbisida sintetik yang tidak sesuai dengan jenis gulma, waktu aplikasi yang tidak sesuai dengan fase pertumbuhan gulma dan cuaca menyebabkan akumulasi senyawa aktif di dalam tanah dan resistensi gulma terhadap herbisida sintesis (Soltys *et al.*, 2013).

Sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan pengendalian gulma di lahan budidaya, dapat digunakan bioherbisida bahan aktif senyawa alelokimia yang dapat diaplikasikan dengan mudah, murah dan aman bagi lingkungan. Alelokimia merupakan kelompok senyawa metabolit sekunder yang berperan sebagai perantara pada interaksi alelopati, yaitu interaksi antar tumbuhan atau antara tumbuhan dengan mikroorganisme (Gniazdowska & Bogatek, 2005; Narwal & Sampietro, 2009). Menurut Edreva *et al.* (2008) dan Sirikantamas *et al.* (2008), metabolit sekunder umumnya berperan dalam adaptasi tumbuhan terhadap perubahan lingkungan dan merupakan mekanisme pertahanan terhadap cekaman lingkungan biotik maupun abiotik. Termasuk cekaman biotik diantaranya adalah interferensi tumbuhan disekitarnya yang menyebabkan terjadinya kompetisi terhadap faktor tumbuh dan alelopati. De Albuquerque *et al.* (2011), menggolongkan metabolit sekunder menjadi tiga golongan yaitu : fenolik, terpenoid serta senyawa yang mengandung unsur nitrogen dan sulfur. Semua metabolit sekunder tersebut pada umumnya menunjukkan aktivitas alelokemik, tetapi fenolik merupakan kelompok senyawa yang dihasilkan tanaman dalam jumlah yang berlimpah dan yang terutama berperan sebagai alelopati (Narwal & Sampietro 2009).

HASIL DAN DISKUSI

Alelopati dan Alelokimia

Alelopati merupakan mekanisme interaksi langsung atau tidak langsung antara tumbuhan sebagai donor dengan tumbuhan lainnya atau mikroorganisme sebagai target, melalui produksi dan pelepasan metabolit sekunder yang disebut alelokimia. Meskipun interaksi alelopati mencakup

penghambatan maupun stimulus pertumbuhan, namun sebagian besar pengamatan menunjukkan alelopati berpengaruh menghambat terhadap organisme target (Narwal & Sampietro, 2009). Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tumbuhan donor tersebut secara alami berperan dalam adaptasi terhadap perubahan lingkungan dan mekanisme pertahanan terhadap cekaman (Edreva *et al.* 2008). Semua metabolit sekunder pada umumnya menunjukkan aktivitas alelokemik, tetapi fenolik dan terpenoid merupakan dua kelompok senyawa utama yang terlibat dalam alelopati. Fenol dihasilkan tumbuhan dalam jumlah yang berlimpah dan yang terutama berperan sebagai alelokimia (Narwal & Sampietro, 2009). Senyawa fenolik disintesis oleh tanaman melalui jalur shikimat sedangkan terpenoid melalui jalur asam mevalonat. Fenolik merupakan senyawa kimia yang tersusun atas hidroksil (-OH) yang terikat langsung pada cincin hidrokarbon aromatik (Li *et al.*, 2010). Senyawa fenolik yang tergolong alelopati merupakan turunan dari asam sinamat, asam benzoat, asam kumarat, tanin, polifenol kompleks dan flavonoid tertentu. Masing-masing turunan senyawa tersebut menunjukkan mekanisme aksi yang mirip dalam menghambat pertumbuhan tumbuhan target (Enheillig, 2004).

Alelokimia yang disintesis oleh tumbuhan donor akan dilepaskan ke lingkungan melalui eksudasi akar dengan cara difusi, penguapan dari daun, pelindian dan dekomposisi biomasa. Selanjutnya alelokimia yang berada di rizosfer akan mempengaruhi pertumbuhan organisme yang kontak dengannya (Narwal & Sampietro, 2009). Alelokimia tidak mempengaruhi aktivitas sel yang mensintesis dan menyimpannya karena tumbuhan mempunyai mekanisme resistensi terhadap senyawa toksik yang dihasilkannya sendiri. Mekanisme resistensi tersebut diantaranya melalui biosintesis alelokimia di luar sel (ekstraseluler) misalnya pada dinding sel sekretori, menyimpan alelokimia di dalam vakuola, ekskresi ekstraseluler, transport alelokimia dari sitoplasma ke vakuola dengan vesikula, detoksifikasi alelokimia secara enzimatik, mutasi gen yang menyandi protein yang menjadi target alelokimia dan akumulasi alelokimia dalam bentuk yang tidak

toksik di dalam vakuola (Sirikantaramas *et al.*, 2008).

