

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

ABSTRAK

Gulma merupakan salah satu kendala biotik utama dalam meningkatkan produksi berbagai tanaman budidaya. Pengendalian gulma dengan herbisida sintesis merupakan cara yang umum dilakukan karena mudah dan murah, tetapi cara ini tidak ramah lingkungan dan penggunaan jangka panjang dapat mengakibatkan resistensi pada gulma. Senyawa alelokimia secara alami digunakan tumbuhan untuk pertahanan terhadap gangguan lingkungan (interaksi alelopati), termasuk untuk menekan pertumbuhan tanaman pengganggu yang ada disekitarnya. Mekanisme penghambatan oleh alelokimia mirip dengan herbisida sintetik, sehingga alelopati berpotensi digunakan sebagai bioherbisida. Kelebihan bioherbisida dibanding herbisida sintetik adalah larut dalam air sehingga mudah diaplikasikan, 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.

Kata kunci : fenol, pengendalian gulma, radikal bebas

ABSTRACT

Weeds are one of the major biotic constraints in increasing the production of various cultivated plants. Weed control with synthetic herbicides is a common way of doing it because it is easy and cheap, but it is not environmentally friendly and long-term use can lead to resistance to weeds. Allelochemical compounds are naturally used by plants for defense against environmental disorders (allelopathy interaction), including to suppress the growth of surrounding pest plants. The mechanism of inhibition by allelochemicals is similar with synthetic herbicides, so allelochemicals is potentially used as a bioherbicide. The advantages of bioherbicides compared to synthetic herbicides are water soluble so easily applied, have many rich oxygen and nitrogen molecules, contain little "heavy atoms", little halogens and have no unnatural ring structure, have a short half-life so no accumulation of compounds inside soil and less likely to have an impact on non-target organisms.

Keywords: weeds control, phenol, environmentally friendly, reactive oxygen species.

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 dengan herbisida sintesis 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 Sirikantaramas *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 sintetis, sehingga memungkinkan penggunaan alelokimia sebagai bioherbisida. Beberapa kelebihan alelokimia sebagai bioherbisida dibanding herbisida sintetis 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 sintetis, namun karena degradasinya cepat menyebabkan bioherbisida alelokimia ini bioaktivitasnya lebih rendah dibanding herbisida sintetis (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).

DAFTAR PUSTAKA

- Abenavoli, M.R., A. Lupini, S. Oliva and A. Sorgona. 2010. Allelochemical Effects on Nitrate Uptake and Plasma Membrane H⁺-ATPase Activity in Maize Seedling. *Biologia Plantarum*.54 :149-153.
- Astuti H.S., S. Darmanti dan R. Budihastuti. 2017. Pengaruh alelokimia ekstrak gulma *Pilea microphylla* L. terhadap Kandungan Superoksida dan Perkecambahan sawi hijau (*Brassica rapa* var. *Parachinensis*). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. Vol. 2 No 1. Hal. 86 -93.
- Batish, D.R., K. Lavanya, H.P. Singh and R.K. Kohli. 2007. Phenolic Allelochemicals Release by *Chenopodium murale* Affect The Growth, Nodulation and Macromolecule Content in Chickpea and Pea. *Journal of Plant growth Reguations*.51:119-128.
- Bogatek, R., A. Gniazdowska, W. Zakrewska, K. Orsz and S.W. Garwronski. 2006. Allelopathic Effect of Sunflower Extract on Mustard Seed Germination and Seedling Growth. *Biologia Plantarum*.50 : 156-158.
- Darmanti, S., Santosa, Kumala D. and Hartanto, N. 2015. Allelopathic Effect of *Cyperus rotundus* L. on seed Germinations and

- Initial Growth of *Glycine max* L. *Bioma* Vol.17 No. 2. Hal. 61 – 67
- Darmanti , S., Santosa, Kumala D. and Hartanto, N. 2018. ROS Accumulations, PAL Activity and Phenolic Acid Composition of Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] cv. Grobogan that Exposed to Multiple Stress of purple Nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) Interference and Drought. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 28(1):244-252.
- Doblinski, P. M. F., M. L. L. Ferrarese, A.A. Huber, C. A Scapim, A. L. Braccini and O. F. Filho. 2003. Peroxidase and Lipid Peroxidase of Soybean in Respon to *p*-Coumaric and *p*-Hydroxibenzoic Acid. *Brazilian Archvies of Biology and Technology*. 46 :193-198.
- De Albuquerque, M.B., R.C. Dos Santos, L.K. Lima, P.A Melo Filho, R.J.M.C. Nuguera, C.A.G. Da Camara and A. R. Ramos. 2011. Allelopathy, an Alternative Tool to Improve Cropping Systems. A Review. *Agronomy for Sustainable Developman.t* 31: 379-395.
- Edreva, A., V.Velikova, T. Tsonev, S. Dagnon, A. Gurel, I. Aktas and E. Gesheva. 2008. Stress-Protective Role of Secondary Metabolites : Diversity of Fuction and Mechanisms. *General and Applied Plant Physiology*. 34: 67-78.
- Einhellig, F.A. 2004. *Mode of Allelochemical Action of Phenolic Compounds*. pp. 217-238. In F.A. Macias, J.C.G. Galindo, J.M.G. Molinillo and H.G. Cutler (Eds.). *Allelopathy : Chemistry and Mode of Action of Allelochemicals*. CRC Press, New York.
- El-Rokiek, K., S.A.S. El-Din and F.A.A. Sharara. 2010. Allelopathic Behavior of *Cyperus rutundus* L. on Both *Chorchorus olitorius* (Broad leaved weed) and *Echinochloa crus-galli* (Grassy weed) Associated with Soybean. *Journal of Plant Protection Research*.50 : 274-279.
- Gniazdowska, A. and R. Bogatek. 2005. Allelopathic Interaction Between Plants :
- Multi Site Action of Allelochemicals. *Acta Physioloiyae Plantarum*. 27: 395-407.
- He, H., H. Wang, C. Fang, H. Wu, X. Gao, C. Liu, Z. Lin and W. Lin. 2012. Barnyard Grass Stress up Regulates the Biosynthesis of Phenolic Compounds in Allelopathic Rice. *Journal of Plant Physiology*.169 : 1747 – 1753.
- Hejl, A.M and K.L Koster. 2004. Juglone Disrupts Root Plasma Membrane H⁺-ATPase Activity and Impairs Water Uptake, Root Respiration and Growth in Soybean (*Glycine max*) and Corn (*Zea mays*). *Journal of Chemical Ecology*. 30 : 453-471.
- Iannucci, A., M. Fragasso, C. Platani, A. Narducci, V. Miullo and. R. Papa. 2012. Dynamics of Release of Allelochemical Compound from Roots of Wild oat (*Avena fatua* L.). *Agrochemica*.56 : 185-192.
- Isnaini L. dan A. Lestari. 2013. Potensi Allelopati *Clidemia hirta* Sebagai Herbisida. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon. Vol. 1 No. 6. Hal 1467 – 1471.
- Inderjit. 2005. Soil microorganisms : An Important Determinant of Allelopathic Activity. *Plant Soil*. 273 : 227-236.
- Kohli, R.K., D.R. Batish and H.P. Singh. 2006. *Allelopathic Interaction in Agroecosystems*. Pp 465 – 494. In M.J. Reigosa, N. Pedrol and L. Gonzales (eds.). *Allelopathy : A Physiological Preocess with Ecological Implicartion*. Springer. Netherlands.
- Li, X. And C. Chapple. 2010. Understanding Lignification : Challenges Beyond Monolignol Biosynthesis. *Plant Physiology*. 154 : 449-452.
- Mandal, S. M., D. Chakraborty and S. Dey. 2010. Phenolic Acids Act as Signaling Molecules in Plant – Micrpbse Symbiose. *Plant Signaling Behavior*.5 : 359 – 368.
- Morvillo, C.M., E.B. de la Fuente, A. Gil, M.A. Martinez-Ghersa and J.I. Gonzalez-Andujar. 2011. Competitive and Allelopathic Interference between Soybean Crop and Annual Wormwood