Sejumlah tanaman budidayadan gulma diketahui memproduksi senyawa alelokimia. Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) menghasilkan asam salisilat, asam trans firulat dan asam hidroksibenzoat. (He *et al.*, 2012), gandum (*Triticum aestivum* L.) menghasilkan asam 4-hidroksibenzoat, asam vanilat, asam siringat, asam vanilat, asam p-kumarat, asam firulat dan asam siringatdehid (Iannucci *et al.*, 2012). Porter *et al.*, (1986) melaporkan bahwa kedelai (*Glycine max* L.) menghasilkan asam salisilat, asam 4-hidroksibenzoat, asam vanilat, asam firulat, asam 4-hidroksinamit dan asam kafeat. Sedangkan Darmanti *et al.* (2018) mendapatkan asam 4-hidroksibenzoat, asam 2,3 dihidroksibenzoat, asam p-kumarat, asam salisilat, asam vanilat, asa, kafeat, asam siringat dan asam trans sinamat pada daun kedelai varietas Grobogan. Pada residu tanaman *Chenopodium murale* L. terdapat asam protocatechuic, asam ferulat, asam p-kumarat dan asam siringat (Batish *et al.*, 2007). Alelokimia yang terkandung pada ekstrak daun *Peganum harmala* (Nitrariaceae) diantaranya asam galat, asam 4-hidrobensoat, asam 3,4-dihidrobensoat, asam kafeat, asam siringat dan asam ferulat. Pada ekstrak batang terkandung asam galat, asam fanilat, asam 3,4-dihidroksibensoat dan asam kafeat, sedang pada ekstrak akar terkandung asam galat, asam 4-hidroksibensoat, asam siringat dan asam sinamat (Sodaeizadeh *et al.*, 2009). Ekstrak air dari daun teki (*Cyperus rotundus* L.) mengandung asam kafeat, asam ferulat, asam kumarat, asam fanilat, asam klorogenat dan asam sinamat, sedang ekstrak air dari umbi teki mengandung asam kafeat, ferulat, fanilat, hidroksibensoat dan klorogenat (El-Rokiek *et al.*, 2010). Senyawa fenolik pada gulma kirinyuh (*Chromolaena odorata* L) berupa asam protocatechuic, asam p-kumarat, asam firulat, asam p-hidroksibenzoat, asam vanilat, asam palmitat, asam linoleat, asam 2,6-dimetoksifenaol dapat dijumpai pada semua bagian organ (Kamboj & Saluja, 2008; Darana, 2006). Senyawa alelokimia yang diproduksi gulma umumnya mengganggu dan berdampak merugikan terhadap tanaman (Kohli *et al.*, 2006).

Dinamika alelokimia di tanah

Konsentrasi alelokimia yang ada di tanah menentukan terjadinya gangguan pertumbuhan tanaman. Setelah alelokimia dilepaskan ke lingkungan umumnya akan terjadi interaksi antara alelokimia dengan faktor biotik dan abiotik tanah seperti pelindian, proses fisika-kimia, pemecahan oleh mikrobia dan penyerapan oleh tumbuhan yang dapat mereduksi konsentrasi alelokimia di tanah. Di tanah, senyawa fenolik terdapat dalam bentuk bebas maupun terikat. Tipe alelokimia, mikroflora tanah dan kondisi fisik dan kimia juga menentukan keberadaan alelokimia di dalam tanah (De Albuquerque *et al.*, 2011). Sifat fisik dan kimia tanah seperti materi organik, pH, kelembaban, total karbon dan total nitrogen menentukan jenis dan kuantitas alelokimia di tanah karena faktor-faktor tersebut mempengaruhi kelarutan alelokimia di dalam air tanah, sehingga juga menentukan respon tanaman terhadap senyawa alelopatik. Tekstur tanah berpengaruh secara langsung pada pelindian alelokimia di tanah. Alelokimia dapat menjadi tidak tersedia karena terikat pada materi organik dan lempung (Li *et al.*, 2010; De Albuquerque *et al.*, 2011).

Alelokimia yang dilepaskan dari akar tumbuhan dapat berperan sebagai sumber karbon bagi mikroorganisme, sehingga alelokimia menjadi tidak terakumulasi pada tingkat fitotoksik dan tanaman donor tidak menunjukkan aktivitas alelopatik. Sebaliknya pada beberapa situasi, senyawa yang dilepaskan oleh tumbuhan mungkin tidak bersifat toksik tetapi produk degradasi senyawa alelokimia oleh mikrobia menjadi bersifat toksik (Inderjid, 2005). Asam fenolik terutama flavonoid yang dikeluarkan oleh akar legum juga dapat bertindak sebagai sumber karbon bagi rhizobium dan sebagai molekul sinyal yang menginduksi gen *nod* untuk inisiasi simbiosis tanaman legum dengan rhizobium (Mandal *et al.*, 2010), namun aplikasi dekomposisi gulma *Chenopodium murale* L. dengan konsentrasi 5g per kg tanah menurunkan pembentukan nodul, leghemoglobin dan pertumbuhan tanaman legum *Cicer arietinum* L serta *Pisum sativum* L., sedang pada konsentrasi 10g/kg atau 20g/kg menghambat pembentukan nodul (Batish *et al.*, 2007).

Penghambatan pertumbuhan oleh alelokimia

Pada umumnya pengaruh alelopati bersifat selektif, berpengaruh terhadap organisme tertentu, namun terhadap organisme yang lain tidak berpengaruh. Beberapa tumbuhan toleran terhadap alelopati karena kemampuannya menurunkan absorpsi alelokimia, kompartementasi alelokimia dari molekul target dan detoksifikasi alelokimia (Inderjit, 2005). Pengaruh alelopati dapat dideteksi pada tingkat molekuler, struktural, biokimia, fisiologi dan ekologi pada organisasi tumbuhan. Penundaan dan penurunan perkecambahan biji atau penghambatan pertumbuhan akar dan batang, akar berwarna coklat dan kerdil, rambut akar tidak berfungsi, ujung daun menguning dan secara keseluruhan tanaman menjadi kerdil merupakan gejala yang nampak oleh cekaman fitotoksik (Bogatek & Gniazdowska, 2007). Beberapa senyawa alelokimia sudah diketahui perannya secara fisiologi, namun masih sulit untuk dipisahkan antara pengaruh primer atau sekunder (Zhou & Yu, 2006).

Gill & Tuteja (2011) mengemukakan bahwa salah satu pengaruh alelokimia pada tanaman target adalah tidak terkontrolnya produksi dan akumulasi *Reactive oxygen species* (ROS) yang berupa radikal bebas (O_2^- , OH^{\cdot} , HO_2^{\cdot} , RO^{\cdot}) dan non radikal atau molekuler (H_2O_2 dan 1O_2). ROS sangat reaktif dan toksik, menyebabkan kerusakan protein, lipid, karbohidrat dan DNA yang menyebabkan stres oksidatif. Gangguan pada membran sel akibat peningkatan ROS yang diinduksi alelokimia diyakini merupakan mekanisme dasar hambatan pertumbuhan akibat alelokimia (Einhellig, 2004). Gangguan pada membran sel akibat ROS antara lain penurunan aktivitas enzim H^+ -ATPase seperti yang terjadi pada *Zea mays* akibat terpapar asam trans sinamat, asam ferulat dan asam kumarat (Abenavoli *et al.*, 2010). Hal serupa juga terjadi pada *Glycine max* dan *Zea mays* akibat juglone (Hejl & Koster, 2004). ROS mengakibatkan terjadinya penurunan potensial elektrokimia transmembran. ROS juga mengakibatkan depolarisasi membran yang menyebabkan perubahan struktur membran serta perubahan *efflux* anion dan kation non spesifik yang berkorelasi dengan hambatan absorpsi ion

tertentu, antara lain ion fosfat, potasium, nitrat dan magnesium (Einhellig, 2004).

Gangguan yang lain akibat ROS adalah penurunan sintesis pigmen klorofil pada *Oryza sativa* cv. TN67 akibat terpapar senyawa fenolik alelopatik berupa asam α -hidroksifenil, asam ferulat dan asam kumarat dengan menghambat aktivitas *Mg-chelatase* yang berperan pada pembentukan klorofil, dan meningkatkan aktivitas enzim *chlorophyllase* dan *Mg-dechelatase* yang berperan pada degradasi klorofil sehingga menurunkan kandungan klorofil dan porfirin pada daun *Oryza sativa* (Yang *et al.*, 2002 & 2004), dan gangguan sintesis korotenoid pada kecambah *Lactuca sativa* akibat terpapar senyawa artemisinin dan sesquiterpen (Gniazdowska & Bogatek, 2005). Selain hal tersebut di atas ROS juga menyebabkan gangguan transport elektron pada PSII dan aktivitas ATPase kloroplas yang berakibat terjadinya penurunan kecepatan fotosintesis, gangguan pada fungsi mitokondria yang menyebabkan penurunan kecepatan respirasi dan gangguan aktifitas hormon IAA dan mengubah keseimbangan fitohormon (Einhellig, 2004, Bogatek & Gniazdowska 2007). Yang *et al.* (2008) menunjukkan bahwa alelokimia *Ageratum adenophora* berpengaruh meningkatkan ABA, menurunkan IAA dan zeatin ribose (ZA) serta menurunkan ratio IAA/ABA dan ZA/ABA pada akar kecambah padi.