- (*Artemisia annua* L.) under Field Conditions. *European Journal of Agronomy*. 34 : 211-221.
- Narwal, S.S. and D.A. Sampietro. 2009. *Allelopathy and Allelochemicals*. Pp. 3-5. In D.A.Sampietro, C.A.N. Catalan, M.A. Vattuone and S.S. Narwal. (eds.). *Isolation, Identification and Characterization of Allelochemicals/Natural Products*. Science Publishers, Plymouth.
- Porter, P. M., W. L. Banwart and J. J. Hasset. 1986. Phenolic Acids and Flavonoids in Soybean Root and Leaf Extracts. *Environmental and Experimental Botany*. 25 : 65 – 73.
- Riskita D. V. Dan K. I. Purwani. 2013. Studi Potensi Bioherbisida Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) Terhadap Gulma Rumput Teki (*Cyperus rotundus* L.) *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, Vol. 2 No. 2. Hal. 2337 – 3520.
- Siagian E.S., S. Darmanti dan R. Budihastuti. 2017. Induksi Cekaman Gulma *Bidens pilosa* L, Akibat Perlakuan Perasan *Pilea mikrophylla* L. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. Vol 2. No.2. Hal. 198 – 204.
- Singh, N.B., D. Singh and A. Singh. 2009. Modification of Physiological Responses of Water Stressed *Zea mays* Seedling by Leachate of *Nicotiana plumbagifolia*. *General and Applied Plant Physiology*. 35 : 51-63.
- Sirikantaramas, S., M. Zamazaki and K. Saito. 2008. Mechanisms of Resistance to Self-Produced Toxic Secondary Metabolites in Plant. *Phytochemistry Reviews*. 7 : 467-477.
- Sodaeizadeh, H., M. Rafleiohossaini, J. Havlik and V. Damme. 2009. Allelopathic Activity of Different Plant Parts of *Peganum harmala* L. and Identification of Their Growth Inhibitors Substances. *Plant Growth Regulations*. 59 : 227-236.
- Sodaeizadeh, H., M. Rafleiohossaini, J. Havlik and V. Damme. 2009. Allelopathic Activity of Different Plant Parts of *Peganum harmala* L. and Identification of Their Growth Inhibitors Substances. *Plant Growth Regulations*. 59 : 227-236.
- Yang, C.M, C.N. Lee and C.H. Chou. 2002. Effect of Three Allelopathic Phenolics on Chlorophyll Accumulation of Rice (*Oryza sativa*) Seedlings : I. Inhibition of Supply – Orientation. *Botanical Bulletin Academia Sinsinica*. 43 : 299-304.
- Yang, C.M., I.F.Chang, S.J. Lin and C.H. Chou. 2004. Effect of Three Allelopathic Phenolics on Chlorophyll Accumulation of Rice (*Oryza sativa*) Seedlings : II. Stimulation of Consumption–Orientation. *Botanical Bulletin Academia Sinica*. 45: 119-125.
- Yang, G.Q., F.H. Wan, W.X. Liu and J. Y. Guo. 2008. Influence of Two Allelochemicals from *Ageratina adenophora* Sprengel on ABA, IAA and ZR contents in Root of Upland Rice Seedlings. *Allelopathy Journal*. 21 : 253-262.
- Wardani D. K., S. Darmanti and R. Budihastuti. 2018. Allelochemical Effect of *Ageratum conyzoides* L. Leaf Extract on Soybean [*Glycine max* (L.) Merr. cv. Grobogan] Growth. *Journal of Physics : Conf . Series* 1-25. DOI : 10.1188/1742-6596/1025/1/012044.
- Zhou, Y.H. and J.Q. Yu. 2006. *Allelochemicals and Photosynthesis*. pp. 127-140. In M.J.. Reigosa, N. Pedrol and L. Gonzales (eds.) : *Allelopathy : A Physiological Preocess with Ecological Implication*. Springer. Netherlands.
- Soltys D., U. Krasuska, R. Bogatek and A. Gniazdowska. 2013. Allelochemicals as bioherbicides – Present and perspectives.