Asam *p*-kumarat dan asam *p*-hidroksibenzoat mengakibatkan kenaikan aktivitas peroksidase (POD) dan peroksidasi lipid pada akar *Glycine max* (L.) Merr., cv BR-16 yang ditanam secara hidroponik (Doblinski *et al.*, 2003), sedangkan trans-sinamat, asam ferulat dan asam *p*-kumarat menurunkan aktivitas H^+ -ATPase dan menghambat absorpsi nitrat pada akar jagung (Abenavoli *et al.*, 2010). Keberadaan senyawa alelokimia tunggal di alam sebenarnya hampir tidak pernah mencapai konsentrasi yang dapat menghambat pertumbuhan, namun fenomena alelopati yang terjadi di alam disebabkan oleh aksi gabungan berbagai senyawa alelopatik yang saling sinergi dalam menghambat pertumbuhan (De Albuquerque *et al.*, 2011).

Alelokimia sebagai herbisida

Mekanisme penghambatan pertumbuhan oleh alelokimia sangat mirip dengan mekanisme penghambatan oleh herbisida sintesis, sehingga memungkinkan penggunaan alelokimia sebagai bioherbisida. Beberapa kelebihan alelokimia sebagai bioherbisida dibanding herbisida sintesis adalah sebagian besar senyawa alelokimia larut dalam air sehingga mudah diaplikasikan tanpa perlu penambahan surfaktan, memiliki banyak molekul kaya oksigen dan nitrogen, sedikit mengandung "atom berat", sedikit halogen dan tidak memiliki struktur cincin tidak alami, memiliki paruh waktu yang pendek sehingga tidak terjadi akumulasi senyawa di dalam tanah dan kecil kemungkinan menimbulkan dampak pada organisme non target. Dari sifat-sifat tersebut maka bioherbisida dari alelokimia dianggap lebih ramah lingkungan dibandingkan herbisida sintesis, namun karena degradasinya cepat menyebabkan bioherbisida alelokimia ini bioaktivitasnya lebih rendah dibanding herbisida sintetik (Soltys *et al.*, 2013).

Beberapa penelitian membuktikan bahwa alelokimia dari ekstrak tumbuhan pada konsentrasi tertentu dapat menurunkan perkecambahan dan pertumbuhan gulma maupun tanaman budidaya. Hal ini menjadi bukti potensi alelokimia sebagai herbisida alami atau bioherbisida yang mudah digunakan, murah dan ramah lingkungan. Ismaini dan Lestari (2015), melaporkan bahwa ekstrak air dari batang, akar dan daun gulma harendong bulu (*Clidemia hirta* L.) konsentrasi 5% dapat menurunkan perkecambahan benih dan pertumbuhan awal kecambah lobak (*Raphanus sativus* L.) dan brokoli (*Brassica oleracea* L.), ekstrak etanol daun ketapang (*Terminalia catappa*) konsentrasi 50% dapat menurunkan pertumbuhan rumput teki (*Cyperus rotundus*) (Riskitavani dan Purwani, 2013). Ekstrak air gulma *Pilea microphylla* konsentrasi 25%, 50%, 75% dan 100% meningkatkan kandungan superoksida, laju perkecambahan, daya perkecambahan, tetapi menurunkan panjang akar, hipokotil, bobot basah, bobot kering dan warna daun sawi hijau (*Brassica rapa* var. *parachinensis*) (Astuti dkk. 2017). Siagian dkk. (2017) melaporkan bahwa ekstrak air gulma

Pilea microphylla pada konsentrasi 25%, 50% dan 75% meningkatkan kandungan superoksida dan menurunkan pertumbuhan gulma *Bidens pilosa* L., semakin tinggi konsentrasi perlakuan penurunan pertumbuhan dan kenaikan superoksida semakin besar. Alelokimia dari ekstrak air umbi teki (*Cyperus rotundus* L.) konsentrasi 10% - 25% menurunkan perkecambahan dan pertumbuhan awal kedelai (*Glycine max* L.) cv. Grobogan (Darmanti *et al.* 2015). Alelokimia dari ekstrak air daun *Ageratum conyzoides* L konsentrasi 5%, 10%, 15% dan 20% menurunkan kandungan klorofil dan pertumbuhan kedelai (*Glycine max* L.) cv. Grobogan, semakin tinggi konsentrasi perlakuan penurunan semakin besar (Wardani *et al.* 2018).

Review :
Interaksi Alelopati dan Senyawa Alelokimia : Potensinya Sebagai Bioherbisida